

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la

Recherche Scientifique

Université de Blida 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Sécurité alimentaire et assurance qualité

Filière : Sciences alimentaires

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Thème

Élaboration d'un Yaourt à La Compote de Citrouille

Réalisé par :

M^{lle} Bakdache Manelle

M^{lle} Anemiche Batoul

M^{lle} Chettih Fedwa

Soutenu le ../../2022 devant le jury composé de :

Dr. Dr OUZERDINEW.	MCB	Président	Université de Blida 1
Dr.AITCHAUCHE FS.	MCB	Examineur	Université de Blida 1
Dr. DEFFAIRI D.	MCA	Promotrice	Université de Blida 1

Année universitaire 2024 – 2025

Remerciements

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، وبفضله تنيسر الخطوات، والصلاة والسلام على سيدنا محمد، خير الأنام، وعلى آله وصحبه أجمعين

La réalisation de ce mémoire n'a été possible que grâce au concours de plusieurs personnes à Qui nous voudrions témoigner toute notre gratitude.

Nous voudrions tout d'abord adresser notre reconnaissance à notre promotrice, **Madame DEFFAIRI DJAMILA Maitre de conférences A au Département Sciences**

Alimentaires, Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Université Blida 1, pour

sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux, Conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Nous remercions s'adressent également à Madame **OUZERDINE.W Maitre de conférences B au Département Sciences Alimentaires, Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Université Blida 1** et Madame **AIT CHAOUCHE F.S Maitre de conférences B au Département Sciences Alimentaires, Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Université Blida 1.** , d'avoir accepté d'évaluer ce travail En dépit de leurs nombreuses obligations.

Enfin je remercie toutes les personnes de loin ou de près qui ont Encouragé ou ont participé pour élaborer ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

moi-même pour ma persévérance, ma force face aux épreuves, et ma détermination à aller jusqu'au bout malgré les doutes, la fatigue et les obstacles. Merci à moi, pour n'avoir jamais abandonné, pour avoir cru en mes capacités même lorsque tout semblait flou.

À mon père, l'homme de ma vie *Monsieur Chettih Nouredine*, Mon pilier, mon repère, mon modèle être ta fille unique entre deux frères m'a permis de recevoir un amour rare, tendre et protecteur, fait de patience et d'écoute. Tu as su me faire sentir spéciale, capable, forte et aimée, sans jamais me laisser douter de ma valeur. Merci pour ta présence constante, pour ton soutien indéfectible dans les moments difficiles comme dans les réussites. Tu as toujours été là pour moi. Merci papa, pour tout ce que tu es et tout ce que tu représentes dans ma vie je t'aime.

À ma mère, Ma source de vie *Mme Kahia Noura* à celle dont le sourire a toujours été ma lumière, dont les bras ont toujours su apaiser mes peines. Ta tendresse m'a portée, ta patience m'a guidée, et ton amour inconditionnel m'a donné la force d'aller au bout de ce chemin. Merci pour tes sacrifices silencieux, pour ta présence constante, pour tes prières murmurées avec espoir, et pour tous ces gestes du quotidien qui n'ont jamais cessé de m'entourer d'un amour pur et indéfectible Maman, je t'aime tellement. Plus que les mots ne pourront jamais l'exprimer.

À mes deux frères, *Scheib et Chakib*, mes complices, mes repères, Vous qui avez toujours été là, à votre manière, veillant sur moi avec affection et discrétion. Merci pour vos encouragements, votre protection fraternelle et votre présence rassurante, même dans les silences. Être votre seule sœur est une chance, une force, et un réconfort que je garde précieusement dans le cœur. Merci pour tout, mes frères. Je vous aime profondément.

Une pensée toute particulière à mon meilleur *Oussama*.

Enfin, à mes proches *Dounia, Fadia et Batoul*, vous avez été bien plus que de simples amies pendant ce parcours. Par votre écoute, vos mots réconfortants et votre présence discrète mais constante, vous avez su m'apaiser, me motiver, et me faire sourire même dans les moments de doute. Merci pour votre amitié précieuse, je vous aime profondément.

Merci à chacun d'entre vous, ce mémoire est aussi le vôtre

CHÉJJH. Fedwa

Dédicaces

Je dédie ce mémoire :

À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, celle qui incarne ma vie et mon bonheur : ma chère maman que j'adore. Pour ton amour, ton soutien, tes sacrifices et tes conseils précieux, pour ta présence constante à mes côtés, je t'adresse, à travers ce modeste travail, l'expression sincère de ma reconnaissance et de ma gratitude éternelle. Que Dieu te protège toujours pour moi, *maman Mahika Bounisa*.

À l'homme de ma vie, Monsieur *Anemiché Mohamed* — mon exemple de courage, mon soutien moral, ma source de joie et de réconfort — toi qui t'es toujours sacrifié pour me voir réussir, que Dieu te garde également pour moi, cher papa.

À mes chers frères *Adel et Abde El Rezak*, pour votre appui constant et vos encouragements sincères tout au long de mon parcours. Votre présence m'a été précieuse dans la réalisation de ce travail.

À mes adorables sœurs *Amel, Lina, Besma, Nadjat, Ihcen*, et la petite *Malek* pour votre affection, vos mots doux et votre tendresse. Vous êtes une véritable source d'amour et de motivation dans ma vie. Une mention spéciale à mon cher Oussama.

Enfin, je n'oublie pas mes amis *Farah Et Fedwa* Ta présence m'a été d'un grand soutien.

Merci infiniment.

ANEMICHE. Batoul

Dédicaces

Tout d'abord on prie « *ALLAH* » de m'avoir donné la force et le courage

De terminer mon étude. À l'occasion de ce jour mémorable, je souhaite dédier ce travail À celle qui a joué les deux rôles, celui du père et de la mère, en même temps A ma très chère mère *HOUACHE massacuda*, Aucune parole ne peut vraiment transmettre l'intensité de mon amour et de mon affection pour Toi. Tu as toujours été là pour moi, me soutenant et me réconfortant dans les moments difficiles. Ce travail humble est le témoignage de tous les sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et mon développement. Je ne pourrai jamais assez te remercier pour tout ce que tu as fait. Que dieu t'accorde santé, bonheur et une longue vie. Tes efforts infatigables et ton amour sans bornes ont été le socle sur lequel je me suis construit. Je te suis éternellement reconnaissant. Que dieu te préserve en bonne santé et t'offre une vie longue et heureuse.

À *mon âme* qui a persévéré, À ma volonté qui a défié les obstacles, Et à mon esprit qui n'a jamais capitulé. Cette couronne est le symbole d'un parcours que j'ai mérité avec excellence. Ce n'est pas une fin, Mais une première étape vers l'excellence que je me suis promise d'atteindre.

À mon frère, *BAK DACHE mohamed* pour sa présence rassurante et son encouragement sincère. Que ce travail vous rende fiers.

À mes oncles *HOUACHE Iyess* et *HOUACHE mohamed* (Canaso), pour leur présence réconfortante, leurs encouragements et leur confiance en moi.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mes amies *hiba , chahrazed , manel , nesrine , mohamed Abderrazak et mohamed* . Pour leur soutien

inébranlable, leurs encouragements précieux et leur présence indispensable tout au long de cette étape cruciale.

À toutes *mes amies chères, mes collègues* ainsi qu'à tous les enseignants qui ont enrichi mon parcours académique.

A tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire, MERCI.

. . .

BAK DATHE . manelle

Résumé

Ce travail vise à valoriser la citrouille, un produit local souvent sous-exploité malgré sa richesse en nutriments tels que les fibres, les vitamines (A, C, E), les antioxydants et les minéraux. Grâce à ses propriétés nutritionnelles et fonctionnelles, la citrouille constitue un excellent ingrédient pour l'enrichissement de produits alimentaires, notamment les produits laitiers fermentés.

L'objectif de cette étude était de développer un yaourt fonctionnel enrichi à la compote de citrouille. Deux types de yaourts ont été préparés : un yaourt brassé contenant 50 % de compote, et un yaourt bicouche avec 30 % de compote. Les matières premières (citrouille et lait cru) ont été soumises à des analyses physico-chimiques et microbiologiques, confirmant leur conformité aux normes de qualité et leur potentiel d'utilisation agroalimentaire.

Les résultats ont montré que le yaourt brassé présentait une stabilité du pH, une bonne teneur en extrait sec, et une absence de contaminants microbiens, assurant ainsi la sécurité du produit. En raison de contraintes techniques, le yaourt bicouche n'a été évalué que par des tests sensoriels, qui ont néanmoins permis de noter une acceptabilité correcte. Toutefois, le yaourt brassé a été préféré pour sa texture, son goût et sa présentation.

En conclusion, cette étude met en évidence l'intérêt de la citrouille comme ingrédient fonctionnel dans l'élaboration de nouveaux produits laitiers, et souligne l'importance de valoriser les ressources locales pour développer des aliments innovants, sains et adaptés au contexte économique local.

Mots-clés : Citrouille, Compote de citrouille, Aliments fonctionnels, Yaourt brassé, Yaourt bicouche, Valorisation locale.

Abstract

This study aims to valorize pumpkin, a locally available and underutilized product that is rich in essential nutrients such as fiber, vitamins (A, C, E), antioxidants, and minerals. Due to its nutritional and functional properties, pumpkin serves as a promising ingredient for the enrichment of food products, particularly fermented dairy products.

The main objective of this work was to develop a functional yogurt enriched with pumpkin compote. Two types of yogurt were prepared: a stirred yogurt containing 50% pumpkin compote and a two-layer yogurt with 30% compote. The raw materials (pumpkin and raw milk) were subjected to physicochemical and microbiological analyses, which confirmed their compliance with food quality standards and their suitability for food processing.

The results showed that the stirred yogurt exhibited good stability in pH, a high dry matter content, and no pathogenic microbial contamination, ensuring product safety and quality. Due to the unavailability of reagents, only sensory analysis was conducted on the two-layer yogurt, which showed acceptable consumer acceptance. However, the stirred yogurt was preferred for its texture, taste, and overall presentation.

In conclusion, this study demonstrates the feasibility of producing high-quality functional yogurt using local ingredients and limited resources. It also highlights the importance of utilizing local agricultural products to develop innovative, healthy, and economically accessible food options.

Keywords: Pumpkin, Pumpkin compote, Functional food, Stirred yogurt, Two-layer yogurt, Local product valorization.

