

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Microbiologie

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم الميكروبيولوجيا

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Science biologique

Spécialité : *Biologie Moléculaire des Microorganismes*

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique du yaourt étuvé (nature et sucré) conservé à différentes températures

Présenté par : BENAMIRA Ghada
KALLEB DEBBIH Malak
BENGUERBAA Djihane

Le 21/06/2023

Jury d'évaluation :

Présidente : Mme. BOUZERAIB Latifa (M.A.A - UFM, Constantine 1).
Encadreur : Mme. RIAH Nassira (M.C.A - UFM, Constantine 1).
Examinatrice : Mme. ZERMANE Ferial (M.A.A - UFM, Constantine 1).

**Année universitaire
2022 – 2023**



Remerciements

Nous remercions en premier lieu, ALLAH tout puissant de nous avoir donné la santé, la force, le courage nécessaires et toute la patience pour réaliser ce modeste travail

Nos vifs remerciements et nos profondes gratitude pour Mme. Riah Nassira pour l'honneur qu'elle nous a fait en nous encadrant, pour l'aide précieuse qu'elle nous a donné, pour ses remarques et ses conseils qui nous ont permis de mener à bien ce travail.

Nos sincères remerciements s'adressent également aux membres du jury :

Mme. Bouzeraib L. d'avoir accepté de présider ce jury,

Mme. Zermane F. pour avoir bien voulu examiner ce travail.

Nous adressons aussi nos plus vifs remerciements à Mr le PDG de la laiterie Numidia pour son accueil au sein de son entreprise, et aussi tout le personnel et les responsables du laboratoire Numidia pour leurs entières disponibilités et coopération lors de la réalisation de cette présente étude

Nous remercions également toute l'équipe pédagogique du département de Microbiologie, ainsi que nos enseignants qui nous ont accompagnés pendant tout notre cursus universitaire.

Merci à tous nos camarades de la promotion.

Dédicace

A l'aide de DIEU, le tout puissant, ce travail est achevé et Je le dédie à toutes les personnes que j'aime.

A mes chers parents Mahfoud et Nadia, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur prières et leurs soutien tout au long de mes études.

A ma sœur et mon frère.

A Mme. RIAH qui ma encadrée.

A Mes oncles, tantes, cousines et cousins paternels et maternels.

A Ma deuxième famille qui sont mes amies surtout Djihane, Malak, Zahra, Ferial.

A toute personne que je n'ai pas citée, et qui m'a aidée de près ou de loin, je vous remercie.



Dédicace

Je dédie ce travail, qui n'aurait pu aboutir et voir la lumière sans l'aide de Dieu le tout puissant.

A mes très chers parents, mon père Kamel et ma mère Lamia, symbole de courage et de volonté,
qui ont consacré et sacrifié leur vie pour mon bien être ;

A mon cher mari Mouad ma source de courage, de réussite, et d'amour, merci pour votre présence
dans ma vie ;

A mon adorable frère Adem et ma chère sœur Hawa, que dieu vous garde pour moi ;

A ma deuxième famille, ma belle-mère, mon beau-père

A Mme. RIAH qui ma encadrée

A tous mes amies surtout mes partenaires d'étude Ghada et Malak

Que dieu vous protège pour moi



Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Mes chères parents, ma mère Samia et mon père Lazher Pour leur patience, leurs amour, leurs soutient et leurs encouragement.

Ma chère petite sœur Alaa .

Mes adorables frères Younes Abd el rahmen et Iyed Abd elwadoud

Mes oncles, tantes, cousins et cousines de toute la famille KALLEB DEBBIH et la famille BOUBIDI

Mes fidèles amis : NIHED, ROUKIA, NADA, Sans oublier mes partenaires d'étude GHADA et

DJIHENE

« A tout ceux qui ont sacrifié leur temps pour la science et à tous ceux qui utilisent la science pour le bien et la prospérité de l'humanité »



Résumé

Les effets bénéfiques du yaourt étuvé sont de plus en plus démontrés, d'où l'intérêt de mener une étude sur l'évolution de quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques de deux types de yaourt (nature et sucré) conservés jusqu'à la DLC à différentes températures (4 °C et 24 °C).

L'analyse des résultats montre que le pH du yaourt conservé à 4 °C diminue légèrement en comparaison avec celui des échantillons conservés à température ambiante, dans ce cas cette baisse du pH est plus importante pour le yaourt sucré. En revanche l'acidité augmente progressivement quelque soit la température de conservation, mais à un rythme plus faible pour le yaourt nature.

Les analyses microbiologiques ont révélé l'absence totale des germes pathogènes (*Salmonella* et *S. aureus*), la présence des coliformes et des entérobactéries uniquement pour le yaourt sucré après 10 jours de conservation à température ambiante est probablement due à une défaillance hygiénique au cours de la manipulation.

La croissance des entérobactéries dans tous les échantillons des yaourts après 30 jours de conservation à températures différentes, est due à l'augmentation de l'acidité, rend ces yaourts impropres à la consommation.

L'ensemble des résultats obtenus relève une conformité et une stabilité des paramètres étudiés des deux yaourts sucré et nature conservés à 4°C, par rapport aux normes fixées par la laiterie Numidia, qui correspondent aux normes nationales élaborées par J.O.R.A, ce qui témoigne de la bonne qualité des matières premières utilisées, de la maîtrise du processus de fabrication et du respect des conditions d'hygiène et de sécurité. D'autre part, les résultats des yaourts conservés à température ambiante ne sont pas conformes à quelques normes en raison de la mauvaise conservation.

Mot clés : Yaourt étuvé, analyses physico-chimiques, analyses microbiologiques, pH, acidité, conservation.

Summary

The beneficial effects of steamed yogurt are more and more demonstrated, hence the interest of conducting a study on the evolution of some physico-chemical and microbiological parameters of two types of yogurts (natural and sweetened) preserved until the expiration date at different temperatures (4 °C and 24 °C).

The analysis of the results shows that the pH of the yogurt stored at 4 °C decreases slightly in comparison with that of the samples stored at room temperature, in this case this drop in pH is greater for the sweetened yogurt. On the other hand, the acidity gradually increases regardless of the storage temperature, but at a lower rate for natural yoghurt.

The microbiological analyzes revealed the total absence of pathogenic germs (*Salmonella* and *S. aureus*), the presence of coliforms and enterobacteriaceae only for the sweetened yogurt after 10 days of storage at room temperature is probably due to a hygienic failure during handling. The growth of Enterobacteriaceae in all the yogurt samples after 30 days of storage at different temperatures, probably due to the increase in acidity, makes these yogurts unfit for consumption.

All of the results obtained show compliance and stability of the parameters studied for the two sweetened and natural yoghurts stored at 4°C, with respect to the standards set by the Numidia dairy, which correspond to the national standards drawn up by J.O.R.A. Which testifies to the good quality of the raw materials used, the mastery of the manufacturing process and compliance with health and safety conditions. On the other hand, the results of yogurts stored at room temperature do not comply with a few standards due to poor storage.

Key words: Steamed yogurt, physico-chemical analyzes, microbiological analyzes, pH, acidity, storage.

ملخص

تظهر التأثيرات المفيدة للزبادي على البخار أكثر فأكثر، ومن هنا تأتي الفائدة من إجراء دراسة حول تطور بعض المعلمات الفيزيائية والكيميائية والمكروبيولوجية لنوعين من الزبادي (طبيعي ومحلي) محفوظ حتى تاريخ انتهاء الصلاحية عند درجات حرارة مختلفة (4 درجات مئوية و24 درجة مئوية).

أظهر تحليل النتائج أن درجة الحموضة في اللبن المخزن عند 4 درجات مئوية تنخفض بشكل طفيف بالمقارنة مع العينات المخزنة في درجة حرارة الغرفة وفي هذه الحالة يكون هذا الانخفاض في الاس الهيدروجيني أكبر بالنسبة للزبادي المحلى. من ناحية أخرى، تزداد الحموضة تدريجياً بغض النظر عن درجة حرارة التخزين ولكن بمعدل أقل للزبادي الطبيعي. كشفت التحليلات المكروبيولوجية عن الغياب التام للجراثيم المسببة للأمراض (السالمونيلا والبكتريا العنقودية الذهبية)، ووجود القولونيات البكتيرية المعوية فقط للزبادي المحلى بعد 10 أيام من التخزين في درجة حرارة الغرفة ناتجاً عن فشل النظافة أثناء المناولة. إن نمو البكتيريا المعوية في جميع عينات الزبادي بعد 30 يوماً من التخزين في درجات حرارة مختلفة، ربما بسبب زيادة الحموضة، يجعل هذه الزبادي غير صالحة للاستهلاك.

تظهر جميع النتائج التي تم الحصول عليها امتثال واستقرار المعلمات المدروسة للزبادين المحلى الطبيعي المخزنين عند 4 درجات مئوية، فيما يتعلق بالمعايير التي حددتها شركة ألبان نوميديا ، والتي تتوافق مع المعايير الوطنية التي وضعتها الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية والتي تشهد جودة المواد الخام المستخدمة وإتقان عملية التصنيع والامتثال لشروط الصحة والسلامة. من ناحية أخرى، فإن نتائج الزبادي المخزنة في درجة حرارة الغرفة لا تتوافق مع بعض المعايير بسبب سوء التخزين.

الكلمات المفتاحية : الزبادي على البخار، تحاليل فيزيوكيميائية، تحاليل مكروبيولوجية، الاس الهيدروجيني، الحموضة، التخزين.

Liste des abréviations

pH : Potentiel Hydrogène.

MG : Matières grasse.

UFC : Unité Formant Colonie.

P: Phosphore.

K: Potassium.

Na: Sodium.

Ca : Calcium.

NaCl : chlorure de sodium.

EPS: Exo-poly-saccharide.

KJ: Kilos joule.

MPa : Méga Pascal (10^6 Pa).

Ppm : Partie par million.

µm : micromètre.

DLC : Date Limite de Consommation.

FTAM : Flore Totale Aérobie Mésophile.

E. coli : *Escherichia coli*.

EPT : Eau Peptonée Tamponnée.

PCA: Plate Count Agar.

VRBG: Violet Red Bile Glucose.

DCLA: Desoxycholate-Citrate Lactose Agar.

SS: Gélose *Salmonella-Shigella*.

SFB (s/c) : Selenite-F Broth (simple concentration).

Abs : Absence.

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

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations (L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture).

OMS: Organisation mondiale de la Santé.

ISO: International Organization for Standardization (Organisation internationale de normalisation).

Liste des figures

Figure 1 : Le lait et ses dérivés	4
Figure 2 : Schéma général de classification des laits fermentés	6
Figure 3 : Diagramme de fabrication du yaourt, à gauche yaourt ferme, à droite yaourt brassé	12
Figure 4 : Symbiose bactérienne lors de la fabrication du yaourt	17
Figure 5 : Modèle des sous-micelles de la micelle de caséine	18
Figure 6 : Micrographie électronique à balayage colorée des bactéries lactiques du yaourt	19
Figure 7 : Schéma simplifié des réactions du métabolisme fermentaire chez les bactéries lactiques homofermentaires du yaourt	21
Figure 8 : Schéma général de la fermentation du glucose par les bactéries lactiques	22
Figure 9 : Schéma représentatif des différentes analyses réalisées sur les yaourts	32
Figure 10 : Mesure de l'acidité du yaourt	33
Figure 11 : Recherche de la FTAM	36
Figure 12 : Recherche des coliformes	37
Figure 13 : Recherche des entérobactéries	38
Figure 14 : Recherche de <i>Staphylococcus aureus</i> .	39
Figure 15 : Recherche de salmonelle.	40
Figure 16 : Variation de l'acidité au cours de la conservation à températures différentes (24 °C et 4 °C).	43
Figure 17 : Variation du pH au cours de la conservation à températures différentes (24 °C et 4 °C).	43
Figure 18 : Bactéries pathogènes (<i>S. aureus</i> et <i>Salmonella</i>) cultivées dans leurs milieux sélectifs.	44
Figure 19 : Croissance des coliformes totaux et d'entérobactéries cultivés sur les milieux DCLA et VRBG pour le yaourt sucré conservé à 24 °C.	45
Figure 20 : Flore indicatrice de contamination après 20 jours de conservation.	46
Figure 21 : Croissance des entérobactéries sur milieu VRBG. pour les yaourts nature et sucré conservés à 24 °C et 4 °C.	47

Liste des tableaux

Tableau 1 : Teneur moyenne pour 100 grammes de yaourt.	10
Tableau 2 : Causes possibles d'homogénéisation inadéquate d'un mélange et indice sur la qualité du yaourt.	14
Tableau 3 : Normes des paramètres microbiologiques.	30
Tableau 4 : Normes des paramètres physico-chimiques.	31
Tableau 5 : Milieux de culture correspondant aux germes recherchés.	34
Tableau 6 : Variation du pH et de l'acidité du yaourt à 24 °C.	41
Tableau 7 : Variation du pH et de l'acidité du yaourt à 4°C.	42
Tableau 8 : Dénombrement des flores (FTAM, Coliformes totaux, Entérobactéries, <i>S. aureus</i> , <i>Salmonella</i>) après un jour de conservation.	44
Tableau 9 : Dénombrement des flores (FTAM, Coliformes T, Entérobactéries) à jour 10	45
Tableau 10 : Dénombrement des flores (FTAM, Coliformes T, Entérobactéries) après 20 jours de conservation.	47
Tableau 11 : Dénombrement des flores (FTAM, Coliformes T, Entérobactéries) après 30 jours de conservation.	48

Table des matières

Remerciements

Résumé

Summary

ملخص

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Revue bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur le lait et ses dérivés

1. Définition du lait	3
2. Caractéristiques du lait	3
3. Les produits laitiers	3
3.1. Lait de consommation	4
3.2. Produits laitiers élaborés	5
3.2.1. Lait fermentés	5
3.2.1.1. Kéfir	6
3.2.1.2. Koumis	6
3.2.1.3. Buttermilk	6
3.2.1.4. Lait acidophile	7
3.2.2. Fromages	7
3.2.3. Crème et le beurre	7

Chapitre 2 : Le yaourt

1. Historique	8
2. Définition	8
3. Différents types du yaourt	8
3.1. Yaourt nature demi-écrémé pasteurisé	9
3.2. Yaourt sucré	10
4. Apports nutritionnels et l'intérêt « thérapeutique » du yaourt	10
5. Processus de fabrication	12
5.1. Réception du lait	12
5.2. Standardisation	13
5.2.1. Standardisation en matière grasse	13
5.2.2. Enrichissement en protéines	13
5.2.3. Addition de sucre	13
5.3. Homogénéisation	13
5.4. Traitement thermique	14
5.5. Refroidissement	14
5.6. Ensemencement	15
5.7. Conditionnement	15
5.8. Fermentation	15
5.9. Refroidissement	15
5.10. Conservation	16
6. Microbiologie de la fermentation	16

7. Coagulation lactique du lait	17
---------------------------------	----

Chapitre 3 : Microflore du yaourt

1. Flore de fermentation	19
1.1. <i>Streptococcus thermophilus</i>	19
1.1.1. Morphologie	19
1.1.2. Habitat	19
1.1.3. Caractères cultureux	19
1.1.4. Caractères biochimiques	20
1.2. <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	20
1.2.1. Morphologie	20
1.2.2. Habitat	20
1.2.3. Caractères cultureux	20
1.2.4. Caractères biochimiques	20
1.3. Intérêt et fonctions des bactéries lactiques du yaourt	20
1.3.1. Fermentation des sucres	20
1.3.2. Production d'acides lactiques	21
1.3.3. Activité protéolytique	22
1.3.4. Activité lipolytique	23
1.3.5. Activité aromatique	23
1.3.6. Activité texturant	23
1.4. Association entre <i>S. thermophilus</i> et <i>L. bulgaricus</i>	24
1.5. Facteurs influençant la fermentation lactique du yaourt	24
1.5.1. Facteurs physiques	24
1.5.2. Facteurs chimiques	24
1.5.3. Facteurs microbiologiques	25
2. Flore de contamination	25
2.1. FTAM	26
2.2. Coliformes totaux et fécaux	26
2.3. Entérobactéries	26
2.4. Levures et moisissures	27
3. Flore pathogène	27
3.1. <i>Staphylococcus aureus</i>	27
3.2. <i>Salmonella</i>	27

Chapitre 4 : Contrôle de qualité du yaourt

1. Contrôle de la qualité du yaourt au cours de la conservation	28
1.1. Contrôle physico-chimique	28
1.2. Contrôle microbiologique	28
1.3. Contrôle organoleptique	29
2. Norme microbiologique pour le yaourt	29
3. Normes physico-chimiques	31

Matériel et méthodes

1. Lieu et période de stage	32
2. Echantillonnage	32
3. Analyses physico-chimiques et microbiologiques	32
3.1. Analyses physico-chimiques	33

3.1.1. Mesure de l'acidité	33
3.1.2. Mesure du pH	33
3.2. Analyses microbiologiques	34
3.2.1. Préparation des dilutions décimales	35
3.2.2. Recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)	35
3.2.3. Recherche des coliformes totaux	36
3.2.4. Recherche des entérobactéries	37
3.2.5. Recherche de <i>staphylococcus aureus</i>	38
3.2.6. Recherche de salmonelle	39
Résultats et discussion	
1. Analyses physico-chimiques	41
1.1. Le pH et l'acidité à température ambiante	41
1.2. Le pH et l'acidité à 4 °C	41
1.3. Variation du pH et de l'acidité au cours de la conservation à différentes températures (24 °C et 4 °C)	41
2. Analyses microbiologiques	44
2.1. Analyses microbiologiques après 1 jour de conservation	44
2.2. Analyses microbiologiques après 10 jours de conservation	45
2.3. Analyses microbiologiques après 20 jours de conservation	46
2.4. Analyses microbiologiques après 30 jours de conservation	47
3. Discussion	48
Conclusion	50
Références bibliographiques	52
Annexes	

Introduction

Les produits laitiers (laits fermentés, fromages, yaourts, beurres, crèmes, et autres produits laitiers) sont les transformations alimentaires obtenus à partir du lait. Ils font ainsi partie de notre quotidien et contribuent, sous des formes variées et riches en goût (Bourlioux *et al.*, 2011).

Les yaourts, produits laitiers fermentés traditionnels, ont connu une reprise et une croissance remarquables au cours des dernières décennies. Cette popularité accrue des yaourts dans le monde peut en grande partie être attribuée aux avantages pour la santé associée à sa consommation (Shah *et al.*, 2017). En effet, le yaourt est une bonne source de nutriments (protéines, glucides, minéraux, vitamines) et présente une faible teneur en calories (McKinley, 2005). Avec les progrès technologiques réalisés ; le yaourt apparaît comme un produit laitier très digeste qui possède une grande valeur nutritionnelle et qui est apprécié pour sa saveur et sa texture. C'est un produit consommé pour la plupart du temps comme un dessert et il convient à toutes les tranches d'âge. En plus de son importance nutritionnelle, le yaourt a été identifié pendant longtemps en tant que nourriture saine due à l'action bénéfique de ses deux bactéries vivantes (*Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*), ces dernières concurrencent les bactéries pathogènes aussi bien dans l'aliment que dans l'environnement (Tamime, 2002).

En Algérie, la consommation du yaourt est très marginale pour certaines populations, cela est guidé essentiellement par le pouvoir d'achat, surtout que son prix est libre sur le marché, l'inverse du lait en sachet, dont le prix est fixé par le gouvernement.

Trois facteurs jouent un rôle important dans la qualité du yaourt : le lait utilisé, la technologie de fabrication, et surtout les bactéries lactiques du levain. En effet, seul un lait de bonne qualité peut favoriser la croissance de ses bactéries et conduire à un bon produit (Desmazeaud, 1994).

L'objectif de cette étude a donc été de déterminer deux paramètres physico-chimiques (pH et acidité) et d'évaluer la qualité microbiologique du produit fini de deux types de yaourts étuvés (Nature et sucré) commercialisés à Constantine, afin de déterminer l'impact de la température sur le mode de conservation : le yaourt sucré fabriqué au sein de la laiterie « Numidia » située dans la wilaya de Constantine, le yaourt nature fabriqué au sein de la laiterie « Soummam » située dans la wilaya de Béjaïa. (La marque du produit n'a pas d'importance). Pour cela, notre travail a été développé selon le plan suivant :

- La première partie évoque une revue bibliographique structuré en quatre chapitres : généralités sur le lait et ses dérivés, le yaourt, La microflore du yaourt et le contrôle de qualité du yaourt.

