

**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Abderrahmane MIRA-BEJAIA
Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département de Microbiologie**



Réf :

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

MASTER

Thème

**Suivi de la qualité microbiologique et physico-
chimique d'un yaourt étuvé YAOUMI au niveau de
la SPA DANONE Algérie**

Réalisé par :

SOUAGUI Melda et TAHROUR Lydia

Soutenu le : 29/06/2024

Devant le jury composé de :

M^{me} . YAHIAOUI Houa

M.A.A Présidente

M^{me} . BENDALI Farida

Professeur Encadreur

M^{me} . BELHAMICHE Nabila

M.C.B Examinatrice

Année universitaire 2023/2024

Dédicace

Je dédie ce travail :

A ma très chère mère affable, honorable, aimable, la source de la tendresse de patience inépuisable, tu es l'une de ces femmes qui ont le talent de faire aimer la vie après l'avoir donnée.

A mon père, qui a été mon ombre durant toutes les années d'études, et qui a veillé tout au long de mon parcours à m'encourager.

A mes deux frères Hamou et Nafaa

A toute ma grande famille surtout mes chères cousines et leurs enfants.

A mes très chères amies Alicia, Kenza, Agnès

A ma camarade et binôme Melda, sans elle je n'aurais pas pu accomplir ce travail.

A tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin afin de réaliser ce modeste travail.

Lydia

Dédicace

À mes merveilleux parents, qui m'ont toujours encouragée à poursuivre mes rêves avec détermination et qui ont été mes plus grands soutiens. Votre amour inconditionnel et vos sacrifices ont été la lumière qui a illuminé mon chemin tout au long de ce parcours. À travers ces lignes, je veux vous remercier du fond du cœur pour tout ce que vous avez fait et continuez de faire pour moi.

À mes chers frères, Mayas et Massil, vous êtes les piliers solides sur lesquels je me suis toujours appuyée avec confiance, Merci pour votre présence et encouragements.

À ma belle-sœur, Melissa , pour son encouragement.

À mes précieuses copines et meilleures amies , Alicia et Kenza, malgré la distance qui nous séparent votre amitié précieuse et vos encouragements constants m'ont accompagnée à chaque étape. Vous avez su être présentes même à distance, me rappelant que l'amitié véritable transcende les frontières.

À ma chère copine et binôme, Lydia , Tu es bien plus qu'une binôme dans ce parcours, tu es une très belle rencontre, ta présence dans ma vie a été une source de joie et d'inspiration et tu as fait de cette expérience une aventure mémorable et significative.

À toute personne qui m'a encouragé de près ou de loin.

Melda

Remerciements

Nous tenons à exprimer nos plus sincères remerciements à notre promotrice Mme BENDALI Farida, pour son précieux soutien et son encouragement tout au long de l'élaboration de ce travail. Son expertise, sa patience et ses conseils avisés ont été d'une importance capitale pour l'accomplissement de notre travail.

Nous sommes profondément reconnaissantes envers les membres du jury, Mmes YAHIAOUI Houa et BELHAMICHE Nabila, pour leur temps, leur expertise et leurs précieuses contributions lors de l'évaluation de notre travail. Leurs critiques constructives et leurs suggestions nous feront qu'améliorer notre mémoire.

- Nous exprimons notre profonde gratitude envers les responsables de **SPA Danone Algérie** (Akbou, W. Bejaia) en particulier au responsable laboratoire de qualité Mr OULALDJ Lyes , pour nous avoir donné l'opportunité d'effectuer notre stage de fin de cycle au sein de leur entreprise, et tout le personnel du laboratoire contrôle de et du laboratoire process pour leurs gentillesse , leurs aide et leurs disponibilité .

On tient à remercier l'ensemble des techniciens de laboratoire de **Danone** pour leur suivi, et pour leur disponibilité et leur bienveillance durant notre travail.

Nous souhaitons exprimer nos sincères remerciements à tous ceux qui nous ont apporté leur aide précieuse durant cette période.

Liste des abréviations

DLC : Date Limite de Consommation

EST : Extrait Sec Total

EPS : Exopolysaccharides

FAO: Food and Agriculture Organisation.

FTAM : Flore Totale Aérobie Mésophile

ISO: International Standardisation Organisation

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

MG: Matière Grasse.

MGLA : Matière Grasse Laitière Anhydre

MRS: Man Rogosa Sharpe

OGA: Oxytetracycline Glucose Agar

PCA: Plate Count Agar

PDL : Poudre De Lait

pH : potentiel d'hydrogène

TLC: Tank Lait Cru

TLE: Tank Lait Écrémé

TLF: Tank Lait Frais

TS : Tryptone Sel

TSC : Tryptone Sel Cystéiné

TYE : Tank Yaourt Étuvé

UFC: Unité Formant Colonie

VRBG : Violet Red Bile Glucos

Liste des figures

N°	Titre	Page
01.	pH-mètre MOTTler TOLEDO	18
02.	Appareil de titration Metrohm	19
03.	Cryoscope X Model 4250 de mesure du point de congélation	20
04.	Appareil de détection des antibiotiques dans le lait « MilkSafe 3BTC	21
05.	Résultats possible obtenues par MilkSafe 3BTC	21
06.	Appareil de confirmation de la présence d'antibiotiques« DelvoTest »	22
07.	MilkoScan™ FT2	23
08.	Viscosimètre RHEOLAB	24
09.	Dessiccateur	24
10	Butyromètre Gerber	25
11	Taux de l'extrait sec total (EST) de 3 lots différents : R1 et R2 (lait frais écrémé + crème fraîche) et R3 (poudre de lait écrémé + MGLA), déterminé à 3 niveaux de la chaîne de production (TLE, TYE et CONDI)	30
12.	Taux de matière grasse (MG) de 3 lots différents : R1 et R2 (lait frais écrémé + crème fraîche) et R3 (poudre de lait écrémé + MGLA), déterminé à 3 niveaux de la chaîne de production (TLE, TYE et CONDI)	32
13.	Taux protéique (TP) de 3 lots différents : R1 et R2 (lait frais écrémé + crème fraîche) et R3 (poudre de lait écrémé + MGLA), déterminé à 3 niveaux de la chaîne de production (TLE, TYE et CONDI)	33
14.	Suivi de l'évolution du pH du yaourt au cours de la conservation à 6°C, de J+1 jusqu'à DLC+2.	34
15	Evolution de la viscosité du yaourt en fonction du temps au cours de la conservation à froid (6°C) de J+1 jusqu'à la DLC+2.	35
16	Variation du taux de l'extrait sec et de la matière grasse au cours de la conservation à froid (6°C) et ce de J+1 jusqu'à DLC+2.	36

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
I.	Différents types de yaourt	5
II.	Composition recommandée et optionnelle des ferments du yaourt	9
III.	Résultats des analyses physico-chimiques du lait cru	28
IV.	Analyses microbiologiques du lait cru	36
V.	Analyses microbiologiques des échantillons prélevés des tanks	38
VI.	Résultats des analyses microbiologiques du produit fini	40
VII	Résultats du suivi de la viabilité des ferments lactiques au cours de la conservation à froid (6°C).	40
VIII	Résultats du suivi de la qualité du yaourt soumis au stress thermique	41

Liste des abréviations

Listes des figures

Liste des tableaux

Tables des matières

Introduction générale 1

Sommaire

I. Produits laitiers	3
II. Yaourt	4
II.1. Définition du yaourt	4
II.2. Différents types de yaourt	4
II.3 Ingrédients du yaourt	6
III. Fermentation lactique	7
IV. Caractères généraux des bactéries spécifiques du yaourt	8
<i>IV.1. Streptococcus thermophilus</i>	8
<i>IV.2. Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus</i>	8
IV.3. Croissance associative dans le yaourt	8
V. Rôles des bactéries dans le yaourt	10
IV. Bienfaits du yaourt	11
VI.1. Apport nutritionnel	11
VI.2. Apport thérapeutique	12
VI.3. Activité antimicrobienne	12
VI.4. Stimulation du système immunitaire	12

VI.5. Action hypocholestérolémiante	12
--	-----------

Partie pratique

I. Procédé de fabrication du yaourt YAOUMI	13
II. Matériel et méthodes	17
II.1. Prélèvements	17
II.1.1. Matières premières	17
II.1.2. Produit semi fini	17
II.1.3. Produit fini	17
II.2. Analyses physico-chimiques	18
II.2.1. Matière première	18
II.2.2. Yaourt	23
II.3. Analyses microbiologiques	25
II.3.1. Préparations des dilutions décimales	25
II.3.2. Flores dénombrées	26
III. Résultats et discussion	28
III.1. Résultats des analyses physico-chimiques	28
III.2. Résultats des analyses microbiologiques	35
Conclusion	43

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Le lait et les produits laitiers sont des aliments essentiels car ils contiennent une grande quantité de nutriments vitaux, notamment des protéines, du calcium et des vitamines (**Konte, 1999**). L'être humain a appris à transformer le lait en divers produits, possédant de nouvelles propriétés physiques et chimiques (tels que le fromage, le yaourt et la poudre de lait), permettant ainsi sa meilleure conservation et à une durée plus longue (**Weuster-Bots, 2000**).

En Algérie, la demande en produits laitiers s'élève à 5 millions de tonnes par an, dont 70% sont fournis par l'industrie locale. Le pays est le plus gros consommateur de produits laitiers dans la région d'Afrique du Nord (**Denys, 2020**). La fabrication du fromage a débuté il y a environ 8000 ans, peu après que les humains ont commencé à domestiquer les animaux. Initialement, l'objectif principal de transformer le lait en fromage était de préserver ses composants essentiels. De nos jours, le fromage est surtout apprécié comme aliment offrant des qualités nutritionnelles remarquables (**Cholet, 2006**).

Parmi ces produits, figure le yaourt. Ce dernier est le produit laitier le plus populaire et le plus consommé, en raison de ses qualités nutritionnelles importantes (**Bottazzi, 1973**). Souvent, lors de la fabrication du yaourt, différentes matières premières sont ajoutées à des variétés de lait. Toutefois, la diversité des matières premières a probablement une influence sur tous les éléments qui influencent la qualité finale du yaourt, à savoir l'hygiène, la physico-chimie, la microbiologie, la nutrition et l'odeur (**Codex Alimentarius, 2007**). Ainsi, le produit final doit respecter, d'une part, les critères de stabilité spécifiques en accord avec les normes établies par l'entreprise afin de garantir la protection du consommateur, et d'autre part, répondre aux exigences requises par ce dernier (**Delacharlerie et al., 2009**).

C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude, réalisée au sein de la **SPA Danone Algérie**, qui a pour objectif d'étudier les différents paramètres physico-chimiques et microbiologiques du yaourt ferme « Yaoumi » ainsi que le suivi de la viabilité des deux espèces typiques du yaourt, *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, au cours de la conservation 6°C.

Hormis l'introduction et la conclusion, ce document est organisé en deux grandes parties : la première partie consiste en une synthèse bibliographique sur les produits laitiers, dont le yaourt, et leur technologie de fabrication. La deuxième partie porte sur les analyses physico-chimiques et microbiologiques réalisées sur le yaourt « Yaoumi » ainsi que les résultats obtenus étayés par une discussion.

I. Produits laitiers

Selon **Cayot et Lorient (1998)**, les produits laitiers ou laitages sont du lait ou des aliments transformés ou obtenus simplement à partir du lait. Parmi les laits utilisés, le principal est de loin le lait de vache, mais on utilise également le lait de chèvre, de brebis, de chamelle, de yak, de bufflonne ,etc. La consommation des produits laitiers a connu une croissance considérable au niveau mondial depuis le début des années 1950. Les produits laitiers sont principalement destinés à l'alimentation humaine, que ce soit de manière directe ou en tant qu'ingrédients dans divers secteurs tels que la pâtisserie, la biscuiterie, la charcuterie et la fromagerie.

En 2015, elle était pareillement le premier consommateur de lait au Maghreb, avec une consommation moyenne de 147 litres par habitant par an (**O.N.I.L , 2017**).

La production de lait en Algérie couvre moins de 30 % des besoins locaux. Selon **Agroligne (2015)**, l'industrie produit environ 3,4 milliards de litres, dont 0,8 milliard pour la fabrication de yaourts, desserts et laits fermentés. Les grandes entreprises de production de yaourts en Algérie comprennent Soummam, Danone, Hodna et Trèfle, ainsi que quelques usines du groupe Giplait et de plus en plus de petites laiteries. Il y a Soummam qui détient environ 45 % du marché, suivi de Danone qui détient environ 25 %, puis vient Hodna et Trèfle. Les algériens consomment plus que la moyenne mondiale annuelle fixée par la **F.A.O** à 90 litres/habitant en lait. En effet, les disponibilités annuelles en lait ont atteint 121 kg par personne, alors qu'elles étaient de 52 kg au Maroc, 42 kg en Egypte et en Jordanie et 111 kg en Tunisie (**Daoudi et Bouzid , 2020**).

II. Yaourt

II.1. Définition

Selon l'organisation mondiale de l'alimentation et de l'Agriculture « Food and Agriculture Organisation »(FAO), le yaourt est un produit laitier obtenu par fermentation lactique, où le lait coagule sous l'action des deux bactéries *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*. Cette fermentation peut être réalisée à partir de divers types de lait (pasteurisé, concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec...) et peut inclure l'addition de substances telles que le lait en poudre, la poudre de lait écrémé, les protéines lactosériques concentrées ou non, la caséine alimentaire, etc. Il est essentiel que les ferments dans le produit final soient viables et abondants (FAO, 1975).

La Fédération Internationale de Laiterie (FIL) fixe des normes concernant la quantité de bactéries vivantes dans le yaourt, exigeant un minimum de 10^7 bactéries par gramme de produit à la date limite de consommation (DLC). De plus, ces produits doivent être conservés à une température comprise entre 0 et 6 °C jusqu'à leur consommation (FIL, 2015).

II.2. Différents types de yaourt

Selon Tamime et Deeth (1980), cités par Tamime et Robinson (2006), les yaourts sont classés en fonction de leur technologie de fabrication (différentes textures), teneur en matière grasse et type d'aromatization comme indiqué dans le **tableau I**.