Key words:

Pumpkin compote, pumpkin, yoghurt

ملخص :

(A,C, E) يهدف هذا العمل إلى تثمين اليقطين، باعتباره منتجًا محليًا غنيًا بالعناصر الغذائية مثل الألياف، والفيتامينات ومضادات الأكسدة، والمعادن، ورغم ذلك فهو لا يزال قليل الاستغلال في الصناعة الغذائية. وبفضل خصائصه التغذوية والوظيفية، يُعدّ اليقطين مكونًا واعدًا في إثراء المنتجات الغذائية، خاصةً مشتقات الحليب

تمثل الهدف من هذه الدراسة في تطوير ياغورت وظيفي مدعم بكمبوت اليقطين. تم تحضير نوعين من الياغورت : ياغورت مخفوق يحتوي على 50٪ من الكمبوت، وياغورت بطبقتين يحتوي على 30٪. خضعت المواد الأولية (اليقطين والحليب الطازج) لتحاليل فيزيائية-كيميائية وميكروبيولوجية، وأظهرت النتائج مطابقتها للمعايير الصحية، مما يؤكد قابليتها للاستغلال في المنتجات الغذائية

أظهرت نتائج التحاليل أن الياغورت المخفوق حافظ على ثبات في درجة الحموضة، واحتوى على نسبة جيدة من المستخلص الجاف، كما خلت التحاليل الميكروبيولوجية من أي ملوثات مرضية، مما يضمن جودة المنتج. أما الياغورت بطبقتين، فلم تُجرَ عليه سوى التحاليل الحسية بسبب نقص المواد الكاشفة، وقد أظهرت هذه التحاليل قبولًا جيدًا. ومع ذلك، فضل المتذوقون الياغورت المخفوق من حيث المذاق والقوام والشكل.

تُبرز هذه الدراسة إمكانية إنتاج ياغورت وظيفي عالي الجودة باستخدام مكونات محلية وبإمكانيات محدودة، كما تؤكد أهمية استغلال الموارد الطبيعية المحلية لتطوير منتجات غذائية مبتكرة وصحية تتماشى مع الخصوصيات الاقتصادية والاجتماعية

الكلمات المفتاحية : يقطين، كمبوت اليقطين، ياغورت وظيفي، ياغورت مخفوق، ياغورت بطبقتين، تثمين المنتجات المحلية

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction

Partie I : synthèse bibliographique

Chapitre 01 : citrouille

1. Historique et origine de la citrouille	6
2. Systématique de la plante	7
3. Description botanique.....	7
3.1. Tiges.....	7
3.2. Feuille	7
3.3. Fleurs	8
3.4. Fruits.....	8
4. Composition de la citrouille	9
5. Valeur nutritionnelle	11

Chapitre 02 : Généralités sur le yaourt

1. Historique.....	13
2. Définition du yaourt.....	14
3. Différents types du yaourt.....	14
3.1. Selon le mode de préparation (texture)	14
3.2. Selon la teneur en matière grasse.....	15
3.3. Selon le goût	15
4. Qualités des yaourts	15

4.1. Aspects organoleptiques.....	15
4.2. Aspect hygiénique.....	15
5. Les micro-organismes retrouvés dans le yaourt.....	16
6. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt.....	16
7 Processus d'élaboration du yaourt à la compote de citrouille	18

Partie II : Partie Expérimentale

Chapitre 01 : Matériel et méthodes

1. Lieu et durée de l'étude.....	22
1.1 Complexe laitier Colaïtal (Birkhadem, Alger)	22
1.2 Laboratoire d'analyse de l'université Saad Dahleb (Blida).....	22
2. Matériel biologiques et non biologiques	23
2.1. Matériel biologiques.....	23
2.2 Matériel non biologiques.....	24
3.Objectifs de l'étude.....	24
4.Préparation.....	24
4.1 Préparation de la compote de citrouille.....	25
4.2 Préparation des yaourts brassé et bicouche.....	26
4.2.1 Yaourt bicouche.....	26
4.2.2 Yaourt brassé.....	28
4.3 Préparation de produit fini (yaourt à la compote de citrouille).....	29
5. Méthodes	29
5.1. Compote de citrouille.....	29
5.1.1. Analyse physico-chimiques	29

5.1.1.1. Mesure de PH.....	29
5.1.1.2. Détermination de la matière sèche	30
5.1.1.3. Dosage des sucres totaux (Méthode colorimétrique au réactif de Dubois)	31
5.1.1.4. Mesure de l'acidité titrable	32
5.1.1.5. Analyse de la couleur	33
5.1.1.6. Détermination de l'humidité	33
5.1.2. Analyse microbiologique	33
I. Préparation des dilutions décimales	34
II. Dénombrement des micro-organismes	34
1. Flore Aérobie Mésophile Totale (FMAT)	34
2. Levures et moisissures	35
3. Coliformes totaux et coliformes fécaux	35
5.2. Lait cru (lait de vache)	36
5.2.1. Analyse physico-chimiques	36
5.2.1.1. Température et densité	36
5.2.1.2. Teneur en matière grasse	37
5.2.1.3. Recherche d'antibiotiques	38
5.2.1.4. Acidité titrable.....	39
5.2.2. Les analyse microbiologique	40
5.2.2.1. Flore Aérobie Mésophile Totale.....	40
5.2.2.2. Staphylocoques à coagulase positive.....	40
5.2.2.3. Coliformes thermotolérants.....	41
5.2.2.4. Recherche de Salmonella spp.....	41

5.3. Yaourt à la Compote de Citrouille.....	42
5.3.1. Analyse physico-chimiques.....	42
5.3.1.1. Mesure du PH	42
5.3.1.2. Taux d'extrait sec total (EST).....	43
5.3.2. Analyse microbiologique.....	44
5.3.2.1. Entérobactéries.....	44
5.3.2.2. Staphylocoques.....	45
5.3.2.3. Recherche de Salmonella spp.....	45
5.4. Analyse sensorielle des yaourt à la compote de citrouille.....	46

Chapitre 02 : Résultats et interprétations

1.Caractérisation de la compote de la citrouille.....	49
1.1. Analyse physico-chimiques de la compote de citrouille.....	49
1.2. Analyse microbiologiques de la compote de citrouille.....	51
2. Caractérisation de lait cru.....	53
2.1. Analyse physico-chimiques de lait cru.....	53
2.2. Analyse microbiologique de lait cru.....	56
3. Préparation de yaourt brassé et bicouche.....	58
3.1. Les analyses microbiologiques et microbiologiques d'un yaourt brassé Après 7 jours.....	59
3.1.1. Analyse physico-chimiques d'un yaourt brassé.....	59
3.1.2. Analyse microbiologique d'un yaourt brassé.....	58
3.2. Les analyses microbiologiques et microbiologiques d'un yaourt brassé Après 14 jours.....	60

3.2.1. Analyse physico-chimiques	63
3.2.2. Analyse microbiologique.....	64
3.3. Analyse physico-chimiques et microbiologiques d'un yaourt brassé Après 21 jours.....	67
3.3.1. Analyse physico-chimiques.....	67
3.3.2. Analyse microbiologique.....	68
4. Analyse sensorielle des types des yaourts.....	71

Conclusion

Références bibliographiques

Annexe

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure 01	Une citrouille avec des données	06
Figure 02	La tige de la citrouille	07
Figure 03	Les feuille de la citrouille	08
Figure 04	Les fleurs de la citrouille	08
Figure 05	La citrouille	08
Figure 06	Ferments lactiques (YO-PROX 033,Bioprox , France)	24
Figure 07	Photographies des étapes de préparation de la compote de citrouille	25
Figure 08	Diagramme de fabrication du yaourt bicouche en pot	27
Figure 09	Diagramme de fabrication du yaourt brassé en bouteille	28
Figure 10	PH mètre numérique	29
Figure 11	Étuve de séchage de matière sèche	30
Figure 12	Réfractomètre pour la mesure de l'indice de réfraction (Brix)	31
Figure 13	Burette graduée/ agitateur magnétique/ Solution de soude (NaOH)	32
Figure 14	Mesure la densité et température	36
Figure 15	Mesure la matière grasse (centrifugeuse)	37
Figure 16	Détecteur d'antibiotiques et les bandelettes de test	38
Figure 17	Mesure d'acidité titrable (acidimètre)	39
Figure 18	Mesure taux d'extrait sec total (Humidimètre)	43
Figure 19	Fiche de dégustation sensorielle	47
Figure 20	Photographies de compote de citrouille	49
Figure 21	Résultat d'analyse microbiologique de coliformes fécaux	56
Figure 22	Résultat d'analyse microbiologique de salmonelles	57
Figure 23	Yaourt brassé	58
Figure 24	Yaourt bicouche	59
Figure 25	Résultats de entérobactéries (après 7 jours)	61
Figure 26	Résultats de Staphylococcus aureus (après 7 jours)	61
Figure 27	Résultats de Salmonella (après 7 jours)	62
Figure 28	Résultats de entérobactéries (après 14 jours)	64
Figure 29	Résultats de Staphylococcus aureus (après 14 jours)	65
Figure 30	Résultats de Salmonella (après 14 jours)	65

Figure 31	Résultats de entérobactéries (après 21 jours)	68
Figure 32	Résultats de Staphylococcus aureus (après 21 jours)	69
Figure 33	Résultats de Salmonella (après 21 jours)	69
Figure 34	Diagramme d'évaluation sensorielle comparative entre le yaourt brassé et yaourt bicouche en pourcentage	72
Figure 35	Préparation des dilutions	90
Figure 36	Préparation des milieux culturels	90
Figure 37	Étapes de l'ensemencement sur milieux gélosés (PCA, VRBL, SAB)	90
Figure 38	Culture des coliformes totaux et fécaux sur milieu VRBL incubées à 37°C et 44°C	91
Figure 39	Résultats de flore Aérobie Mésophile Totale de compote citrouille (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3})	91