- La seconde est consacrée à l'étude expérimentale et traite des méthodes utilisés pour les analyses.
- La troisième partie expose l'ensemble des résultats obtenus avec leur discussion et en fin notre mémoire se termine par une conclusion générale assortie de quelques perspectives.

Revue
bibliographique

Chapitre 1
Généralités sur le lait et ses
dérivés

1. Définition du lait

Le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires de la femme et par celles des mammifères femelles pour la nutrition des jeunes (Aboutayeb, 2009).

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

Selon le journal officiel de la république démocratique algérienne, la dénomination « lait » est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenue par une ou plusieurs traites sans aucune addition ou soustraction et n'ayant pas été soumis à un traitement thermique (J.O.R.A n° 69, 18 Aout 1993).

2. Caractéristiques du lait

Depuis plusieurs années, il existe une controverse quant aux effets positifs de la consommation de lait sur la santé. La littérature scientifique portant sur la relation entre le lait et l'apparition, la prévention ou le traitement de certaines maladies. C'est pourquoi il est important de porter un jugement critique et objectif. Les énoncés ci-dessous se veulent un reflet des données scientifiques actuelles (Léa, 2021).

- Excellente source de calcium ;
- Riche en lactose ;
- Bonne source de protéines ;
- Favoriserait la santé cardiovasculaire ;
- Contribue à prévenir l'ostéoporose.

3. Les produits laitiers

Les produits laitiers sont généralement divisés en deux grands groupes : les laits de consommation (entiers, demi-écrémés, écrémés, aromatisés) et les produits laitiers élaborés (beurres, fromages, yaourts, crèmes glacées, etc.) (Figure 1) (Bosseloir *et al.*, 2017).

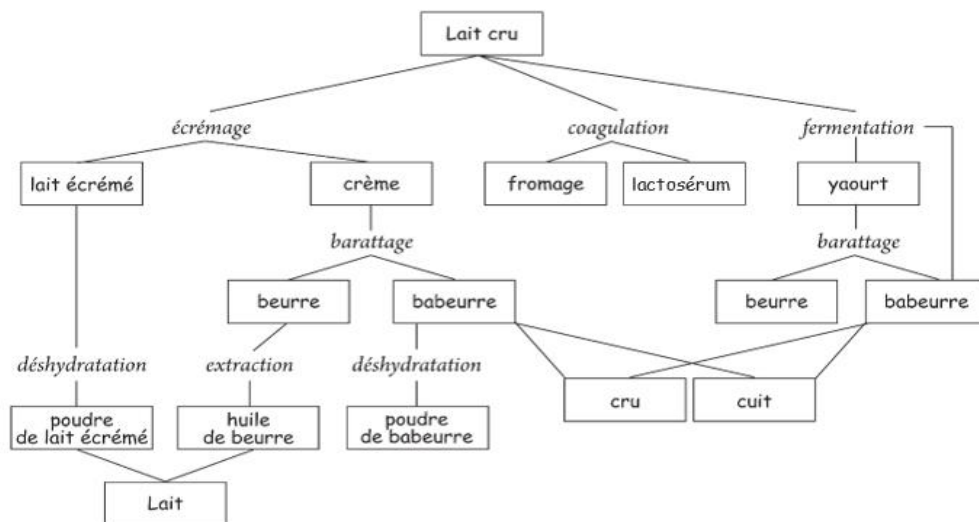


Figure 1. Le lait et ses dérivés (Égoïté, 2010).

3.1. Laits de consommation

Selon le traitement thermique subi, on distingue (Bosseloir *et al.*, 2017) :

- **Lait cru.**
- **Laits pasteurisés :** La pasteurisation a pour but de détruire tous les microorganismes pathogènes potentiellement présents dans le lait ainsi que la plus grande partie des autres microorganismes et des enzymes susceptibles d'altérer les propriétés organoleptiques du lait. Différents processus existent :
 - la pasteurisation à basse température (63 °C pendant 30 minutes), ce procédé (plus ancien) n'est pratiquement plus utilisé.
 - la pasteurisation à température plus élevée (72-76 °C pendant 15 à 20 secondes), ce procédé préserve l'enzyme peroxydase.
 - une pasteurisation à 80 °C ou plus pendant 15 à 20 secondes est utilisée pour la fabrication des produits fermentés et de la crème.

- **Laits stérilisés.**

Les laits de consommation qu'ils soient crus, pasteurisés ou stérilisés se distinguent également par leur teneur en matière grasse : le lait entier a une teneur en matière grasse de 3,5 % au minimum, celle du lait demi-écrémé est comprise entre 1,5 et 1,8 % et le lait écrémé ne contient quasi plus de matière grasse (Bosseloir *et al.*, 2017) .

Par d'autres traitements on peut obtenir des laits aromatisés, concentrés et des laits en poudre (Bosseloir *et al.*, 2017).

- **Laits aromatisés** : sont les laits stérilisés auxquels on a ajouté des arômes : cacao, vanille, fraise par exemple.
- **Lait concentré non sucré** : est obtenu par pasteurisation à température élevée suivie d'une concentration, celle-ci se fait par ébullition sous vide partiel dans des évaporateurs. Il est ensuite homogénéisé, refroidi, distribué en boîtes puis stérilisé à 115 °C pendant 20 minutes. Sa conservation est de très longue durée.
- **Lait concentré sucré** : est obtenu par pasteurisation à température élevée suivie de l'addition d'un sirop de sucre stérile à 70 % de saccharose. Le sucre inhibe la multiplication des microorganismes, ce qui autorise un traitement thermique moins important. Après concentration à 50 % environ, le lait est refroidi et réparti en boîtes ou en tubes stériles. Sa conservation est de longue durée.
- **Lait en poudre** : est obtenu par dessiccation, traitement qui permet une longue conservation puisque les microorganismes ne peuvent se multiplier sans eau.

3.2. Produits laitiers élaborés

3.2.1. Laits fermentés

La dénomination « lait fermenté » est réservée au produit laitier préparé avec des laits écrémés ou non, ou des laits concentrés ou en poudre écrémé ou non, enrichis ou non en constituants du lait, ayant subi un traitement thermique au moins équivalent à la pasteurisation (90 °C à 94 °C / 5 à 7 minutes),ensemencés avec des microorganismes appartenant à l'espèce ou aux espèces caractéristiques de chaque produit. La coagulation ne doit pas être obtenue par d'autres moyens que ceux qui résultent de l'activité des microorganismes utilisés (Luquet, 1985). Il existe un grand nombre de laits fermentés qui diffèrent par leur matière première, leur flore microbienne, leur technologie, leur gout, leur texture (liquide, filante ou épaisse), leur acidité très variable et par leur durée de conservation (FAO, 2002) (Figure 2). Parmi les produits laitiers fermentés, on retrouve le yaourt, la crème sucrée, laits fermentés alcoolisés tel que le kéfir et le koumis, le lait à l'acidophile (Carole, 2002).

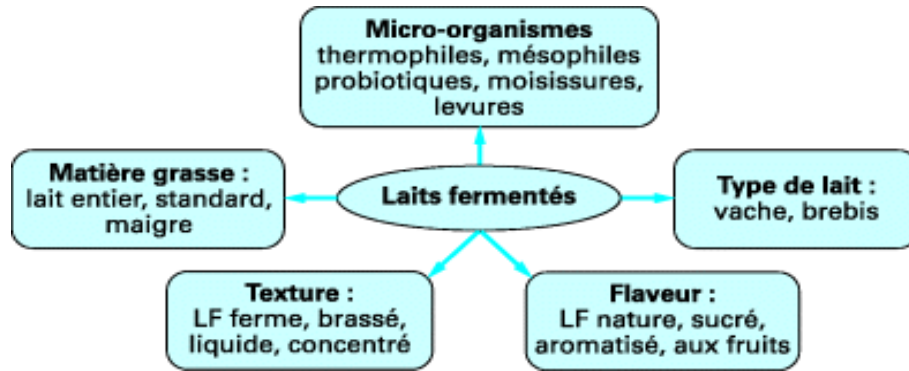


Figure 2. Schéma général de classification des laits fermentés (Béal et Sodini, 2003).

3.2.1.1. Kéfir

Le kéfir est un lait fermenté originaire de l'Europe de l'Est et est considéré comme étant le yaourt du 21^{ème} siècle. Il est fait à l'aide d'une microflore unique appelé grain de kéfir, de couleur blanche ou jaune, gélatineux et de forme irrégulière. Les lactobacilles représentent la plus grande portion (65-80 %) de la population microbienne. Les lactocoques et les levures constituent le reste des microorganismes présents dans le grain de kéfir (Savadogo et Traore, 2011).

3.2.1.2. Koumis

Le koumis est un produit laitier fermenté traditionnel originaire des steppes d'Asie Centrale et produit surtout à partir du lait de jument par fermentation spontanée du lactose en acide lactique et alcool. Cependant, en raison de la différence de composition entre le lait de jument et le lait de vache, il est nécessaire de modifier le lait de vache pour le rendre apte à la production de koumis (Savadogo et Traore, 2011). Ce dernier possède une consistance liquide et gazeuse avec un goût fortement acide mais très rafraichissant. Généralement, un mélange symbiotique de la bactérie thermophile *Lactobacillus bulgaricus* et de levures du genre *Saccharomyces* est utilisés à fin d'obtenir ce type de lait fermenté (Carole, 2002).

3.2.1.3. Buttermilk

Le buttermilk est un sous-produit provenant de la fabrication du beurre du lait qui trouve des applications dans plusieurs produits alimentaires. Un intérêt croissant est montré vis-à-vis de ce produit en raison de sa composition qui est unique. Les principales bactéries utilisées sont les différentes sous-espèces de *L. lactis* et *Leuconostoc mesenteroïdes*, plus rarement *Pediococcus acidilactici* (Luquet et Carrieu, 2005).

3.2.1.4. Lait acidophile

Principalement fait de lait de vache. Surtout vendu sous forme de boisson, le lait acidophile résulte d'une fermentation généralement par *L. acidophilus* à 37 °C pendant une période de 12 heures. Après cette étape, on procède à un bris du gel jusqu'à l'obtention d'un mélange uniforme (Carole, 2002).

3.2.2. Fromages

Il existe plusieurs catégories de fromages, chacun ayant ses spécificités et ils varient par la nature du lait (vache, brebis, chèvre), par la teneur en matière grasse (résultant de l'addition ou non de crème ou de lait entier), par leur mode de préparation (affinage, égouttage, pressage, cuisson), par la consistance de leur pâte et par leur durée de conservation. Les bactéries lactiques jouent un rôle prépondérant au cours de la fabrication du fromage. Habituellement, on distingue les fromages frais ou non fermentés, les fromages fermentés à pâte molle et les fromages fermentés à pâte dure ou demi-dure (Bosseloir *et al.*, 2017).

3.2.3. Crème et le beurre

La crème est obtenue par écrémage du lait, opération qui s'effectue au moyen d'une écrémeuse qui sépare la crème riche en matière grasse (de 30 à 35 %, voire 40 % l'été) du lait écrémé pauvre en matière grasse, immédiatement après la crème est refroidie puis "mûrie" pendant un temps et à une température qui sont fonction des "bonnes" conditions de mûrissement du lieu. La maturation des crèmes résulte en effet de l'action des ferments naturels du lait et de l'environnement, ces ferments développent une acidification et un arôme qui peuvent être spécifiques à la région. En même temps, les globules gras se cristallisent en partie et leurs membranes se fragilisent ce qui facilitera la fabrication du beurre (Bosseloir *et al.*, 2017).

Le beurre est fabriqué à partir de la crème du lait, sa teneur en matière grasse doit être de 82 % minimum et sa teneur en eau de 16 % maximum. La première opération, le barattage, consiste en une agitation énergique de la crème maturée pour provoquer la formation des grains de beurre. Le liquide qui se libère lors du barattage s'appelle le babeurre. Après le barattage, le beurre est lavé afin d'éliminer les restes de caséine emprisonnés entre les grains. Le malaxage, opération suivante, a pour but d'agglomérer les grains de beurre pour en former une masse onctueuse, tout en répartissant l'eau restante de la manière la plus homogène. (Bosseloir *et al.*, 2017).

Chapitre 2
Le yaourt

1. Historique

Le mot "yaourt" (yoghourt ou yogourt) est originaire d'Asie et dérivé du mot turc "épaissir". Après la découverte de la fermentation lactique par Louis Pasteur, de nombreux chercheurs se sont intéressés aux microorganismes présents dans le lait (Tamime et Deeth, 1980).

En 1902, Ris et Khoury, deux médecins français isolent les bactéries présentes dans un lait fermenté égyptien (Brulé, 2003). Metchnikoff (1845-1916) isole ensuite la bactérie spécifique du yaourt « le bacille bulgare » et analyse l'action acidifiante du lait caillé et suggère une méthode de production sûre et régulière traditionnellement, c'est le yaourt dit « nature » qui constituait l'essentiel des productions de laits fermentés (Brulé, 2003).

Dans les années 1960 et 1970, les produits sucrés, aromatisés et fruités font leur apparition. Actuellement, ils dominent le marché, L'avènement du yaourt brassé est une autre étape importante dans la commercialisation du lait fermenté. Les mots "yaourt" et "yogourt" sont entrés dans « Le Petit Larousse » en 1925 (Rousseau, 2005).

2. Définition

Le yaourt ou yoghurt : est un lait fermenté coagulé obtenu par le développement des seules bactéries lactiques thermophiles spécifiques dites *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* qui doivent êtreensemencées simultanément et se trouver vivantes dans le produit fini (J.O.R.A. n° 60, 24 janvier 2021).

Les bactéries dans le produit fini doivent être vivantes et présentes en abondance. Plus précisément la réglementation Algérienne estime $5,20 \times 10^8$ UFC/g de yaourt (J.O.R.A. n° 43, 4 janvier 2004). Les yaourts doivent notamment être maintenus jusqu'à leur consommation à une température comprise entre 0 et 6 °C pour que les bactéries lactiques restent vivantes (Syndifrais, 1997).

3. Différents types de yaourt

- Selon la technologie de la fabrication
- **Yaourt étuvé** : un yaourt ferme dont la fermentation a lieu en pot et toute addition de fruits ou arôme est réalisée avant que la fermentation débute, se sont généralement des yaourt naturels.
- **Yaourt brassé** : dont la fermentation se fait en cuve, le coagulum obtenu est alors dilacéré et brassé pour être rendu plus ou moins visqueux puis conditionné en pot (Luquet, 1986).

- **Yaourt à boire** : présente une texture liquide pour être consommé sans cuillère comme une boisson. Après avoir été brassé, il est battu dans les cuves jusqu'à l'obtention de la texture souhaitée et enfin conditionné en bouteilles (Luquet, 1986).
- **Yaourt aux fruits** : les fruits, les sirops de fruit, peuvent être ajoutés au yaourt, ils sont placés sur le dessus, sur le fond, ou remués dans le yaourt (Yildiz, 2010).
 - **Selon la teneur en matière grasse** (Guyot, 1992)
- **Yaourt entier** : Le yaourt est à base de lait entier, il renferme 3 à 4 % de matière grasse et contient au minimum 3 %.
- **Yaourt partiellement écrémé** : C'est un produit qui renferme moins de 3 % de matière grasse en pratique industrielle.
- **Yaourt écrémé (maigre)** : le produit contient au maximum 0.5 % de matière grasse et de 0.05 à 0.1 % de protéines.
 - **Selon le goût** (FAO/OMS, 2000)
- **Yaourt nature** : sans addition.
- **Yaourt sucré** : Au quel on a ajouté uniquement un ou plusieurs sucres (l'hydrate de carbone et ou l'édulcorant autorisé par la réglementation en vigueur).
- **Yaourt aux fruits** : Moins de 30 % d'éléments ajoutés.
- **Yaourts aromatisés** : Aux arômes naturels ou de synthèses autorisées par la législation.

3.1. Yaourt nature demi-écrémé pasteurisé

Le yaourt nature est le yaourt simple, sans adjonction de sucre ou d'autres aromates. Il est obtenu à partir de la fermentation du lait pasteurisé, frais et savoureux, il est aussi le yaourt le plus simple à faire à la maison avec du lait et les ferments lactiques adéquats. Le yaourt nature a par ailleurs des bienfaits sur la digestion, grâce à la présence des ferments lactiques qui continuent leur travail dans le tube digestif ((Lecerf, 2016).

Parmi les consommateurs de yaourt nature, environ deux tiers y ajoutent des agents sucrants, principalement présentés sous forme de sucre en poudre (67 %), de confiture ou de miel (21 %) ou d'édulcorants (9 %), ce comportement peut diminuer l'intérêt nutritionnel du yaourt (Lecerf, 2016).

3.2. Yaourt sucré

Le yaourt sucré est produit à partir du lait fermenté avec les deux seules bactéries lactiques *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, et auquel du sucre a été rajouté en plus du sucre naturel du lait. Généralement, si le yaourt ne porte pas d'indications sur le type de lait utilisé, on admet qu'il est fait à partir du lait demi-écrémé (Lecerf, 2016).

4. Apports nutritionnels et l'intérêt « thérapeutique » du yaourt

Un pot du yaourt nature a la même valeur nutritive qu'un verre du lait (Tableau 1).

- Protéines : 4 à 5 % ;
- Lipides à un taux variable selon la nature du lait utilisé (entier, demi-écrémé ou écrémé) ;
- Glucides : 5 à 20 % selon qu'il soit nature ou sucré ;

Au cours de la fermentation, la composition du lait (Annexe 1) subit un certain nombre de modifications. Certaines de ces modifications en font un produit de meilleure valeur nutritionnelle (Jeantet *et al.* 2008).

Tableau 1. Teneur moyenne pour 100 grammes de yaourt (Jeantet *et al.* 2008).

	Protéines (g)	Lipides (g)	Glucides (g)	Ca (g)	Na (g)	K (mg)	P (mg)	Energie (KJ)
Yaourt nature	4,15	1,0002	5,2	174	57	210	114	201
Yaourt au lait entier	3,80	3,5	5,3	171	56	206	112	284
Yaourt nature au lait écrémé	4,20	Traces	5,4	164	55	180	100	163
Yaourt nature sucré	3,80	1,1	14,5	160	52	195	105	347
Yaourt brassé nature	4,30	1,8	5,2	165	40	205	115	230
Yaourt aromatisé au lait entier	3,20	3,2	12	140	50	190	106	372
Yaourt brassé aux fruits	3,75	1,65	14,5	140	50	190	110	368
Yaourt au lait entier aux fruits	3,10	2,7	16,5	140	45	180	100	431
Yaourt maigre aux fruits	3,60	Traces	17,2	140	45	180	100	351

Les bactéries probiotiques présentes dans le yaourt peuvent également contribuer à améliorer la santé de l'homme (Martin, 2004) :

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

La présence des bactéries lactiques vivantes dans le yaourt permet une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactase.

- **Amélioration de la digestibilité des protéines**

Le yaourt est deux fois plus digeste que le lait et contient deux fois plus d'acides aminés libres. Cette propriété résulte du traitement thermique, de l'acidification et de l'activité protéolytique des bactéries.

- **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 acides gras libres dans le yaourt.

- **L'activité antimicrobienne**

Les bactéries du yaourt produisent des substances antimicrobiennes et des probiotiques. Leur pouvoir antagoniste résulte aussi de la production du peroxyde d'hydrogène et de bactériocines, limitant la croissance de certains germes pathogènes.

- **Stimulation du système immunitaire**

Le yaourt a un effet immunitaire régulateur, qui permet d'augmenter la production d'interférons et d'immunoglobulines et d'exciter l'activité des lymphocytes B. Cet effet est attribué à *Lactobacillus bulgaricus*.

- **Action préventive contre le cancer**

Les bactéries modifient les enzymes bactériennes à l'origine de carcinogène (indicateur de cancer) dans le tube digestif, inhibant ainsi la formation des substances précancéreuses.

- **Action hypocholestérolémiant**

La consommation de yaourt permet de prévenir les maladies coronariennes et serait plus efficace que le lait, pour maintenir une cholestérolémie basse.

- **Action sur les vitamines**

Certaines vitamines sont utilisées par les bactéries lactiques (Vitamine B12), d'autres en sont produites (Acide folique).