Tableau I. Différents types de yaourt (Tamime et Robinson, 2006)

Type	Caractéristiques
En fonction de la texture <ul style="list-style-type: none"> ● Yaourt ferme ou étuvé ● Yaourt brassé ● Yaourt à boire 	<ul style="list-style-type: none"> ● Le laitensemencé est directement mis en pot et la fermentation a lieu dans le pot. Il ne doit plus être remué pour obtenir une texture solide. ● Le laitensemencé est fermenté dans des cuves, puis brassé avant d'être mis en pots. Il a une texture plus crémeuse et onctueuse. ● Fabriqué comme un yaourt brassé mais battu pour obtenir une texture liquide, il est conditionné en bouteilles.
En fonction de la teneur en matière grasse <ul style="list-style-type: none"> ● Yaourt entier ● Yaourt demi-écrémé ● Yaourt maigre 	<ul style="list-style-type: none"> ● Contient au minimum 3% de matière grasse. ● Contient entre 1 et 3% de matière grasse. ● Fabriqué à partir de lait écrémé, il contient 0% de matière grasse.
En fonction de l'aromatisation <ul style="list-style-type: none"> ● Yaourt Nature ● Yaourt aromatisé ● Yaourt aux fruits 	<ul style="list-style-type: none"> ● Sans fruits ni arômes ajoutés ● Yaourt nature auquel des arômes sont ajoutés ● Contient au minimum 5% de fruits

II.3. Ingrédients du yaourt

II.3.1. Eau de reconstitution

L'eau constitue l'une des matières premières essentielles dans la fabrication de divers produits laitiers reconstitués et recombinaisonnés. Elle doit être potable, de qualité supérieure, exempte de micro-organismes et présenter un niveau de dureté approprié (**Gosta, 1995**).

II.3.2. Poudre de lait

Le lait en poudre ou lait sec, désigné réglementairement sous le terme de « lait totalement déshydraté », est le produit solide obtenu directement par l'élimination partielle de l'eau du lait et l'évaporation autant que possible, de sorte que l'eau est perdue et le lait devient poudre (**Arie et al., 2012**). Ce processus permet de conserver le lait pendant une durée plus longue que le lait liquide. On en distingue trois catégories distinctes de poudre de lait (**Mourgues et al., 1973**) :

- **Poudre de lait entier** : ou poudre de lait riche en matières grasses qui contient au moins 26 % de matière grasse.
- **Poudre de lait partiellement écrémé** : lait déshydraté dont la teneur en matières grasses est en poids supérieure à 1,5 % et inférieure à 26 % en termes de poids.
- **Poudre de lait écrémé** : lait déshydraté contenant en poids, au maximum 1,5 % de matières grasses.

II.3.3. Sucre

Le sucre est employé pour ses propriétés énergétiques et sucrantes, il contribue à améliorer les caractéristiques sensorielles des produits alimentaires et joue un rôle essentiel dans la fixation des arômes (**Vignola, 2002**). Danone utilise du sucre de canne provenant spécifiquement de Cevital pour assurer la qualité et la traçabilité de ses ingrédients dans ses produits.

II.3.4. Arôme

L'aromatisation est un élément essentiel de la qualité, jouant un rôle déterminant dans la première impression perçue (**Gosta, 1995**). Les arômes sont des substances utilisées pour donner à un aliment une odeur, un goût, ou les deux, afin d'améliorer sa saveur et son attrait (**Djouani et Mehennaoui, 2005**). En Algérie, trois entreprises jouent un rôle clé dans le secteur des arômes alimentaires : Aromatech Algérie, Arômes d'Algérie, et la Fabrication Algérienne

des Produits Aromatiques Alimentaires (FAPAA).

Il existe différents types d'arômes utilisés dans l'industrie alimentaire, disponibles sous forme

- Arômes Liquides
- Arômes en Poudre
- Arômes en Pâte
- Compounds (molécules synthétiques utilisées pour aromatiser)

II.3.5. Ferments

Les ferments lactiques sont des préparations contenant de nombreux micro-organismes (une seule espèce ou plusieurs) qui sont ajoutés au lait afin de faciliter et de diriger le processus de fermentation, produisant ainsi un aliment fermenté (Yildiz, 2010). Le niveau de bactéries lactiques utilisées lors de l'ensemencement du lait a un impact majeur sur la transformation de celui-ci. Plus ce niveau est élevé, plus la fermentation se déroule rapidement. Généralement, on vise un taux d'environ 10^6 UFC/mL pour obtenir à la fois des durées de fabrication réduites et des coûts d'achat de ferments mités (Beal et Corrieu, 1991).

III. Fermentation lactique

La fermentation lactique occupe une place centrale dans le processus de fabrication du yaourt. Elle se caractérise par la conversion du lactose présent dans le lait en acide lactique, sous l'action de bactéries lactiques spécifiques. Cette transformation entraîne des modifications biochimiques, physico-chimiques et sensorielles du produit final. La principale conséquence de cette fermentation est l'amélioration de la stabilité du yaourt, qui se traduit par une inhibition des altérations microbiennes et enzymatiques potentielles, prolongeant ainsi sa durée de conservation. De plus, elle confère au yaourt des propriétés nutritionnelles et organoleptiques uniques, notamment en termes de saveur, texture et arômes. Selon la réglementation Algérienne, pour être qualifié de yaourt, un produit doit contenir exclusivement deux types de bactéries lactiques thermophiles : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. Ces bactéries sont considérées comme totalement inoffensives en raison de l'absence de caractères de pathogénicité. Elles bénéficient ainsi du label G.R.A.S. (Generally Recognized As Safe) décerné par l'organisation Mondiale de l'alimentation et du médicament « Food and Drug Administration » (FDA) aux États-Unis et du statut Q.P.S. (Qualified Presumption of Safety) accordé par l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments « European

Food Safety Agency » (EFSA) (Béal et Helinck, 2022).

IV. Caractères généraux des bactéries spécifiques du yaourt

Les bactéries lactiques tirent leur nom de leur capacité principale à produire de l'acide lactique. Cette caractéristique métabolique leur permet non seulement de générer de l'énergie par fermentation des sucres, mais aussi de jouer un rôle essentiel dans la transformation et la conservation des aliments. Ces microorganismes possèdent diverses voies métaboliques, mais ceux utilisés pour fabriquer le yaourt suivent spécifiquement une fermentation homolactique, où ils ne produisent que de l'acide lactique comme produit final (Vandamme et al., 1996).

IV.1. *Streptococcus thermophilus*

Streptococcus thermophilus est largement utilisée dans les fermentations lactières pour la production notamment du yaourt, c'est un coccus, généralement en chaînes, anaérobie facultatif et immobile (Roussl et al., 1994). C'est une bactérie thermophile qui se développe idéalement à une température de 42°C et qui peut vivre sans oxygène (Ophélie et al., 2017). La contribution de *S. thermophilus* à la fermentation du lait réside dans sa capacité à convertir efficacement le lactose en acide lactique, entraînant une baisse rapide du pH et la production de métabolites essentiels pour leurs propriétés technologiques (Delorme, 2008).

IV.2. *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*

Lactobacillus bulgaricus est une bactérie de forme bâtonnet ou en chaîne, immobile, non sporulée et micro-aérophile. Son métabolisme est strictement homo-fermentaire, se traduisant principalement par la production d'acide lactique. *L. bulgaricus* est une bactérie thermophile qui prospère à des températures élevées, généralement autour de 42°C, et qui nécessite des concentrations significatives de calcium et magnésium pour une croissance optimale (Bouhanna et Boussaa, 2017).

IV.3. Croissance associative dans le yaourt

Lors de la fabrication du yaourt, l'utilisation conjointe de *Str. thermophilus* et *L. bulgaricus* permet de bénéficier d'une interaction positive indirecte entre ces deux types de bactéries. Cette interaction, connue sous le nom de proto-coopération, présente des avantages mutuels pour les deux espèces (Thevenard, 2011). Elle se traduit par une accélération du processus d'acidification par rapport aux cultures individuelles, une augmentation des populations bactériennes, une dégradation des protéines plus prononcée, ainsi qu'une

amélioration de la production de composés aromatiques tels que l'acétaldéhyde, et de la stabilité physique du produit, réduisant ainsi les problèmes de séparation du liquide (**Mihail et al., 2009**).

Str. thermophilus, qui a une activité protéolytique naturellement faible, est stimulée par les petits peptides et acides aminés produits dans le lait grâce à l'action protéolytique de *L. bulgaricus*, facilitée par sa protéase de paroi PrtB. En retour, *Str. thermophilus* produit du CO₂ et de l'acide formique, qui favorisent la croissance de *L. bulgaricus*. De plus, la production par *Str. thermophilus* d'acide formique, l'acide folique, l'acide pyruvique, de glutathion, d'acides gras à longue chaîne et de CO₂ agit comme un stimulant pour *L. bulgaricus* (**Jeantet et al., 2008**).

De part sa nature aérobie facultative, *Str. thermophilus* peut également réduire la présence d'oxygène dans le milieu, favorisant ainsi la croissance de *L. bulgaricus*, qui est moins tolérant à l'oxygène (**Tamime et Robinson, 2003**).

Cependant la réussite de l'association dépend de la concentration des deux bactéries et des propriétés des souches elles-mêmes. Pour fabriquer un bon yaourt, le rapport entre les deux bactéries doit être de 1 : 1. La dominance de *Str. thermophilus* conduit à un yaourt sans arôme et celle de *Lactobacillus* à un yaourt trop acide (**Rasic et Kurman, 1978**).

En plus du *Lactobacillus* et du *Streptococcus*, d'autres types de ferments sont également utilisés dans la production de yaourt, (**tableau II**) comme le *Lactobacillus acidophilus* et différentes espèces de *Bifidobacterium*. (**Farnworth, 2008**) . Ces produits laitiers considérés comme probiotiques font partie des produits laitiers fonctionnels ayant enregistré une croissance remarquable au cours de la dernière décennie (**Menrad, 2003**) .

Tableau II: Composition recommandée et optionnelle des ferments du yaourt (**HUI, 1992**).

Composition standard recommandée par la FDA	Ferments additionnels du yaourt
<i>Streptococcus salivarius</i> ssp. <i>thermophilus</i> <i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp. <i>Bulgaricus</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Lactobacillus casei</i> <i>Lactobacillus helveticus</i> <i>Lactobacillus jugurti</i> <i>Lactobacillus lactis</i> <i>Bifidobacterium longum</i> <i>Bifidobacterium bifidum</i> <i>Bifidobacterium infantis</i>

V. Rôles des bactéries dans le yaourt

- **Activité acidifiante**

Dans le domaine de la technologie laitière, l'une des fonctions essentielles des bactéries lactiques est la production d'acide lactique. Ce composé organique joue un rôle crucial en concentrant et préservant la matière sèche du lait, agissant à la fois comme un agent coagulant et un agent antimicrobien (Schmidt *et al.*, 1994). Il agit comme un inhibiteur contre les microorganismes indésirables (Leory *et al.*, 2002). L'évaluation de l'acidité du yaourt est souvent réalisée en utilisant l'échelle Dornic, où chaque degré Dornic (°D) correspond à 0,1 gramme d'acide lactique par litre (g/L). Cette mesure est généralement observée dans une fourchette de 100 à 130°D, comme mentionné par Loones (1994). De plus, l'acide lactique favorise la coagulation des protéines présentes dans le lait, ce qui conduit à la formation d'un gel viscoélastique. En réalité, ces interactions entre les caséines, les principales protéines du lait, sont sensibles au pH environnant (Thomas, 2008).

- **Activité protéolytique**

Le système protéolytique des bactéries lactiques, y compris *Str. thermophilus*, est composé de trois composants principaux : les protéases de paroi, les systèmes de transport et les peptidases intracellulaires. Les protéases de paroi sont responsables de l'hydrolyse des protéines en peptides. Ces peptides sont ensuite pris en charge par des systèmes de transport à travers la membrane plasmique de la cellule bactérienne. Enfin, les peptidases intracellulaires interviennent pour hydrolyser les peptides en acides aminés. Ces processus enzymatiques sont essentiels pour la dégradation des protéines et la fourniture de nutriments aux bactéries lactiques, favorisant ainsi leur croissance et leur activité métabolique (Drider et Prévost, 2009).

Les bactéries lactiques présentent une activité endopeptidase caractérisée par une large spécificité de coupure, montrant une préférence pour les résidus encombrants, particulièrement ceux dont les chaînes latérales génèrent un encombrement stérique important et qui ne sont pas chargés électriquement. Cette préférence pour les résidus non chargés a été observée dans plusieurs études, telles que celles menées par Visser *et al.*,(1991) et Exterkate *et al.*,(1993).

- **Activité texturante**

Certains ferments de yaourt ont la capacité de produire des exopolysaccharides (EPS) au cours du processus de fermentation. Ces EPS peuvent être considérés comme des

épaississants naturellement produits. Ils peuvent se former sous forme de couche capsulaire autour de la cellule bactérienne ou être excrétés dans le milieu environnant. Cette production d'EPS est un phénomène observé et étudié comme le mentionne **Hassan (2008)**. Il est possible que les EPS chargés s'associent électro-statiquement aux caséines, en fonction du pH du lait, tandis que les EPS non chargés peuvent influencer la gélification via un mécanisme de type floculation (**Girard et Schaffer-Le-quart, 2007**).

- **Activité aromatisante**

Les arômes du yaourt sont constitués à la fois de composés volatils et non volatils déjà présents dans le lait, ainsi que de composés spécifiques résultant de la fermentation lactique. On estime qu'une large gamme de plus de 90 composés volatils différents a été identifiée dans le yaourt, comprenant notamment des hydrates de carbone, des alcools, des aldéhydes, des cétones, des acides, des esters, des lactones et des composés soufrés (**Lamontagne et al., 2002**).

L'acétaldéhyde est principalement généré par *L. bulgaricus* à partir de la thréonine, grâce à une réaction catalysée par la thréonine-aldolase (**Marshall et Colf, 1983**). Les variations de goût dans le yaourt sont généralement dues à une déficience aromatique, soit parce qu'il y a un déséquilibre en faveur des streptocoques, soit à la présence de streptocoques dotés d'une activité alcool-déshydrogénase. Cette activité enzymatique peut entraîner la transformation de l'acétaldéhyde en éthanol (**Loones, 1994**).

Les *Leuconostocs* sont cruciaux dans divers processus de fermentation industrielle, (**Ogier et al., 2008**). Ces bactéries jouent un rôle significatif dans l'aromatisation des yaourts, notamment par la production essentielle de diacétyle et d'acétoïne (**Devoyod et Françoise, 1988**).

VI. Bienfaits du yaourt

VI.1. Apport nutritionnel

Le yaourt est un produit laitier très nutritif, réputé pour sa facilité de digestion. Il constitue une source significative de divers nutriments essentiels, comprenant des protéines, des vitamines, ainsi que des minéraux comme le calcium, le potassium, le phosphore, le magnésium et le zinc (**Lecerf, 2020**).