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau 01	Composition biochimique approximative de la citrouille	09
Tableau 02	Les principaux composants chimiques des différentes parties de citrouille et leurs activités biologiques	10
Tableau 03	Composition nutritionnelle de la citrouille	11
Tableau 04	Nombre de microorganisme retrouvé dans un yaourt répondent à la norme qualité	15
Tableau 05	Résultats physico-chimiques de la compote de la citrouille	49
Tableau 06	Résultats des analyses microbiologiques de la compote de citrouille	52
Tableau 07	Les paramètres des analyses microbiologiques de la compote de citrouille avec les normes de référence et valeur limite et les références normatives	52
Tableau 08	Résultats des analyses physico-chimiques du lait cru	54
Tableau 09	Résultats d'analyse microbiologique du lait cru	56
Tableau 10	Résultats d'analyse physico-chimiques du produit fini après 7jours	59
Tableau 11	Résultats d'analyse microbiologique du produit fini après 7jours	62
Tableau 12	Résultats d'analyse physico-chimiques du produit fini après 14jours	63
Tableau 13	Résultats d'analyse microbiologique du produit fini après 14jours	66
Tableau 14	Résultats d'analyse physico-chimiques du produit fini après 21jours	67
Tableau 15	Résultats d'analyse microbiologique du produit fini après 21jours	70

Liste des abréviations

SNV : Science de la nature et de la vie

EST : Extrait Sec Total

pH : Potentiel Hydrogène

UFC : Unité Formant Colonie

CFU : Colony Forming Unit

AOAC : Association of Official Analytical Chemists

ISO : International Organization for Standardisation

NaOH : Hydroxyde de sodium

CIE : Commission Internationale de l'Éclairage

VRBG : Violet Red Bile Glucose (milieu de culture sélectif)

BAL : Bactéries à Acide Lactique

ESD : Extrait de dégraissé

MG : Matière grasse

MP : Matière première

FAMT : Flore Aérobie Mésophile Totale

VRBL : Violet Red Bile Lactose Agar

PCA : Analyse en Composantes Principales (Principal Component Analysis) Sans unité

PDL : poudre de lait

D° : Degré Dornic

SAB : Sabouraud Dextrose Agar

INTRODUCTION

Introduction

La sensibilisation du public à l'importance de la santé ne cesse de croître. L'une des solutions pour promouvoir cette santé est l'augmentation de la consommation de produits alimentaires fonctionnels.

L'un des produits alimentaires fonctionnels en développement est les boissons au lait fermenté, que nous connaissons sous le nom de yaourt. Le yaourt est un aliment fonctionnel obtenu par la fermentation du lait à l'aide des bactéries lactiques (BAL) (**Masyhura, 2021**).

Le yaourt est riche en nutriments tels que des protéines, du calcium, de la riboflavine, des vitamines B6 et B12, et présente plus d'avantages nutritionnels que le lait. Le processus de fabrication du yaourt utilise généralement du lait entier, ce qui lui donne un goût et un arôme plus attrayants (**Rahayu et Andriani, 2018**).

Certaines innovations visent à améliorer les propriétés fonctionnelles du yaourt, notamment par l'ajout d'ingrédients riches en fibres ou l'utilisation de légumes, tels que la citrouille.

Le contenu nutritionnel de la citrouille est assez complet et son utilisation est encore minime, de sorte que cette citrouille a le potentiel d'être développée comme une alternative dans la fabrication du yaourt.

La citrouille (*Cucurbita pepo*) est l'un des ingrédients alimentaires locaux qui a une bonne valeur nutritionnelle pour le corps, les preuves scientifiques de la citrouille sont capables de contrôler la glycémie, les effets hypoglycémiques sur les extraits de citrouille agissent comme antidiabétiques (**Junita et al., 2017**).

La citrouille contient des protéines, des graisses, des glucides, des vitamines (A, B et C), du magnésium, du fer, du phosphore, du calcium et de l'eau. De plus, dans la citrouille, il existe une teneur en bêta-carotène qui montre la couleur jaune sur la citrouille (**Hamdi et al., 2017**).

Pumpkin ou communément appelé Waluh (*Cucurbita pepo*), y compris dans les produits alimentaires dont l'utilisation est encore très limitée, même si le potentiel de nutrition est très nutritif et bien sûr utile pour la santé (**Gumolung, 2017**).

En Algérie, la citrouille locale (*Cucurbita pepo*) est largement cultivée dans plusieurs grandes zones agricoles depuis de nombreuses décennies et peut être considérée comme l'une des principales cultures maraîchères (**Benalia et al., 2015**). Selon les services agricoles, les surfaces consacrées à cette culture ont atteint, durant la saison écoulée, environ 400 hectares par Wilaya, pour une production totale de plus de 44 000 tonnes (**Bouamar, 2019**).

L'utilisation de la citrouille est actuellement encore limitée à une échelle des ménages, qui est transformée en légumes de jeunes fruits, et a fait de la compote, Dodol, du gâteau et des pâtisseries à partir de vieux fruits (**Hamdi et al., 2017**).

Compte tenu de la valeur nutritionnelle d'une citrouille jaune très complète, avec un prix relativement bon marché, et son utilisation est toujours minime, la citrouille jaune est une source très potentielle de nourriture à développer comme alternative pour faire du yaourt (**Fajarian, 2019**). À cet effet, il est pertinent de présenter les valeurs nutritionnelles de la citrouille (*Cucurbita pepo*), afin de mieux justifier son intégration dans la formulation du yaourt fonctionnel :

Valeurs nutritionnelles de la citrouille (pour 100 g de produit cru) :

Énergie : 26 kcal

Protéines : 1 g

Glucides : 6,5 g

Lipides : 0,1 g

Vitamine A (sous forme de bêta-carotène) : 426 µg

Vitamine C : 9 mg

Vitamine B1 (Thiamine) : 0,05 mg

Calcium : 21 mg

Fer : 0,8 mg

Magnésium : 12 mg

Phosphore : 44 mg

Potassium : 340 mg

Bêta-carotène : 2650 µg (**Adnan et al ., 2017**)

Ces données peuvent légèrement varier selon les variétés de citrouille, les conditions de culture et la méthode de préparation.

La citrouille est un fruit comestible lorsqu'il est mûr, bien qu'il soit principalement cuit comme un légume. Elle appartient à la famille des cucurbitacées (**Miaina, 2017**).

Les bienfaits pour la santé :

- Effet sur la glycémie
- Renforce le système immunitaire
- Aide à améliorer la santé cardiovasculaire
- Protège la vue
- Aide à réduire le risque de maladies chroniques
- Favorise la perte de poids (**Santé, 2021**)

Le choix de la citrouille comme matière première pour la fabrication du yaourt repose sur l'utilisation d'une combinaison de techniques culinaires simples et de principes nutritionnels afin de créer un produit à la fois savoureux et bénéfique pour la santé.

La technique principale consiste à préparer une compote de citrouille en cuisant la citrouille jusqu'à ce qu'elle soit tendre, puis en la réduisant en purée. Cette purée est ensuite mélangée au yaourt nature, ce qui permet d'obtenir une texture onctueuse et équilibrée. L'ajout d'édulcorants naturels comme le miel et d'épices telles que la cannelle ou la vanille rehausse la saveur tout en apportant des avantages supplémentaires pour la santé. Cette méthode préserve les nutriments essentiels de la citrouille, tels que le bêta-carotène et les fibres, tout en profitant des probiotiques et des protéines du yaourt (**Johnson et al., 2019 ; Smith et al., 2020**).

La réfrigération finale permet de stabiliser le mélange et d'intensifier les saveurs, tout en maintenant les propriétés nutritionnelles des ingrédients. Cette technique est facile à reproduire à la maison et peut être adaptée selon les préférences alimentaires ou les besoins spécifiques, tout en offrant une option saine et gourmande.

Dans ce contexte, l'objectif principal de ce travail est de formuler un yaourt enrichi à la compote de citrouille.

Pour cela, nous avons structuré notre travail qui présenté dans ce mémoire à été structuré comme suit :

- Une synthèse bibliographique dans laquelle des généralités sur le lait, le lait écrémé, le yaourt, la citrouille et la compote de citrouille ont été exposé.
- Une partie expérimentale consacrée à l'étape de formation yaourt enrichis à la compote de citrouille.
- Analyse physico-chimiques et microbiologiques sur la compote de citrouille, la matière première du yaourt et produits finis (yaourt à la compote de citrouille).
- Fabrication du yaourt.
- Analyse sensorielle.

Afin de réunir toutes les conditions nécessaires pour réaliser ce travail, qui nous tient particulièrement à cœur, et pour parvenir à des résultats intéressants et fiables, nous avons choisi de réaliser cette étude au sein de la laiterie Colaital de Birkhadem, une entreprise disposant des moyens nécessaires à la réalisation de notre projet.

PARTIE I :

Synthèse bibliographique

CHAPITRE 01

La citrouille

CHAPITRE 01

La citrouille

1. Historique et origine de la citrouille

La citrouille (ou courge d'hiver) est originaire d'Amérique, où elle était déjà cultivée il y a plus de 7 000 ans par les civilisations précolombiennes d'Amérique centrale et du Sud (**Balkaya et Kandemir, 2015**). Avant l'arrivée des Européens c'est-à-dire 1492, différentes espèces de *Cucurbita* constituaient une base essentielle de l'agriculture amérindienne. Après la colonisation, ces courges se sont répandues à travers le monde et ont été introduites sur d'autres continents (**AOAC, 1998**).

Citrouilles, potirons, courges et potimarrons sont des incontournables de l'automne et de l'hiver. Leur belle couleur orangée révèle la présence de nutriments bénéfiques, tandis que leur chair sucrée rehausse crumbles, soupes, purées et gratins. Angélique Houlbert, co-autrice de 100 IG à volonté, nous dévoile leurs atouts santé et leurs meilleures préparations (**Thierrtsouccar.com, 2022**).

Cucurbita pepo (la citrouille) est une angiosperme appartenant à l'ordre des Cucurbitales. Cette plante herbacée, de la famille des Cucurbitacées et du genre *Cucurbita* (**Akwap, 2019**), présente une grande variabilité morphologique. En effet, les citrouilles se distinguent par leur forme (majoritairement rondes, mais parfois oblongues, en forme de poire), leur taille (diamètre variant de 5 cm à plus de 50 cm), leur poids ainsi que leur couleur (**Caili et al., 2006**).