5. Processus de fabrication

La fabrication de deux types de yaourts (ferme et brassé) peut être réalisée soit à partir de lait entier, soit à partir de lait partiellement ou totalement écrémé (3.5 % ; 1.0 % ; 0.0 % de MG) (Mahaut *et al.*, 2000).

Les étapes du processus de fabrication sont résumées dans le diagramme ci-dessous (Figure 3).

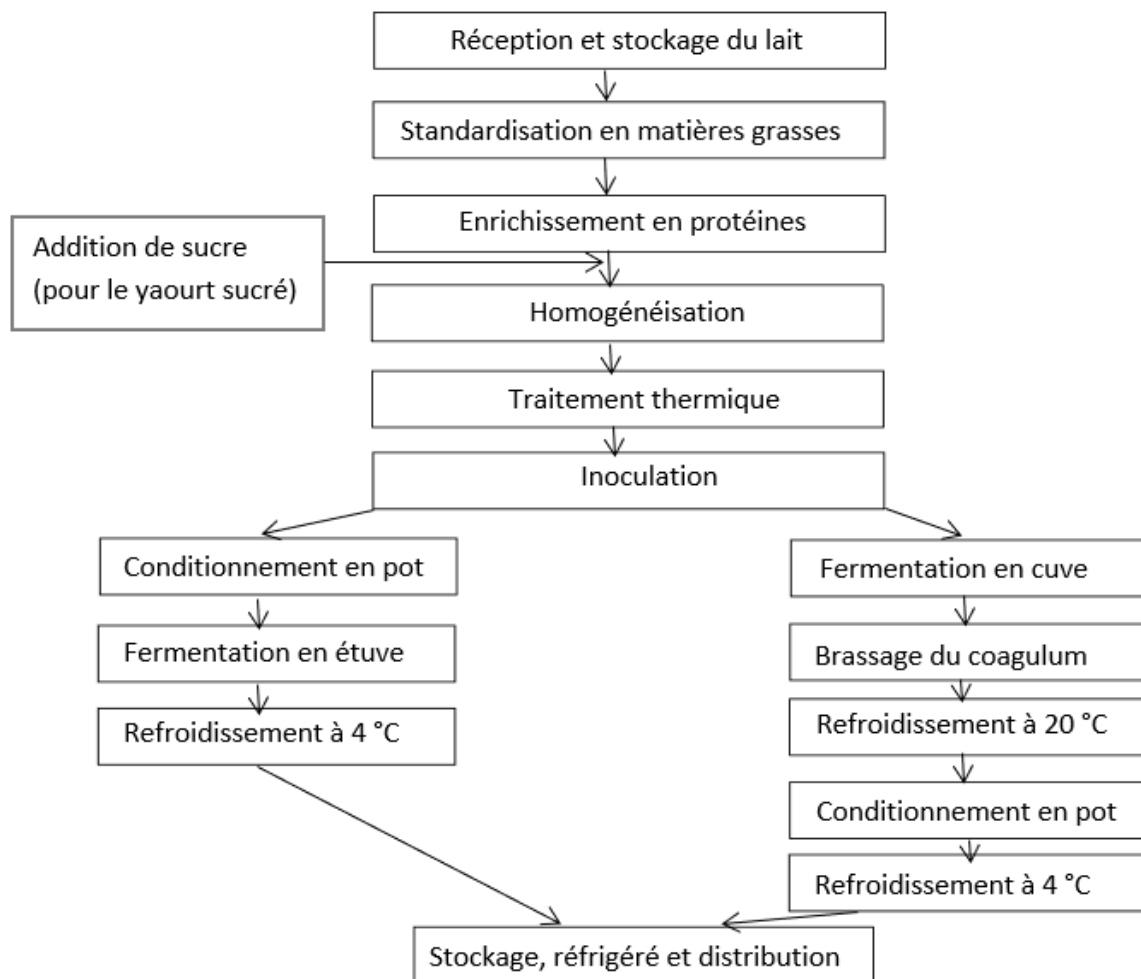


Figure 3. Diagramme de fabrication du yaourt, à gauche yaourt ferme, à droite yaourt brassé (Béal et Sodini, 2003).

5.1. Réception du lait

Il est généralement reconnu qu'on ne peut faire un produit de qualité avec une matière première de mauvaise qualité. Dans cet esprit, il est primordial de mettre en place du lait ou toutes autres matières premières, des méthodes et des procédures rapides et simples permettant de détecter les anomalies et les pertes possibles de contrôle (Vingola, 2002).

5.2. Standardisation

La standardisation mise en œuvre pour la fabrication des yaourts permet d'atteindre les exigences normative et qualitative des produits finis (Jeantet *et al.*, 2007).

5.2.1. Standardisation en matière grasse

A son arrivé à l'usine, le lait est tout d'abord écrémé, après chauffage à une température variante entre 40-45 °C et 60-70 °C selon le type d'installation par centrifugation. Un écrémage efficace permet d'atteindre moins de 0,7 g de MG pour 100 g de lait. Le lait est ensuite mélangé à la crème dans des proportions caractéristiques des produits finis. Les teneurs en MG de yaourt du commerce sont généralement comprises entre moins de 1 % pour les yaourts maigres et 3,5 % pour les yaourts au lait entier, voire plus jusqu'à 10 % (Luquet et Corrieu, 2005).

5.2.2. Enrichissement en protéines

Les quantités de protéines ajoutées sont variables et dépendant de texture recherchée (yaourt ferme, yaourt brassé). La teneur protéique minimale exigée pour une dénomination "yoghourt" doit être de 2,8 % du produit fini (Luquet, 1985).

Cependant, les teneurs minimales requises sont variables selon les pays et sont globalement comprises entre 2,8-4 %. L'enrichissement est réalisé par l'ajout de lait concentré et de poudre de lait écrémé. (Luquet et Corrieu, 2005).

5.2.3. Addition de sucre

Le lait peut être additionné de sucre avant la fermentation à hauteur de 5-10 % (au-dessus de cette norme, il peut y avoir un effet inhibiteur des bactéries lactiques). La plus grande aptitude étant liée à la quantité de sucre ajouté (Luquet *et al.*, 2005).

5.3. Homogénéisation

L'homogénéisation du lait a plusieurs objectifs : elle améliore la fermeté des gels obtenus après fermentation, augmente leur capacité de rétention d'eau réduit la synérèse. Par ailleurs elle prévient le crémage au cours des opérations « statiques de la fabrication du yaourt, en particulier lors de la période d'incubation en pots ou dans les cuves de fermentation, l'homogénéisation s'effectue le plus souvent au stade initial de la pasteurisation à une pression d'homogénéisation autour de 20 MPa et à une température comprise entre 60 °C et 90 °C. Au cours du traitement d'homogénéisation, l'interface lipidique créée se recouvre de protéines (micelles de caséines, protéines sériques). La couverture protéique des globules gras homogénéisés implique ces derniers dans la formation du réseau protéique au cours de

l'acidification (Jeantet *et al.*, 2007). Le tableau 2 donne les causes possibles d'homogénéisation inadéquate d'un mélange et les incidences sur la qualité du yaourt.

Tableau 2. Causes possibles d'homogénéisation inadéquate d'un mélange et indice sur la qualité du yaourt (Vignola, 2002).

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

5.4. Traitement thermique

En modifiant les caractéristiques physico-chimiques des protéines, le traitement thermique du lait (autour de 90 °C/10 min) a un rôle déterminant sur les propriétés rhéologique des gels lactiques. Par dénaturation thermique, les protéines sériques (plus de 90 %) forment des agrégats covalents solubles ou associés en surface des micelles de caséines. En modifiant la surface des micelles, le traitement thermique induit une augmentation du pH, début de gélification lors de la fermentation, une augmentation de la fermeté du gel et la réduction de sa synérèse.

En outre, le traitement thermique crée un milieu favorable au développement des bactéries lactiques en détruisant les microorganismes indésirables et compétiteurs potentiels des ferments lactiques, en diminuant le potentiel d'oxydo-réduction, en participant à la production d'acide formique, etc. (Jeantet *et al.*, 2007).

5.5. Refroidissement

Après le traitement thermique, le lait est refroidi et maintenu à une température de 43 °C, température à laquelle les enzymes présents dans les ferments lactiques effectueront au mieux leur tâche (Vignola, 2002).

5.6. Ensemencement

L'inoculation de deux germes spécifiques du yaourt dont le rapport *Streptococcus / Lactobacillus* 1,2 à 2 / 1 pour le yaourt nature jusqu'à 10 / 1 pour le yaourt aux fruits. La quantité d'ensemencement minimum entre 0,5 et 1 % et la quantité d'ensemencement maximum se situe à environ 5-7 % si ces valeurs seront dépassées, l'apport d'acide lactique et de lait caillé peut être trop important (risque de texture granuleuse), de même l'acidification peut être trop rapide (Luquet, 1990).

5.7. Conditionnement

Les yaourts, conditionnés dans des pots en verre ou en plastique, sont stockés en chambres froides à 4 °C en passant au préalable dans des tunnels de refroidissement. Cette température sert à prévenir le développement de microorganismes contaminants pouvant altérer le produit ou causer des toxi-infections alimentaires. (Moineau-Jean, 2017).

L'ajout du sucre et des arômes se fait suite à l'ensemencement pour les yaourts fermes alors que l'addition de fruits se fait juste après le deuxième refroidissement pour les yaourts brassés (Mahaut *et al.*, 2000).

5.8. Fermentation

Pour les yaourts fermes, le mélange lait/ferments est soutiré et l'acidification se fait en pots. Pour les yaourts brassés, le lait est acidifié en cuve. Dans les deux cas, l'incubation réalisée à des températures entre 42 et 45 °C dure entre 2h 30 et 3h 30, sa durée dépend de l'activité des cultures, du taux d'ensemencement et de la vitesse de refroidissement (Boudier, 1990). L'objectif de cette phase est d'atteindre une acidité de 70-80 °D dans le cas des yaourts étuvés et de 100-120 °D dans le cas des yaourts brassés (Mahaut *et al.*, 2000).

Au cours de cette étape une partie du lactose est fermenté en acide lactique, ce dernier entraîne une diminution du pH du lait conduisant à une déminéralisation de la micelle de caséine. Cette déminéralisation provoque une déstabilisation de cette micelle ce qui aboutit à la coagulation. (Béal et Sodini, 2003).

5.9. Refroidissement

Lorsque l'acidité est atteinte, on procède à un refroidissement rapide pour bloquer la fermentation. Dans le cas de pots étuvés, ce refroidissement est effectué soit dans des chambres froides fortement ventilées, soit dans un tunnel (Mahaut *et al.*, 2000).

Le refroidissement est une étape critique de la production du yaourt, il est appliqué dès que le caillé a atteint l'acidité désirée. Son but est de limiter l'activité des levains le plus rapidement possible afin d'éviter une sur acidification. La température de refroidissement se situe, en général entre 3 °C et 7 °C (Malonga, 1985).

5.10. Conservation

Les produits peuvent se conserver environ 3 semaines sous réserve d'être maintenus au froid dans des conditions hygiéniques strictes. Au cours de la conservation la température ne doit pas excéder 8 °C. Si le maintien des yaourts au froid empêche la multiplication bactérienne, il n'arrête pas complètement leur activité métabolique. Bien que lente, la production d'acide lactique se poursuit, des enzymes hydrolysent les protéines avec comme conséquences d'une diminution de la fermeté et de la viscosité et l'apparition de peptides à goût amer. Pour ces raisons, on procède parfois à un traitement thermique après la fermentation (FAO, 1995).

6. Microbiologie de la fermentation

La fermentation lactique est l'étape décisive assurant la transformation du lait liquide en un gel. Les deux bactéries lactiques employées : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* interagissent en synergie (Figure 4) (Tamime, 2006). En début de fermentation, les *S. thermophilus* se développent rapidement. Ils absorbent le lactose et le transforment en L(+) acide lactique, ce qui provoque une baisse du pH (acidification). Ils amorcent aussi le développement de la population de *L. bulgaricus* en produisant des composants capables de stimuler leur croissance, comme l'acide formique et le gaz carbonique (Laws, 2001). En retour, *L. bulgaricus* hydrolyse la caséine grâce à une protéinase fixée sur sa paroi, qui après d'autres réactions enzymatiques donnent des acides aminés (en particulier la valine). Ces composés indispensables à la croissance des bactéries ne sont pas en quantités suffisantes dans le lait en début de fermentation. Les *S. thermophilus* qui ont une activité protéinase plus faible, bénéficient donc de la présence du lactobacille. Grâce à cette action conjointe, les deux espèces croissent rapidement et métabolisent suffisamment de lactose en acide lactique pour que la fermentation soit terminée en 3 à 4 heures.

Ces deux espèces bactériennes synthétisent aussi des polysaccharides qu'elles excrètent à l'extérieur de la cellule (appelés EPS). Ce sont des polymères de galactose, glucose et rhamnose, produits en quantité variable suivant les souches. La présence de ces composés est très recherchée, car ils augmentent la viscosité du yaourt et donnent une consistance onctueuse au produit, appréciée des consommateurs (Branger, 2004).

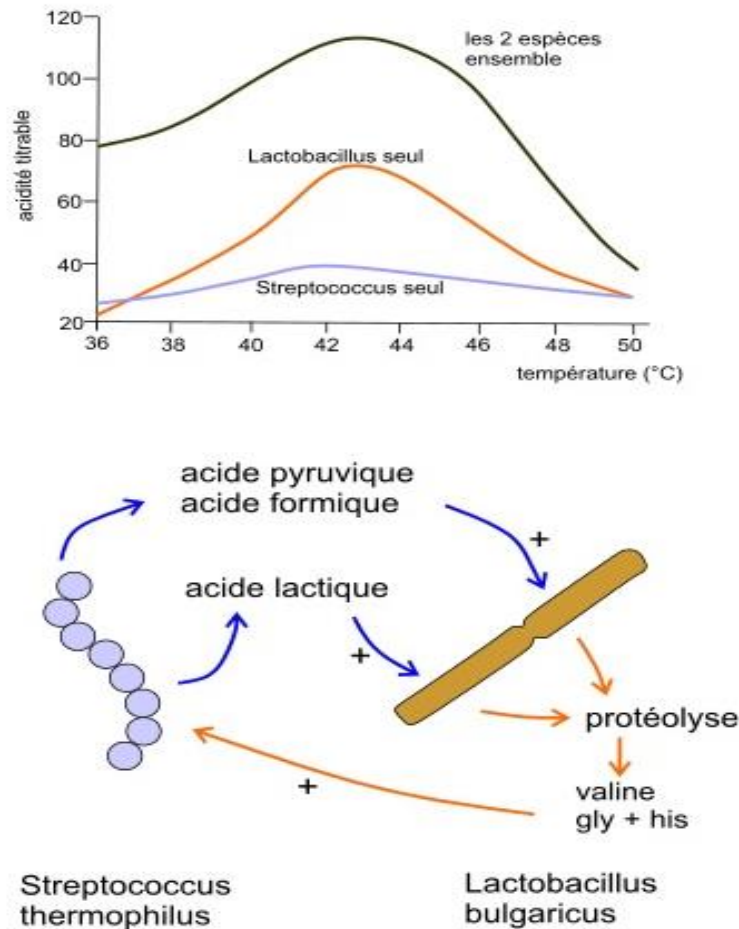


Figure 4. Symbiose bactérienne lors de la fabrication du yaourt (Branger, 2004).

7. Coagulation lactique du lait

Le lait est une émulsion formée par un mélange aqueux de lactosérum, dans lequel sont dispersés des micelles de caséines et des globules gras.

La micelle de caséine est un agrégat sphérique (de 120 nm en moyenne) qui est constitué de 10 à 100 sous-micelles reliées entre elles par des ponts phospho-calciques (Figure 5) (Horne, 2006). Elle est très hydratée. L'eau est fixée au chevelu micellaire sous la forme d'une couche d'hydratation en surface. Les micelles de caséines portent initialement une charge négative nette (quand le lait est encore au pH 6,7)

La précipitation de la caséine résulte de l'abaissement du pH lié à la formation d'acide lactique par les bactéries lactiques. L'acide lactique porte des charges positives qui neutralisent les charges négatives des colloïdes. A pH 4,6 les charges positives et négatives s'équilibrent. C'est ce qu'on appelle le point isoélectrique de la caséine. La neutralisation des charges de surface permet aux micelles de se rapprocher (pour un pH de 5,8 - 5,5) puis de s'agréger par des liaisons

électrostatiques et hydrophobes (dès un pH de 5,2). La solubilisation du calcium est totale à un pH de 5,0 suivie par une gélification totale à un pH de 4,9.

Pour le lait ayant subi un traitement thermique à 90 °C, la coagulation du lait se fait cependant à un pH voisin de 5,3. Cette élévation du pH se comprend par le fait que les protéines du lactosérum (des β -lactoglobulines), dénaturées par le traitement thermique, ont un point isoélectrique de 5,3 et qu'elles vont s'associer aux caséines kappa des micelles. De cette association, il résulte une augmentation de la valeur du pH où se fait l'agrégation (Tamime, 2006).

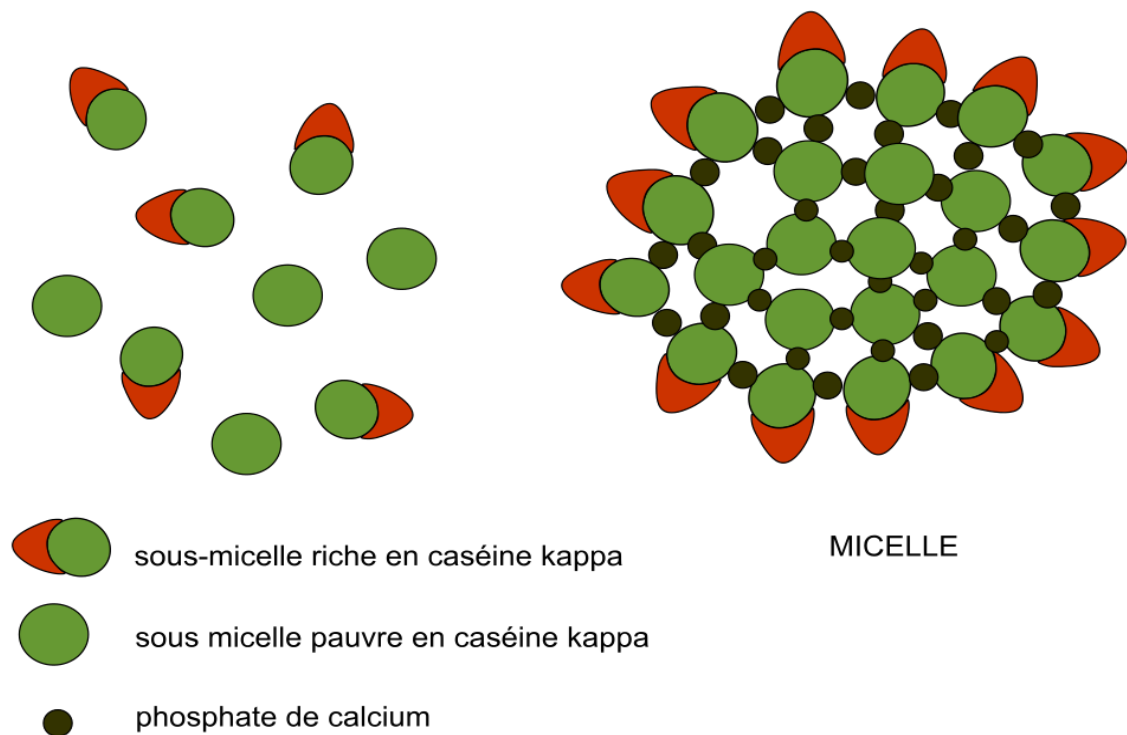


Figure 5. Modèle des sous-micelles de la micelle de caséine (Horne, 2006).

Chapitre 3
Microflore du yaourt

1. Flore de fermentation

La technologie du yaourt est basée sur la mise en œuvre simultanée de deux espèces de bactéries lactiques, *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. La synergie entre les deux espèces favorise l'acidification (Bourgeois *et al.*, 1996).