VI.2. Apport thérapeutique

D'après **Jeantet et al.,(2008)**, la présence de bactéries lactiques vivantes dans le yaourt favorise une meilleure digestion du lactose chez les individus présentant une déficience en lactase (β -galactosidase). Cela s'explique par la libération de la β -galactosidase dans l'intestin grêle par ces bactéries, une enzyme qui conserve son activité et permet ainsi l'hydrolyse du lactose pendant au moins 12 h.

VI.3. Activité antimicrobienne

La production de l'acide lactique est une des principales activités des bactéries lactiques dans l'industrie laitière. Cet acide organique permet de concentrer et de préserver la matière sèche du lait, en agissant comme agent coagulant et antimicrobien. Le métabolisme de ces bactéries est de type homofermentaire (**Schmidt et al., 1994**). En plus de produire de l'acide lactique, les bactéries lactiques peuvent synthétiser d'autres composés tels que le peroxyde d'hydrogène, diacétyle et les bactériocines (**Ababsa, 2012**). Ces substances permettent de préserver le produit (**Mahaut et al., 2000**).

VI.4. Stimulation du système immunitaire

Le yaourt joue un rôle dans la régulation du système immunitaire en activant les lymphocytes B et en favorisant une production élevée d'immunoglobulines et d'interférons. Ce bénéfice est attribué principalement à la présence de *L. bulgaricus* (**Mahaut et al., 2000**).

VI.5. Action hypocholestérolémiante

Les bactéries présentes dans le yaourt possèdent la capacité d'assimiler le cholestérol (**Dilmi-Bouras, 2006**). Plusieurs études ont également souligné un effet hypocholestérolémiant associé à la consommation de yaourt. Cet effet, bien que non complètement élucidé, serait le résultat d'une synergie entre les composés du lait et les métabolites bactériens (**Jeantet et al., 2008 ; Drider et Prévost, 2009**).

De plus, les polysaccharides présents peuvent agir comme des fibres alimentaires, favorisant ainsi la croissance et la survie des bactéries probiotiques dans le tractus gastro-intestinal (**Drider et Prévost, 2009**).

Partie Pratique

I. Procédé de fabrication du yaourt étuvé

Notre stage a été effectué au niveau de Danone-Algérie, située à la région de Taharacht (Akbou, Bejaia) durant la période allant du 10 mars au 30 mai 2024. Durant ce travail, un suivi de la qualité microbiologique et physico-chimique a été effectué à plusieurs niveaux de ligne de production du yaourt étuvé « Yaoumi ».

Le procédé d'élaboration du yaourt étuvé au niveau de l'entreprise Danone-Algérie suit les étapes décrites dans la littérature comme suit .

I.1. Réception et stockage du lait

Le lait est une matière vivante, donc fragile et périssable. Il doit être mis à la disposition des entreprises laitières dans un délai entre la traite et la délivrance au maximum 48 h (**J.O.R.A, 1993**).

Le lait est recueilli à l'usine dans des camions citernes isothermes où il subit un contrôle immédiat de sa qualité avant d'être déposé (acidité, densité, teneur en matière grasse et stabilité à l'ébullition). Le lait est ensuite stocké dans des tanks « TLC » préalablement lavés et désinfectés selon le système NEP à 4°C, équipés d'un agitateur pour empêcher la remontée de la matière grasse (**Béal et Sodini, 2003**).

I.2. Standardisation de la composition du lait

Le processus de fabrication du yaourt implique la combinaison d'un mélange de lait avec d'autres éléments pour assurer une standardisation. Le lait contient naturellement divers composants tels que de l'eau, du lactose, des matières grasses, des protéines (notamment les caséines et les protéines sériques) et des minéraux. Cependant, la composition moyenne de ce lait peut varier en fonction de plusieurs facteurs tels que la race de la vache, son régime alimentaire, la saison et le stade de lactation (**Chandan et Kilara, 2011**). Ainsi, lors du processus de fabrication du yaourt, il est nécessaire de réguler le niveau de matières grasses et d'enrichir en protéines afin de minimiser ces variations et de garantir que les produits finaux répondent aux exigences nutritionnelles et gustatives spécifiques (**Sodini et Béal, 2008**).

I.2.1. Standardisation en matières grasses

Il est nécessaire de standardiser le lait de fabrication à la teneur en matières grasses souhaitée pour le produit fini. Pour cela, le lait est tout d'abord écrémé, puis mélangé avec la crème dans les proportions souhaitées.

Les équipements requis pour la standardisation en matières grasses font intervenir une écrémeuse et des lignes de mélange. Le lait, chauffé à 78°C pendant 3 à 5 min, circule dans une écrémeuse (centrifugeuse à assiettes), afin de séparer la crème par centrifugation et d'éliminer les impuretés résiduelles (bourbes). L'efficacité de l'écémage permet d'atteindre moins de 0,05 g de matières grasses pour 100 g de lait en sortie d'écrémeuse. Le lait est stocké dans des tanks « TLE » à 4°C et la crème dans des tanks « TSC » à 6°C±2°C. Le lait écrémé et la crème sont ensuite mélangés en ligne par des systèmes d'ajustement automatique pour atteindre la teneur en matières grasses souhaitée dans le produit fini (**Sodini et Béal, 2008**).

I.2.2. Enrichissement en protéines

Le lait préalablement standardisé en matières grasses doit être enrichi en protéines laitières pour atteindre des taux protéiques finaux compris entre 3,2 et 5 %, ce qui contribue à former un yaourt consistant et exempt de synérèse et à modifier sa valeur nutritionnelle (**Carole et Vignola, 2002**). L'enrichissement du lait de fabrication par ajout de poudre de lait écrémé ou de lait concentré est la technique la plus largement répandue dans l'industrie (**Lucey et Lee, 2010**).

Après la standardisation en matières grasses, l'incorporation des ingrédients poudre de lait et sucre doit se faire dans un équipement qui doit assurer une déshydratation complète afin d'éviter la formation de grumeaux ce qui va impacter la texture du yaourt, limiter l'incorporation d'air au moment du mélange pour réduire la formation de mousse et enfin il doit être facile à nettoyer (**Béal, Helinck, 2019**).

I.3. Homogénéisation

L'homogénéisation dans le processus de fabrication du yaourt est une étape importante qui vise à uniformiser la texture et la consistance du lait. Cela consiste à passer le lait à travers de petites ouvertures sous haute pression. Cela permet de réduire la taille des globules gras présents dans le lait, en les dispersant de manière uniforme dans la solution. Cela crée une texture plus homogène dans le lait, évitant la séparation de la crème et assurant une consistance uniforme dans le yaourt fini. La température d'entrée du lait est de 60°C (**Roussel, 2010**).

I.4. Traitement thermique

Le traitement thermique vise principalement à détruire les microorganismes pathogènes, réduire la flore indigène du lait cru et d'inactiver de nombreuses enzymes (phosphatase, peroxydase) (**Jeantet et al., 2008**). Le lait enrichi subit un traitement thermique, la

pasteurisation se fait à 90-95°C pendant 3 à 5 min (**Mahaut et al., 2000; Kora, 2004**).

I.5. Refroidissement

Immédiatement après le traitement thermique, le lait est refroidi à une température de 4-6°C (**Wagner et al., 2016**).

I.6. Injection des ferments

L'incorporation directe à partir de ferments lactiques (*Str. thermophilus* et *L. bulgaricus*) concentrés (sous forme lyophilisée ou congelée) se réalise à un taux approximatif de 0,03 % (**Luquet, 1985 ; Mahaut et al., 2000**)

I.7. Conditionnement

Le lait reconstitué, ainsiensemencé est chauffé à une température d'environ 45 °C en passant à travers des réchauffeurs à plaques (**Luquet et Carrieu, 2005**).Après l'introduction du plastique dans la machine, celui-ci est chauffé par une plaque chauffante pour stériliser le matériau et favoriser le thermoformage à une température de 140°C. Ensuite, les pots sont remplis après avoir ajouté les arômes par des doseurs automatiques. Les pots sont ensuite hermétiquement scellés par thermo scellage, datés et finalement découpés en packs. Les matériaux d'emballage en plastique doivent être conçus pour résister à l'acidité, prévenir la perte d'arômes et être imperméables à l'oxygène afin d'empêcher la croissance microbienne (**Brulé, 2003**).

I.8. Étuvage

Les palettes de yaourts sont acheminées vers une chambre chaude où la température atteint 40°C. Cette température favorise la maturation du yaourt grâce à l'action des ferments, qui induisent la fermentation lactique. Cette fermentation permet la formation d'un réseau caséinique, aboutissant à l'obtention d'un caillé lisse et ferme. Cette phase de maturation peut s'étendre jusqu'à 6 h (**Mahaut et al., 2000**).

I.9. Arrêt de fermentation

Une fois que le pH atteint environ 4,50, les palettes sont déplacées vers des cellules de refroidissement rapide, où elles sont maintenues à une température comprise entre 0 et 4 °C pendant 120 à 140 minutes. Cette étape vise à ralentir la fermentation lactique et à stopper

l'acidification du produit (**Lucey, 2002**).

I.10. Stockage

Les produits sont entreposés dans le centre d'expédition à une température basse de 4 °C, prêts à être transportés et distribués tout en maintenant la chaîne du froid jusqu'à ce qu'ils parviennent aux consommateurs. La durée maximale de consommation est de 35 jours (**Kora, 2004**).

II. Matériel et méthodes

II.1. Prélèvements

Des prélèvements du produit à différents niveaux de production sont effectués. Il s'agit du TLC (tank de stockage du lait cru), TLE (tank de stockage du lait écrémé), TYE (tank de stockage du yaourt étuvé), de la conditionneuse (CONDI) et enfin à la sortie de la chambre froide au deuxième jour (J+1). Le prélèvement est effectué d'une manière aseptique pour les analyses microbiologiques.

II.1.1. Matières premières

- **Poudre de lait** : la poudre de lait (PDL) est prélevée à partir d'un sac de 25kg dans l'entrepôt en utilisant un ciseau enveloppé de coton imbibé d'alcool et allumé. La flamme est approchée de la zone de collecte et la poudre est recueillie à l'aide d'une louche stérile et versée dans un sac stérile (500 g).
- **Matière grasse anhydre** : la MGLA est stockée dans des fûts métalliques de 200 Kg à température ambiante puis transférée à la chambre chaude à 56°C pendant une nuit afin de se liquéfier. Le prélèvement se fait à l'aide d'une seringue stérile de 50 mL dans une zone stérilisée par flamme. Le contenu de la seringue est versé dans un flacon en plastique stérile.
- **Eau de poudrage** : une alternative pour obtenir de l'eau de poudrage est de la récupérer à partir de cuves équipées d'un système de désinfection à la vapeur d'eau. Pour cela, il suffit de remplir un flacon d'un litre après avoir préalablement nettoyé et désinfecté l'échantillonneur.

II.1.2. Produit semi- fini

Les tanks de stockage sont équipés de vannes de prélèvement avec un système d'alimentation en eau pour leurs rinçages et en vapeur pour la stérilisation. Il est recommandé de laisser couler le produit pour éviter le mouillage, puis remplir des flacons stériles (25 mL). Les vannes sont rincées à l'eau et désinfectées par la vapeur d'eau avant et après prélèvement. Le prélèvement lors du conditionnement consiste à récupérer des pots de yaourt au début, au milieu, et à la fin de la production ; ces pots sont destinés pour une analyse microbiologique immédiate.

II.1.3. Produit fini

Après conditionnement et maturation, des pots sont prélevés toutes les 3 h. Ces pots sont

répartis dans des endroits à différentes températures :

- Le produit est stocké, à 4 °C-6 °C, jusqu'à DLC+2 jours afin de l'analyser et vérifier les paramètres physico-chimiques (viscosité et pH).
- Le produit (24 pots de chaque production) est mis dans les chambres de stress à 25 °C et à 30 °C pendant 5 à 14 jours, afin de vérifier la stabilité microbiologique du produit.

II.2. Analyses physico-chimiques

II.2.1. Le lait frais

Pour obtenir un yaourt de qualité, il est crucial d'utiliser du lait frais comme ingrédient principal. C'est pourquoi il est conseillé de réaliser plusieurs tests pour assurer que le produit final conserve ses propriétés nutritionnelles et son goût optimal. Malheureusement, vu les horaires tardifs d'arrivée du lait au niveau de l'entreprise, nous n'avons pas pu les faire nous-même. Cependant, ces mêmes analyses sont refaites sur le lait stocké dans le tank de lait (TLC).

- **Mesure de la température**

Afin de garantir que la chaîne de froid est respectée, la température du lait est mesurée avec un thermomètre. La température ne doit pas dépasser $4^{\circ}\text{C} \pm 2$.

- **Mesure de pH**

Mesure de pH à l'aide d'un pH mètre



Figure 01. Photographie d'un pH- mètre.

- **Détermination de l'acidité titrable**

La détermination de l'acidité titrable (Dornic) se base sur un titrage de l'acidité par la soude (N/9) en présence de la phénolphtaléine (1%) comme indicateur coloré (AFNOR, 1995).

Dans un bécher, 10 mL de lait sont délicatement versés, suivis de 3 à 4 gouttes de phénolphtaléine. Ensuite, la soude 1/9 N est progressivement introduite depuis la burette jusqu'à ce que le lait prenne une couleur rose pâle. À ce stade, une valeur est affichée, fournissant ainsi une indication précise du résultat obtenu. L'acidité est exprimée en degrés Dornic ($^{\circ}\text{D}$), sachant que : $1^{\circ}\text{D}=0,1\text{g d'acide/L}$. L'acidité est déterminée en utilisant l'appareil de titration (Figure 02).



Figure 02. Photographie de l'appareil de titration

- **Détermination du point de congélation**

Le point de congélation est mesuré pour déterminer si de l'eau est ajoutée au lait, ce qui est susceptible d'affecter sa qualité. Après agitation de l'échantillon, 2,5 mL de celui-ci sont délicatement transférés à l'aide d'une pipette dans un tube. Ensuite, le tube à échantillon est placé dans le **cryoscope** (Figure 02). Enfin, l'appareil est activé et le refroidissement est démarré.



Figure 03. Photographie d'un Cryoscope

- **Détermination du degré d'alcool**

Dans 3 tubes à essai, 5 mL de lait sont versés dans chacun d'eux. Ensuite, 1 mL d'alcool de trois concentrations différentes (68%, 72%, 80%;) est ajouté à chaque tube. Les tubes sont doucement remués plusieurs fois afin de bien mélanger le contenu. Enfin, une observation des parois des tubes est effectuée pour détecter toute coagulation.

- **Détermination de la présence d'antibiotiques**

La présence des antibiotiques dans le lait est recherchée par deux méthodes : l'une rapide qui est le test « MilkSafe » (figure 04) et l'autre standard est le « DelvoTest » (figure 06).