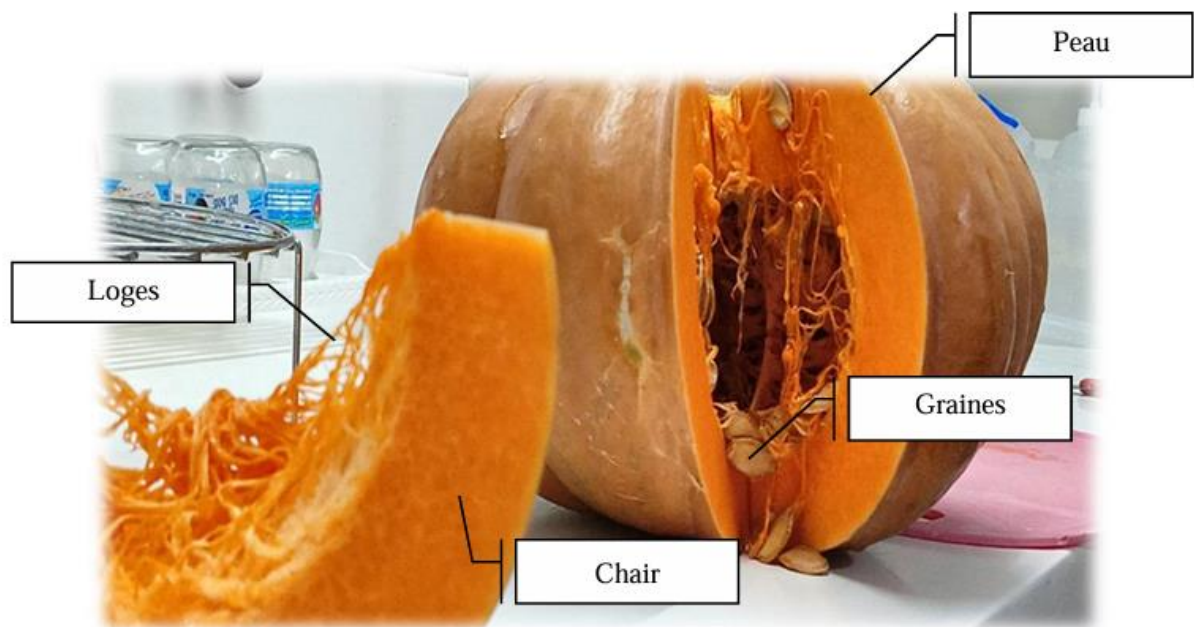


Figure 1: Une citrouille avec des données(Akwap, 2019).

2. Systématique de la plante

Cucurbita pepo L. (citrouille) appartient à la famille de melon Cucurbitacée qui comprend environ 95 genres et 950-980 espèces (Schaefer et Renner, 2011).

La culture de *C. pepo* est scientifiquement classée selon Feller et al. (1995) comme suit :

- **Règne** : Plantae
- **Division** : Magnoliophyta
- **Classe** : Magnoliopsida
- **Ordre** : Violales
- **Famille** : Cucurbitaceae
- **Genre** : *Cucurbita* L.
- **Espèce** : *Cucurbita pepo* L.

3. Description botanique

3.1. Tiges

La plante pousse vigoureusement sur plusieurs mètres carrés grâce à une cannelée tige rampante ou buissonnante (selon les variétés) qui se ramifie au fur et à mesure de sa croissance. (Oorika, 2022).



Figure 2: La tige de la citrouille.

3.2. Feuille

Les plantes de citrouille ont de grandes feuilles dont la taille varie de 20 à 30 cm de longueur et sont généralement de couleur vert foncé. (Guiderecettes, 2022)



Figure 3: les feuilles de la citrouille.

3.3. Fleurs

Les fleurs de potiron sont comestibles et ont généralement une couleur jaune. Chaque plante a des fleurs mâles et femelles, permettant à la fleur mâle de polliniser la fleur femelle via des insectes. (Guiderecettes, 2022)



Figure 4: Les fleurs de la citrouille.

3.4. Fruits

Grosse baie volumineuse avec une chaire épaisse de couleur jaune orangé renfermant de nombreuses graines dans une pulpe spongieuse, l'épiderme de fruit est brillant. Forme du pédoncule du fruit : anguleux (5 angles) Très dur à maturité, long anguleux, à 5 côtes qui ne s'élargissent pas au point d'attache mais semblent s'étendre sur le fruit.



Figure 5: La citrouille.

4. Composition de la citrouille

Les citrouilles sont composées de protéines, de fibres, de lipides, de caroténoïdes tels que le β -carotène, d'alcools comme le cucurbitol, et de polyalcools. Elles contiennent également des acides organiques et des acides aminés comme la citrulline et la cucurbitine, de la chlorophylle, des glucides, ainsi que des minéraux (phosphore, calcium, magnésium, fer, cuivre et sélénium). Elles sont aussi riches en vitamines : A, E, C, D, et celles du groupe B (**Khennouss, 2015**).

La citrouille est principalement constituée de pulpe et de graines, et contient une grande quantité d'acides aminés, à la fois essentiels et non essentiels, indispensables au bon fonctionnement physique et mental (**Takahashi et al., 2011**).

Parmi ces acides aminés, l'acide glutamique est le plus abondant parmi les non essentiels, tandis que la lysine prédomine parmi les acides aminés essentiels.

En plus de ces acides aminés, la citrouille renferme d'autres composants importants, tels que des protéines brutes, des graisses, des cendres, des fibres brutes. Elle constitue une source riche en énergie et en nutriments. Elle est également une excellente source de molécules bioactives comme les polyphénols et les caroténoïdes, notamment la lutéine (responsable de la couleur jaune vif) et le β -carotène (responsable de la couleur orange) (**Dhiman et al., 2009**).

Tableau 1: Composition biochimique approximative de la citrouille (*Cucurbita pepo*) (Source : adapté de **Dhiman et al., 2009 ; Khennouss, 2015**)

Composants principaux	Quantité approximative (pour 100 g)
Eau	91–93 %
Protéines	1–2 g
Lipides	0,1–0,3 g
Glucides	4–6 g
Fibres alimentaires	0,5–1,0 g
Vitamine A (β -carotène)	3500–8500 μ g
Vitamine C	8–12 mg

Vitamines B (B1, B2, B6...)	Traces
Minéraux (Ca, Mg, Fe, Zn...)	Variables selon la variété
Lutéine	Présente (teneur variable)
Polyphénols	Présents (teneur variable)

Tableau 2: Les principaux composants chimiques des différentes parties de citrouille et leurs activités biologiques (Ratman et al.,2017).

Parties	Composants chimiques	Activités biologiques	Références
Fruit	Glucides (66%)	Antidiabétique (Hypoglycémiant aigü)	(Ratnan et al., 2017)
	Protéines (3%)	Anticancéreuse	(Ratnam et al., 2017)
	Oligo-éléments «Mn (0.5mg/kg) , Fe (1.37mg/kg), Cu (mg/kg), puis (0.29 g/kg), Ni (0.5 mg/kg)» .	Antioxydant	(Mala et kurian, 2016
	Minéraux «P (11.38 mg/kg), Ça (179 mg/kg), Mg (190 mg/kg) N'a (159 mg /kg), k (160 mg/kg)» .	Antioxydant	(Mala et kurian , 2016)
Grains	Vitamines E (Tocophérols)	Antioxydantes, antidiabétiques	(Ratnam et al , 2017).
	Vitamines C	Antioxydant	(Mala et kurian,. 2016)
	Caroténoïdes	Antioxydant	(Bardaa et al ,. 2016)

	Triterpénoïdes (Squalène)	Antioxydant , Anticancéreux	(Micera et al., 2020). (Ratnam et al., 2017)
	L'acide gama-aminobutique	Antidépresseur , Antihypertension	(Cui et al ., 2020)
	Acides gras saturés et insaturés	Anti-inflammatoires	(Thibaut et al., 2021)
	Peptides	Antifongique, Antimicrobien	(Yadav et al ., 2010)
	Les polysaccharides	Antioxydantes, antitumorales, Immunorégulatrices, Hypoglycémiantes, Hépatoprotectrices.	(Ji et al ., 2021)
Feuilles	Alcaloïdes	Antidiabétique	(Moraru et al., 2018)
	Flavonoïdes	Antioxydant	(Valenzuela et al ,2014)
	Tanins	Antioxydant	(Djenidi et al.,2020)
	Saponines	Antimicrobien, Antifongique	(Salehi et al.,2019)

5. Valeur nutritionnelle

La composition nutritionnelle des citrouilles est variable et dépend de plusieurs facteurs, parmi lesquels les conditions de croissance, l'espèce et la partie de la plante ou fruit (Achilonu et al., 2018).

Tableau 3: Composition nutritionnelle de la citrouille (Adnan et *al.*, 2017).

Composants	Graines	Fruit	Ecorce
Humidité (%)	5.00	92.93 ±1.01	84.18±1.42
Lipide brute (%)	38.00	0.18	6.57
Protéine brute (%)	27.48	15.50	23.95
Carbohydrates	28.03	48.40	19.40
Énergie (kcal /100g)	564	/	/
β-carotène(µg/100g)	/	3934.02	751.9
Minéraux			
Ça (mg/100g)	9.78 ± 0.03	0.60	0.57
Mg (mg/100)	67.41 ±0.05	0.45	0.78
N'a (mg/100)	170.35± 0.08	0.33	0.33
K (mg/100)	237.24 ±0.09	0.67	0.83
P (mg/100g)	47.68 ± 0.04	0.63	0.74
Fe (mg/100)	3.75± 0.02	0.65	0.78
Zn (mg/100)	14.14 ±0.02	0.79	0.8
Mn (mg/100)	0.06± 0.01	0.64	0.67

CHAPITRE 02

Généralités sur le yaourt

CHAPITRE 02

Généralités sur le yaourt

1. Historique

Le mot yaourt (yoghourt ou yogourt) originaire d'Asie, vient de « yoghurmark », mot turc signifiant « épaissir » (**Tamime et Deeth, 1980**).

Les travaux de Louis Pasteur sur la fermentation lactique ont inspiré de nombreuses recherches sur les micro-organismes du lait. En 1902, les médecins français RIS et KHOURY ont identifié les bactéries présentes dans un lait fermenté égyptien. METCHNIKOFF isole en (1845-1916) la bactérie spécifique du yaourt « bacille bulgare », analyse l'action acidifiante du lait caillé et suggère une méthode de production sûre et régulière (**Rousseau, 2005**). En effet, c'est en 1919 qu'Isaac Carasso commence à produire du yaourt à Barcelone selon des procédés industriels (**Pelletier et al., 2007**).

Le yaourt dit « nature » constituait l'essentiel des productions de laits fermentés, mais à partir des années 1960-1970 sont apparus les produits sucrés puis aromatisés et aux fruits (**Brule, 2003**).

2. Définition du yaourt

Selon le Codex alimentarius et la FAO (Food and Agriculture Organization, 1975), le yaourt est un produit laitier coagulant obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* à partir du lait (pasteurisé, concentré, partiellement écrémé enrichi en extrait sec) (**Frédot, 2005**).