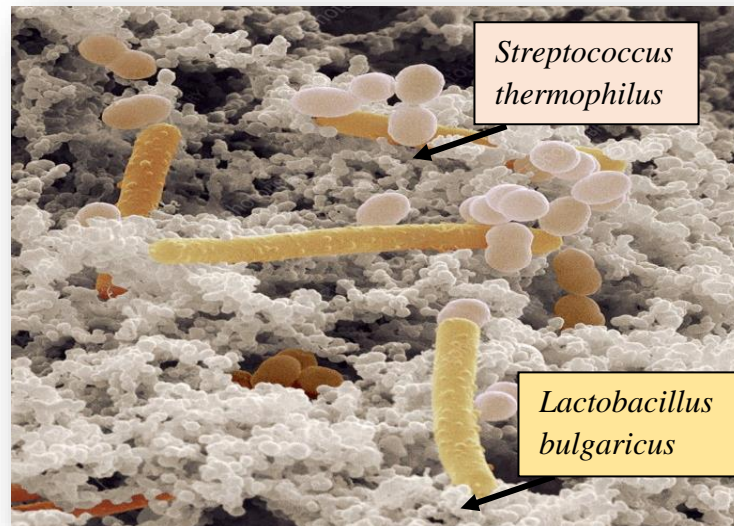


Figure 6. Micrographie électronique à balayage colorée des bactéries lactiques du yaourt (Science Photo Library).

1.1. *Streptococcus thermophilus*

1.1.1. Morphologie

Streptococcus thermophilus se présente sous forme de cellules sphériques ou ovoïdes, de diamètre compris entre 0,7 μm et 0,9 μm , isolée en paires diplocoques ou groupée en chaînes (Figure 6), cette espèce est Gram positif et catalase négative (Larpent, 1989).

1.1.2. Habitat

C'est une bactérie typique du lait et des produits laitiers, et elle est accidentellement isolée d'autres foyers, on peut l'isoler également du lait chauffé à 45-50 $^{\circ}\text{C}$ ou du lait pasteurisé (Leveau et Bouix 1993).

1.1.3. Caractères cultureux

S. thermophilus est thermorésistante (résiste à 60-65 $^{\circ}\text{C}$ pendant 30 minutes) avec une température de croissance comprise entre 19 $^{\circ}\text{C}$ et 52 $^{\circ}\text{C}$, cette bactérie présente une forte sensibilité au NaCl (2 à 4 % de NaCl), nettement moins acidifiante que les Lactobacilles. Cette espèce produit généralement de 0,5 à 0,6 % d'acide lactique (pH voisin de 5,2) (Novel, 1993).

1.1.4. Caractères biochimiques

S. thermophilus est halotolérante (2 à 4 % de NaCl), homofermentaire et dégrade principalement le lactose et le saccharose, elle peut aussi hydrolyser le fructose et le glucose (De roissart et Luquet, 1994).

1.2. *Lactobacillus bulgaricus*

1.2.1. Morphologie

L. bulgaricus se présente sous forme de courts bâtonnets lorsque la culture est jeune (Figure 6) et elle présente des ramifications lorsqu'il s'agit d'une culture âgée. Elle présente des granules métachromatiques colorées en bleu de méthylène (Larpent, 1989).

1.2.2. Habitat

Cette espèce possède différentes niches écologiques et rarement isolées du lait et produits laitiers, elle est très répandue dans la nature et dans les végétaux (Desmazeaud et Michel, 1983).

1.2.3. Caractères cultureux

L. bulgaricus est Gram positif, catalase négative et homofermentaire, elle présente une bonne croissance dans un milieu à pH compris entre 4,5 et 6,4. Cette bactérie est thermorésistante (60 °C / 90 min et 65 °C / 30 min) avec une température optimale de croissance située entre 37 °C et 42 °C. Elle préfère une atmosphère enrichie en CO₂ sur milieu solide, les colonies apparaissent en 24 à 48 heures, sous forme de colonies opaques, lisses, blanchâtre de 0,5 à 1 mm de diamètre (Larpent, 1997).

1.2.4. Caractères biochimiques

L. bulgaricus est catalase négative, oxydase négative, nitrate réductase négative, homofermentaire, produit l'isomère D (-) de l'acide lactique (Obre, 1983).

1.3. Intérêt et fonction des bactéries lactiques du yaourt

1.3.1. Fermentation des sucres

Dans les conditions de la pratique industrielle de la fermentation, l'utilisation du lactose emprunte une seule voie métabolique. Il est hydrolysé par une β -D-galactosidase (aussi dénommée lactase) en D-glucose et β -D galactose, le D-glucose est ensuite transformé suivant la voie glycolytique en acide pyruvique puis en acide lactique sous l'action des bactéries lactiques spécifiques, alors que le galactose excrété, s'accumule progressivement dans le lait, car il est rarement utilisé par les bactéries du yaourt (Figure 7).

Équation de la fermentation lactique (Amrouche, 2012) :

Lactose \rightarrow Glucose + galactose

Glucose ($C_6H_{12}O_6$) \rightarrow 2 Acide lactique ($2 C_3H_6O_3$)

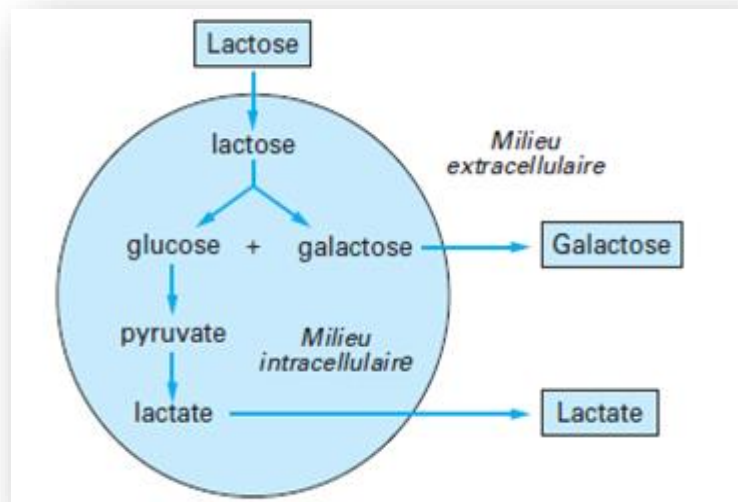


Figure 7. Schéma simplifié des réactions du métabolisme fermentaire chez les bactéries lactiques homofermentaires du yaourt (Amrouche, 2012).

1.3.2. Production d'acide lactique

C'est le processus biochimique le plus important dans la fabrication du yaourt. La fermentation des sucres en acide lactique est une caractéristique des bactéries lactiques hétérofermentaires ou homofermentaires encore appelée voie d'Emben-Meyerhof, qui fournit deux molécules de lactate par molécule de lactose consommée (Figure 8). Deux formes isomérique existent. *S. thermophilus* produit du L-lactate alors que *L. bulgaricus* produit majoritairement du D-lactate (Luquet et Carrieu, 2008).

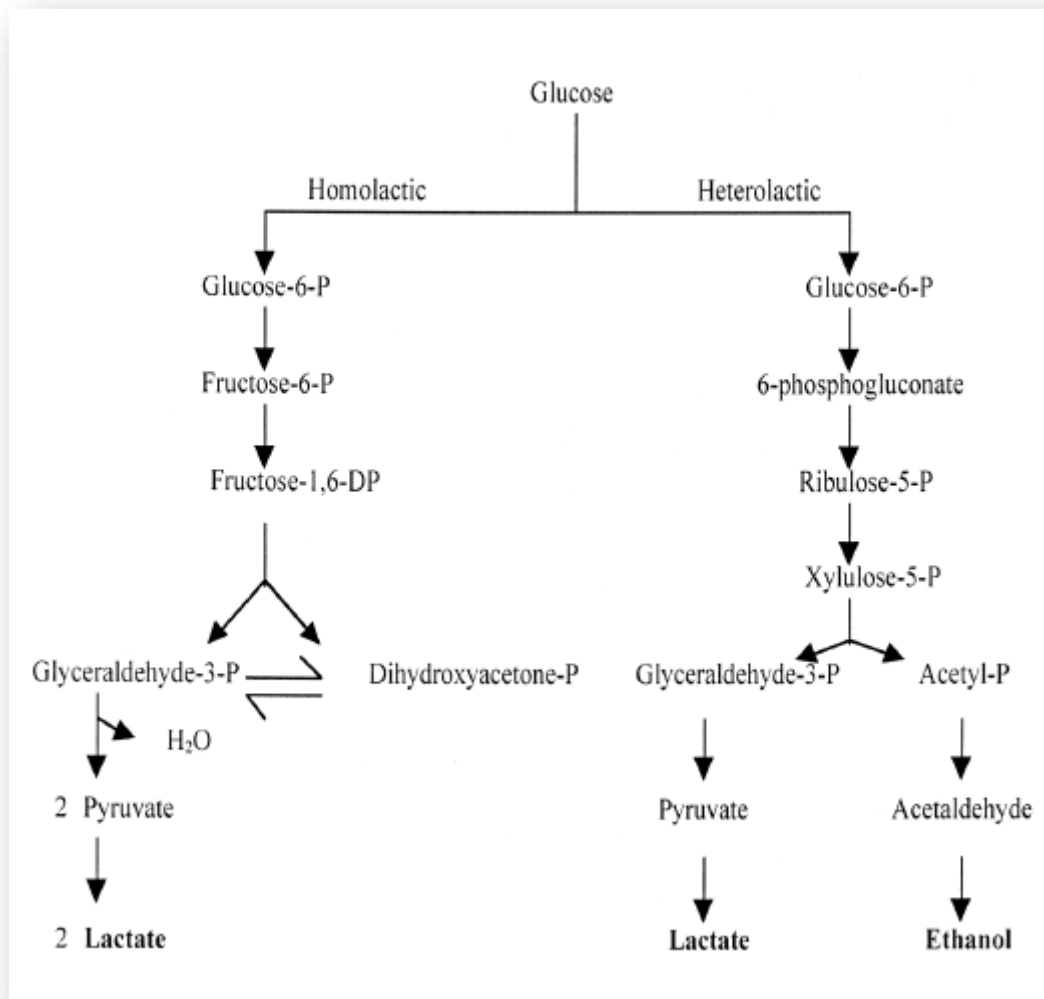


Figure 8. Schéma général de la fermentation du glucose par les bactéries lactiques (Caplice et Fitzgerald, 1999).

1.3.3. Activité protéolytique

Pour satisfaire leurs besoins en acides aminés, les bactéries du yaourt doivent dégrader la fraction protéique du lait constituée de caséine et de protéines sériques, leur système protéolytique est constitué de deux types d'enzymes distinctes : les protéases et les peptidases. *L. bulgaricus* possède des protéases localisées, généralement au niveau de la paroi cellulaire. Cette activité protéasique permet d'hydrolyser la caséine en polypeptide. *S. Thermophilus* est considérée comme ayant une faible activité endopeptidique. Elle dégrade les polypeptides par son activité exopeptidique en acides aminés libres (Annika et Marc, 2004).

1.3.4. Activité lipolytique

La lipolyse est une réaction de nature enzymatique qui est catalysée par une lipase. Cet enzyme est naturellement présente dans le lait ou peut être développé par les bactéries. La lipolyse consiste, avec l'aide de la lipase, à briser le lien entre les acides gras et le glycérol des triglycérides. C'est un phénomène qui participe au développement des qualités gustatives des produits laitiers (Amiot *et al.*, 2002). Bien que l'activité lipolytique des bactéries lactiques soit peu élevée, il y a une augmentation significative de la teneur en acides gras libres dans le yaourt (Mahaut *et al.*, 2000).

1.3.5. Activité aromatique

Divers composés volatiles et aromatiques interviennent dans la saveur et l'appétence du yaourt, c'est principalement le lactose qui intervient dans la formation de ces composés, surtout l'acétaldéhyde à partir du pyruvate, et à un moindre degré à partir de la thréonine. Il joue un rôle essentiel dans les caractéristiques organoleptiques recherchées. La concentration optimale de ce métabolite est estimée à environ 10 ppm, sa production, due principalement au lactobacille, est augmentée lorsque ce dernier est en association avec le streptocoque qui en élabore de faibles quantités aldolase. L'acétaldéhyde peut provenir (Loones, 1994) :

- Du pyruvate, soit par action du pyruvate décarboxylase ou par action du pyruvate déshydrogénase (appelée aussi pyruvate formate lyase) ;
- De la thréonine par l'action de la thréonine aldolase.

L'acétyle contribue à donner un goût délicat qui est dû à la transformation de l'acide citrique et, secondairement, du lactose par certaines souches de streptocoques. D'autres composés (acétone, acétoïne, etc.) contribuent à l'équilibre et à la finesse de la saveur (Loones, 1994).

1.3.6. Activité texturant

La texture et l'onctuosité constituent, pour le consommateur, d'importants éléments d'appréciation de la qualité du yaourt. Certaines souches bactériennes produisent, à partir du glucose, des polysaccharides qui, en formant des filaments, limitent l'altération du gel par les traitements mécaniques et contribuent à la viscosité du yaourt, l'augmentation de la viscosité du yaourt est en général attribuée à la production d'EPS qui, selon une étude portant sur plusieurs souches serait essentiellement composé de rhamnose, arabinose, et mannose (Schmidt *et al.*, 1994).

1.4. Association entre *S. thermophilus* et *L. bulgaricus*

Lors de la production du yaourt, l'utilisation combinée de *S. thermophilus* et *L. bulgaricus* permet de valoriser l'interaction indirecte positive existant entre ces deux espèces. Cette interaction, appelée protocoopération, (coopération non indispensable à leur survie) se traduit par (Amrouche, 2012) :

- Une augmentation des vitesses d'acidification par rapport aux vitesses observées en cultures pures (la quantité d'acide lactique produite par la culture mixte est supérieure à la quantité d'acide produit par chacune des cultures pures) ;
- Un accroissement des concentrations bactériennes est observé en parallèle ;
- Elle induit également une amélioration de la production des composés d'arômes (principalement l'acétaldéhyde) ;
- La stabilité physique du produit (plus grande viscosité).

1.5. Facteurs influençant la fermentation lactique du yaourt

La croissance et l'acidification des bactéries lactiques sont fortement influencées par des facteurs physiques, chimiques et microbiologiques. En outre les effets de ces facteurs peuvent interagir ensemble sur leur activité métabolique (Amrouche, 2012).

1.5.1. Facteurs physiques

- **La température** : est le premier facteur environnemental à considérer pour le développement des bactéries lactiques. Elle agit sur la vitesse des réactions chimiques et biochimiques. Elle doit être aux alentours de 30 °C pour les bactéries mésophiles et de 42 °C pour les espèces thermophiles (Tamime et Robinson ,1985).
- **L'activité de l'eau** : est liée à la présence de sels ou de sucres, lorsqu'elle diminue la quantité d'eau libre décroît et la disponibilité des nutriments est affectée. Concernant les laits fermentés seule la présence du saccharose (cas de yaourts sucrés) peut diminuer cette activité (Tamime et Robinson ,1985).

1.5.2. Facteurs chimiques

- **La qualité du lait** : est un facteur d'influence prépondérante pour le développement des bactéries lactiques. Si les teneurs initiales en lactose et en sels minéraux sont suffisantes dans le lait, ce n'est pas le cas de la fraction azotée libre (acides aminés et oligopeptides). la limitation en certaines molécules peut constituer un frein à la croissance (Boudier, 1990).
- **Le traitement thermique** : subi par le lait avant l'étape de fermentation va agir favorablement sur le métabolisme des bactéries, en effet, son rôle principal de destruction

des micro-organismes indésirables et pathogènes, il permet de détruire les principales substances antibactériennes naturellement présentes dans le lait (agglutinines, lactoperoxydase) ce qui favorisera les croissances bactériennes. De plus, il génère de faible quantité d'acide formique à partir du lactose, ce qui stimulera la croissance des lactobacilles, et il contribue à l'augmentation de la teneur du lait en petits et en acides aminés libres (Farkye et Imafidon ,1995).

- **Le pH** : est le troisième facteur chimique important pour la croissance des bactéries lactiques. Il intervient sur la disponibilité en nutriment du milieu, sur la perméabilité de la membrane cellulaire et sur les vitesses d'activité enzymatique. Lors de la production du yaourt il n'est pas contrôlé et représente donc un facteur majeur de ralentissement du métabolisme bactérien (Beal et Sodini, 2003).

1.5.3. Facteurs microbiologiques

- **Le taux d'ensemencement du lait avec les bactéries lactiques** : influence fortement sa transformation. Plus il est élevé, la fermentation est rapide. Généralement, ce taux se situe autour de 10^6 UFC/ml pour obtenir des durées de fabrication courtes et limiter le cout d'achat des ferments. Pour un ensemencement direct cela correspond à un taux d'incubation compris entre 2,5 g et 70 g pour 100 L de lait selon l'espèce bactérienne considérée (Béal et Corrieu ,1991).
- **L'équilibre des populations** : Dans le cas de la fabrication du yaourt la durée de la fermentation varie selon la valeur initiale du rapport entre streptocoques et lactobacilles, même si en fin de culture les streptocoques sont toujours majoritaires (Béal et Corrieu ,1991).

2. Flore de contamination

Les environnements laitiers comme les usines de fabrication du yaourt peuvent rapidement devenir l'habitat permanent d'une flore de contamination.

D'après Guiraud (1998), la flore de contamination est une flore indicatrice d'une mauvaise qualité générale, et constitue souvent une présomption de la présence de microorganismes pathogènes beaucoup plus dangereux, les études les plus fréquents portent sur les flores de contamination fécale.

2.1. FTAM

La flore aérobie mésophile à 30 °C (ou également microorganismes à 30 °C) est un indicateur technique qui tente de représenter la charge microbienne totale d'un aliment (au paravent, ce paramètre était connu sous le nom de "flore aérobie mésophile totale"). Il ne s'agit pas d'un groupe taxonomique particulier mais de l'ensemble des bactéries, levures, moisissures capables de se développer en aérobiose sur les milieux de cultures définis par la norme d'analyse. (Boyer, 2021). Le dénombrement de la FTAM reflète la qualité microbiologique générale d'un produit. Le nombre de germes totaux pourra donner une indication sur l'état de fraîcheur ou de décomposition (altération) d'un produit (Guiraud et Rosec, 2004).

2.2. Coliformes totaux et fécaux

Les coliformes appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae. Ils révèlent la probabilité d'une contamination, donc d'une mauvaise qualité hygiénique et même une présomption de la présence des microorganismes pathogènes beaucoup plus dangereux (Petrasxiene et Lapiede., 1981). La numération des coliformes est surtout réalisée dans le cadre de l'analyse de l'eau et celle des aliments transformés ou elle permet de mettre en évidence un défaut de procès ou de mauvaise condition de fabrication. On entend par le terme "coliformes thermotolérants" ou "coliformes fécaux", l'ensemble des coliformes fermentant le lactose avec production de gaz à 44 °C. Ce sont des microorganismes indicateurs d'une pollution d'origine fécale humaine ou animale (Joffin et Joffin, 2003). Les coliformes ne sont généralement dangereux du point de vue sanitaire sauf en cas de prolifération extrêmement abondante ou de réceptivité particulière du consommateur (Guiraud, 1998).

2.3. Entérobactéries

Les Entérobactéries ou (Enterobacteriaceae) constituent une famille bactérienne hétérogène très importante, qui regroupe plus d'une quarantaine de genres et de plusieurs dizaines d'espèces. Ce sont des bacilles à Gram négatif de 2 à 3 µm de long sur 0,6 µm de large. Certains espèces plus nombreuses sont mobiles grâce à une ciliature péritriche, d'autres sont immobiles, telles que *Klebsiella*, *Shigella*, *Yersinia pestis* etc. (Pilly, 2013).

2.4. Levures et moisissures

Les levures et les moisissures sont capables de se développer dans le yaourt, et constituent une bonne flore indicatrice de la qualité générale. De nombreuses moisissures ne sont pas gênées par l'acidité et disposent avec le saccharose et le lactose résiduels, d'une source abondante d'énergie. Ces moisissures peuvent former une couche de mycélium à la surface du yaourt quand l'emballage reste immobile pendant un certain temps, alors que les levures peuvent se développer à la surface ou dans la masse (Guiraud, 1998).

3. Flore pathogène

Le traitement thermique du lait avant la fabrication étant suffisant pour détruire les microorganismes non sporulés pathogènes ou non, la présence de ces germes dans le yaourt ne peut être qu'accidentelle. Mais il est à noter qu'un yaourt à un pH inférieur ou égal à 4 est un milieu hostile pour les bactéries pathogènes, comme pour la plupart des bactéries indésirables (Bourgeois *et al.*, 1996).