- **MilkSafe**

C'est un test biochimique rapide (5 min), spécifique uniquement pour les β -lactamines et les tétracyclines. À l'aide d'une micropipette, 200 μ L de lait sont introduits dans le micro-puits de réactif (figure 04). Le mélange (lait+réactifs) est homogénéisé à l'aide de la micropipette. Ensuite, une bandelette réactive (figure 06) est placée dans le micro-puits et incubée pendant 5 min à $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Enfin, la bandelette est retirée et les résultats sont interprétés selon l'intensité de couleur des lignes test.



Figure 04. Photographie d'un appareil pour test d'antibiotiques dans le lait « MilkSafe 3BTC »

On compare l'intensité de la couleur des deux lignes test par rapport à la ligne centrale.
On distingue 03 cas possibles, comme la figure 05 le montre.

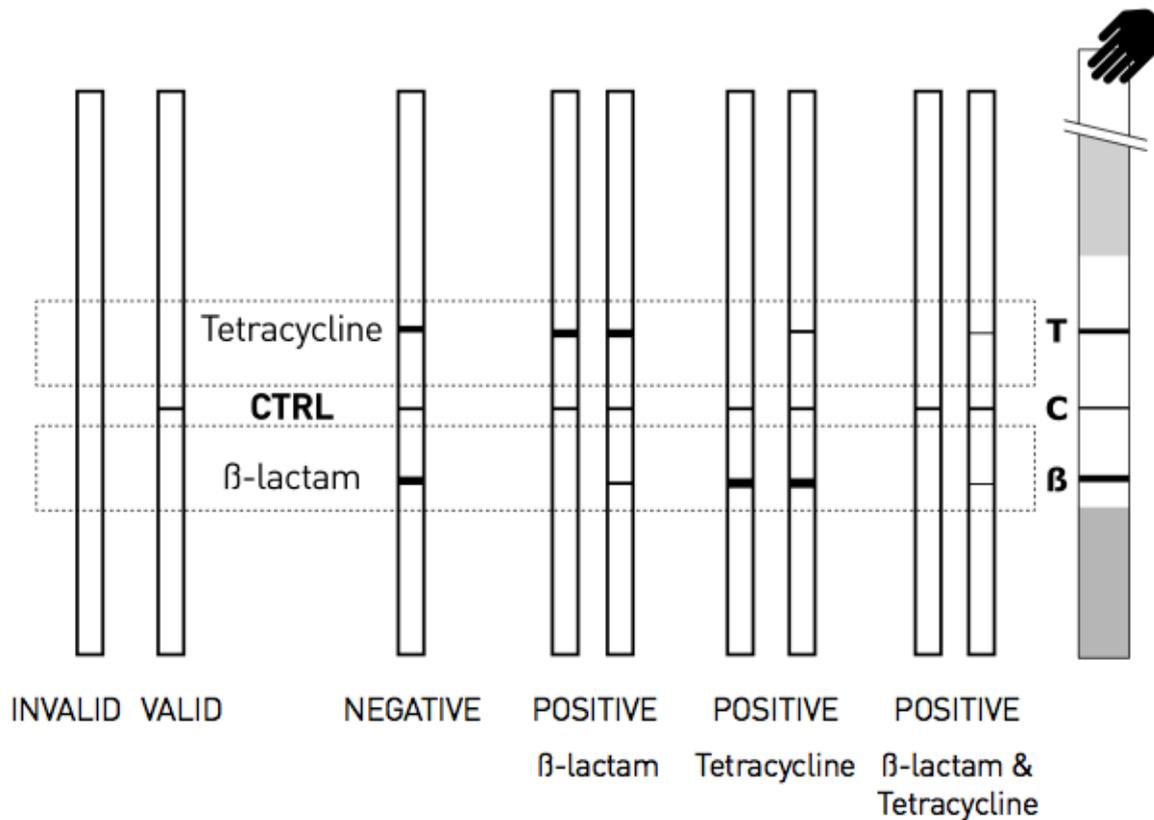


Figure 05 : Résultats possible obtenues par MilkSafe 3BTC.

- 1^{er} cas, quand les lignes test sont plus foncées que la ligne de contrôle, le test est considéré comme négatif.
- 2^{ème} cas, quand la couleur des deux lignes test est semblable à celle du centre au moins foncée, le test est considéré comme positif.

- 3^{ème} cas, quand une ligne test est invisible, le test est considéré comme hautement positif selon la position de la ligne.

- **DelvoTest**

Lorsqu'un résultat positif est obtenu avec le test milkSafe, un test microbiologique est effectué DelvoTest (figure 06). Ce test comprend des agents antimicrobiens tels que des antibiotiques, des désinfectants et des détergents. Il s'agit d'un test de longue durée, nécessitant environ 3h pour être complété

Dans un premier temps, l'échantillon de lait est injecté dans l'ampoule de l'appareil. Ensuite, celle-ci est placée dans un incubateur préchauffé à 64°C. Après une période de 3 h, l'ampoule est retirée de l'incubateur. À ce stade, le résultat est lu : une coloration jaune indique un test négatif, tandis qu'une coloration violette indique un test positif.



Figure 06. Photographie du « DelvoTest »

- **Détermination du taux d'extrait sec total, matière grasse et des protéines**

A l'aide d'un MilkoScanTM FT2 (FOSS Analytical, figure 07) il est possible de mesurer avec précision trois paramètres fondamentaux : l'extrait sec, la teneur en matières grasses et le taux de protéines.



Figure 07. Photographie d'un MilkoScanTM FT2

La sonde de FT2 est étalonnée en utilisant les techniques de référence (Kjeldahl, Gilber...). Ensuite, le flacon est chauffé à 40°C dans un bain-marie pendant environ 10 min, suivi d'une agitation manuelle. Une fois cela fait, l'échantillon est placé sous la pipette de l'appareil. Sur l'écran de l'ordinateur, le canal approprié est sélectionné pour l'échantillon, puis la touche de démarrage est serrée. L'appareil aspire successivement deux doses de 5 mL du produit pour effectuer sa mesure et donner une moyenne. Les résultats sont ensuite affichés sur l'écran en masse volumique ou en masse massive. Après chaque mesure, un nettoyage est effectué pour assurer la précision des prochaines analyses.

II.2.2. Yaourt

Des analyses physico-chimiques sont réalisées sur trois lots différents, correspondant à trois productions différentes. Il s'agit des lots R1, R2, élaborés à partir de lait frais écrémé+crème fraîche et du lot R3, élaboré à partir de poudre de lait écrémé+matière grasse laitière anhydre (MGLA).

- **Mesure de pH**

Le niveau d'acidité du lait à un instant précis est indiqué par son pH, qui est généralement mesuré à l'aide d'un pH-mètre (**Vignola, 2002**). Après étalonnage à l'aide de solutions tampons (pH=7 et pH=4), l'électrode du pH-mètre est plongée dans le pot de yaourt. La valeur de pH est obtenue par simple lecture sur l'écran du pH-mètre .

- **Détermination de la viscosité**

La viscosité est la mesure de la capacité d'une substance à résister à la déformation lorsqu'elle est soumise à une force de cisaillement. Pour déterminer la viscosité, il faut attendre 24 h après la formulation du produit (**Luquet et Carrieu, 2005**). La mesure est réalisée à l'aide d'un viscosimètre rotatif RHEOLAB QS **figure 08**), la pendule (**ST22**) tourne à une vitesse

de 2,5 tours/seconde pendant 45 sec, les résultats sont affichés sur l'appareil



Figure 08. Photographie d'un Viscosimètre RHEOLAB

Le viscosimètre est mis en marche et l'horizontalité du pot est vérifiée. La pendule est alors abaissée vers la surface et au centre du pot. Ensuite, le programme approprié pour le yaourt étuvé "DANONE ferme" est choisi. L'analyse est lancée en appuyant sur la touche "ENTER". Le résultat de l'analyse s'affiche ensuite sur l'écran, exprimé en millipascal (Mpa).

- **Détermination du taux d'extrait sec et de matière grasse**

La détermination du taux d'extrait sec est réalisée à l'aide d'un dessiccateur (figure 09).



Figure 09. Photographie d'un Dessiccateur .

Délicatement, la coupelle en aluminium est posée sur la balance située à l'intérieur du compartiment chauffé. Le poids est ensuite remis à zéro en appuyant sur le bouton « TARE ». Après avoir bien homogénéisé le pot de yaourt, 3 g du produit sont ajoutés et répartis uniformément avec une spatule. Une fois la chambre fermée, le programme de dessiccation est démarré. La dessiccation s'arrête automatiquement, et la quantité totale de matière sèche est directement indiquée en pourcentage massique (m/m) sur l'écran de l'appareil.

Pour la détermination du taux de matière grasse dans le yaourt, la méthode de Gerber

(acido-butyrométrie) est employée. Dans un butyromètre, 10 mL d'acide sulfurique (H_2SO_4) sont introduits. À l'aide d'une seringue, 11 mL de yaourt sont ajoutés lentement, suivis de l'ajout de 1 mL d'alcool iso-amylique. Le butyromètre est ensuite fermé avec un bouchon spécial. En agitant et en effectuant des retours, le mélange est complètement dissous. Une fois que le mélange a bruni, il est centrifugé dans une centrifugeuse GERBER à 1000 tours par min pendant 10 min à une température de $60^{\circ}C$. Enfin, la valeur indiquée sur l'échelle du butyromètre est lue et exprimée en g/L.



Figure 10 : Photographie: d'un butyromètre Gerber

II.3. Analyses microbiologiques

Nous avons procédé à des analyses microbiologiques sur le produit semi-fini et le produit fini, afin de vérifier leur conformité.

II.3.1. Préparation de la solution mère et des dilutions décimales

- **Préparation de la solution mère**

Avant de pouvoir effectuer des dénombrements, il est nécessaire de préparer une solution mère pour obtenir une distribution aussi homogène que possible des microorganismes prélevés dans l'échantillon. Avant l'ouverture, le contenu du pot est homogénéisé par une agitation rigoureuse, un échantillon de 10 g est pesé aseptiquement, et introduit dans un flacon stérile contenant 90 mL de TSE (Tryptone Sel Eau) stérile. La suspension est homogénéisée à l'aide d'un vortex.

- **Préparation des dilutions décimales**

A partir de la solution mère, qui a été diluée à un taux de 10^{-1} , des dilutions sont réalisées pour faciliter les dénombrements. Les dilutions successives sont réalisées en ajoutant 1 mL de la solution précédente à un tube à essai stérile contenant 9 mL de TSE. Pour obtenir une dilution de 10^{-2} , il est donc nécessaire de mélanger 1 mL de la solution 10^{-1} avec 9 mL de TSE. Il faut poursuivre les dilutions décimales jusqu'à la dernière.

II.3.2. Flores dénombrées

Ces flores sont dénombrées aussi bien dans le produit semi-fini que le produit fini.

- **Recherche de la flore sporulée thermophile**

Un dénombrement en masse est réalisé dans la gélose PCA à partir de la solution mère (10^{-1}) et de la dilution 10^{-2} , en utilisant deux boîtes pour chaque dilution. Pour cela, des tubes contenant 10 mL de yaourt sont mis dans un bain marie à 100°C pendant 10 min, puis immédiatement refroidis sous l'eau froide afin de provoquer un choc thermique. À l'aide d'une pipette stérile, 1 mL de yaourt de chaque tube est transféré dans chaque boîte de Pétri, auquel environ 15 mL de gélose PCA maintenue en surfusion (45°C) sont ajoutés. Les boîtes de Pétri sont bien mélangées, en faisant des mouvements circulaires, puis laissées se solidifier en les déposant sur une surface horizontale et enfin incubées à 55°C pendant 24 h (**ISO 4833**).

- **Entérobactéries**

Pour le dénombrement des entérobactéries, la gélose VRBG est utilisée. A partir de la solution mère (10^{-1}) et des dilutions 10^{-2} et 10^{-3} , 1 mL est transféré dans deux boîtes de Petri, auquel environ 15 mL de gélose VRBG sont ajoutés. Après mélange et solidification, on ajoute une deuxième couche pour toutes les boîtes, les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24 h (**ISO 21528**).

- **La flore mésophile totale**

Cette flore représente tous les microorganismes (bactéries, levures et moisissures) pouvant croître en présence d'oxygène et à des températures allant de 20 à 37°C . À l'aide d'une pipette stérile, on prélève 1 ml de la solution mère (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) du yaourt fondu et on le dépose sous forme de gouttelette au fond de la boîte de Pétri, puis on fait couler aseptiquement la gélose PCA (environ 15 ml). Ensuite, on homogénéise le tout par des mouvements circulaires. Les boites sont incubées à 37°C pendant 24h.

- **Flore lactique**

Un volume de 1 mL de la solution mère (10^{-1}) et des dilutions (10^{-2} - 10^{-8}) est ensemencé en masse dans la gélose M17 et MRS pour le dénombrement de *Str. thermophilus* et *L. bulgaricus* respectivement, à raison de deux boîtes par dilution. Après solidification, les boîtes de gélose M17 sont incubées directement à 44°C/48 h, par contre celles contenant la gélose MRS sont incubées dans une jarre d'anaérobiose (GazPak un indicateur d'épuisement de l'oxygène (sous forme de bandelette) ainsi qu'un générateur de CO₂ sont ajoutés à l'intérieur de la jarre, puis fermée de façon étanche. L'incubation est réalisée à 37°C/72 h (**ISO 15214**).

- **Levures et moisissures**

Le dénombrement des levures et des moisissures est effectué dans la gélose OGA . Deux boîtes de Pétri sont ensemencées en masse par 1 mL de la dilution 10^{-1} et 15 mL de la gélose sont ajoutés dans les boîtes de Petri. Après mélange et solidification, les boîtes sont incubées à 25°C pendant 5 jours (**ISO 7954**).

III. Résultats et discussions

III.1. Résultats des analyses physico-chimiques

III.1.1. Résultats de l'analyse du lait à la réception

Les résultats des analyses physico-chimiques du lait cru obtenues dans le tableau III) montrent que le lait est de bonne qualité.