Ces bactéries lactiques sont cultivées sur du lait préalablement pasteurisé, dans le but d'éliminer la plus grande partie ou la totalité de la flore microbienne préexistante. Après la fermentation, le yaourt est refroidi à une température comprise entre 1C ° et 10C °, à l'exclusion de tout autre traitement thermique, il est alors prêt à être consommé (**Luquet ,1990**).

3. Différents types du yaourt

3.1. Selon le mode de préparation (texture)

Il existe trois types de yaourt

- **Yaourt ferme ou étuvée** : ce type de yaourt est incubé à une température comprise entre 42 et 44 ° C, refroidi dans l'emballage final (en pot) et se caractérise par une texture ferme rassemblant à de la gelée, généralement des yaourts naturels ou aromatisés (**Aswal et al., 2012**).

- **Yaourt brassé** : ce type de yaourt est incubé dans une cuve et le coagulum final est cassé par agitation avant le refroidissement et conditionnement, leur texture sera un peu comme une crème très épaisse. Ce sont des yaourts au fruit et les yaourts veloutés naturels (**Aswal et al., 2012**).
- **Yaourt à boire** : est un lait fermenté brassé de faible viscosité, généralement aromatisé avec du jus de fruits ou de la purée. Il est consommé comme boisson rafraîchissante au lieu de nourriture (**Hammadi, 2016**).

3.2. Selon la teneur en matière grasse

On distingue trois types de yaourt :

- **Yaourt maigre** : Ce type de yaourt renferme moins de 1% de matière grasse.
- **Yaourt partiellement écrémé** : Contenant entre 1 à 3% de matière grasse.
- **Yaourt entier** : Ce type de yaourt contient au maximum 3 à 3.5% de matière grasse (**Cidil, 2009**).

3.3. Selon le goût

Selon le goût, nous avons remarqué les différents types de yaourt suivants :

- **Yaourt naturel**
- **Yaourt sucré**
- **Yaourt bicouche (aux fruits, miel, compote, à la confiture)** : moins de 30% d'éléments ajoutés.
- **Yaourt aromatisé** : arôme naturel ou synthétique autorisé par la législation.

4. Qualités des yaourts

4.1. Aspects organoleptiques

Le yaourt doit présenter les propriétés gustatives suivantes :

- Couleur claire et homogène, avec un goût franc et un parfum distinctif ;
- Le yaourt brassé a une texture homogène tandis que le yaourt étuvé est ferme.

4.2. Aspect hygiénique

D'après la norme nationale de 1998, N°35 publiée dans le journal officiel, il est essentiel que les yaourts ne contiennent aucun germe pathogène. Étant donné que le traitement thermique du lait avant sa production est adéquat pour éliminer les microorganismes non sporulés, qu'ils soient

pathogènes ou non. Ils ne peuvent être présents dans le yaourt que par hasard. Le yaourt présente un pH acide qui le rend sensible aux germes pathogènes, tout comme la plupart des germes indésirables. Le yaourt peut contenir des levures et des moisissures. La principale source de ces derniers est l'air ambiant, dont la contamination se trouve au stade de conditionnement. (Larpent et Bourgois, 1989).

5. Les micro-organismes retrouvés dans le yaourt

Les différents microorganismes que l'on retrouve dans le yaourt peuvent être divisés en trois groupes : la microflore essentielle, la microflore non essentielle et les contaminants. Et un bon yaourt doit répondre à la norme de qualité (Tableau 4) (Tamime, 1999)

Tableau 4: Nombre de microorganisme retrouvé dans un yaourt répondent à la norme de qualité (Tamime, 1999).

Micro-organisme	Nombre
<i>S.thermophilus</i> ×10 ufc /ml	>100
<i>L.delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> ×10 ufc /ml	>100
Coliformes (ufc.ml)	<1
Levures (ufc/ml)	<10
Moisissure	Absence

6. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt

Le yaourt fait partie des aliments riches en nutriments qui contiennent nutriments essentiels tels que protéines, vitamines et minéraux nécessaire à la croissance (Weerathilake et al., 2014).

Un pot de yaourt nature possède la même valeur nutritive qu'un verre de lait

- Protéines : 4 à 5% ;
- Lipides à un taux variable ;
- Glucides : 5 à 20% selon qu'il soit nature ou sucré.

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

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

Les bactéries lactiques que contient le yaourt restent actives dans le tube digestif tout au long du tractus intestinal, ce qui permet une bonne hydrolyse, et donc une bonne digestion du lactose présent dans les yaourts et transformé en galactose et acide lactique. C'est pourquoi les yaourts sont parfaitement tolérés chez les personnes intolérantes au lactose par déficit en lactase (Lecerf, 2020).

➤ **Stimulation du système immunitaire**

Yaourt contenant des *Lactobacillus spp.* et les bifidobactéries produisent des peptides bioactifs qui stimulent la reproduction et la maturation de lymphocytes T et améliorer l'immunité (Mishra et *al.*, 2008). Aussi une étude récente a montré que le yaourt produit des polysaccharides immunomodulateurs qui augmentent le niveau d'activité des lymphocytes tueurs naturels (NK) impliqués dans l'immunité cellulaire. En plus de Stimule l'immunité muqueuse locale et améliore la réponse vaccinale.

➤ **Action préventive contre les cancers du système digestif**

Des expériences menées que bactéries lactiques peuvent diminuer les taux d'enzymes responsables de l'activation de certains procarcinogènes (Drouault et Corthier, 2001). Selon l'accord du National Cancer Institute (2002), le cancer du côlon ou du rectum (côlon et rectal), a montré des produits laitiers probiotiques qui incluent le yaourt, un effet inhibiteur sur le cancer du côlon (Mazahreh et Ershidat, 2009).

➤ **Activité antimicrobienne**

Les ferments lactiques *Streptococcus Thermophilus* et *Lactobacillus Bulgaricus* sont des probiotiques. De nombreuses études ont montré qu'ils possédaient des propriétés propres aux probiotiques : ils améliorent les troubles fonctionnels intestinaux, réduisent la sévérité des diarrhées infectieuses, exercent un effet favorable sur la diarrhée post-antibiothérapie (Lecerf, 2020). Les lactobacilles il être activement agressif contre de nombreux micro-organismes, notamment alimentaires organismes d'altération et pathogènes (Achi et *al.*, 2019).

➤ Action hypocholestérolémiante

Un certain nombre d'études ont montré que la consommation de yaourt a un effet hypocholestérolémiant. Cet effet, bien que non totalement élucidé, serait dû à une synergie entre des composés du lait (acides orotique et urique) et un produit issu du métabolisme bactérien (acide 3-hydroxy-3-méthylglutarique) (Jeantet et al., 2008).

7. Processus d'élaboration du yaourt à la compote de citrouille

A. Préparation des matières premières : La principale matière première pour la fabrication des yaourts est :

- 1) **Le lait l'essentiellement le lait de vache :** Il est constitué d'environ 88 % d'eau et de 12 % de matière sèche contenant des glucides, des protéines, des lipides et des minéraux (Tamime et Robinson, 1985).

D'autre part, il est possible d'utiliser soit du lait entier soit du lait partiellement ou totalement écrémé ou les taux en matière grasse de l'ordre 3.5%, 1% et 0% (keilling et De Wilde 1985).

- 2) **Poudre de lait :** est un produit obtenu en éliminant partiellement l'eau du lait.

Le lait en poudre est divisé en trois groupes :

La poudre de lait partiellement écrémé et la poudre de lait écrémé, la poudre de lait entier. La composition et les propriétés doivent répondre à certaines conditions afin de diviser chaque type de poudre en différentes catégories (Vignola, 2002).

- 3) **Le sucre :** Il se compose généralement de saccharose sous forme cristalline ou liquide (sirop). Il est également courant d'utiliser du sucre converti (sirop de saccharose hydrolysé), qui contient à parts égales du glucose et du fructose. Son intérêt réside dans le fait qu'il reste liquide même à des teneurs élevées en matières sèches (65 à 67 %) (Hammadi, 2016).
- 4) **L'arôme :** fait référence à tout produit ou substance qui vise à leur donner une odeur, un goût ou les deux dans les aliments (Hammadi, 2016).
- 5) **Fruits ou préparations fruitées :** coulis, purées ou morceaux de fruits (Hammadi, 2016).
- 6) **Ferments lactiques (cultures bactériennes) :** Streptococcus thermophilus et Lactobacillus bulgaricus. Ces bactéries transforment le lactose en acide lactique, donnant au yaourt son goût acidulé et sa texture (Hammadi, 2016).

- 7) **Additifs et stabilisants** : pour améliorer la texture et la conservation (Amidon modifié, Gélatine ou pectine, Agar-agar, conservateurs) (**Hammadi, 2016**).

B. Processus de fabrication de yaourt

Le procédé de fabrication de différents types de yaourt

1) Préparation du lait

- **Enrichissement en matière sèche x**

La teneur en matière sèche du lait mis en œuvre dans la fabrication du yaourt est un facteur important, car elle conditionne la viscosité et la constance du produit.

- **Addition de poudre**

Plus fréquemment par addition de poudre de lait écrémé à des doses variant de 1 à 3%, soit avec du lait entier.

- **Concentration du lait**

Cette méthode donne une meilleure consistance et un gout au produit fini. Elle est très simple à intégrer dans une ligne de fabrication en continu ; par contre elle est plus chère que l'addition de la poudre.

- **Addition de sucre**

La quantité maximale de sucre que l'on peut ajouter dans le yaourt est de 12 %, au – dessus de cette norme, il peut y avoir un effet inhibiteur des bactéries lactiques. Également, il est préférable d'effectuer son addition avant la pasteurisation du lait, ce qui peut détruire le maximum de germes notamment les levures présentes dans le sucre.

- **Pasteurisation**

La température de pasteurisation en cuve avec agitateur varie entre 90 ° C à 95 ° C pendant quelques secondes. Plus le lait est « sale », plus la température et le temps de pasteurisation seront importants (**Patrick, 2010**).

- **Refroidissement**

Après chauffage, le lait est refroidi à 45 ° C cette température est maintenue lors de la fermentation (**Mechtoun , 2014**).

- **Ensemencement**

C'est l'inoculation dans le lait des deux germes spécifiques du yaourt, *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* à des rapports $\frac{1}{2}$ pour le yaourt nature et jusqu'à $\frac{1}{10}$ pour les yaourts fruités.