3.1. *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. *S. aureus* semble capable de coloniser tous les mammifères (marins et terrestres). En effet, cette bactérie doit être recherchée dans la majorité des produits laitiers. Le pouvoir pathogène de cette bactérie est dû à des toxines (hémolysine, leucocidines et entérotoxines) causant des intoxications alimentaires. (Lebres, 2002).

3.2. *Salmonella*

Le genre *Salmonella*, qui appartient à la famille des entérobactéries est caractérisé par des bacilles à coloration Gram négatif, non sporulé, la plupart du temps doués d'une mobilité grâce à des flagelles péritriches (à l'exception de *Salmonella gallinarum*). Elles sont aéro-anaérobies facultatives (fermentent le glucose), catalase positive et oxydase négative et provoquent des toxi-infections alimentaires, elles sont responsables des salmonelloses (Gledel, 1996). On retrouve les salmonelles chez la plupart des animaux destinés à l'alimentation humaine tels que les volailles et les bovins, mais aussi chez les animaux de compagnie, chats, chiens, oiseaux et reptiles, comme les tortues. Bien que leur présence soit rare dans les produits laitiers alimentaires, leur recherche est systématique obligatoire vu leur implication dans de très graves toxi-infections. (OMS, 2018).

Chapitre 4
Contrôle de la qualité du
yaourt

Le contrôle de la qualité est une opération destinée à déterminer, avec des moyens appropriés, si le produit (y compris, services, documents, code source) contrôlé est conforme ou non à ses spécifications ou exigences préétablies et incluant une décision d'acceptation, de rejet ou de retouche (April et Laporte, 2011).

1. Contrôle de la qualité du yaourt au cours de la conservation

Si le maintien du yaourt au froid empêche la multiplication bactérienne, il n'arrête pas complètement son activité métabolique. Le yaourt montre des modifications durant toute la durée de conservation, ce qui altère sa qualité (Dave et Shah, 1998).

1.1. Contrôle physico-chimique

- pH : Le pH influe la flaveur et la texture finale du produit et reflète donc la qualité du produit final. Si la valeur du pH est très basse, nous aurons un yaourt très acide avec des problèmes de séparation d'eau, et si elle est haute, la flaveur sera affectée en raison de manque d'acidité (Tamime et Robinson, 1999).
- Synérèse : La synérèse ou la séparation spontanée du petit lait sur la surface du yaourt est considérée comme un défaut. Ce problème peut être réduit ou éliminé par l'augmentation des matières solides du lait à 15 % (Shah, 2003).
- Viscosité : La viscosité du yaourt diminue progressivement pendant la conservation. Cette diminution est due à l'augmentation du temps de conservation, elle change en fonction du ferment utilisé grâce à leur protéase ce qui implique le rôle des microorganismes en affectant la viscosité de yaourt (Shakeel Hanif *et al.*, 2012).

1.2. Contrôle microbiologique

Les yaourts ne doivent contenir aucun germe pathogène. Le traitement thermique appliqué sur le lait avant la fabrication du yaourt est suffisant pour détruire les microorganismes non sporulés pathogènes ou non, leur présence dans le yaourt, ne peut être que de manière accidentelle. Le pH acide du yaourt le rend hostile aux germes pathogènes, comme pour la plupart des autres germes indésirables. Les microorganismes les plus souvent évoqués sont les psychrotrophes à Gram négatif, les coliformes, les levures et les moisissures. En outre, diverses bactéries telle que *Salmonella sp.*, *Listeria monocytogenes*, les souches pathogènes d'*E. coli* et les souches entéro-toxinogènes de *Staphylococcus aureus* peuvent également être trouvées dans le lait et produits laitiers (Roginski *et al.*, 2003).

La viabilité des bactéries lactiques constitue le plus important obstacle rencontré au cours de la fabrication, et particulièrement pendant la conservation à cause de leur courte durée de vie dans

les produits laitiers fermentés. Les principaux facteurs responsables de la perte de viabilité des bactéries lactiques ont été attribués à la diminution du pH du milieu et de l'accumulation des acides organiques en raison de la croissance et de la fermentation (Analie et Vilojoen, 2001).

1.3. Contrôle organoleptique

- Fermeté : est le maintien d'une texture et une dureté uniforme pendant et tout au long du processus de fabrication. La durée de conservation est l'objectif principal de la production du yaourt. La fermeté du yaourt peut ne pas être affectée pendant la conservation (Shakeel Hanif *et al.*, 2012).
- Arôme : le yaourt doit être consommé à environ 10 °C, au-dessous de cette température, le profil de la saveur n'est plus apprécié à cause du froid, il est rapporté que tous les composants volatils présents dans le yaourt diminuent au cours de la conservation à moins de 8 °C, au-dessus de 10 °C le produit perd sa fraîcheur (Gafaar, 1992).
- Texture : les différences de texture entre les yaourts sont attribuées au type de lait utilisé et leurs différences compositionnelles. En effet, un taux élevé de matière sèche totale augmente la fermeté du gel et réduit le degré de la synérèse (Shakeel Hanif *et al.*, 2012).
- Goût : la perte du goût du yaourt est le résultat du développement de l'acidité, l'oxydation de graisse ou la protéolyse des protéines. Les activités protéolytiques des bactéries lactiques peuvent avoir quelques effets nuisibles sur le lait fermenté. La production des peptides amers est en grande partie attribuée à la protéolyse par *L. bulgaricus* pendant la conservation (Shakeel Hanif *et al.*, 2012).

2. Normes microbiologiques pour le yaourt

Les normes et critères microbiologiques donnent en général les limites de conformité et de toxicité, de même que les méthodes à utiliser.

Au sens de la norme ISO 8402 : « la qualité est l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un service ou d'un produit qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés (organoleptiques) ou implicites (par exemple la sécurité) Pour un produit alimentaire, elle peut se décrire par la règle des 4 S (Satisfaction, Sécurité, Service, Santé). Selon le codex Alimentarius, un critère microbiologique doit s'appliquer à un produit donné, concernant un ou plusieurs contaminants, donner les méthodes à utiliser pour la détection et/ou le dénombrement, les limites numériques, le plan d'échantillonnage et éventuellement les modalités d'utilisation et les décisions à prendre en cas de dépassement. Il doit répondre à un besoin spécifique, être

techniquement réalisable et être facile et économique à vérifier. L'établissement des critères se base sur la connaissance des produits et des flores susceptibles de s'y développer ou de les contaminer, de leur utilisation et de la technologie qui leur est appliquée (Guiraud, 2012).

Les Critères microbiologiques auxquels doivent satisfaire le yaourt sont définis par le journal officiel de la république algérienne n° 39 du 14 mai 2017 (Tableau 3).

Tableau 3. Normes des paramètres microbiologiques (J.O.R.A. n°39 du 14 mai 2017).

Germe (Ufc/ml)	m	M
Entérobactéries	≤ 10	10^2
FTAM	≤ 10	10^2
Coliformes totaux et fécaux	≤ 10	10
<i>Salmonella</i>	2	Abs
<i>Staphylococcus aureus</i>	2	Abs
Levures	≤ 100	100
Moisissures	Abs	

m : la valeur en dessous de laquelle la qualité du produit est considérée comme satisfaisante.

M : La valeur au-dessus de laquelle la qualité du produit est considérée comme inacceptable.

3. Normes physico-chimiques

La connaissance des propriétés physico-chimiques du yaourt revêt une importance incontestable car elle permet de mieux évaluer la qualité du produit final.

Les normes des paramètres physico-chimiques du yaourt sont illustrées dans le tableau 4.

Tableau 4. Normes des paramètres physico-chimiques (J.O.R.A. n°35 du 27 Octobre 1998).

Paramètres	Normes
Acidité	80 – 100 °D
pH	4,1 - 4,6
Température de conservation	4 à 6 °C
Extrait Sec Total	210 g/l
Extrait Sec Dégraissé	200 g/l
Taux de Matière Grasse	10 g/l

***Matériel et
méthodes***

1. Lieu et période de stage

Ce travail a été effectué au sein des laboratoires de microbiologie et de physico-chimie de la laiterie Numidia (Annexe 2) située dans la région de CHAABET ERSAS à 4 km de Constantine occupant une superficie de 5 hectares. La période de manipulation pratique au laboratoire s'est étalée sur deux mois allant du 12/02/2023 au 12/04/2023.

2. Echantillonnage

Deux types de yaourt industriel (nature et sucré) ont été utilisés dans cette étude. Dix boîtes de yaourt nature ont été prélevées du marché quelques heures après leur production et dix boîtes de yaourt sucré ont été prélevées de la laiterie Numidia juste après la production. Ils ont été conservés comme suit :

- Dix échantillons ont été conservés au réfrigérateur (cinq de chaque type) ;
- Dix échantillons ont été placés à une température ambiante (cinq de chaque type).

Nous avons mentionné sur l'étiquette de chaque pot du yaourt, la date du jour d'analyse. Les analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été effectuées tous les 10 jours pendant un mois et également 5 jours après la date de péremption.

3. Analyses physico-chimiques et microbiologiques

Les paramètres physico-chimiques et microbiologiques étudiés sont résumés dans la figure 9 :

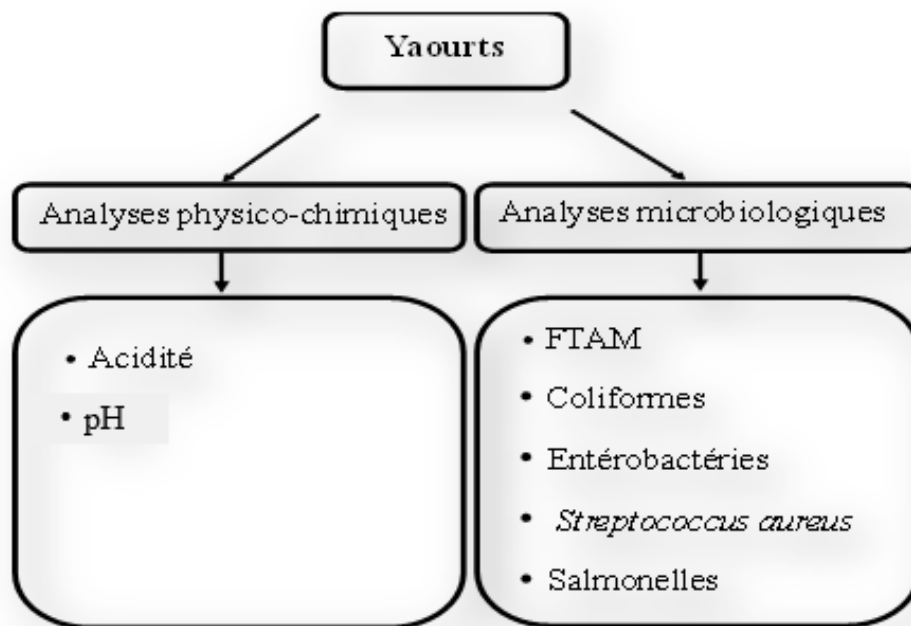


Figure 9. Schéma représentatif des différentes analyses réalisées sur les yaourts

3.1. Analyses physico-chimiques

Ces analyses ont pour but de déterminer certains paramètres impliqués dans la qualité du yaourt. Des mesures de l'acidité et du pH des yaourts sucré et nature ont été effectuées pendant la durée de conservation (1 jour, 10 jours, 20 jours 30 jours) et à différentes températures (4 °C et 24 °C), afin d'évaluer les variations de ces deux paramètres.

3.1.1. Mesure de l'acidité

L'acidité du yaourt est exprimée en D°. Par définition, un D° est équivalent à une teneur de 0.1 g d'acide lactique par litre de yaourt.

➤ Principe

L'acidité a été déterminée par la technique de titration en présence de phénolphtaléine ($C_{20}H_{14}O_4$) comme indicateur coloré et de NaOH.

➤ Mode opératoire

- A l'aide d'une spatule, on introduit 10 g du yaourt dans un bécher de 100 ml ;
- On ajoute 3 à 4 gouttes de solution de phénolphtaléine (1 %) ;
- Dans un acidimètre à température ambiante, on titre avec une solution d'hydroxyde de sodium par ajout gouttes à gouttes jusqu'au virage de la couleur du yaourt au rose facilement perceptible par comparaison avec la solution témoin constituée du même yaourt (Figure 10).



Figure 10. Mesure de l'acidité du yaourt.

3.1.2. Mesure du pH

➤ Principe

Le pH sert à déterminer le degré d'acidité du yaourt. Il est mesuré par un pH-mètre de marque *Milwaukee* (Annexe 5).

➤ Mode opératoire

L'électrode du pH-mètre est plongée dans le pot du yaourt. La valeur du pH est obtenue par simple lecture sur l'écran du pH-mètre (Annexe 5).

3.2. Analyses microbiologiques

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 du travail, la bonne hygiène des opérateurs ou encore la qualité de tout ingrédient entrant dans le procédé de fabrication.

Des recherches des FTAM, des coliformes et des entérobactéries sur les yaourts sucré et nature ont été effectuées pendant la durée de conservation (1 jour, 10 jours, 20 jours 30 jours) et à différentes températures (4 °C et 24 °C). En revanche, les recherches de *Staphylococcus aureus* et *Salmonella* ont été menées sur les deux types du yaourt uniquement le premier jour, car le produit ne peut pas se contaminer par ces bactéries pendant la phase de conservation, et leur présence est un indice de contamination à travers les personnes qui s'en occupent pendant la phase de fabrication et les machines utilisées.

Les analyses ont été effectuées aseptiquement sur une paillasse à proximité de deux bacs benzène, ainsi que tous les outils et milieux de culture utilisés sont propres et stériles.

Les milieux de culture et les réactifs utilisés sont mentionnés dans le tableau 5.

Tableau 5. Milieux de culture correspondant aux germes recherchés

Milieux de culture	Germes recherchés
EPT	Dilution / Pré-enrichissement
VRBG	Entérobactéries
DCLA	Coliformes
PCA	FTAM
SFB (s/c) / Gélose SS	Salmonelles
Giolitti Cantoni / Chapman	<i>Staphylococcus aureus</i>

3.2.1. Préparation des dilutions décimales

➤ Principe

Une série de dilutions est réalisée dans l'EPT (Annexe 4) à partir de l'échantillon homogénéisé pendant au moins 10 secondes d'agitation.

➤ Mode opératoire

- Homogénéiser l'échantillon de yaourt ;
- A l'aide d'une pipette graduée prélever 1 ml du yaourt ;
- Introduire aseptiquement le volume prélevé dans un tube contenant 9 ml d'EPT (dilution 10^{-1}) ;
- Agiter le tube manuellement afin de s'assurer que les microorganismes sont distribués de façon uniforme ;
- Pour préparer la dilution 10^{-2} à l'aide d'une nouvelle pipette on prélève 1 ml de la dilution 10^{-1} et l'introduire dans un nouveau tube contenant 9 ml d'EPT.

3.2.2. Recherche de la Flore Total Aérobie Mésophile (FTAM)

➤ Principe

Pour le dénombrement de la FTAM, un ensemencement sur boîtes de Pétri contenant de la gélose PCA (Annexe 4) est réalisé.

➤ Mode opératoire

- 1 ml de la dilution 10^{-2} a été déposée à l'aide d'une pipette dans une boîte de Pétri vide préparée à cet usage et numérotée ;
- Couler environ 15 ml de milieu PCA fondu et refroidi (à température ambiante pré de bec benzène) dans la boîte de Pétri ;
- Mélanger et homogénéiser manuellement par des mouvements circulaires ;
- Après solidification, la boîte est incubée à l'envers pour éviter l'hydratation de la gélose dans une étuve réglée à 30 °C pendant 48 à 72 heures (Figure 11).

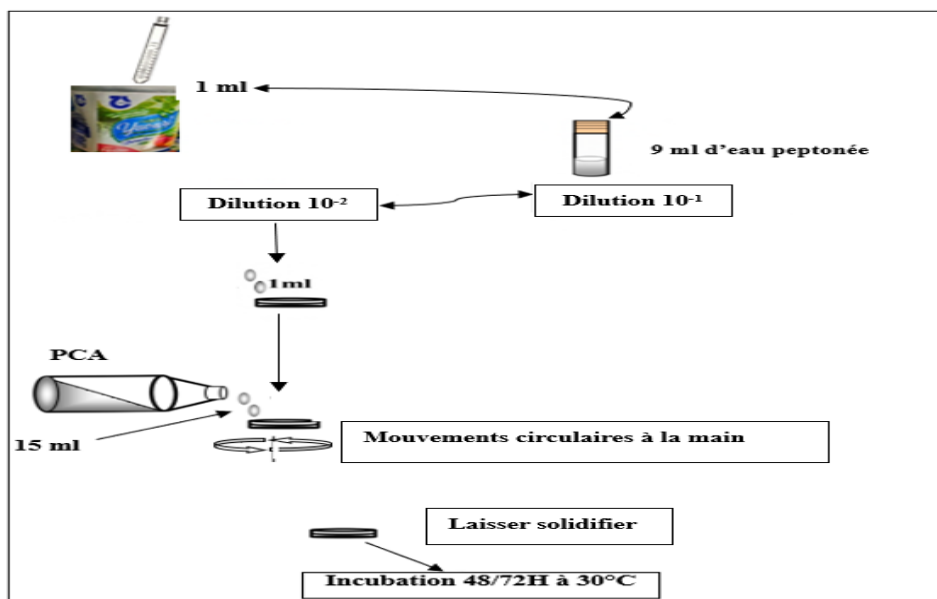


Figure 11. Recherche de la FTAM.

➤ Lecture

Les colonies des germes aérobies mésophiles totaux se représentent sous forme lenticulaire en masse. On compte à l'aide d'un compteur de colonie (Annexe 6) toutes les colonies apparues quel que soit leur taille.

3.2.3. Recherche des coliformes totaux

➤ Principe

Le milieu sélectif pour le dénombrement des coliformes est le DCLA (Annexe 4) qui permet à ces germes de fermenter plus ou moins rapidement le lactose.

➤ Mode opératoire

- Déposer 1 ml de l'échantillon à examiner dans une boîte de Pétrie ;
- Remplir la boîte par 15 ml du milieu DCLA ;
- Mélanger et homogénéiser manuellement par des mouvements circulaires ;
- Incuber les boîtes dans une étuve pendant 48 heures à 44 °C (Figure 12).

➤ Lecture

Les colonies caractéristiques des coliformes sont colorées en rouge foncé, ayant un diamètre d'au moins 0.5 mm .

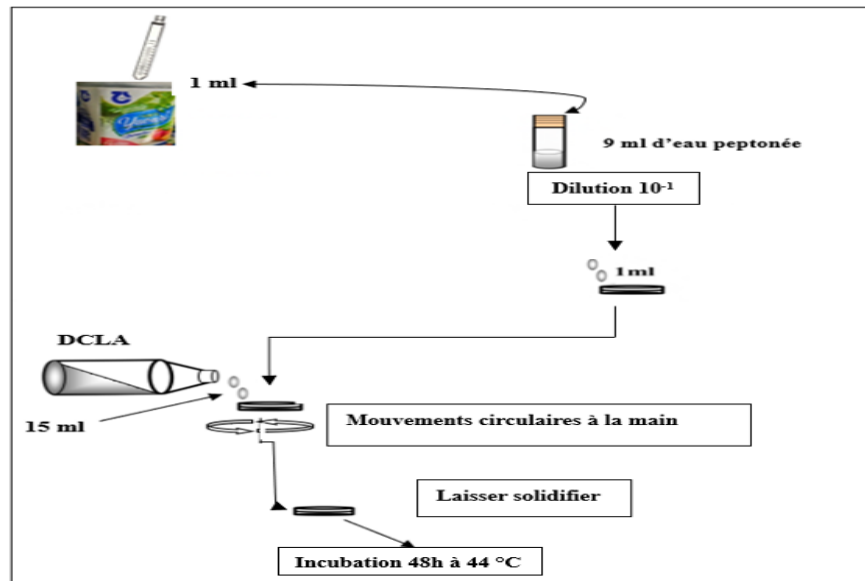


Figure 12. Recherche des coliformes.