Tableau III : Résultats des analyses physicochimique du lait cru

Paramètres physicochimique	Le résultat	La norme
Température	3,4°C	2-10 °C
pH	6,64	6,4-6,8
Acidité titrable	16,5°	14°D-18°
Densité	1,033	1,031 – 1,035
Point de congélation	-0,530	(-0,525)(-0,510)
Test d'alcool (%)	Négatif à 68°	Négatif à 68°
	Négatif à 72°	Négatif à 70°
	Positif à 80°	Positif à 80°
Test d'antibiotiques	Absence	Absence
Taux de matière grasse (%)	3,53	2,8– 4,2
Taux d'extrait sec (%)	12,65	11-12
Taux de protéines (TP) (%)	3,29	2,8- 3,6

- **Température, pH et acidité titrable**

La valeur de la température obtenue est située dans la zone de conformité qui se situe entre (2-10°C) (Mottar, 1984). Le pH est située entre 6,4 et 6,8, selon Alas et Linden (1997), le pH du lait de vache fraîchement trait est légèrement inférieur à la neutralité.

L'acidité titrable de lait cru est de 16 ° D, et cela est due à la présence de protéines, en particulier les caséines et la lactalbumine, de substances minérales telles que les phosphates, le CO₂, et d'acides organiques, principalement l'acide citrique, responsable de l'acidité naturelle (Amiot et al., 2002).

- **Densité**

La densité du lait est généralement de 1,031 à 1,035, la densité du lait est aussi corrélée à sa teneur en matière sèche, un lait qui manque de matière sèche présente une faible densité (Goursoud,1985). Son niveau d'hydratation est également influencé, en particulier en ce qui concerne les protéines.

- **Point de congélation**

Le point de congélation du lait se situe généralement entre -0,51 et -0,55°C, variant selon les conditions d'élevage. Si cette valeur se rapproche de 0°C, cela peut indiquer une addition d'eau, une pratique frauduleuse .C'est la seule mesure fiable pour détecter un mouillage du lait (Luquet, 1985 ; Wattiaux, 1997).

- **Test d'alcool**

Le test d'alcool permet d'évaluer rapidement la qualité du lait lors de sa transformation industrielle, comme lors de traitement thermique. Cette méthode d'analyse simple et rapide aide à s'assurer de la stabilité du lait tout au long des procédés de transformation. Un test positif est noté par une coagulation (Ramakant,2006).

- **Teneur en matière grasse**

La matière grasse du lait existe sous la forme de petits globules dispersés dans la phase aqueuse. Il y a quelque 15 milliards de globules par millilitre .Le taux varie beaucoup en fonction des données zootechniques telles que l'espèce et la race (Alves De Oliveira, 2006).

- **Taux de protéine**

Selon Wattiaux(1997),le lait contient des centaines de types de protéines, la plupart en infimes quantités. Il est possible de classer les protéines de différentes façons, selon leurs propriétés chimiques ou physiques et leurs fonctions biologiques. Le lait renferme une quantité appréciable de composés azotés protéiniques, soit environ 31 à 38 grammes par litre. Ces substances nutritives essentielles font partie intégrante de la composition du lait.

- **Teneur en extrait sec total**

La matière sèche du produit est l'ensemble de ses constituants solides, qui sont la matière grasse, les protéines, les glucides, les minéraux indépendamment de l'eau(Vignola,

2002). Un lait plus riche en ces éléments sera généralement plus dense, bien que la proportion de matière sèche puisse être influencée par la présence de lipides. La matière sèche totale correspond à la fraction restante une fois que l'intégralité de l'eau contenue dans le lait est éliminée (Luquet, 1986).

III.1.2. Résultats de la détermination des taux d'EST, TP, MG au cours de la fabrication

Des analyses physico-chimiques ont été réalisées sur trois lots différents, correspondant à trois productions différentes. Il s'agit des lots R1, R2, élaborés à partir de lait frais écrémé + crème fraîche et du lot R3, élaboré à partir de poudre de lait écrémé + matière grasse laitière anhydre (MGLA). Les paramètres déterminés sont l'extrait sec total (EST), taux protéique (TP) et le taux de matière grasse (MG), et ce au niveau de trois étapes clés de la production : le tank de lait étuvé (TLE), le tank de yaourt étuvé (TYE) et la conditionneuse (CONDI).

- **Extrait sec total**

Globalement, les taux de l'EST sont situés dans la zone de conformité (16-19,04%) de l'entreprise. La représentation graphique des résultats permet de constater qu'il y a une légère variation de l'EST dans les trois niveaux (TLE, TYE, CONDI) de la chaîne de production.

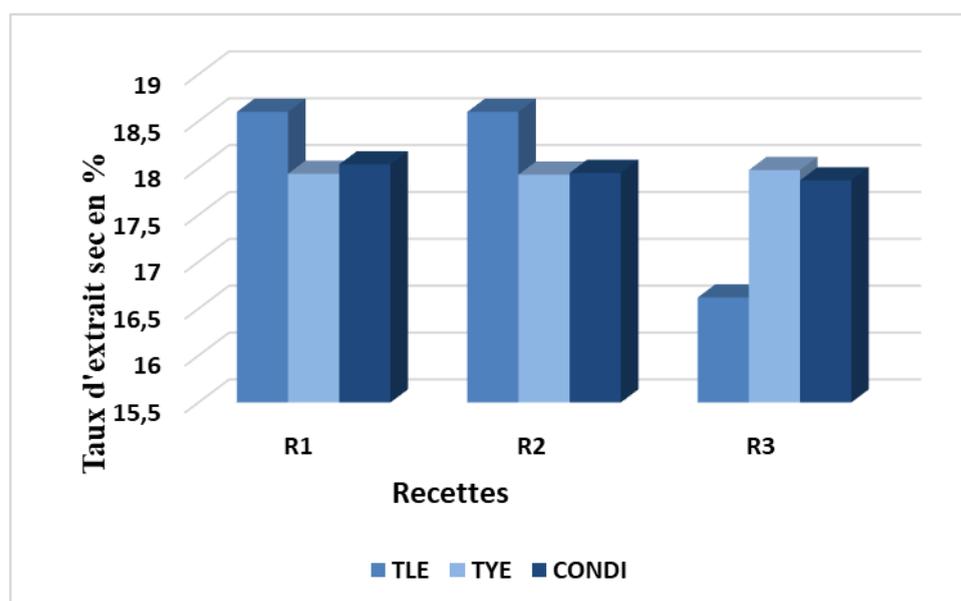


Figure 11. Taux de l'extrait sec total (EST) de 3 lots différents : R1 et R2 (lait frais écrémé + crème fraîche) et R3 (lait écrémé + MGLA), déterminé à 3 niveau de la chaîne de production (TLE, TYE et CONDI).

Selon les résultats illustrés sur la figure 12, les lots R1 et R2 présentent, respectivement des valeurs en EST de 18,6% au niveau de TLE, de 17,94%, au niveau de TYE et de 18,04% et 17,92% au niveau du produit fini (CONDI). Par contre, le lot R3 présente des valeurs en EST

de 16,62% au niveau de TLE, une valeur un peu plus élevée au niveau de TYE (17,94%) et de 17,98 % dans le produit fini (CONDI), selon **JORA (2021)** ses résultats sont situées dans la plage de conformité car stipule un pourcentage de 8,2 % .

Durant le passage du niveau TLE au TYE, une légère diminution de l'EST a été remarquée dans les lots 1 et 2, cette variation de la teneur en EST, aussi faible soit elle pourrait être due au mouillage qui se produit lors de la pousse initiale et /ou finale appliquée pour pousser le produit d'un niveau à un autre. Il est possible que cela soit dû aussi à la perte de la matière grasse dans les conduites ainsi que dans parois internes du tank. Pa contre, il a été constaté qu'il y ait une importante augmentation de l'EST dans le TYE par rapport au TLE pour le lot R3, cette augmentation est due à l'ajout de la matière grasse laitière anhydre qui est directement injectée dans le TYE.

- **Matière grasse**

Les teneurs en matière grasse (figure 13), observées au niveau des TLE et TYE sont respectivement de 1,62% et 1,60% dans le lot R1. Pour le lot R2, les valeurs obtenues sont respectivement de 1,68 % et 1,64%. Ces valeurs répondent aux exigences de l'entreprise (1,46 – 1,87) et aux standards définis par JORA (2021), avec une valeur comprise entre 0,5% et 3%.

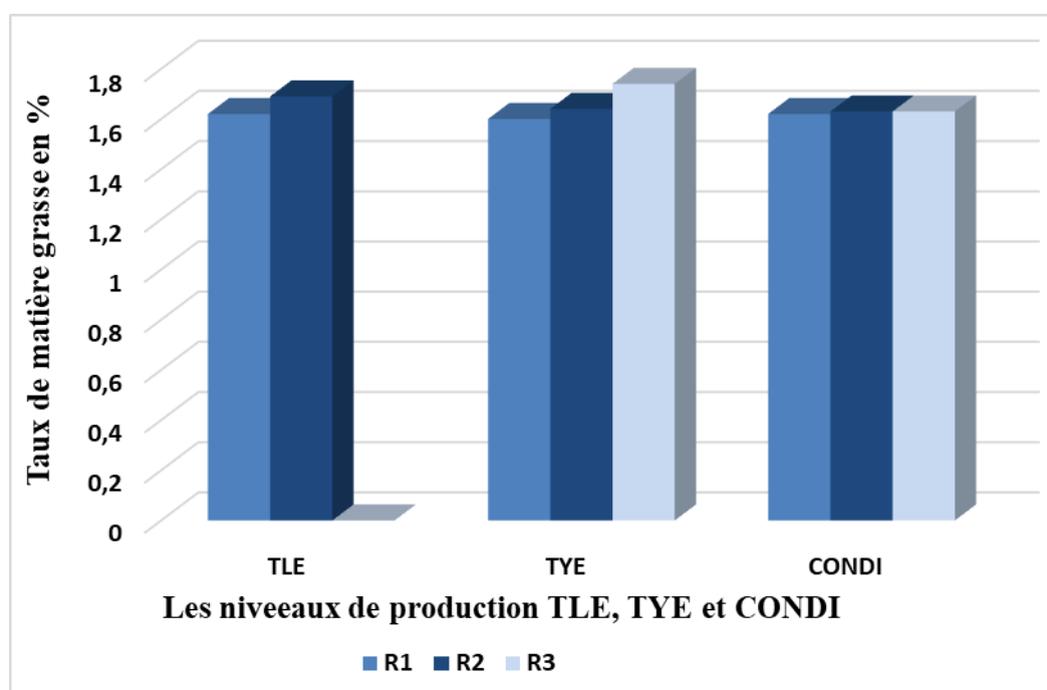


Figure 12. Taux de matière grasse (MG) de 3 lots différents : R1 et R2 (lait frais écrémé + crème fraîche) et R3 (poudre de lait écrémé + MGLA), déterminé à 3

niveaux de la chaîne de production (TLE, TYE et CONDI).

Par contre, le lot R3 montre une valeur de 0% matière grasse au niveau de TLE, qui est dû à l'utilisation de la poudre de lait 0% matière grasse à ce niveau. La teneur en MG monte à 1,74% au niveau de TYE sous l'effet de l'addition directe de la MGLA à ce niveau, contrairement aux lots R1 et R2 qui sont fabriqués par addition de crème fraîche au niveau du TLE. Les résultats sont cohérents avec ceux de l'EST.

- **Taux de protéines**

Les valeurs des taux protéiques (TP) déterminés dans les différents sites de prélèvement sont similaires, variant de 3,22% à 3,31% pour les trois lots (figure 13).

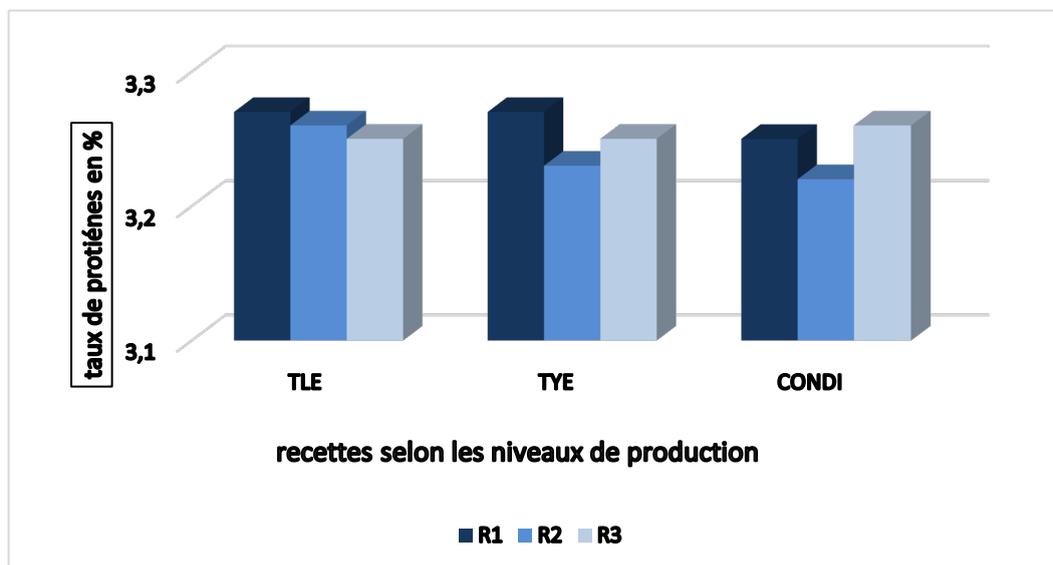


Figure 13. Taux de protéines (TP) de 3 lots différents : R1 et R2 (lait écrémé + crème fraîche) et R3 (lait écrémé + MGLA), déterminé à 3 niveaux de la chaîne de production (TLE, TYE et CONDI).

Cependant, on observe une légère baisse de 0,10% dans la teneur en protéines du TYE par rapport au TLE, qui serait due au mouillage. Néanmoins, les résultats sont conformes aux normes et tolérances de l'entreprise.

Il est également observé une légère hausse du taux de protéines dans le produit fini (conditionnement), qui est de l'ordre de 0,1 à 0,2%. Cette augmentation est due à l'incorporation de l'arôme dans le produit. Le taux de protéines peut varier d'une production à l'autre en raison de la variation du taux de protéines dans la poudre de lait ainsi que de la quantité d'eau ajoutée (en fonction du débit de la pompe d'injection d'eau et de l'eau de pousse).

III.1.2. Résultats du suivi de l'évolution du pH, viscosité, EST et taux de MG au cours de la conservation

- **Suivi de l'évolution du pH**

Un suivi de l'abaissement du pH a été effectué tout au long de la période de conservation du yaourt à froid (6°C) de J+1 jusqu'à DLC+2 (figure 14).

Selon la norme du **JORA (1998)**, la valeur de pH enregistrée (4,56) se situe idéalement dans l'intervalle accepté (4,5 - 4,8), et cette valeur diminue au cours du stockage jusqu'à 4,20 .