La quantité de culture ajoutée au lait peut être influencée par l'activité de germes, le temps et la température d'incubation.

Ainsi, pour les températures d'incubation de (40 à 50 ° C), le taux d'ensemencement se situe entre 1 et 3 %.

En outre, la répartition des germes doit être bonne et régulière dans le lait et l'activité du levain doit atteindre en fin d'incubation 85 à 90 ° D (**Luquet, 1990**).

- **Incubation (fermentation)**

Durant cette étape on assiste au développement de l'acidité du yaourt. Celle – ci est sous la dépendance de la température et la durée de fermentation des germes ensemencés. Ainsi, il est préférable d'appliquer une température proche de celle optimale de développement de *Streptococcus thermophilus* soit (42 à 45 ° C), plutôt que celle proche de l'optimum du *Lactobacillus bulgaricus* (47 à 50 ° C). En général, les streptocoques sont responsables du démarrage de la fermentation lactique.

Cette température, voisine de (42 à 45 ° C), est considérée comme étant la température symbiotique optimum entre les Streptocoques *thermophilus* et Lactobacilles *bulgaricus* (**Luquer, 1990**).

- **Conservation**

Le yaourt doit être conservé au réfrigérateur. Sa consommation doit intervenir avant la date de péremption figurant sur l'emballage (24 jours après la fabrication).

Lorsqu'un récipient est ouvert, il convient de consommer son contenu rapidement pour éviter l'installât de moisissures (**Dupin, 1992**).

PARTIE

EXPERIMENTALE

CHAPITRE 01

MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE 01

MATERIEL ET METHODES

1. Lieu et période de l'étude

1.1.Complexe laitier Colaïtal (Birkhadem, Alger)

Dans le cadre de notre étude, nous avons mené nos travaux au sein du complexe laitier Colaïtal situé à Birkhadem, Alger **sur une période de 3 mois (du 10/03/2025 au 10/06/2025)**. Cette unité industrielle moderne nous a permis de réaliser l'ensemble du processus de production des yaourts enrichis à la compote de citrouille.

Sur ce site, nous avons préparé :

- Les deux types de yaourts : yaourt bicouche et yaourt brassé ;
- Les produits finis de yaourt à la compote de citrouille.

Nous avons effectué les analyses complètes du lait cru :

- Analyses physico-chimiques : densité, température, matière grasse, recherche d'antibiotiques, acidité ;
- Analyses microbiologiques : germes aérobies à 30°C, staphylocoques à coagulase positive, coliformes thermotolérants et recherche de salmonelles.

Pour les produits finis, nous avons réalisé :

- Les contrôles physico-chimiques : taux d'extrait sec total (EST) et pH ;
- Les analyses microbiologiques : recherche d'entérobactéries, staphylocoques à coagulase positive et salmonelles.

Le laboratoire intégré de Colaital, équipé d'appareils performants, nous a permis d'effectuer ces différentes analyses selon les normes en vigueur dans l'industrie laitière.

1.2.Laboratoire d'analyse de l'université Saad Dahleb (Blida)

Pour compléter notre étude, nous avons travaillé au sein du laboratoire de recherche agroalimentaire de l'Université Saad Dahleb à Blida **pendant une durée de 1 mois (du 18/03/2025**

au 18/04/2025). Dans ce cadre académique doté d'équipements analytiques de pointe, nous avons réalisé :

- Les analyses physico-chimiques : PH, matière sèche , dosage des sucres totaux, acidité titrable, analyse de couleur.
- Les analyse microbiologique : flore Aérobie Mésophile Totale, les levures et moisissures , Coliformes Totaux et coliformes fécaux.

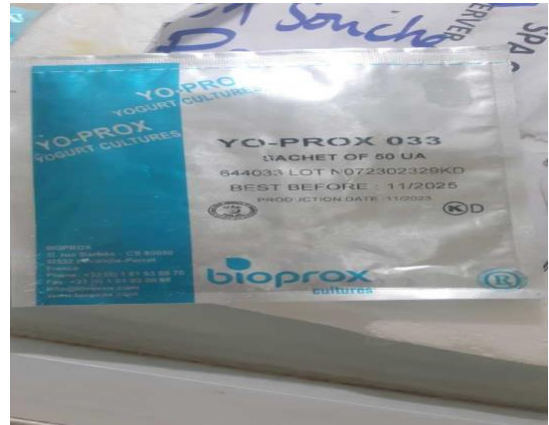
2. Matériel biologiques et non biologiques

2.1. Matériel biologique

- **Lait cru de vache** : Le lait cru utiliser dans cette étude a été fourni par la société Colaital située à Birkhadem, Alger. Pour chaque type de yaourt (brassé et bicouche), nous avons utilisé 1 litre de lait cru. Immédiatement après réception, le lait a été transporté au laboratoire dans des containers isothermes stériles et conservé à 4°C pour maintenir sa qualité microbiologique. Avant utilisation, le lait a été filtré à travers une étamine stérile pour éliminer les impuretés, puis standardisé à 1,5 g/L de matière grasse précieux .
- **Poudre du lait** : (0% de matière grasse) nous a été fournie par le responsable de la société Colaital. Nous avons utilisé cette poudre à raison de 2% (poids/volume) du volume total de lait pour enrichir la matière sèche des yaourts. La poudre a été conservée dans un récipient hermétique à température ambiante, à l'abri de l'humidité, pour préserver ses propriétés fonctionnelles jusqu'à son utilisation.
- **Ferments lactiques** (YO-PROX 033, Bioprox, France) : Les ferments lactiques utilisés dans cette étude ont été fournis par la société Colaital. Il s'agissait de ferments lyophilisés de type YO-PROX 033 (marque Bioprox, France), contenant un mélange standard de souches bactériennes spécifiques pour la fabrication de yaourt : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*.

Ces ferments se présentaient sous forme de sachets de 50 unités actives (UA). Pour chaque essai de fabrication, nous avons utilisé une quantité de 0,02% (p/v) du volume de lait, conformément aux recommandations du fournisseur. Avant ensemencement, les ferments ont été réhydratés dans une petite quantité d'eau stérile préchauffée à 45°C pour réactiver les microorganismes.

La conservation des ferments a été réalisée selon deux méthodes :



- À court terme (utilisation dans les 12 mois)
: conservation au réfrigérateur à 4°C
- À long terme (jusqu'à 24 mois) : conservation au congélateur à -18°C

Figure 06 : Ferments lactiques (YO-PROX 033, Bioprox, France) (Photo originale).

La société Colaital nous a fourni les ferments directement depuis son stock de production, garantissant ainsi une parfaite traçabilité et une qualité conforme aux normes industrielles de fabrication de produits laitiers fermentés. Les numéros de lot (N072302329KD) et dates de péremption (11/2025) étaient clairement indiqués sur chaque emballage.

- **Citrouilles fraîches** : Les citrouilles utilisées pour préparer la compote ont été achetées sur un marché local de Blida emballées dans du papier fin afin de préserver leur propreté et leur intégrité. Nous avons sélectionné des fruits mûrs, présentant une couleur orange uniforme et exempts de lésions ou de moisissures. Pour chaque préparation, nous avons utilisé 400 g de citrouille fraîche. Les fruits ont été lavés à l'eau potable, pelés, épépinés et coupés en cubes de 2-3 cm avant cuisson. Les citrouilles préparées ont été conservées à 4°C pendant un maximum de 48 heures avant utilisation pour préserver leur qualité.

2.2. Matériels non biologiques (Voir l'annexe)

3. Objectifs de l'étude

- **Objectif principal** :

Développer et caractériser des yaourts enrichis à la compote de citrouille (types brassé et bicouche) en évaluant leurs propriétés physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles pour garantir une qualité optimale et une conformité aux normes industrielles.

- **Objectifs spécifiques :**

- Évaluer la qualité du lait cru
- Optimiser la préparation de la compote de citrouille
- Maîtriser les procédés de fabrication des yaourts
- Valider la qualité des produits finis
- Contribuer à l'innovation agroalimentaire

4. Préparations

4.1. Préparation de la compote de citrouille

La compote de citrouille utilisée dans la formulation des yaourts a été préparée de manière artisanale à partir de citrouilles fraîches (**Figure 07**). Avant toute manipulation, le matériel utilisé (couteaux, planche de découpe, panier vapeur, récipient de mixage, etc.) a été stérilisé à domicile par **immersion dans de l'eau bouillante pendant 10 minutes**, afin de limiter les risques de contamination.

La chair de citrouille a été soigneusement lavée, pelée et découpée en cubes d'environ 2 à 3 cm. Environ 400 g ont été cuits à la vapeur dans un panier placé au-dessus d'une casserole d'eau bouillante pendant 15 à 20 minutes, jusqu'à obtention d'une texture tendre (vérifiée à l'aide de la pointe d'un couteau).

Après cuisson, les morceaux ont été laissés à tiédir, puis mixés à l'aide d'un blender propre jusqu'à obtention d'une purée homogène. **Aucun sucre ni additif n'a été ajouté**, afin de conserver le caractère naturel du produit. La compote obtenue a été refroidie à température ambiante avant son incorporation dans la préparation de deux types de yaourts : **yaourt brassé** et **yaourt bicouche**.



Figure 07 : Photographies des étapes de préparation de la compote de citrouille (Athamnia et Grim, 2024).

4.2.Préparation des yaourts brassé et bicouche

La fabrication des yaourts a été réalisée au niveau du laboratoire de la société *Colaital*, en suivant les procédés industriels illustrés dans les diagrammes de fabrication (Figure 08 et 09).

Après trois essais successifs de formulation, nous avons pu établir la recette exacte permettant d'obtenir un produit fini stable, conforme aux critères de texture, goût et conservation attendus.

4.2.1. Yaourt bicouche

La préparation du yaourt étuvé en pot (bicouche) a débuté par la **réception du lait cru**, suivie d'une **filtration**, d'un **refroidissement** et d'un **dégazage** pour éliminer les odeurs. Le lait a ensuite été **écrémé** (jusqu'à 1,5 g/L de matière grasse) puis **standardisé avec du lait entier de vache**.

Un ajout de sucre (40 g/L) et un enrichissement en lait en poudre ont été réalisés à l'aide d'un système de rotation en circuit fermé (tank et Tri-Blender). Ensuite, des ferments lactiques thermophiles (2g) et un arôme naturel de vanille ont été ajoutés dans la cuve de fermentation.