3.2.4. Recherche des Entérobactéries

➤ Principe

La gélose VRBG (Annexe 4) est utilisée pour la recherche et le dénombrement des entérobactéries, le principe de ce milieu repose sur l'aptitude des entérobactéries à fermenter le glucose. Le milieu est rendu inhibiteur vis-à-vis des bactéries Gram positives et de certaines bactéries à Gram négatives par la présence simultanée du cristal violet et des sels biliaries. Le rouge neutre est un indicateur de pH.

➤ Mode opératoire

- Inoculer 1 ml de la dilution 10^{-1} dans la boîtes de Petri ;
- Couler environ 15 ml du milieu VRBG fondu, homogénéiser et laisser solidifier ;
- Incuber à 37 °C pendant 24 heures (Figure 13).

➤ Lecture

Après 24 heures d'incubation, dénombrer les colonies typiques d'entérobactéries sur des boîtes comprenant entre 15 et 150 colonies (Annexe 6). Les entérobactéries forment des colonies rose-rouge (Glucose +) ayant un diamètre supérieur ou égal à 0,5 mm avec ou sans zone de précipitation de la bile.

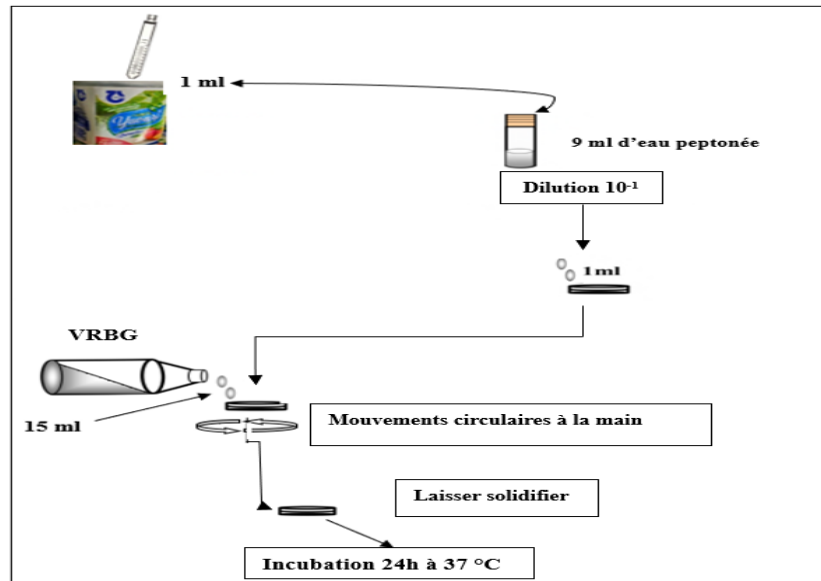


Figure13. Recherche des entérobactéries.

3.2.5. Recherche de *Staphylococcus aureus*

➤ Principe

Staphylococcus aureus est un microorganisme formant des colonies caractéristiques en surface d'un milieu de culture sélectif et donnant une réaction fortement positive à la coagulase (Bonnefoy *et al.*, 2002). La recherche des *Staphylococcus aureus* s'effectue sur milieu Giolitti Cantoni (Annexe 4).

➤ Mode opératoire

Inoculer 1 ml de la solution diluée 10^{-1} dans un tube contenant 9 ml du milieu Giolitti Cantoni, puis incuber à 37°C pendant 24 heures.

les tubes présentant un noircissement sont considérés comme positifs.

➤ Isolement ou confirmation

Pour confirmer les résultats, nous devons isoler 1 ml du contenu du tube positif qui a noirci, et ensemencer par stries en surface de la boîte de Pétri contenant la gélose Chapman (Annexe 4) préalablement fondue, et bien séchée. La boîte de Chapman ensemencée sera incubée à son tour à 37°C pendant 24 à 48 heures (Figure 14).

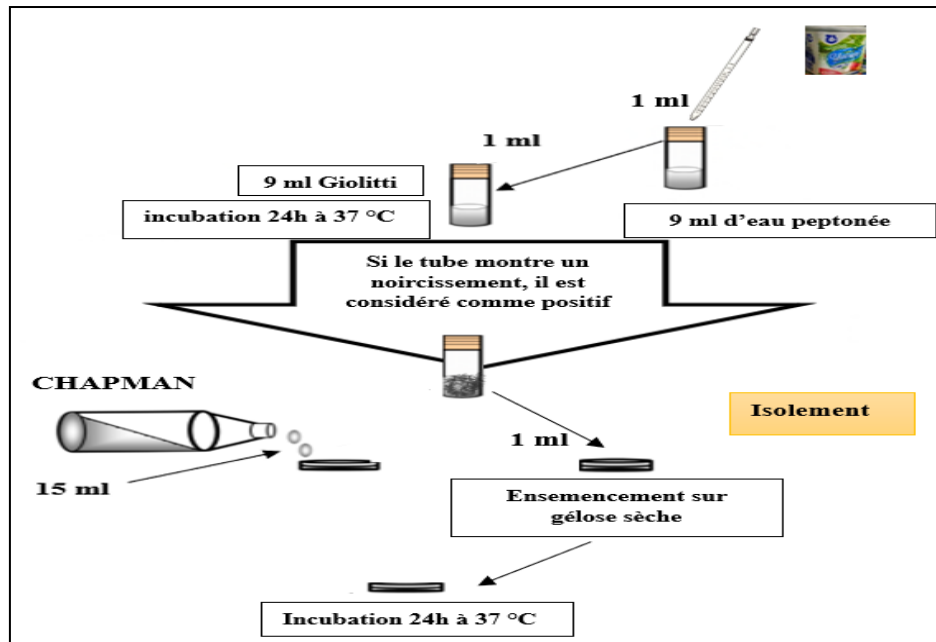


Figure 14. Recherche de *Staphylococcus aureus*.

3.2.6. Recherche de Salmonelle

➤ Principe

La recherche de ce microorganisme débute par un pré-enrichissement d'une prise de la culture dans l'EPT, suivi d'un enrichissement dans un bouillon SFB (s/c) (Annexe 4).

➤ Mode opératoire

Un pré-enrichissement est réalisé par ensemencement de 1 ml du yaourt dans un tube contenant 9 ml d'EPT, puis incubé à 37 °C pendant 24 heures. Suivi d'un enrichissement, qui consiste à rajouter 1 ml de la dilution précédente dans 9 ml du bouillon SFB, puis incubation à 37 °C pendant 24 heures.

Les tubes présentant un noircissement sont considérés comme positifs.

➤ Isolement ou confirmation

- 1 ml de solution SFB noircie est ensemencé à la surface d'une boîte de Pétri contenant la gélose SS (Annexe 4) ;
- Incubation à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Les Salmonelles se présentent sous forme de colonies translucides avec un centre noir sur la gélose SS (Figure 15).

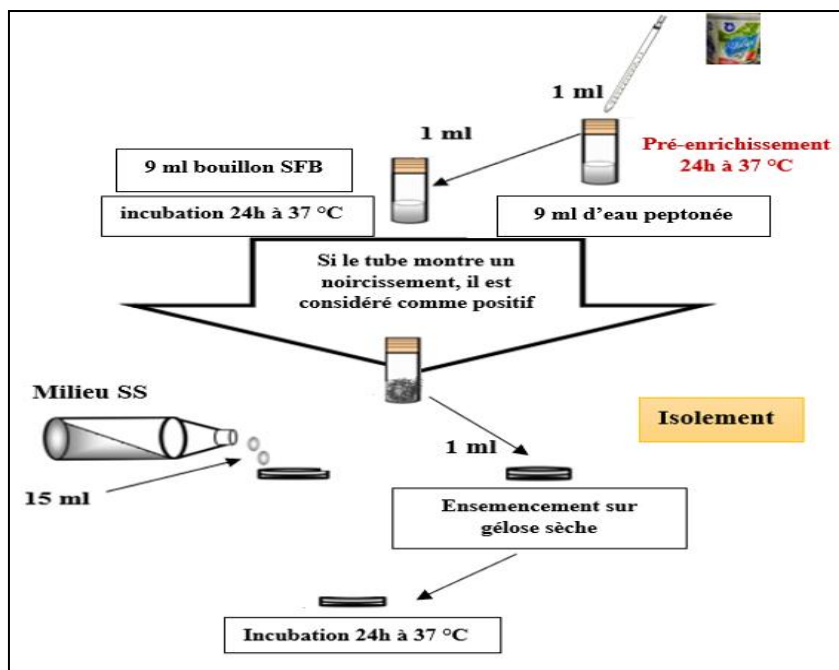


Figure 15. Recherche de salmonelle.

Résultats et Discussion

Dans ce travail nous présentons les analyses physico-chimiques et microbiologiques de deux types de yaourt étuvés et conservés à différentes températures (4 °C et 24 °C), dont le but de déterminer leur qualité.

1. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques sont basées sur la détermination de l'acidité et la mesure du pH.

1.1. Le pH et l'acidité à température ambiante

Les résultats de l'évolution du pH et de l'acidité pendant le temps de conservation des échantillons du yaourt à température ambiante (24 °C) sont représentés dans le tableau 6. L'analyse de ces résultats révèle que le pH diminue au cours de la conservation et il est compris entre 4,4 et 3,83 pour le yaourt nature et 4,35 à 4 pour le yaourt sucré. Alors que l'acidité évolue progressivement et inversement avec le pH durant toute la durée de conservation d'une valeur de 80 à 119 °D pour le yaourt nature, et de 80 et 115 °D pour le yaourt sucré.

Tableau 6. Variation du pH et de l'acidité du yaourt à 24 °C.

Durée de conservation (Jours)	Echantillons des yaourts	pH	Acidité (°D)
1	Nature	4,4	80
	Sucré	4,35	80
10	Nature	4,2	95
	Sucré	4,05	102
20	Nature	3,95	113
	Sucré	4	110
30	Nature	3,83	119
	Sucré	3,9	115

1.2. Le pH et l'acidité à 4 °C

La mesure de l'acidité et du pH des différents échantillons du yaourt conservé au réfrigérateur (4 °C) a permis d'obtenir les résultats mentionnés dans le tableau 7. Ceux-ci ont montré que l'acidité observée pour le yaourt nature augmente de 75 et 92 °D et de 80 à 105 °D pour le yaourt sucré. L'augmentation de l'acidité est accompagnée par une diminution du pH,

allant de 4,5 à 4,25 pour le yaourt nature et de 4,4 à 4,1 pour le yaourt sucré.

Tableau 7. Variation du pH et de l'acidité du yaourt à 4 °C.

Durée de conservation (jours)	Echantillons des yaourts	pH	Acidité (D°)
1	Nature	4,5	75
	Sucré	4,4	80
10	Nature	4,42	78
	Sucré	4,28	86
20	Nature	4,38	80
	Sucré	4,17	95
30	Nature	4,25	92
	Sucré	4,1	105

1.3. Variation du pH et de l'acidité au cours de la conservation à différentes températures (24 °C et 4 °C)

Les variations du pH et de l'acidité des deux types de yaourt à deux températures différentes (24 °C et 4 °C) au cours de leurs conservations sont représentées dans les figures 16 et 17. Nous observons que la diminution du pH à 24 °C tend à se stabiliser au 20^{ème} jour de conservation pour atteindre une valeur de 3,83 au 30^{ème} jour pour les 2 types des yaourts. En parallèle, le pH diminue légèrement pour atteindre 4,1 pour le yaourt sucré (Figure 17). L'augmentation de l'acidité est inversement proportionnelle en comparaison avec l'évolution du pH à différents temps de conservation à températures différentes (Figure 16).

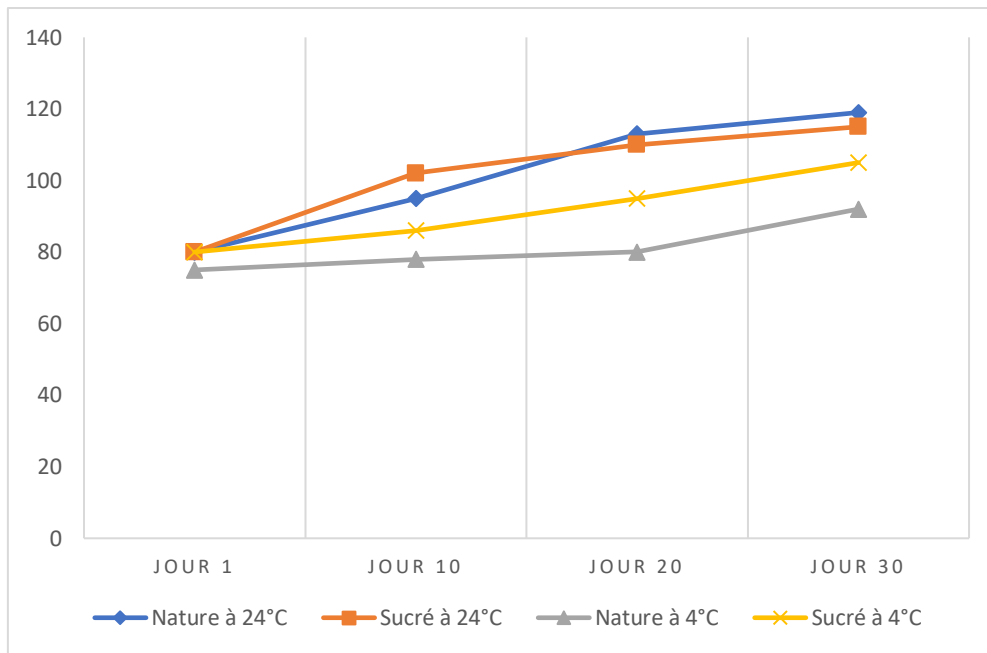


Figure 16. Variation de l'acidité au cours de la conservation à températures différentes (24 °C et 4 °C).

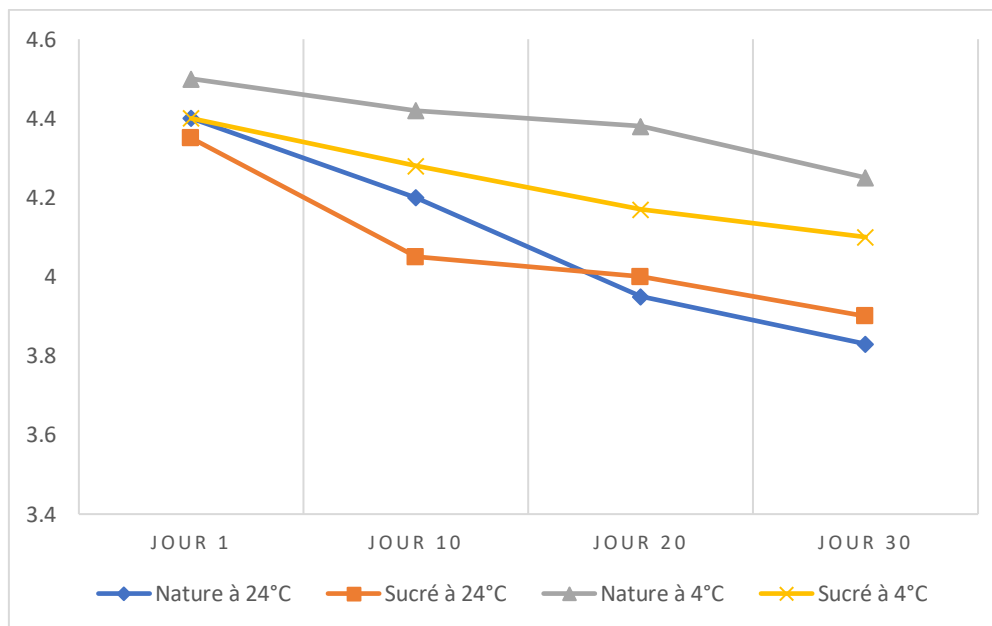


Figure17. Variation du pH au cours de la conservation à températures différentes (24 °C et 4 °C).

2. Analyses microbiologiques

2.1. Analyses microbiologiques après 1 jour de conservation

Le tableau 8 nous montre l'absence totale des bactéries indicatrices de contamination sur les différents milieux sélectifs spécifiques aux différentes bactéries recherchées. La figure 18 représente l'absence de croissance des bactéries pathogènes cultivées dans leurs milieux sélectifs (Giolitti Cantoni pour les *S. aureus* et SFB pour la *Salmonella*).

Tableau 8. Dénombrement des flores (FTAM, Coliformes totaux, Entérobactéries, *S. aureus*, *Salmonella*) après un jour de conservation.

Température	Echantillons	Germes (UFC/g)	FTAM	Coliformes totaux	Entérobactéries	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i>	
		24 °C	Nature	0	0	0	0	négatif
		Sucré	0	0	0	0	négatif	négatif
4 °C	Nature	0	0	0	0	0	négatif	négatif
		Sucré	0	0	0	0	négatif	négatif

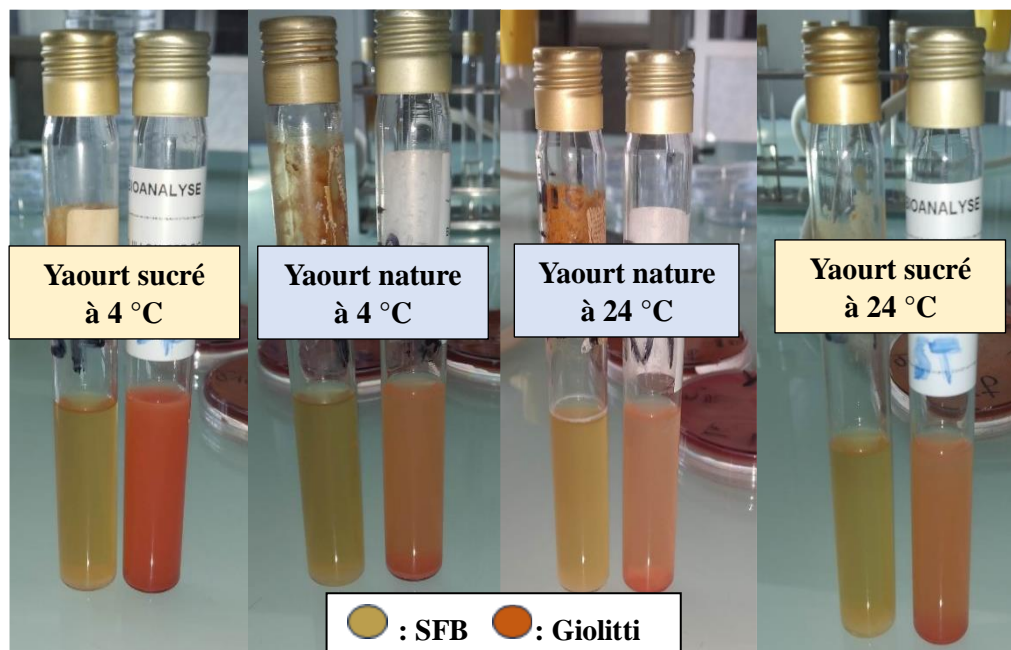


Figure 18. Bactéries pathogènes (*S. aureus* et *Salmonella*) cultivées dans leurs milieux sélectifs.

2.2. Analyses microbiologiques après 10 jours de conservation

Nous observons une croissance des coliformes totaux et des entérobactéries après 10 jours de conservation à température ambiante (24 °C) pour le yaourt sucré (Figure 19). La charge des coliformes totaux est de l'ordre de $1,9 \cdot 10^3$ UFC/g, plus élevée que celle des entérobactéries, estimée à 990 UFC/g (Tableau 9).

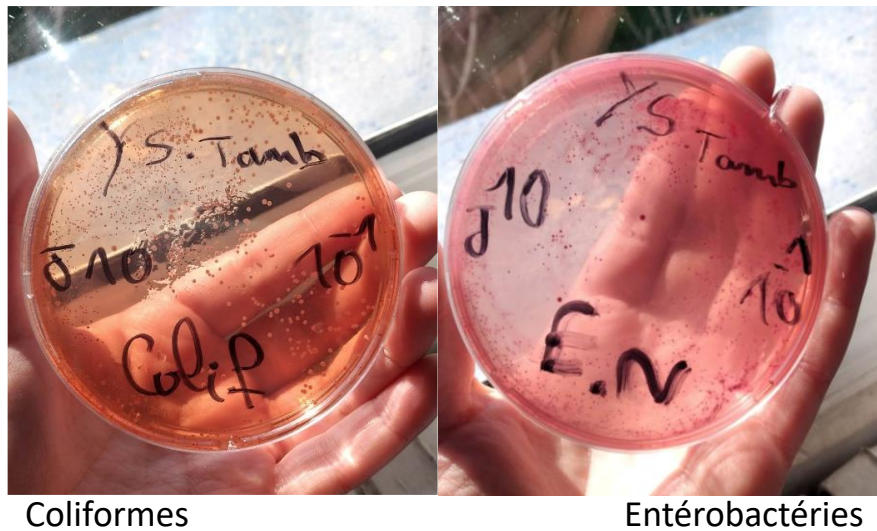


Figure 19. Croissance des coliformes totaux et d'entérobactéries cultivés sur les milieux DCLA et VRBG pour le yaourt sucré conservé à 24 °C.