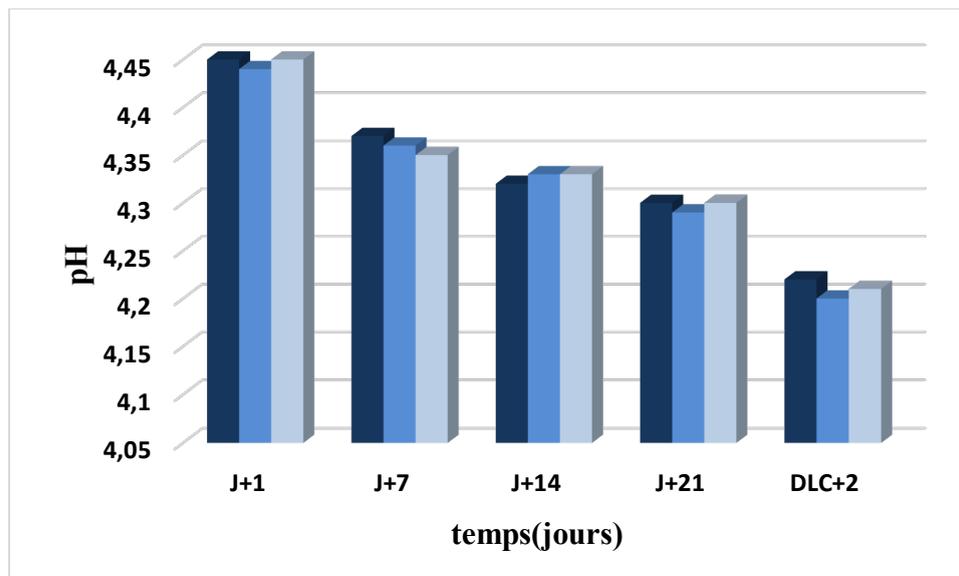


Figure 14. Suivi de l'évolution du pH du yaourt (au cours de la conservation à 6°C, de J+1 jusqu'à DLC+2).

Les résultats obtenus (figure 15), indiquent que la valeur de pH diminue tout au long de la période de conservation jusqu'à la DLC+2. Ceci est dû à l'accumulation de l'acide lactique produit par les ferments du yaourt. La diminution du pH entre les jours J et J+1 est légère, à hauteur de 0,11. Cette variation est attribuée à la présence abondante de ferments lactiques pendant les premiers jours de conservation (de J+1 à J+7). Toutefois, le taux de ces ferments lactiques diminue significativement vers la fin de la période de conservation (de J+21 jusqu'à deux jours après la date limite de consommation (DLC+2)).

Suivi de l'évolution de la viscosité

Un suivi de l'évolution de la viscosité a été effectué tout au long de la période de conservation du yaourt à froid (6°C) de J+1 jusqu'à DLC+2 et ce pour trois échantillons de la même production R1 et R2 (figure 15).

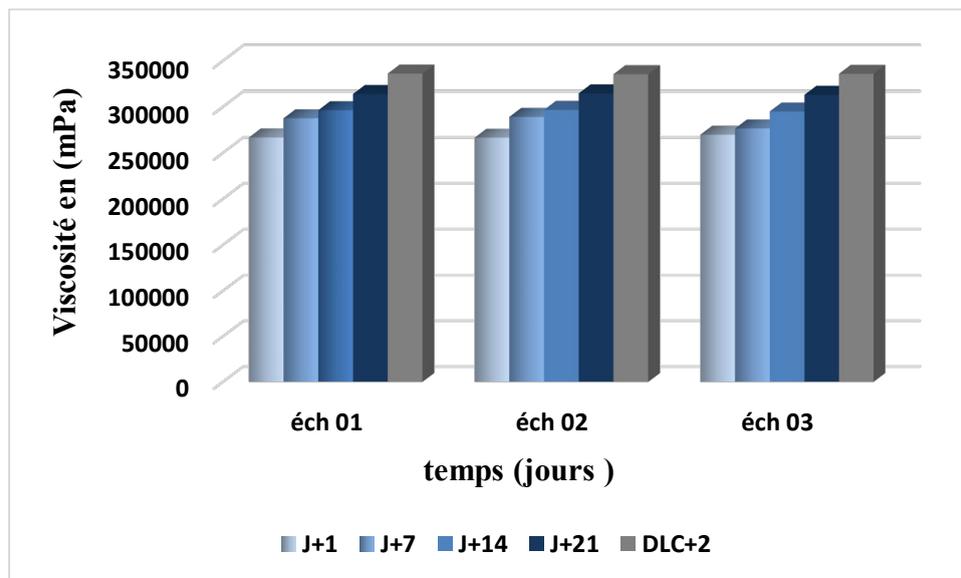


Figure 15. Évolution de la viscosité du yaourt en fonction du temps(au cours de la conservation à froid (6°C) de J+1 jusqu'à la DLC+2).

Les résultats obtenus indiquent une évolution graduelle de la viscosité en fonction du temps et celle-ci est en corrélation inverse avec les valeurs du pH. En d'autres termes, à mesure que le pH diminue, la viscosité augmente. Il est connu que les caractéristiques texturales sont principalement influencées deux facteurs clés : la quantité de protéines et le traitement thermique (**Damin et al., 2009**).

Cependant, la viscosité du yaourt peut être influencée par divers facteurs, notamment la matière première employée et les ferments utilisés. De plus, certaines étapes du procédé de fabrication, telles que l'agitation, le temps de réhydratation et la pression d'homogénéisation, peuvent modifier la viscosité finale du produit (**Renan et al., 2009**).

Selon **Famelart et al. (2011)**, en ajoutant de la poudre de lait à la préparation du yaourt, sa consistance sera plus ferme car cela augmentera la quantité de matière sèche, sachant que la poudre de lait est ajoutée dans les trois recettes.

- **Suivi de l'évolution de l'extrait sec total et de la matière grasse**

Selon les résultats obtenus (figure 16), la teneur en matière grasse s'élève à 1,73% et la valeur de l'extrait sec atteint 18,68%. Ces valeurs restent stables tout au long de la période de conservation à froid (6°C) et ce de J+1 jusqu'à DLC+2.

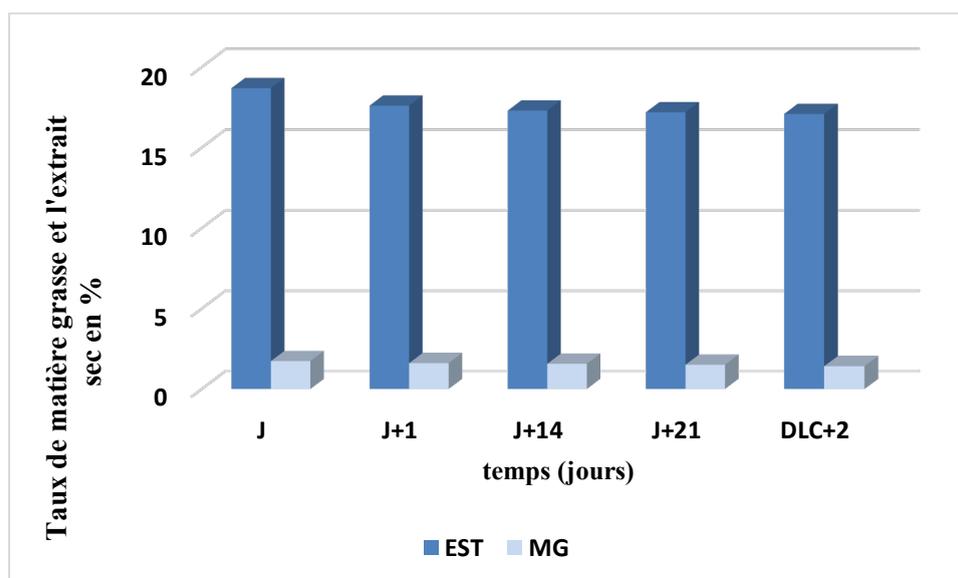


Figure 16. Variation du taux de l'extrait sec et de la matière grasse (au cours de la conservation à froid (6°C) et ce de J+1 jusqu'à DLC+2).

La figure révèle que le taux de matière grasse ainsi le taux d'extrait sec reste stable tout au long de la conservation à 6°C, En comparant la valeur de la MG obtenue de l'échantillon de yaourt analysé à J est de 1,73 % on constate qu'il correspond idéalement à l'intervalle de **JORA(1998)**. La teneur en matière grasse est très importante pour la fabrication des produits laitiers, y compris le yaourt, sur le plan technologique et même sur le plan organoleptique. Celle-ci sert de transport des composés aromatiques liposolubles (développement de la qualité sensorielle ; saveur et arôme) et vitamines liposolubles (A, D, E et K). Elle joue un rôle essentiel dans la texture au produit fini et lui confère son caractère particulier (**Boussâa et al., 2010**).

Nos résultats montrent que la teneur en matière sèche du yaourt a une valeur supérieure de la norme **JORA (1998)**. Selon le code et les principes **FAO/OMS**, la teneur minimale en matière sèche est de 8,2 % et nos résultats se situent dans la plage de 17,08% et 18,68%. Cette augmentation de teneur totale en matière sèche, notamment du pourcentage de caséine et de protéines de lactosérum, donnera lieu à un coagulum de yaourt plus ferme et atténuera la tendance à la séparation du lactosérum. Selon **Boubchir-Ladj, (2011)** Le yaourt avec une forte concentration de matière sèche devient plus dense et consistant. Les protéines, telles que la caséine, forment une structure qui emprisonne l'eau, ce qui confère au yaourt une texture ferme et onctueuse. De plus, les protéines et les matières grasses du lait offrent une sensation veloutée et crémeuse au yaourt.

III.2. Résultats des analyses microbiologiques

Les objectifs de l'analyse microbiologique consistent à rechercher ou encore quantifier la présence de certains micro-organismes qui peuvent être un problème pendant le processus de fabrication ou qui constituent un risque pour la santé humaine. De plus, l'analyse microbiologique permet d'évaluer l'état de propreté des surfaces de travail, de l'hygiène personnelle des employés et de la qualité de tous les aliments. Enfin, l'analyse microbiologie est réalisée pour s'assurer qu'aucun produit n'affecte la santé du consommateur une fois qu'il est sur le marché.

III.2.1. Matière première

La qualité microbiologique des matières premières joue un rôle crucial dans la fabrication de yaourts de haute qualité (**voir annexe 06**)

- **Lait frais**

Afin d'évaluer la qualité microbiologique de la matière première utilisée (lait, poudre de lait, arômes, eau de poudrage), des analyses rigoureuses ont été menées. Les résultats obtenus sont présentés dans l'annexe 05 tableau IV.

Les résultats des analyses microbiologiques réalisées sur le lait cru sont reportés dans le tableau IV.

Tableau IV. Analyses microbiologiques du lait frais cru

Flore	Résultats (UFC/mL)			Moyenne (UFC/mL)	Norme (UFC/mL)
	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3		
Entérobactéries	6 x 10 ⁶	10 x 10 ⁶	8 x 10 ⁶	8 x 10⁶	8x10⁶
Flore totale	8 x 10 ⁶	6 x 10 ⁶	9 x 10 ⁶	7,6 x 10⁶	3x10⁶
Levures et moisissures	Présence	Présence	Présence	Présence	Présence

Ech. : Echantillon

Le dénombrement des entérobactéries présente une charge moyenne égale à 8x10⁶ UFC /mL , et vu que dans le journal officiel Algérien ce n'est pas exigé de faire le dénombrement des entérobactéries on se réfère à la norme exigée par l'entreprise Danone qui est de 8 x 10⁶ UFC /mL. La présence des entérobactéries dans le lait indique que les mesures d'hygiène nécessaires lors de la traite et de la collecte du lait n'ont pas été respectées (**Aggad et al., 2009**).

une flore totale importante est une conséquence pratique en amont : méthodes d'élevage, méthodes de traite et méthodes de nettoyage de matériel en contact avec le lait, conditions de transport d'où le non-respect de la chaîne du froid ce qui favorise le développement des micro-organismes se trouvant dans le lait (**Ghazi et Niar , 2011**).Le dénombrement des bactéries aérobies mésophiles offre une bonne indication de l'hygiène globale, permettant d'évaluer la contamination microbienne et la qualité générale du produit (**Abdoul-latif et al., 2017**) .L'abondance de la flore totale observée dans les échantillons prélevés, avec une charge moyenne de $7,6 \times 10^6$ UFC/mL, dépasse la norme établie dans le Journal Officiel algérien de 2017. Ce niveau élevé reflète un manque de rigueur dans l'hygiène des étables et dans le soin des vaches, ainsi qu'un défaut de refroidissement adéquat des tanks, favorisant ainsi la prolifération des microorganismes(**Tir et al., 2015**).

La présence de levure et moisissure dans le lait cru est tolérée par la réglementation algérienne (**JORA 1998**) car ce sont des composants importants de la microflore de nombreux produits alimentaires. Ces micro-organismes sont généralement détectés en grand nombre dans les produits laitiers (lait cru, lait fermenté, fromages, etc.) reflétant une bonne adaptation à un substrat riche en protéines lipides, sucres et acides organiques (**Corbaci et al., 2012**).

III.2.2. Produit semi- fini

Pour évaluer la qualité microbiologique du produit semi-fini, des analyses microbiologiques ont été réalisées. Les résultats de ces analyses sont synthétisés dans le tableau V ci-dessous.

Tableau V. Analyses microbiologiques des échantillons prélevées des tanks TLE et TYE

Flore (UFC/mL)	TLE			TYE			Norme
	Ech. 1	Ech. 2	ECh. 3	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	
Entérobactéries	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Flore totale	$8,0 \times 10^6$	$13,0 \times 10^6$	$7,0 \times 10^6$	$3,5 \times 10^4$	$4,3 \times 10^4$	$4,3 \times 10^4$	3×10^5
Flore sporulée	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Levures et moisissures	Absence			Absence			Absence

TLE : Tank de lait Écrémé ; TYE : Tank de Yaourt Étuvé ; Ech : Échantillon

L'absence des entérobactéries dans les échantillons de TLE et TYE alors que dans le lait cru la charge était importante, ce dernier explique que la pasteurisation à haute température et courte durée sont suffisants pour éliminer les entérobactéries. L'absence d'entérobactéries

dans le lait écrémé est le résultat d'une combinaison de facteurs incluant la pasteurisation, la qualité du lait cru, les conditions de transformation, les conditions de stockage réfrigéré .

L'absence de flore sporulée suggère que les procédures d'écémage et de stockage du lait écrémé, ainsi que la gestion des réservoirs du yaourt étuvé, sont effectuées dans des conditions hygiéniques strictes. L'absence d'entérobactéries est un point très positif car ces organismes sont souvent associés à des contaminations fécales et peuvent indiquer un manque d'hygiène dans le processus de production. Leur absence suggère un environnement de production propre et bien entretenu, conforme aux normes sanitaires(**Mezian, 2023**).