Cette modification permet de préciser le type d'arôme utilisé (vanille) et rend le protocole plus complet et reproductible. L'arôme de vanille a été choisi pour son affinité avec les produits laitiers et sa capacité à compléter harmonieusement les saveurs de la citrouille.

Le mélange de yaourt bicouche contenant avec 30 % de compote à été ensuite conditionné à une température de 45 °C dans des pots de 350 g, puis incubé en chambre chaude à 45 °C pendant environ 2 heures pour la fermentation. Une fois le caillé formé, les pots ont été **refroidis à $T < 10$ °C**, puis stockés en chambre froide. La **compote de citrouille**, préalablement préparée, a été ajoutée au fond des pots avant le remplissage avec la phase lactée, donnant lieu à un yaourt bicouche (**figure 08**).

Remarque : Nous avons réussi à préparer un yaourt bicouche, mais nous n'avons pas pu faire les analyses physico-chimiques et microbiologiques à cause du manque de réactifs. Ces analyses sont pourtant importantes pour confirmer la qualité et la sécurité du produit.

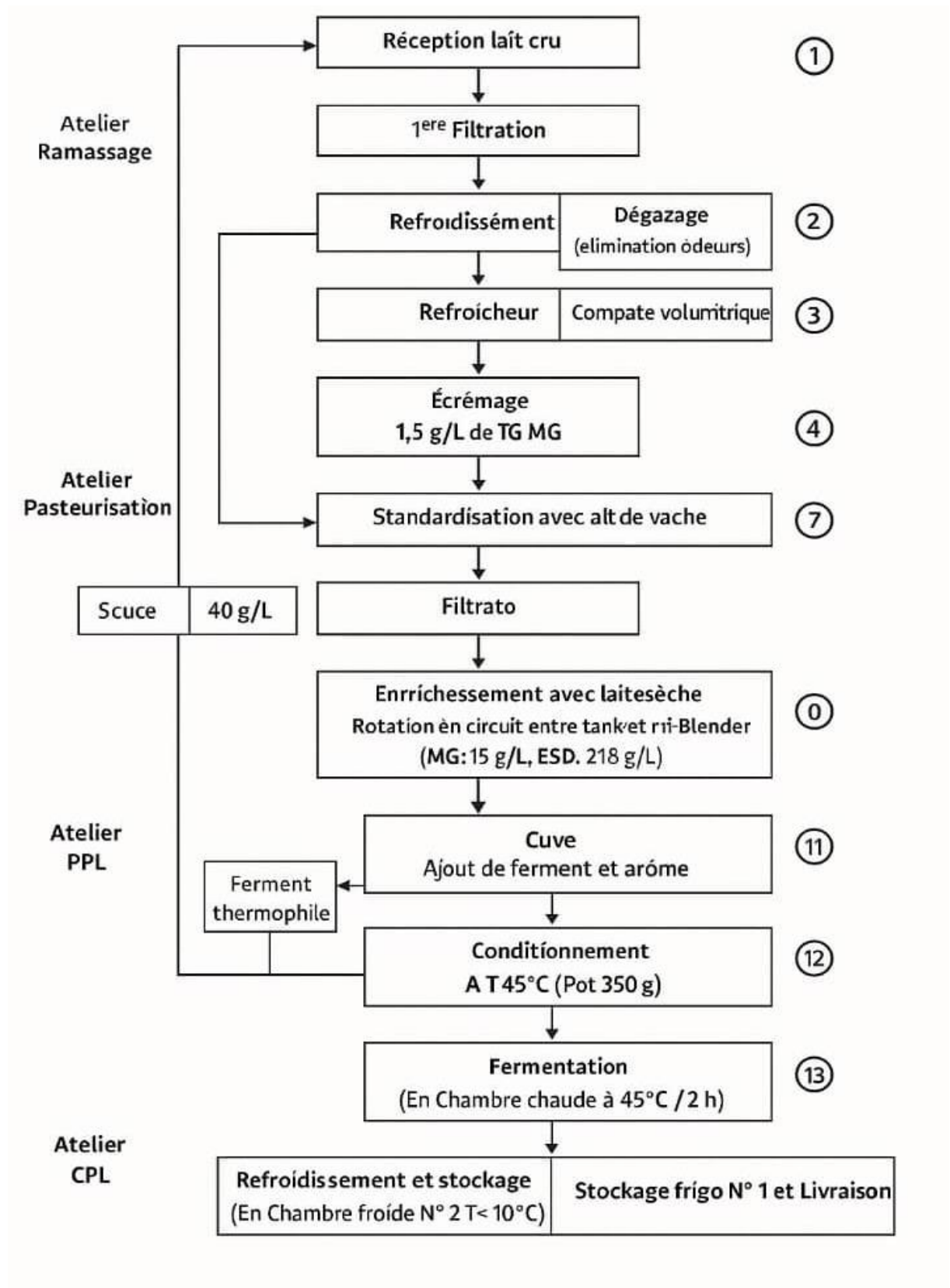


Figure 08 : Diagramme de fabrication du yaourt bicouche en pot.

4.2.2. Yaourt brassé

La fabrication du yaourt brassé en bouteille a suivi un processus similaire. Le lait cru a été **réceptionné, filtré, refroidi à 12 °C, puis dégazé**. Après **écrémage** et **standardisation (1,5 g/L de MG)**, le lait a été enrichi en matière sèche, pasteurisé à 85–90 °C pendant 5 minutes, puis incubé à 45 °C pour fermentation.

La fermentation a été suivie d'un **brassage mécanique** pour casser le gel formé. Après refroidissement à 6 °C, le yaourt brassé, contenant 50 % de compote de citrouille a été **incorporée directement au mélange fermenté**, puis les yaourts ont été conditionnés en bouteilles à 6 °C et stockés jusqu'à la livraison.

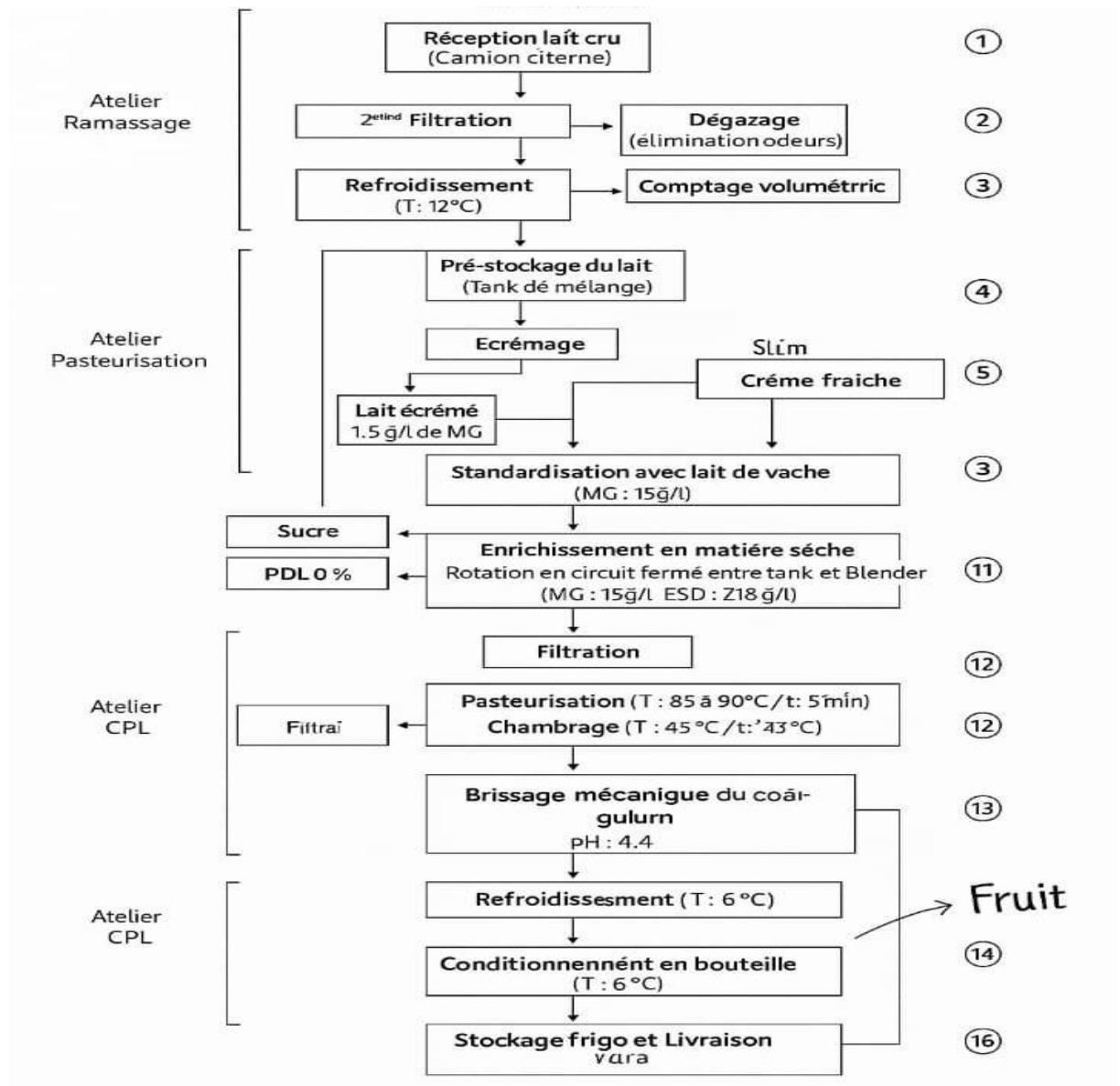


Figure 09 : Diagramme de fabrication du yaourt brassé en bouteille.

4.3.Préparation de produit fini (Yaourt à la compote de citrouille)

Après la préparation des yaourts brassés et bicouche, la compote de citrouille, préalablement réalisée, a été incorporée pour obtenir le **produit fini : yaourt à la compote de citrouille**.

Deux types de produits finis ont ainsi été obtenus :

- **Yaourt bicouche en pot** : la compote de citrouille est déposée 30% au fond du pot avant le remplissage avec le lait fermenté, permettant une séparation visible des deux phases.
- **Yaourt brassé en bouteille** : la compote de citrouille est mélangée 50% au yaourt après fermentation et brassage, donnant une texture homogène et une saveur douce et équilibrée.