Tableau 9. Dénombrement des flores (FTAM, Coliformes T, Entérobactéries) à Jour 10.

Température	Echantillons	Germes (UFC/g)	FTAM	Coliformes T	Entérobactéries
24 °C	Nature		0	0	0
	Sucré		0	$1,9 \cdot 10^3$	990
4 °C	Nature		0	0	0
	Sucré		0	0	0

2.3. Analyses microbiologiques après 20 jours de conservation

D'après la figure 20 et les résultats représentés dans le tableau 10, on a une absence totale de la croissance de toutes les bactéries recherchées pour les yaourts nature et sucré conservés à 24 °C et 4 °C.

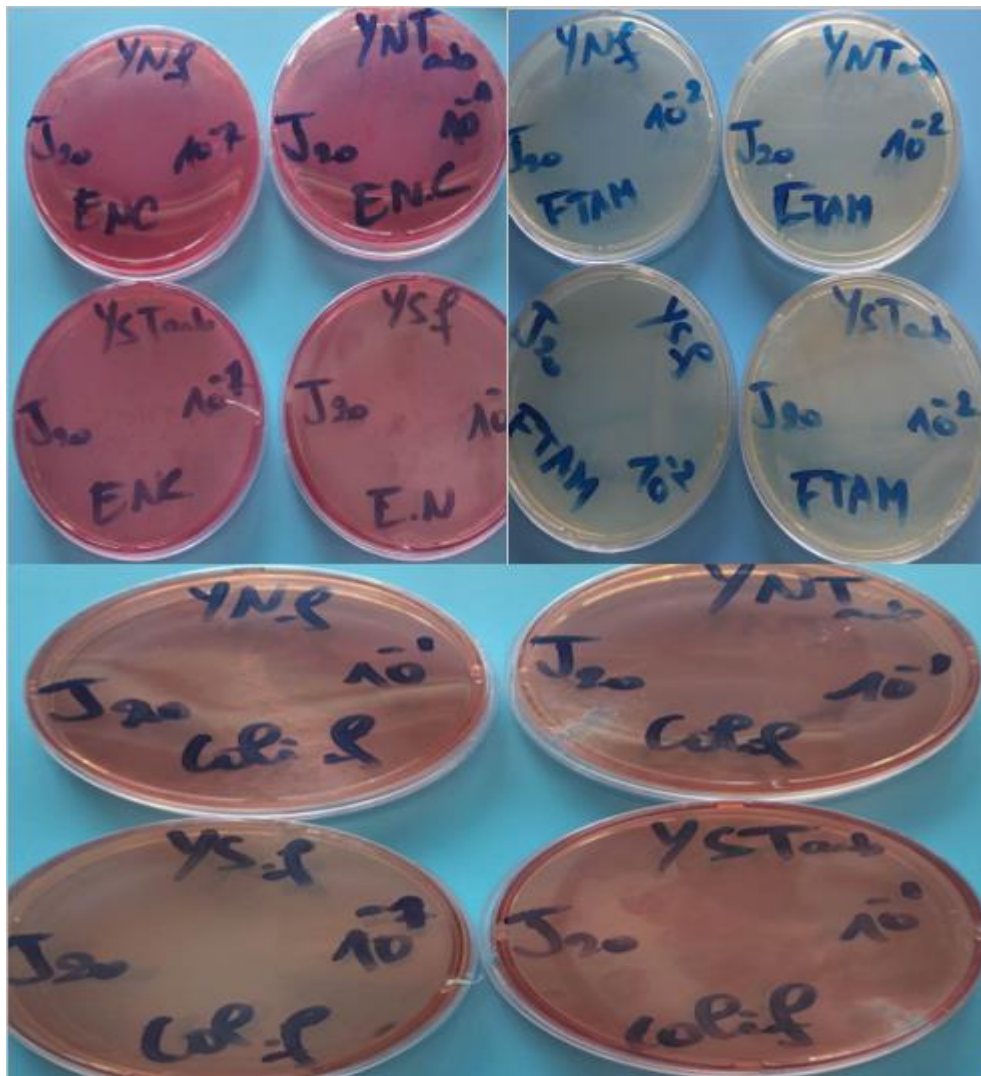


Figure 20. Flore indicatrice de contamination après 20 jours de conservation.

Tableau 10. Dénombrement des flores (FTAM, Coliformes T, Entérobactéries) après 20 jours de conservation.

Température	Echantillons	Germes (UFC/g)	FTAM	Coliformes T	Entérobactéries
		24 °C	Nature	0	0
	Sucré	0	0	0	
4 °C	Nature	0	0	0	
	Sucré	0	0	0	

2.4. Analyses microbiologiques après 30 jours de conservation

Après 30 jours de conservation, nous remarquons que tous les échantillons des yaourts sucré et nature ont été contaminés par des entérobactéries (Figure 21) avec une concentration supérieure à 3.10^3 UFC/g quelque soit la température de conservation, En revanche nous observons l'absence totale des FTAM et des coliformes (Tableau 11).



Figure 21. Croissance des entérobactéries sur milieu VRBG. pour les yaourts nature et sucré conservés à 24 °C et 4 °C.

Tableau 11. Dénombrement des flores (FTAM, Coliformes T, Entérobactéries) après 30 jours de conservation.

Température	Germes (UFC/g)		FTAM	Coliformes T	Entérobactéries
	Echantillons				
24 °C	Nature		0	0	$> 3. 10^3$
	Sucré		0	0	$> 3.10^3$
4 °C	Nature		0	0	$> 3. 10^3$
	Sucré		0	0	$> 3.10^3$

3. Discussion

Les résultats représentés dans la figure 16 montrent que le pH des échantillons conservés à 4 °C diminue lentement en comparaison avec celui des échantillons conservés à température ambiante. Cette diminution peut s'expliquer par la croissance des bactéries lactiques (*S. thermophilus* et *L. bulgaricus*) à température ambiante favorisant l'acidification du milieu, qui se traduit par la dégradation du lactose en acide lactique, entraînant une baisse du pH (Béal et Helinck, 2019).

En effet, le maintien du yaourt au froid empêche la multiplication bactérienne, mais il n'arrête pas complètement leur activité métabolique, bien que lente, la production d'acide lactique se poursuit, ce qui s'appelle «poste-acidification» qui se traduit par une légère baisse du pH (Deshwal *et al.*, 2021). Contrairement, l'augmentation de l'acidité est due à l'accumulation de l'acide lactique produit par les deux souches bactériennes (*S. thermophilus* et *L. bulgaricus*), dans ce cas l'acidité augmente progressivement au cours de la conservation quelque soit la température, mais à un rythme plus faible à 4 °C. Cela signifie que les deux types des yaourts ont été élaborés en respectant le taux d'ensemencement.

Le yaourt sucré présente un pH légèrement plus bas que le yaourt nature et donc il est plus acide, ceci s'explique par l'impact du sucre ajouté au yaourt (le sucre se convertit en acide lactique, ce qui abaisse le pH) (Whitaker, 2019). La température 4 °C est plus efficace pour une meilleure conservation du yaourt jusqu'à la date d'expiration.

L'analyse des résultats microbiologiques obtenus ont révélé que les bactéries recherchées sont en fonction du yaourt analysé, de la durée et de la température de conservation. L'absence des germes pathogènes (*S. aureus* et *Salmonella*) dans les échantillons est probablement la conséquence de l'utilisation de matière première de qualité microbiologique satisfaisante et le respect des règles d'hygiène durant les opérations de préparation du yaourt, et aussi l'efficacité des traitements technologiques effectués tels que le traitement thermique (pasteurisation à 95 °C). Cependant, les bactéries lactiques peuvent jouer un rôle dans la réduction, ou l'élimination de la flore pathogène et de contamination ceci par production d'acide lactique et des substances inhibitrices (peroxyde d'hydrogène et/ ou bactériocines) de ces germes (Mami, 2013).

Le traitement thermique du lait avant la fabrication étant suffisant pour détruire les micro-organismes non sporulés pathogènes ou non, la présence de ces germes peut être accidentelle, mais il est à noter qu'un yaourt à pH inférieur ou égale à 4 (contenant 1 % d'acide lactique) est un milieu hostile pour les germes pathogènes comme pour la plupart des autres bactéries indésirables (Bourgois et Larpent, 1996).

Le nombre des coliformes totaux et des entérobactéries apparues dans les échantillons du yaourt sucré analysé après 10 jours de conservation à 24 °C, était supérieur à celui indiquée par les normes, qui est 10 UFC/g pour les deux germes. Ces deux germes ne sont plus visibles dans ce yaourt après 20 jours de conservation, ceci pourrait être expliqué par une défaillance hygiénique au cours des analyses microbiologiques après l'exposition du yaourt à l'air ambiant, la contamination du matériel de manipulation ou la mauvaise pratique d'hygiène au cours de la manipulation par les étudiantes.

Les yaourts indiquent une Date Limite de Consommation (DLC), fixée à 30 jours après fabrication. La DLC indique habituellement la date au-delà de laquelle le produit peut représenter un danger pour la santé. De plus, selon une source antérieure, les yaourts ne se conservent que 28 jours à une température comprise entre 4 et 6 °C depuis la production jusqu'à la consommation pour éviter un redémarrage de la fermentation (Oya *et al.*, 2001). C'est peut-être la raison du nombre élevé des entérobactéries que nous avons trouvés dans nos échantillons après 30 jours de conservation pour les 2 types du yaourt (nature et sucré) à différentes températures.

Conclusion

Conclusion

Notre étude a été portée sur le contrôle de qualité de quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques du yaourt nature et sucré, dans le but d'évaluer la qualité de ces yaourts conservés à différentes températures (4 et 24 °C).

Les résultats obtenus ont montré que le produit conservé à 4 °C maintient ses propriétés physicochimiques et microbiologiques jusqu'au 30^{ème} jour. En effet, le dénombrement de la flore de contamination a montré d'une part la présence abondante des entérobactéries ($> 3.10^3$ UFC/g au jour 30), et d'une autre part l'absence totale de la flore d'altération ou pathogène. Néanmoins, la conservation de produits à 24 °C, dévoilent quelques anomalies, car la température ambiante rend le milieu plus acide que sa valeur normale où il devient un milieu favorable à la multiplication des germes de contamination dès les premiers 10 jours car on a obtenu la présence des coliformes et les entérobactéries ($1,9.10^3$ et 990 UFC/g respectivement).

En conclusion, nous pouvons dire que le froid agit essentiellement en retardant la multiplication microbiennes. Toute hausse de température provoque et accélère la croissance microbienne et réduit la durée de vie du produit.

La DLC est une mention cruciale pour la sécurité alimentaire, particulièrement pour les yaourts, qui peuvent rapidement se périmer. Le respect de la DLC et une conservation adéquate des yaourts peuvent éviter tout risque sanitaire. Ainsi, pensez à vérifier la date limite de consommation de chaque produit que vous achetez et à toujours conserver vos yaourts au réfrigérateur entre 0 à 6 °C, ne le laissez pas à température ambiante. Il est aussi recommandé de consommer le yaourt dès son ouverture, car il devient rapidement impropre à la consommation.

Le respect de certaines règles est donc primordial lorsqu'on fabrique ce type de produits sensibles, il sera recommandé :

- d'améliorer la qualité du lait local et cela par des bonnes conditions d'élevage à la ferme (alimentation, hygiène...);
- de veiller à une hygiène irréprochable : mains, tenue propre et spécifique à la fabrication (pantalon, veste, tablier, chaussures...);
- D'améliorer les paramètres du process de fabrication ;
- De suivre rigoureusement le pH du yaourt dans la chambre chaude.

Des études plus approfondies peuvent être réalisées afin de comparer à d'autres produits de différentes marques qui existent sur le marché algérien tel que :

- Analyses physico-chimiques et microbiologiques de la matière première;
- Le suivi de la croissance de la flore lactique au cours de la maturation;
- Réalisation des tests d'identification de la flore lactique.

Enfin, manger du yaourt a de nombreux avantages, car il est une excellente source de calcium, qui est important pour la santé des os et des dents. Il est riche en protéines et contient également des nutriments clés tels que la riboflavine et la vitamine B12 et les bactéries probiotiques présentes dans le yaourt peuvent aider à améliorer la santé digestive et le système immunitaire.

*Références
bibliographiques*

- Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., Simpson, R. (2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyses du lait. IN« science et technologie du lait». Tec et Doc LAVOISIER. pp : 1-73.
- Analie, L.H., Viljoen, B.C. (2001).** Review: Yogurt as probiotic carrier food. International Dairy Journal, 11, 1-17.
- Annika, M.M., Marc, B. (2004).** Industrial Use and Production of Lactic Acid Bacteria. Ed Marcel Dekker, pp : 381- 427.
- April, A., Laporte, C. (2011).** Assurance Qualité Logicielle 1 concepts de base, Hermes-Lavoisier.
- Béal, C., Corrieu, G. (1991).** Influence of pH, temperature, and inoculums composition on mixed cultures of *Streptococcus thermophilus* 404 and *Lactobacillus bulgaricus* 398. Biotechnol. Bioeng.
- Béal, C., Sodini, S. (2003).** Fabrication des yaourts et des laits fermentés, in Les techniques de l'ingénieur, vol. pp : 6315.
- Béal, C., Helinck, S. (2019).** Fabrication des yaourts et des laits fermentés, Techniques de l'Ingénieur. ffhal-03519802. pp 1-44.
- Boudier, J.F. (1990)** Produits frais. In laits et produits laitier. Vache – Brebis – Chèvre. Luquet, F.M.(Eds) Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, p : 35-66.
- Bourgeois, C.M., Larpent, J.P. (1996).** Microbiologie alimentaire. Tome2. 16e Ed. p4.
- Bourgeois, C.M., Mescle, J.F. et Zucca, J., (1996).** Microbiologie alimentaire aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. 1 : 270 - 289. Ed. Tec. et Doc. Lavoisier.
- Bourlioux, P., V. Braesco et D. D. G. Mater, (2011).** Yaourts et autres laits fermentés. Cahiers de Nutrition et de Diététique. 46 : 305-314.
- Brulé, G. (2003).** Annexe au rapport commun de l'académie des technologies et de l'académie d'agriculture de France. In de l'évolution des technologies de production et de transformation sur la qualité des produits laitiers. pp: 47.
- Caplice, E., Fitzgerald, G.F. (1999).** Food fermentations: role of microorganisms in food production and Preservation. International Journal of Food Microbiology. 50 : 131–149.
- Carole, L.V. (2002).** Science et technologie du lait, transformation du lait. Edition: FTLQ. 459.
- Codex alimentarius. (2000).** Lait et produits laitiers (2 ème édition). volume12, Edition : secrétariat du programme mixte FAO/OMS sur les normes aliment, Rome, 80-90.
- Dave, R.I. et Shah, N.P. (1998).** Ingredient supplementation effects on viability of probiotic bacteria in yogurt. Journal of Dairy Science, 81, 2804–2816.

- De Roissart, H.B., Luquet, M. (1994).** " Bactéries lactiques" Vol I. Ed. Lorica. 605p.
- Deshwal, G.K., Tiwari, S., Kumar, A., Raman, R.K., Kadyan, S. (2021).** Trends in Food Science & Technology. 109 : 499-512.
- Desmazeaud, M et Michel, J., (1983).** « L'état de connaissances en matière de nutrition des bactéries lactiques ». Revue le lait, pp : 9-48.
- Desmazeaud, M.J. (1994).** Le lait milieu de culture. IN H. De Roissart et F. M. Luquet (éds.). Bactéries lactiques : Aspects fondamentaux et technologiques.2 : 25-36. Uriage, France : Lorica.
- Farky, N.Y., Imafodon, G.I. (1995).** Thermal denaturation of indigenous milk enzymes. In Heat-induced changes in milk, 2nd Ed. Fox, P.H., International Dairy Federation, Brussels.
- FAO, (1975)** Norme FAO. Collection FAO/Alimentation et Nutrition. 28 : 7.
- FAO. (1995).** le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. pp : 154-164.
- FAO/OMS, (2000) :** Programme conjoint FAO/OMS sur les normes alimentaires, comité du codex sur le lait et les produits laitiers.
- F.A.O, (2002).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine.
- Gafaar, A.M., (1992).** Volatile flavor compounds of yoghurt. International Journal of Food Science and Technology, 27, 87-91.
- Gledel, J. (1996).** Les toxi-infections et les intoxications ; in « Microbiologie alimentaire » Ed Technique et documentation, Lavoisier. 1. pp : 62-77.
- Guiraud, J.P. (1998).** « Microbiologie alimentaire ». DUNOD, Paris. pp :369-425.
- Guiraud, J.P., Rosec, J.P. (2004).** Pratique des normes en microbiologie alimentaire. Pp : 96, 136, 183,199, 200, 238. AFNOR. France.
- Guiraud, J. P. (2012).** Microbiologie Alimentaire. Agro-alimentaire. Edition : Dunod, Paris, 342- 401.
- Guyot, P. (1992).** Les yaourts.D.L.G. FoodTec. pp :4-8-10-11.
- Horne, D. (2006).** « Casein micelle structure: Models and muddles », Current Opinion in Colloid & Interface Science. Pp : 153.
- ISO 8402, (1994).** Management de la qualité et assurance de la qualité.
- Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P. et Brulé, G., (2007).** Du lait aux produits laitiers. In : Science des aliments. 2 : 7, 12, 17. Edition. Tec. et Doc. Lavoisier.
- Jeantet, R., Croguennec, T., Mahaut, M., Schuck, P., et Brulé, G. (2008).** Les produits laitiers. Ed Techniques et Documentations. Lavoisier-Paris .pp : 185.

- Joffin, C. et Joffin, J.N. (2003).** Microbiologie alimentaire. Biologie et Technique, 5^{ème} édition, CRDP Aquitaine. Pp : 212.
- Larpent, J.P. (1989).** Les bactéries lactiques. In-Microbiologie alimentaire : les ferments alimentaires, Vol. 2. (Edition C.M. Bourgeois.et J.P. Larpent), Technique & Documentation, Lavoisier, Apria, pp :1-15.
- Larpent, J.P. (1997).** Mémento technique de microbiologie .3eme Ed. Technique et Documentation Lavoisier. Paris. pp : 910.
- Laws, A.P., (2001).** « The relevance of exopolysaccharides to the rheological properties in milk fermented with ropy strains of lactic acid bacteria », International Dairy Journal. 11: 721.
- Lebres, AD. (2002).** Les anaérobies en hygiène alimentaire. Les coliformes, coliformes Thermo tolérants et Escherichia coli. Institut Pasteur d'Algérie. pp1.
- Lecerf, J.M. (2016).** Particularités et bienfaits des yaourts. Nutr. Santé. Vol. 5 : 24-32.
- Leveau, J.Y., Bouix, M., (1993).** « Microbiologie industrielle». TEC et DOC, Lavoisier, Paris. Pp :170-386.
- Loones, A. (1994)** Laits fermentés par les bactéries lactiques. In bacteries lactiques : Aspects fondamentaux et technologiques. De Roissart, H & Luquet , F. M. (Ed), Lorica, Uriage , 2 : 135-145.
- Luquet, F.M. (1985).** Lait et produits laitiers (vache, brebis et chèvres) Tome 02, les produits laitiers transformation et technologie. Edition Tec et Doc, Lavoisier. Pp : 633.
- Luquet F.M. (1985).** Lait et produits laitiers (Vache, Brebis, Chèvre). Tome 2, Société scientifique d'hygiène alimentaire. p : 42.
- Luquet, F.M. (1986).** Lait et produits laitiers, transformation et technologie ; Ed TEC et DOC Lavoisier, série APRLA. pp : 44.
- Luquet, F.M. (1990).** Lait et produits laitiers : vache, brebis chèvre. Tome II, Tech. Et Doc., 2ième édition, Lavoisier, Paris.
- Luquet F.M., Corrieu G. (2005).** Bactéries lactiques et probiotiques. Edition Tec et doc. Lavoisier. Londres, Paris, New York. P : 304/364.
- Luquet, F. M., Carrieu, G. (2008).** Bactéries lactiques et probiotiques. Collection sciences et techniques agroalimentaires, Ed Lavoisier Tec et Doc, Paris. 741: 7-33.
- Oya, M.J-C., Broutin, C., Dudez, P.H. (2001).** Le lait pasteurisé. Agridoc, Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques (GRET).
- Mahaut, M., Jeantet R., Brulé G. et Schuck P. (2000).** Produits fermentés et desserts lactés. In : les produits industriels laitiers. Tec et Doc Lavoisier, Paris. 25-47.