La non-détection de levures et de moisissures est également un indicateur positif de la qualité du produit semi-fini. Ces micro-organismes peuvent altérer la saveur, la texture et la sécurité des produits laitiers s'ils sont présents en excès. Leur absence indique un contrôle efficace des conditions environnementales et une gestion appropriée des matières premières(**Genin,1963**).

Quant à la présence d'une charge de flore totale, il est important de noter qu'une certaine quantité de micro-organismes est normalement présente dans les produits laitiers, et cela peut inclure des bactéries lactiques bénéfiques qui sont essentielles pour la fermentation du yaourt. Le maintien de cette charge dans des limites acceptables indique une gestion adéquate de la chaîne du froid, des bonnes pratiques d'hygiène et une manipulation appropriée des matières premières(**Najimi,et al.,2008**) .

Les analyses microbiologiques du produit semi fini révèlent une absence complète des entérobactéries, levures et des moisissures, qui sont des agents de contamination. Cette absence est observée pour l'ensemble des échantillons, ce qui confirme :

- L'efficacité du traitement thermique appliqué au produit semi-fini et produit fini.
- L'efficacité du système d'hygiène et de nettoyage mis en place par l'unité de nettoyage en place (NEP) .
- La qualité et la conception des pots, assurées par un système de thermoformage du plastique.
- Le système de conditionnement est équipé d'un dispositif de stérilisation à flux laminaire(**Roustel, 2007**).

III.2.3 Produit fini

Pour évaluer la qualité microbiologique du produit fini, des analyses microbiologiques ont été réalisées. Les résultats de ces analyses sont synthétisés dans le tableau VI ci-dessous.

Tableau VI. Résultats des analyses microbiologiques du produit fini

Flores	Résultats	norme
Levures et moisissures	Absence	Absence
Entérobactéries	0 UFC/mL	<100 UFC /mL
Flore sporulée	Absence	Absence

Le tableau VI atteste que le produit fini est exempt de levures et de moisissures, ce qui garantit sa qualité. En effet, la présence de ces micro-organismes entraînerait des altérations indésirables dans les produits alimentaires.: gonflement des produits ou de leur emballage, odeurs ou goûts anormaux, aspect trouble(Guamid et Khalfi, 2017).

Nos analyses ont révélé l'absence totale d'entérobactéries, bien que la limite autorisée par JORA (2017) soit de 10^2 UFC/mL. Cependant, les exigences de l'entreprise stipulent que la charge ne doit pas excéder 10 UFC/mL. Tout produit présentant une contamination supérieure à cette norme doit être systématiquement détruit.

L'analyse de la flore sporulée n'est pas obligatoire JORA(2017), mais Danone l'exige. Cette analyse vise à repérer les étapes critiques où une contamination est possible, soit lors de la pasteurisation soit pendant le processus de fabrication. Ces informations sont essentielles pour améliorer les méthodes de nettoyage et de stérilisation, afin de garantir la haute qualité du produit final.

III.2.4. Suivi de l'évolution de la flore lactique au cours de la conservation à froid (6°C)

Un suivi de l'évolution de la flore lactique a été effectué tout au long de la période de conservation du yaourt à froid (6°C) de J+1 jusqu'à DLC+2 (tableau VII

Tableau VII. Résultats du suivi de la viabilité des ferments lactiques au cours de la conservation à froid (6°C).

Espèce (UFC/g)	J	J+7	J+14	J+21	DLC+2
<i>L. bulgaricus</i>	$3,7 \times 10^5$	$2,27 \times 10^6$	$6,9 \times 10^7$	$5,4 \times 10^7$	$4,1 \times 10^5$
<i>Str. thermophilus</i>	$1,3 \times 10^6$	7×10^8	$10,4 \times 10^8$	$7,2 \times 10^8$	$3,9 \times 10^6$

Au terme de la période de maturation du yaourt étuvé (fermentation lactique), et ce dans le produit fini, le taux de *Str. thermophilus* atteint une valeur de $1,3 \times 10^6$ UFC/g, alors que *L. bulgaricus* son taux n'excède pas $3,7 \times 10^5$ UFC/g.

Il est connu que lors de la fermentation, les deux espèces bactériennes coopèrent de manière synergique. Au début, *Str. thermophilus* se développe plus rapidement, produisant des acides et une faible quantité de CO₂. Cela crée un environnement favorable à la croissance progressive du lactobacille, qui préfère un milieu plus acide. Ce processus complémentaire entre les deux flores permet d'obtenir une fermentation optimale du yaourt (Alain et al., 2007).

Durant la conservation à froid (6°C), le taux de *Str. thermophilus* atteint presque son niveau maximal à J+7, tandis que *L. bulgaricus* poursuit son développement. Cela s'explique par le fait que les streptocoques sont plus sensibles au pH que les lactobacilles. Par conséquent, la croissance des streptocoques sera progressivement limitée par l'acidité du milieu.

Selon les résultats obtenus, la population de *Str. thermophilus* connaît une forte augmentation pour atteindre un pic de $10,4 \times 10^8$ UFC/g à J+14. Après cette période, la croissance ralentit progressivement, atteignant $7,2 \times 10^8$ UFC/g une semaine plus tard. Finalement, à DLC +2, le taux se stabilise à $3,9 \times 10^6$ UFC/g alors que *L. bulgaricus* atteint son maximum de $6,9 \times 10^7$ UFC/g à J+14 pour ensuite diminuer jusqu'à $4,1 \times 10^5$ UFC/g à la DLC+2.

Le nombre de *Str. thermophilus* est nettement supérieur à celui de *L. bulgaricus*, ce qui peut s'expliquer par la sensibilité du lactobacille aux basses températures, car ce dernier est une espèce thermophile (Accolas et al., 1977).

III.2.5. Suivi de la stabilité du yaourt entreposé en chambres de stress

Les résultats du suivi de la stabilité du yaourt (affectée généralement par le développement de moisissures) entreposé pendant 5 et 14 jours dans des chambres de stress à 25°C et à 30°C, sont présentés dans le tableau VIII.

Tableau VIII. Résultats du suivi de la qualité microbiologique du yaourt soumis au stress thermique

La durée	5 jours	14 jours
Chambre stress 30°C et 20°C	Absence de moisissures et levures	Absence de moisissures et levures

Selon ces résultats, on remarque que la qualité du produit reste constante, même lorsque la chaîne de froid est interrompue. En effet, à ces températures, la croissance des moisissures est favorisée, ce qui affecte la stabilité du produit.

Cette étape consiste à donner aux levures et moisissures une température optimale 25°C et 30°C pour leur croissance. Plus la température augmente et plus elle se rapproche de la température optimale de croissance des bactéries du yaourt (ferments), plus ils produisent de l'acide lactique et cela a une influence direct sur l'activité des ferments lactique ce qui va provoquer l'augmentation de l'acidité et diminution du pH.

En outre, le pH bas et la température sont les deux facteurs principaux qui favorisent la croissance des levures et moisissures, malgré ces derniers les résultats obtenus des échantillons soumis au stress thermique sont négatifs et ils nous renseignent que le produit reste stable microbiologiquement malgré la chaîne du froid est rompue.

Au cas de gonflement ou mauvaise odeur et en absence de moisissures on est censé faire un repiquage pour détecter la source de contamination.

Conclusion

Les résultats des analyses physicochimiques et microbiologiques des matières premières et de l'eau de poudrage entrant dans la fabrication du (yaourt « Yaoumi »), analysé révèlent que celles-ci sont d'une bonne qualité.

L'ensemble des résultats des analyses physicochimiques obtenus du produit semi-fini montre une légère variation de la composition en extrait sec, taux de protéines et la matière grasse au niveau de 3 tanks (TLE, TYE, CONDI). Cela est attribué au mouillage constaté lors de la poussée du produit (poussée initiale et/ou finale). Cependant, cette différence de composition n'affecte pas ses paramètres d'une manière significative.

L'analyse physico-chimique menée sur le produit fini au cours du stockage réfrigéré a révélé que ce dernier présente des valeurs de pH allant de 4,56 et 4,21 et ce de J +1 jusqu'à DLC+2. Ces valeurs à la DLC+2 sont conformes à la valeur minimale exigée par les normes de l'entreprise qui est de 4,20. Cela peut être expliqué par la charge bactérienne en bactéries lactiques. Les résultats obtenus concernant la viscosité ont également démontré que les valeurs de ce paramètre respectent les normes pour tous les lots de J+1 à la DLC+2.

En ce qui concerne l'analyse microbiologique du produit pendant le stockage, les résultats obtenus ont démontré que ce produit conserve ses caractéristiques microbiologiques jusqu'à la date limite de conservation (DLC+2). Effectivement, l'analyse de la flore lactique du yaourt a révélé d'une part la présence d'une flore lactique abondante (*Str. thermophilus*) à J+7 (10^8 UFC/mL) et cette dernière diminue à la DLC+2 ($3,9 \times 10^6$ UFC/mL), mais ça reste toujours conforme aux normes de l'entreprise. Concernant *L. bulgaricus*, sa valeur a été de $2,27 \times 10^6$ UFC/mL à J+7 et ça diminue à la DLC+2 pour atteindre $4,1 \times 10^5$ UFC/mL.

D'un autre côté, on observe côté, une absence de la flore d'altération ou pathogène, principalement composée d'entérobactéries, de levures et de moisissures a été constatée.

Par conséquent, l'ensemble des résultats des analyses physicochimiques et microbiologiques réalisées sur le yaourt Yaoumi du poudrage à la DLC+2 ont démontré que ce produit est de bonne qualité. Ceci démontre le bon contrôle des matières premières, de la maîtrise du processus de fabrication et de l'efficacité des opérations de nettoyage mises en place, ainsi que du respect des règles d'hygiène et des normes recommandées pour la production du yaourt.

Ce travail peut être repris et complété par d'autres études approfondies telles que :

- Une meilleure connaissance du mode d'élevage : alimentation, hygiène, santé des vaches et leur impact sur la qualité du lait collecté des fermes.
- Analyses microbiologiques des ferments
- Suivi rigoureux de la flore lactique du yaourt de J+1 jusqu'à DLC afin de s'assurer de la viabilité et de l'abondance des ferments durant la conservation à froid.
- Bien maîtriser l'ouverture et la fermeture des vannes lors de la poussée des produits afin d'éviter le mouillage.

Références bibliographiques

A

Ababsa, A. (2012). *Recherche de bactériocines produites par les bactéries lactiques du lait* (Doctoral dissertation).

ALIMENTAIRE, CDC (2007). Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. *PROJET*, 120, 129.

Alouache, B., Touat, A., Boutkedjirt, T., & Bennamane, A. (2015). Monitoring of lactic fermentation process by ultrasonic technique. *Physics Procedia*, 70, 1057-1060.

B

Béal, C., & Corrieu, G. (1991). Influence of pH, temperature, and inoculum composition on mixed cultures of *Streptococcus thermophilus* 404 and *Lactobacillus bulgaricus* 398. *Biotechnology and bioengineering*, 38(1), 90-98.

Béal, C., & Helinck, S. (2019). Fabrication des yaourts et des laits fermentés. *Fabrication des yaourts et des laits fermentés*, 6315.

Béal, C., & Helinck, S. (2019). Fabrication des yaourts et des laits fermentés. *Fabrication des yaourts et des laits fermentés*, 6315.

Béal, C., & Sodini, I. (2003). Fabrication des yaourts et des laits fermentés. *Techniques de l'Ingénieur. Agroalimentaire (France)*, (6315).

Bichi, K., Negou, R., & BettachE, R. (2021). Etude sur la biodiversité des levures dans le lait et les produits laitiers.

Bottazzi, V., Battistotti, B., & Montescani, G. (1973). Influence des souches seules et associées de *L. bulgaricus* et *Str. Thermophilus* ainsi que des traitements du lait sur la production d'aldéhyde acétique dans le yaourt. *Le lait*, 53(525-526), 295-308.

Boubchir-Ladj, K. (2011). *Effets de l'enrichissement (avec des concentrés de protéines laitières) et des paramètres technologiques sur la qualité du yaourt fabriqué à la laiterie Soummam d'Akbou* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri

Bouhanna, I., & Boussaa, A. (2017). *Les bactéries lactiques: Isolement et application dans la technologie laitière*. Éditions universitaires européennes.

C

Cayot, P., & Lorient, D. (1998). *Structures et technofonctions des protéines du lait* .

Chatelier, V. (2017). Les grandes tendances du marché mondial du lait. *Rencontres internationales sur le lait vecteur de développement. 2eme éd. Rabat, Maroc*.

Cholet O .2006 ; Etude de l'écosystème fromager par une approche biochimique et moléculaire. Thèse doctorat ; Institut National Agronomique Paris , Grignon , 192p.

D

Daoudi, A., & Bouzid, A. (2020). La sécurité alimentaire de l'Algérie à l'épreuve de la pandémie de la COVID-19. *Les cahiers du CREAD* , 36 (3), 185-207.

Delorme, C. (2008). Safety assessment of dairy microorganisms: *Streptococcus thermophilus*. *International journal of food microbiology*, 126(3), 274-277.

Devoyod, JJ, et Poullain, F. (1988). Les Leuconostocs. Propriétés : leur rôle en technologie laitière. *Le lait* , 68 (3), 249-279.

Dilmi-Bouras, A. (2006). Assimilation [in vitro] of cholesterol by yogurt bacteria. *Annals of agricultural and environmental medicine*, 13(1).

Drider, D., Prévost, H., transfrontalière INRAE, B. U., et des Aliments, S. (2009). *Bactéries lactiques: physiologie, métabolisme, génomique et applications industrielles*.

F

Farnworth, ERT (2008). *Manuel des aliments fonctionnels fermentés* . Presses du CRC.

Fondateur, J. (1994). Les laits par les bactéries lactiques. *Bactéries lactiques. Éd Larica* , 2 , 137-145.

G

Genin, G. (1963). Le lait dans le monde. *Le Lait*, 43(429-430), 622-632.

Ghazi, K., & Niar, A. (2011). Qualité hygiénique du lait cru de vache dans les différents élevages de la Wilaya de Tiaret (Algérie). *Tropicultura*, 29(4), 193-196.

Girard, M. et Schaffer-Lequart, C. (2007). Gélification de lait écrémé contenant des exopolysaccharides anioniques et récupération de texture après tonte. *Hydrocolloïdes alimentaires*, 21 (7), 1031-1040

Gosta, F. (1995). Le tous sur le lait. Manuel de transformation du lait. *Tétrapack*.

Guergour Kawther, M. B. (2021). Recherches des flores contaminantes dans le yaourt entreposé dans les commerces de la ville de Guelma.

Guergour Kawther, M. B. (2021). Recherches des flores contaminantes dans le yaourt entreposé dans les commerces de la ville de Guelma.

H

Hamdaoui, N., Rokni, Y., Asehrou, A., Mouncif, M., Mennane, Z., Omari, A., ... & Meziane, M. (2023). Technological aptitude and sensitivity of lactic acid bacteria leuconostoc isolated from raw milk of cows: From step-by-step experimental procedure to the results. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 8(2), 157-170.

Hassan, AN (2008). Prix de bourse de la Fondation ADSA : Possibilités et défis des cultures lactiques produisant des exopolysaccharides dans les produits laitiers. *Journal of Dairy Science*, 91 (4), 1282-1298.

Hui Y.H., 1992 - Dairy Science and Technology Handbook, Wiley-VCH Verlag GmbH Edition, 1150 p.

I

ISO15214(1998) Microbiologie des aliments, Méthode horizontale pour le dénombrement des bactéries lactiques mésophiles, Technique par comptage des colonies à 30 °C.

ISO19662 (2018) Détermination de la teneur en matière grasse méthode acido-butyrométrique (méthode de Gerber) .

ISO4833-1 (2013) Microbiologie de la chaîne alimentaire — Méthode horizontale pour le dénombrement des microorganismes.

ISO7954 (1987) Microbiologie - Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures - Technique par comptage des colonies à 25°C

ISO-7954. (1988). General guidance for enumeration of yeast and moulds-colony count technique at 25° C .

J

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N °39 Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires.

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 06 Arrêté interministériel du 3 Dhou El Kaâda 1441 correspondant au 25 juin 2020 portant règlement technique relatif aux spécifications des types de lait fermenté.

K

Kesri, a, Khelifa, B, et Marouf, W. *Comparaison entre trois techniques de coagulation mixte d'un fromage frais*. 2018. Thèse de doctorat. université ibn khaldoun-tiaret.

Kilara, A., & Chandan, R. C. (2011). Enzyme-modified dairy ingredients. *Dairy ingredients for food processing*, 317-333.

Konte, M. (1999). *Le lait et les produits laitiers. Développement de systèmes de productions intensives en Afrique de l'ouest*. Université de Nouakchott (RIM) Faculté des Sciences et Technologies des aliments, BP 5026. ISRA/URV-LNERV/FEVRIER: 2-25.

Kora, E. P. (2004). Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé: quels impacts respectifs sur la perception de la texture et de la saveur? (Doctoral dissertation, INAPG (AgroParisTech)).

L

Lapointe-Vignola, C. (2002). *Science et technologie du lait : transformation du lait* . Presses interpolytechniques.

Lapointe-Vignola, C. (2002). *Science et technologie du lait : transformation du lait* . Presses interpolytechniques.

Lecerf, JM et Schlienger, JL (2020). Nutrition préventive et thérapeutique . Sciences de la santé Elsevier.

Lee, W. J., & Lucey, J. A. (2010). Formation and physical properties of yogurt. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 23(9), 1127-1136.

Loones, A. (1994). Laits fermentés par les bactéries lactiques. Bactéries lactiques, Lorica, Uriage, France, 135-154

Lucey, JA (2002). Formation et propriétés physiques des gels de protéines de lait. *Journal de la science laitière* , 85 (2), 281-294.

Luquet, F. M. (1985). Laits et produits laitiers (vache, brebis, chèvre). 1. Les laits: de la mamelle a la laiterie.

Luquet, F. M., & CORRIEU, G. (1986). Bactéries lactiques. *lait et produits laitiers (vache, chèvre, brebis)*. *Techniques et documentation Lavoisier*. Paris, 77-112.

M

Menrad, K. (2003). Marché et commercialisation des aliments fonctionnels en Europe. *Journal of food engineering* , 56 (2-3), 181-188.

Mottar, J. (1984). Thermorésistance des bactéries psychrotrophes du lait cru et de leurs protéinases. *Le Lait*, 64(640-642), 356-367.

R

Ramakant, S. (2006). *Production, Processing & Quality Of Milk & Milk Products*. IBDC Publishers.

Rasic, JL, & Kurmann, JA (1978). Yaourt. Bases scientifiques, technologie, fabrication et préparations.

Recham, H., & de GS1 Algérie, DG (2015). Le marché des industries alimentaires en Algérie. *Revue agroligne* , (97).

Robinson, R. K., Lucey, J. A., & Tamime, A. Y. (2006). Manufacture of yoghurt. *Fermented milks*, 53-75.

Robinson, RK, Lucey, JA, & Tamime, AY (2006). Fabrication de yaourts. *Laits fermentés* , 53-75.

ROUSTEL, S. (2010). Homogénéisation à haute pression des dispersions alimentaires liquides.

S

Saidouni , A., & Saidani ,A. (2024). *Evaluation de la qualité microbiologique du yaourt et identification des principales sources de contamination dans une laiterie de la région de tlemcen* (Doctoral dissertation, University of Tlemcen).

T

Thevenard, B., Rasoava, N., Fourcassié, P., Monnet, V., Boyaval, P., & Rul, F. (2011). Characterization of *Streptococcus thermophilus* two-component systems: in silico analysis, functional analysis and expression of response regulator genes in pure or mixed culture with its yogurt partner, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. *International Journal of Food Microbiology*, 151(2), 171-181.

Thomas, C., Jeantet ,R., Brulé ,G,. (2008). *Fondements physicochimiques de la technologie laitière*. Lavoisier.

V

Vignola, C. L. (2002). Science et technologie du lait. *Québec: Fondation de technologie laitière de Québec*.-587 p28.

W

Wattiaux, M. (1997). L'essentiel Laitier. *Institut Babcock, Université du Wisconsin* .

Annexes

Annexe I : présentation de l'organisme d'accueil

1. Historique

Les origines du groupe DANONE remontent à 1966 lors de la fusion des deux entreprises françaises « Glaces de Boussois » et « Verrerie Sonehoir Newsel » donnant naissance à la « BSN : Boussois Sonehoir Newsel » qui, par la suite, en 1973, fusionne avec Gervais DANONE.

C'est en 1994 que le groupe DANONE a été bâti prenant ainsi la marque la plus internationale. La laiterie Djurdjura a été construite en 1984 à Ighzer-amokrane puis en 1995, l'entreprise inaugura sa nouvelle unité située à la zone industrielle Taharacht Akbou pour enfin, connaître une grande extension, en 1999, avec la construction d'une deuxième usine de fabrication des produits laitiers. En 2001, il y a eu un accord de partenariat entre le groupe Danone et la laiterie Djurdjura en prenant le nom « DDA : Danone Djurdjura Algérie ».

2. Situation géographique

L'entreprise de Danone est implantée dans la zone industrielle d'Akbou « TAHARACHT » qui se trouve à 60 km de Bejaia et à 170 km à l'Ouest de la capitale Alger (**Manuel de l'entreprise**).

3. Différents produits de l'unité

Les principaux produits de Danone sont :

- Yaoumi
- Activia (brassé , nature ferme , aux fruits)
- Trèfle
- Crème dessert (Danette)
- Yaourt à boire (justice league)
- Jus lacté (Danao)
- Gervais

- Oikos
- Danone brassé

Annexe 02 : matériel et produits chimiques utilisés dans les analyses

Matériel utilisé dans les analyses physico-chimiques :

- Solution alcoolique de phénol phtaléine
- Soude Dornic (NaOH)
- Acide sulfurique (H₂SO₄)
- Alcool iso-amylique
- Butyromètre de Gerber
- Hotte chimique
- Capsules

Matériel utilisé dans les analyses microbiologiques:

- Boîtes de Petri stérile
- Pipettes de 1 mL et pailles stériles
- Etuve d'incubation
- Tubes à essai
- Autoclave
- Balance de précision
- Flacons en plastiques stériles
- Agitateur
- Plaque chauffante
- Four Pasteur
- Distillateur
- Hotte microbiologique
- Jarres d'anaérobiose
- Bain marie
- Fiole

- Seringues stériles

Annexe 03 : Résultats de la détermination des taux d'EST, TP, MG au cours de la fabrication

L'extrait sec :

EST	TLE	TYE	CONDI
R1	18,6	17,94	18,04
R2	18,6	17,93	17,95
R3	16,62	17,98	17,87

La matière grasse :

MG	TLE	TYE	CONDI
R1	1,62	1,6	1,62
R2	1,69	1,64	1,63
R3	0	1,74	1,63

Le taux de protéines :

TP	TLE	TYE	CONDI
R1	3,27	3,27	3,25
R2	3,26	3,23	3,22
R3	3,25	3,25	3,26

Annexe 04 : Résultats du suivi de l'évolution du pH, viscosité, EST et taux de MG au cours de la conservation

Le pH :

J+1	J+7	J+14	J+21	DLC+2
4,45	4,37	4,32	4,3	4,22
4,44	4,36	4,33	4,29	4,2
4,45	4,35	4,33	4,3	4,21

La viscosité :

Viscosité	J+1	J+7	J+14	J+21	DLC+2
Ech 01	266748	287623	296419	314098	336215
Ech 02	266521	289082	296742	314762	335547
Ech 03	269754	276512	295042	313164	335978
Norme	259695- 278915	278915- 298591	293618- 305423	314028-320089	324987-335615

Evolution de l'extrait sec et la matière grasse :

	J	J+1	J+14	J+21	DLC+2	Norme
MG	18,68	17,60	17,29	17,19	17,08	2,8-4,2
EST	1,73	1,6	1,56	1,5	1,41	10,5-13

Annexe 05 : Composition des milieux de cultures

Composition du VRBG :

Composition	Gramme/ litre
Peptone	7,00
Extrait de levure	3,00
Sels billiaires	1,50
Glucose	10,0
Chlorure de sodium	5,0
Rouge neuter	0,03
Cristal violet	0,002
Agar	13
pH = 7,4±0,2	

Composition du PCA :

Composition	Gramme/ litre
Trypton	5,0
Extrait de levure	2,5
Glucose	1,0
Agar	12,0
pH	= 7,0 ± 0,2

Composition de l'OGA :

Composition	Gramme/ litre
Extrait de levure	5,0
Glucose	20,0
Oxatétracycline	0,1
Agar	15,0

Composition du MRS :

Composition	Gramme/ litre
Peptone	10,0

Extrait de viande de bœuf	8,0
Extrait de levure	4,0
Glucose	20,0
Hydrogénophosphate de potassium	2,0
Acétate de sodium 3 H ₂ O	5,0
Citrate d'ammonium	2,0
Sulfate de magnésium 7 H ₂ O	0,2
Sulfate de manganèse 4 H ₂ O	0,05
Tween 80	1,0
Agar	10,0
pH	= 6,2 ± 0,2

Composition du M17 :

Composition	Gramme/litre
Trypton	5,0
Pépton peptique de viande	5,0
Peptone papainique de soja	5,0
Extrait de levure déshydraté	2,5
Di-sodium-β glycerophosphate	19g
Sulfate de magnésium 7 H ₂ O	0.25
Acide ascorbique	0.50
Agar	11
pH	= 6,9 ± 0,2

Annexe 06: Résultats des analyses microbiologiques des matières premières

Tableau I. Analyses microbiologiques de la poudre de lait

Flore	Résultats (UFC/g)	Normes (UFC/g)
Entérobactéries	10	10
Coliformes	10	10
<i>E. coli</i>	Absence	Absence
Moisissures	10	50
Levures	10	50
<i>Staphylococcus</i>	10	10

<i>Salmonella</i> /2*375g	Absence	Absence
<i>Listeria</i> /25g	Absence	Absence

Tableau II. Analyses microbiologiques des arômes

Flore	Résultats (UFC/g)	Normes (UFC/g)
Flore totale	10	100
Entérobactéries	10	10
Levures et moisissures	10	10
Salmonelles/25g	Absence	Absence

Tableau III. Analyses microbiologiques de l'eau de poudrage

Flore	Résultats (UFC/g)	Normes (UFC /g)
Flore totale	0	100
Entérocoques	Absence	Absence
Coliformes totaux	Absence	Absence
<i>E. coli</i>	Absence	Absence
Anaérobies sulfite-réducteurs	Absence	Absence
Levures	Absence	Absence
Moisissures	Absence	Absence

Résumé

Le yaourt est un produit laitier obtenu par la fermentation bactérienne du lait. La fermentation est réalisée par des bactéries spécifiques, principalement *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, qui transforment le lactose (le sucre du lait) en acide lactique. Ce processus donne au yaourt sa texture épaisse et sa saveur légèrement acide.

L'objectif de ce travail consistait à suivre les paramètres microbiologique et physico-chimique du yaourt «yaoumi» aux différents niveaux de production jusqu'à la DLC+2.

Des analyses physico-chimiques (pH, viscosité, EST, acidité...etc.) et microbiologiques (flore totale, flore lactique, flore sporulée, entérobactéries, levure et moisissures) ont été effectuées sur les matières premières (la poudre de lait, et les arômes), l'eau de poudrage, produit semi-fini à différents sites de prélèvement (TLE, TYE et conditionneuse) et le produit fini au cours de stockage (J+1, J+14, J+21 et DLC+2).

Dans l'ensemble, les résultats ont révélés que le yaourt « yaoumi » est conforme aux normes de l'entreprise Danone et aux normes de la réglementation algérienne, garantissant ainsi sa qualité optimale tant sur le plan physico-chimique que microbiologique.

Mots clés : yaourt, matières premières, analyse physicochimique, analyse microbiologique, DLC .

Summary

Yogurt is a dairy product obtained by bacterial fermentation of milk. Fermentation is carried out by specific bacteria, mainly *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*, which convert lactose (the milk sugar) into lactic acid. This process gives yogurt its thick texture and slightly acidic flavor.

The aim of this project was to monitor the microbiological and physico-chemical parameters of "yaoumi" yoghurt at different production levels up to the DLC+2.

Physicochemical (pH, viscosity, TSE, acidity, etc.) and microbiological (total flora, lactic flora, spore flora, enterobacteria, yeast and molds) analyses were carried out on raw materials (milk powder and flavorings), powdering water, semi-finished product at different sampling sites (TLE, TYE and packaging machine) and finished product during storage (D+1, D+14, D+21 and DLC+2).

Overall, the results showed that "yaoumi" yogurt complies with Danone's standards and Algerian regulations, guaranteeing optimum quality in terms of both physicochemical and microbiological properties.

Key words: yoghurt, raw material, physicochemical analysis, microbiological analysis, DLC.