- Malonga M. (1985).** Etude de la fabrication des yaourts en republique populaire du CONGO. Essais d'améliorations. Thèse du Doctorat de Troisième Cycle Spécialité : Sciences Alimentaires. L'Université de Clermont II. pp : 174.
- Mami A. (2013).** Recherche des bactéries lactique productrices de bactériocine à large spectre d'action vis-à-vis des germes impliqués dans la toxi-infection alimentaires en Algérie. Microbiologie Appliquée. Thèse de doctorat. Université d'Oran. Pp : 176.
- Martin, M. (2004).** Technologie des laits de consommation. Ed. Lait. Candia Direction développement technique. pp: 135.
- McKinley, M.C. (2005).** « The Nutrition and Health Benefits of Yoghurt », International Journal of Dairy Technology. 58 : 1-12.
- Moineau-Jean, A. (2017).** Impact des procédés de fabrication des yogourts de type grec sur les communautés microbiennes durant l'entreposage, Maitrise en sciences et technologie des aliments, Université LAVAL Canada, pp : 8.
- Novel, G. (1993).** Les bactéries lactiques In: microbiologie industrielle, les microorganismes d'intérêt industriel. Ed: lavoisier, Paris, pp :172-329.
- Obre., (1983).** «Croissance et propriétés fonctionnelles des bactéries lactiques, Dans Bactéries lactiques: de la génétique aux ferments », TEC & DOC Lavoisier, Paris, France, p511.
- Oya, M.J-C., Broutin, C., Dudez, PH. (2001).** Le lait pasteurisé. Agridoc, Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques (GRET), 7pages.
- Petransxiene, D., Lapiede, L. (1981).** La qualité bactériologique du lait et des produits laitiers : Analyses et tests. p 41, 50, 51, 68,79. 2ème Edition. Tec. et Doc. Lavoisier. Paris.
- Pilly, E. (2013).** Maladies Infectieuses Tropicales, 24ème édition, Paris : Groupe Burlat ; pp :227.
- Roginski, H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (2003).** Encyclopedia of dairy sciences. London: Academic press, 3: 2028-2051.
- Rousseau, M. (2005).** La fabrication du yaourt, les connaissances, INRA, 9 P.
- Savadogo A., Traore A.S. (2011).** La flore microbienne et les propriétés fonctionnelles de yaourt et laits fermentés. Int. J. Biol. Chem. Sci. 5 : 2057-2075.
- Schmidt, J.L., Tourneur, C., Lenoir, J. (1994).** Fonction et choix des bactéries lactiques laitières in « bactéries lactiques ». Vol II. DE Roissart H. et Luquet F.M. Ed. Lorica, paris. Pp : 37- 46.
- Shah, N.P. (2003).** Yogurt: The product and its manufacture. In: Encyclopedia of Food Science and Nutrition, Vol. 10, 2nd Edition (Caballero B, Trugo L. C. et Finglas P. M.), Academic Press, London, England.

Shakeel Hanif, M., Zahoor, T., Iqbal, Z., Arif A.M. (2012). Effect of storage on rheological and sensory characteristics of cow and buffalo milk yogurt. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 22 : 61-70.

Syndifrais. (1997). Yaourts, laits fermentés. *Lait*. 77 : 321-358.

Tamime, A.Y., Deeth, H.C. (1980). Yogurt: Technology and Biochemistry. *Journal of Food Protection*. 43: 939-977.

Tamime, A.Y., Robinson, R.K. (1985). Background to manufacturing practice. In *Yogurt. Science and technology*. Tamime, A.Y. et Robinson, R.K., Pergamon Press, Paris.

Tamime, A.Y., Robinson, R.K. (1999). *Yogurt science and technology*. 2nd Ed. Cambridge: woodhead Publishing.

Tamime, A.Y. (2002). Microbiologie of starter cultures. On: *Dairy microbiology handbook* (Robinson R.K.). 3rd Ed., John wiley and sons, Inc., New york. Pp: 261- 366.

Tamime, A.Y. (2006). « Society of Dairy Technology », *Fermented milks*, Oxford; Ames, Iowa, Blackwell Science/SDT, pp:262.

Vignola, C.L. (2002). Science et technologie du lait. Transformation du lait : Presses internationales Polytechnique. Edition Lavoisier, Paris. pp: 600.

Wouters J.T.M., Ayad E.H.E., Hugenholtz J. Smit G. (2002). Microbes provenant du lait cru pour les produits laitiers fermentés. 12 : 91-109.

Yildiz F. (2010). Development and manufacture of yogurt and other dairy products, CRC Press Taylor & Francis Group, USA. pp: 435.

Sites web

Aboutayeb, R. (2009). Technologie du lait et dérivés laitiers. <http://www.azaquar.com> (Consulté le 21/03/2023).

Amrouche, F., (15/09/2012). « Le yaourt », Génie Alimentaire, , <https://genie-alimentaire.com/spip.php?article50&artpage=7-7> (Consulté le 31/05/2023).

Bosseloir, Y., Mahieu, V. et Bernadette, W. (2017). « Le lait », CUDEC, <https://cudec.ulb.be/DossierLait.html>, (06/2023).

Boyer, M.(23/02/2021). « flore aérobie mésophile », Vigilab, , <https://www.vigilab.com/documentation/fiches-microbiologie/flore-aerobie-mesophile-ratio-fam-fl> (Consulté le 02/06/2023).

Branger, A, (2004). *Fabrication de produits alimentaires par fermentation : l'ingénierie*, [Techniques de l'ingénieur](#), .
Égoïté. (13/07/2010). « schéma lactosérum » WIKIPEDEA. Le. https://fr.wikipedia.org/wiki/Lactos%C3%A9rum#/media/Fichier:Schema_lactoserum.png (consulté le 22/05/2023).

Léa, Zubiria. (12 mars 2021). « Lait », Passeport santé. <http://www.passeportSanté.net> . (21/05/2023).

Moreau, J. (s. d.). Peut-on manger un yaourt périmé ? . Phenix. <https://www.wearephenix.com/blog/2022/05/06/peut-on-manger-un-yaourt-perime> (Consulté le 06/06/2023).

Organisation mondiale de la santé [OMS], (2018). [https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-\(non-typhoidal\)](https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-(non-typhoidal)) (Consulté le 04/04/2023).

Perrin, J.F. (Mai 1999). « Biotechnologies et Bioanalyses ». <http://jef.perrin.free.fr> (Consulté le 13/05/2023).

Shah, N.P., Gandhi, A. et Chandan, R.C. (2017). Yogurt [in](#) Health and Disease Prevention. Pp. 3-29. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805134-4.00001-8>

Whitaker M. (2019). Mesurer le pH lors de la fabrication du yogourt, coleparmer. <https://www.coleparmer.com/tech-article/measuring-ph-in-yogurt-production> (Consulté le 08/06/2023).

Figure 6 <https://www.sciencephoto.com/media/11907/view/yoghurt-bacteria-sem>

Annexes

Annexe 1 . Principaux constituants du lait (/100 g) (Ciqual).

	LAIT PASTEURISÉ			LAIT STÉRILISÉ UHT		
	Entier	1/2 écrémé	Écrémé	Entier	1/2 écrémé	Écrémé
Eau (g)	87,8	89,8	91	87,7	89,6	91
Protéines (g)	3,2	3,3	3,4	3,2	3,3	3,28
Protéines brutes, N X 6.25 (g)	3,13	3,23	3,34	3,13	3,23	3,21
Glucides (g)	4,62	4,56	4,68	4,67	4,83	4,32
Dont Sucres (g)	-	-	4,68	-	4,6	4,3
Lipides (g)	3,54	1,54	0,15	3,71	1,53	0,15
Dont AG saturés (g)	1,46	1	0,09	2,3	0,93	0,11
Dont AG monoinsaturés (g)	1,05	0,43	0,04	1,04	0,49	0,03
Dont AG polyinsaturés (g)	0,12	0,06	0,01	0,13	0,05	0
Dont Cholestérol (mg)	13,8	6,45	2,57	14	6,55	2,5
Sodium (mg)	52,2	43,1	47,5	42,2	43,1	41,8
Calcium (mg)	117	119	121	112	116,9	113
Phosphore (mg)	92	95	95	87	91,9	88,8
Potassium (mg)	143	150	156	140	167	173
Magnésium (mg)	11	47,4	6,03	11	12,1	10,6
Iode (µg)	9,77	13,2	13,4	11,2	11,5	12,7
Rétinol (µg)	37,5	15,7	1	47	20	0,5
β-Carotène (µg)	16,7	7,88	13,5	19,9	9,45	Traces
Vitamine D (µg)	0,03	0,01	Traces	0,03	0,01	Traces
Thiamine (B1) (mg)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
Riboflavine (B2) (mg)	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17
Vitamine B6 (mg)	0,06	0,06	0,06	0,04	0,02	0,03
Vitamine B12 (µg)	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,27
Folates totaux (B9) (µg)	4,8	4,7	6	2,45	2,62	2,8

Annexe 2. Présentation de l'organisme d'accueil**1. La laiterie NUMIDIA Constantine**

L'office national du lait et ses dérivés n'étaient dans les années 50 qu'une coopérative appartenant à la maison de l'agriculture. Suivant l'article de 20 / 11 / 1969, cette coopérative a été nommée ONALAIT (Office National Algérien du Lait), ce dernier avait été divisé en trois complexes : <<<

- Complexe du lait à Constantine (Colac) ;
- Complexe du lait à Alger (Colaal) ;
- Complexe du lait à Oran (Colao).

2. Produits fabriqués

Production et commercialisation du lait et produits laitiers (lait pasteurisé, fermenté, lait de vache), yaourts brassés, petit suisse, yaourt étuvé aromatisé, fromages frais, beurre, crème dessert et dessert lacté et camembert et pâte pressée.

- Capacités installées en lait : 105.630.000 litres ;
- Lait pasteurisé : 66.392.000 litres ;
- Lait fermenté : 1.156.000 litres ;
- Lait de vache : 11.797.500 litres ;
- Petit constantinois : 1.289.600 litres/équivalent ;
- Camembert : 8.125.000 litres/équivalent ;
- Lait écrème : 620.000 litres ;
- Pâtes Molles : 176.000 litres ;
- Beurres : 2.016.000 litres ;
- Crème Fraiches : 273.000 litres.

Annexe 3. Matériel technique

Le matériel de laboratoire est constitué de verrerie, d'appareils de laboratoires, de milieux de culture et de réactifs.

La verrerie est composée de boîtes de Pétri, de tubes à essai, pipettes graduées, éprouvette, un bécher, butyromètre et d'un thermo-lactodensimètre.

Les appareils de laboratoire sont quant à ceux constitués du bec bunsen, d'étuves, d'un réfrigérateur, d'autoclaves, d'une balance électronique, d'un pH-mètre, d'un acidimètre et d'un dessiccateur.

Nous avons utilisé également un briquet, de l'alcool, marqueurs, stylos et des torchons.

Annexe 4. La composition des milieux de culture utilisés pour les analyses microbiologiques.

Eau peptonée

Peptone de caséine	10 g
Chlorure de sodium	5 g
Phosphate de sodium	12 g
Phosphate de potassium	1,5 g
Eau distillée	1000 ml

Autoclavage à 120 °C pendant 15 minutes.

Le pH du milieu prêt à l'emploi : 7,4 à 25 °C.

Gélose PCA

Tryptone	5 g
Extrait de levure	2,5 g
Glucose	1 g
Agar	15 g
Eau distillée	1000 ml

Autoclavage à 115 °C pendant 15 minutes.

Le pH du milieu prêt à l'emploi : 7,2 à 25 °C.

Gélose VRBG

Extrait de levure	3 g
Peptone	7 g
Chlorure de sodium	5 g
Sels biliaires	1,5 g
Glucose	10 g
Rouge neutre	0,03 g
Cristal violet	0,002 g
Agar	12 g
Eau distillée	1000 ml

Le pH du milieu prêt à l'emploi : 7,2 à 25 °C.

Gélose DCLA

Peptone pepsique de viande	10 g
Lactose	10 g
Désoxycholate de sodium	10 g
Chlorure de sodium	5 g
Citrate de sodium	2 g
Rouge neutre	0,03 g
Agar	15 g
Eau distillée	1000 ml

Le pH du milieu prêt à l'emploi : 7,2 à 25 °C.

Gélose SS

Extrait de viande de bœuf	5 g
Peptone	5 g
Citrate de sodium	10 g
Seles biliaires	4,2 g
Lactose	10 g
Rouge neutre	0,025 g
Vert brillant	0,0003 g
Citrate de fer	2 g
Thiosulfate de sodium	8,5 g
Agar	12 g
Eau distillée	1000 ml

Le pH du milieu prêt à l'emploi : 7,0 à 25 °C.

Bouillon SFB (s/c)

Peptone	5 g
Lactose	4 g
Phosphate de sodium	10 g
Eau distillée	1000 ml

Le pH du milieu prêt à l'emploi : 7,0 à 25 °C.

Gélose Chapman

Tryptone	5 g
Peptone pepsique de viande	5 g
Extrait de viande	1 g
Mannitol	10 g
Chlorure de sodium	75 g
Rouge de phénol	25 g
Agar	15 g
Eau distillée	1000 ml

Autoclavage à 120 °C pendant 15 minutes.

Le pH du milieu prêt à l'emploi : 7,4 à 25 °C.

Bouillon Giolitti-Cantoni

Tryptone	10 g
Extrait de viande	5 g
Extrait de levure	5 g
Chlorure de lithium	5 g
Mannitol	20 g
Chlorure de sodium	5 g
Glycine	1,2 g
Pyruvate de sodium	3 g
Eau distillée	1000 ml

Le pH du milieu prêt à l'emploi : 6,9 à 25 °C.

Annexe 5. Mesure du pH

Annexe 6. Dénombrement des bactéries

L'expression des résultats se fait de la manière suivante. On retient les boîtes contenant 15 à 300 colonies et on calcule le nombre de colonies ou UFC (Unités Formant Colonies) par ml à l'aide de cette formule (Perrin, 1999) :

$$N = \frac{\sum c}{(n_1 + 0,1n_2)d}$$

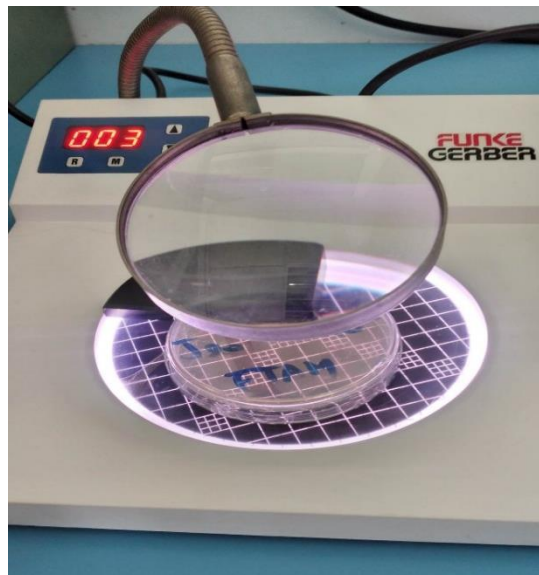
N : Nombre des microorganismes ;

$\sum c$: Somme des colonies comptées sur toutes les boîtes ;

n_1 : Nombre des boîtes retenues à la première dilution ;

n_2 : Nombre des boîtes retenues à la deuxième dilution ;

d : Facteur de dilution.

**Annexe 6.** Compteur de colonies de la marque Funke Gerber.

- Le calcul du nombre de microorganismes poussés après 10 jours :

Pour les coliformes totaux :

$$N = \frac{198}{(1 + 0,1 \times 0)10^{-1}}$$

$N = 1,98 \times 10^3$ UFC/ml.

Pour les entérobactéries :

$$N = \frac{99}{(1 + 0,1 \times 0)10^{-1}}$$

$N = 990$ UFC/ml.

- Le calcul du nombre de microorganismes poussés après 20 jours :

Pour la FTAM du yaourt nature, la boîte contient moins de 15 colonies ($c=8$). D'après la norme ISO 7218 :1996 (Fr), on va donc préciser dans l'expression du résultat qu'il s'agit alors d'une estimation en rédigeant ainsi « nombre estimé de microorganismes par millilitre = ... » à l'aide du tableau suivant :

Estimation des petits nombres (Perrin, 1999).

Nombre de colonies comptées	Limite de confiance à 95 %	
	basse	haute
1	<1	6
2	<1	7
3	<1	9
4	1	10
5	2	12
6	2	13
7	3	14
8	3	16

Le nombre estimé de la FTAM par millilitre est entre 3 à 16 UFC.

Pour la FTAM du yaourt sucré :

$$N = \frac{231}{(1 + 0,1 \times 0)10^{-2}}$$

$N = 23,1 \times 10^3$ UFC/ml.

- Le calcul du nombre de microorganismes poussés après 30 jours :

Les résultats provenant des boîtes présentant plus de 300 colonies visibles à la surface du milieu de culture après incubation sont consignés avec une mention spéciale (par exemple « >300 »).

Donc l'UFC des entérobactéries de tous les échantillons est :

$$N > \frac{300}{(1 + 0,1 \times 0)10^{-1}}$$

$N > 3 \times 10^3$ UFC/ml.

Filière : Sciences Biologiques.

Spécialité : Biologie Moléculaire des Microorganismes.

Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique du yaourt étuvé (nature et sucré) conservé à différentes températures

Résumé

Les effets bénéfiques du yaourt étuvé sont de plus en plus démontrés, d'où l'intérêt de mener une étude sur l'évolution de quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques de deux types de yaourt (nature et sucré) conservés jusqu'à la DLC à différentes températures (4 °C et 24 °C). L'analyse des résultats montre que le pH du yaourt conservé à 4 °C diminue légèrement en comparaison avec celui des échantillons conservés à température ambiante, dans ce cas cette baisse du pH est plus importante pour le yaourt sucré. En revanche l'acidité augmente progressivement quelque soit la température de conservation, mais à un rythme plus faible pour le yaourt nature. Les analyses microbiologiques ont révélé l'absence totale des germes pathogènes (*Salmonella* et *S. aureus*), la présence des coliformes et des entérobactéries uniquement pour le yaourt sucré après 10 jours de conservation à température ambiante est probablement due à une défaillance hygiénique au cours de la manipulation. La croissance des entérobactéries dans tous les échantillons des yaourts après 30 jours de conservation à températures différentes due probablement à l'augmentation de l'acidité, rend ces yaourts impropres à la consommation. L'ensemble des résultats obtenus relève une conformité et une stabilité des paramètres étudiés des deux yaourts sucré et nature conservés à 4 °C, par rapport aux normes fixées par la laiterie Numidia, qui correspondent aux normes nationales élaborées par J.O.R.A, ce qui témoigne de la bonne qualité des matières premières utilisées, de la maîtrise du processus de fabrication et du respect des conditions d'hygiène et de sécurité. D'autre part, les résultats des yaourts conservés à température ambiante ne sont pas conformes à quelques normes en raison de la mauvaise conservation.

Mot clés : Yaourt étuvé, analyses physico-chimiques, analyses microbiologiques, pH, acidité, conservation.

Membre du jury :

Présidente : Mme. BOUZERAIB Latifa (M.A.A Université des Frères Mentouri, Constantine 1)

Encadreur : Mme. RIAH Nassira (M.C.A Université des Frères Mentouri, Constantine 1)

Examinatrice : Mme. ZERMANE Ferial (M.A.A Université des Frères Mentouri, Constantine 1)

Présentée par :
BENAMIRA Ghada
KALLEB DEBBIH Malak
BENGUERBAA Djihane

Année universitaire : 2022 -2023