Les produits ont été conditionnés dans des **pots de 350 g (bicouche)** et des **bouteilles de 300 mL (brassé)**, puis **refroidis à 6–10 °C** et stockés en chambre froide avant d'être soumis aux différentes analyses (physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles). Les produits ont été conditionnés dans des **pots de 350 g (bicouche)** et des **bouteilles de 300 mL (brassé)**, puis **refroidis à 6–10 °C** et stockés en chambre froide avant d'être soumis aux différentes analyses (physico-chimiques et microbiologiques).

Dans le cadre de ce travail, un suivi de la qualité du yaourt bicouche à la citrouille a été réalisé sur une période de 21 jours, à raison d'une analyse tous les 7 jours (**7j, 14j, J21**) dans le but d'évaluer sa stabilité physico-chimique et organoleptique durant la conservation au réfrigérateur (4 ± 1 °C).

5. Méthodes

5.1. Compote de citrouille

5.1.1. Analyses physico-chimiques

5.1.1.1. Mesure du pH



Figure 10 : PH mètre numérique (photo original)

- **Principe**

Le principe repose sur la mesure de la concentration en ions hydrogène (H^+) dans la solution à l'aide d'une électrode de verre combinée. Cette électrode génère un potentiel électrique proportionnel à l'activité des ions H^+ , qui est converti en valeur de pH par le pH-mètre (Nielsen, 2017).

- **Mode opératoire**

Nous avons commencé par calibrer le pH-mètre avec les solutions tampons selon les instructions du fabricant. Après avoir homogénéisé soigneusement l'échantillon de

compote, nous en avons prélevé environ 20 g que nous avons placés dans un bécher propre. Nous avons ensuite immergé l'électrode dans l'échantillon en veillant à ce qu'elle soit complètement recouverte. Après stabilisation de la lecture (environ 1 minute), nous avons relevé la valeur du pH affichée. Entre chaque mesure, nous avons soigneusement rincé l'électrode à l'eau distillée pour éviter toute contamination croisée.

5.1.1.2.Détermination de la matière sèche



Figure 11 :Étuve de séchage de matière sèche (photo original)

- **Principe**

Le principe est basé sur l'évaporation complète de l'eau contenue dans l'échantillon par chauffage à 105°C jusqu'à poids constant. La différence de masse avant et après séchage permet de calculer le pourcentage de matière sèche (**Horwitz et Latimer, 2016**).

- **Mode opératoire**

Nous avons pesé précisément environ 5 g de compote dans des capsules préalablement tarées. Les capsules contenant les échantillons ont ensuite été placées dans l'étuve à 105°C pendant 24 heures. Après ce temps de dessiccation, nous avons transféré les capsules dans un dessiccateur pour refroidissement pendant 30 minutes. Nous avons ensuite procédé à la pesée finale et calculé le pourcentage de matière sèche selon la formule standard. Chaque échantillon a été analysé en triple pour assurer la fiabilité des résultats.

5.1.1.3. Dosage des sucres totaux (méthode colorimétrique au réactif de Dubois)



Figure 12 : Réfractomètre pour la mesure de l'indice de réfraction (°Brix)

- **Principe**

La méthode colorimétrique au réactif de Dubois repose sur la réaction des sucres réducteurs avec le phénol en milieu acide sulfurique concentré, générant un complexe chromogène jaune-orange. Ce complexe, dont l'absorbance est proportionnelle à la concentration en sucres, est mesuré à 490 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. La réaction implique la déshydratation des oses en furfural ou hydroxyméthylfurfural, qui condensent ensuite avec le phénol pour former le chromophore (Nielsen, 2017).

- **Mode opératoire**

Nous avons commencé par homogénéiser 1 g de compote avec 10 mL d'eau distillée chaude (80°C). Après centrifugation à 3 000 tr/min pendant 10 minutes, nous avons filtré le surnageant sur papier Whatman n°1. Nous avons ensuite prélevé 0,5 mL de l'extrait que nous avons mélangé avec 0,5 mL de solution de phénol à 5%. Après addition rapide de 2,5 mL d'acide sulfurique concentré, nous avons agité vigoureusement et laissé reposer 10 minutes à température ambiante. La mesure d'absorbance a été effectuée à 490 nm contre un blanc préparé simultanément. Nous avons déterminé la concentration en sucres à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec des solutions standards de glucose (0-100 µg/mL).

5.1.1.4. Mesure de l'acidité titrable (Titration acido-basique)



Figure 13 : Burette graduée + agitateur magnétique + solution de soude (NaOH)

- **Principe**

Le principe de cette méthode analytique repose sur la neutralisation des protons libres des acides organiques par une base forte (NaOH) en présence d'un indicateur coloré. La phénolphthaléine, utilisée comme indicateur, présente une transition de couleur à pH 8,2-10, passant d'incolore à rose. Lors du titrage, chaque équivalent d'acide présent dans l'échantillon consomme un équivalent de base jusqu'au point d'équivalence (**Horwitz & Latimer, 2016**). Cette méthode permet de quantifier l'ensemble des acides titrables, exprimés en équivalent d'acide dominant (acide citrique pour les fruits). La mesure reflète ainsi l'acidité totale de l'échantillon.

- **Mode opératoire**

Nous avons pesé 10 g de compote que nous avons dilués dans 50 mL d'eau distillée. Après homogénéisation, nous avons ajouté 3 gouttes de solution de phénolphthaléine à 1%. Nous avons ensuite titré avec une solution de NaOH 0,1N jusqu'à l'obtention d'une coloration rose persistant pendant 30 secondes. Le volume de soude consommé a été noté et l'acidité exprimée en grammes d'acide citrique pour 100 g de compote.

5.1.1.5. Analyse de la couleur

- **Principe**

Le principe repose sur la mesure des coordonnées colorimétriques L (clarté), a (rouge/vert) et b (jaune/bleu) à l'aide d'un colorimètre. Ces valeurs permettent une caractérisation objective de la couleur (CIE, 2018).

- **Mode opératoire**

Après calibration de l'appareil avec l'étalon blanc, nous avons rempli la cellule de mesure avec la compote homogénéisée. Nous avons effectué trois mesures à différents endroits de l'échantillon et enregistré les valeurs moyennes des paramètres L, a et b.

5.1.1.6.Détermination de l'humidité

- **Principe**

Le principe est complémentaire à celui de la matière sèche, calculé par différence (100% - % matière sèche). Il représente la teneur en eau libre et liée de l'échantillon (AOAC, 2016).

- **Mode opératoire**

Nous avons utilisé les résultats obtenus lors de la détermination de la matière sèche pour calculer le pourcentage d'humidité selon la formule : Humidité (%) = 100 - % matière sèche. Les résultats ont été comparés aux normes qualité du produit.

Le calcul du pourcentage d'humidité a été effectué à partir des résultats de la matière sèche, selon le principe suivant :

$$\text{Humidité (\%)} = 100 - \% \text{ matière sèche.}$$

5.1.2. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques ont été réalisées **au sein du laboratoire de microbiologie de l'université de Blida**, dans le but d'évaluer la qualité hygiénique de la compote de citrouille utilisée pour l'élaboration des yaourts.

Les germes recherchés sont : **la flore aérobie mésophile totale, les levures et moisissures, ainsi que les coliformes totaux et fécaux.**

I. Préparation des dilutions décimales

C'est pour l'objectif d'obtenir des dilutions appropriées pour le dénombrement des micro-organismes présents dans la compote de citrouille.

Nous avons pesé **10 g de compote de citrouille** dans un **sachet stomacher stérile**, puis ajouté **90 mL d'eau peptonée tamponnée stérile**.

Après **homogénéisation pendant 1 minute**, nous avons préparé les dilutions décimales successives de **10^{-2}** à **10^{-5}** .

Pour chaque dilution, nous avons transféré **1 mL de la dilution précédente dans un tube contenant 9 mL de diluant stérile**, en travaillant sous **hotte à flux laminaire** pour garantir des conditions aseptiques.

II. Dénombrement des micro-organismes

1. Flore Aérobie Mésophile Totale (FMAT)

- Principe**

La méthode de dénombrement de la FMAT repose sur la croissance des microorganismes viables capables de se développer en aérobiose à 30°C sur gélose PCA (Plate Count Agar). Ce milieu nutritif non sélectif permet la croissance de la majorité des bactéries aérobies mésophiles présentes dans les produits alimentaires. L'incubation à 30°C pendant 72 heures favorise le développement des microorganismes typiquement rencontrés dans les denrées périssables (**ISO 4833-1 :2013**). La numération des colonies permet d'évaluer la charge microbienne totale de l'échantillon.

- Mode opération**

Nous avons préparé des dilutions décimales de l'échantillon dans de l'eau peptonée tamponnée stérile. Pour chaque dilution appropriée, nous avonsensemencé 1mL en double dans des boîtes de Petri stériles. Nous avons ensuite ajouté environ 15 mL de gélose PCA maintenue à 45°C, et soigneusement mélangé par rotation. Après solidification, les boîtes ont été incubées à 30°C pendant 72 heures. Nous avons compté les boîtes présentant entre 30 et 300 colonies et calculé les résultats en UFC/g ou UFC/mL selon la formule :

$$\text{UFC/g} = (\text{nombre de colonies}) / (\text{dilution} \times \text{volume ensemencé}).$$

2. Levures et moisissures

- **Principe**

La méthode utilise la gélose Sabouraud additionnée de chloramphénicol comme milieu sélectif. Le chloramphénicol inhibe la croissance bactérienne tout permettant le développement des levures et moisissures. L'incubation à 25°C pendant 5 jours favorise la croissance de ces microorganismes eucaryotes, généralement plus lente que celle des bactéries (**ISO 21527-1 :2008**).

La distinction entre levures (colonies lisses et crémeuses) et moisissures (colonies duveteuses ou poudreuses) se fait par observation macroscopique.

- **Mode opératoire**

Nous avonsensemencé 1 mL des dilutions appropriées en double sur gélose Sabouraud au chloramphénicol. Après solidification, nous avons incubé les boîtes à 25°C pendant 5 jours. Chaque jour, nous avons examiné les boîtes pour détecter une croissance précoce. Après incubation, nous avons compté séparément les colonies de levures et de moisissures sur les boîtes contenant entre 15 et 150 colonies. Les résultats ont été exprimés en UFC/g de produit.

3. Coliformes totaux et coliformes fécaux

- **Principe**

La méthode utilise la gélose VRBL (Violet Red Bile Lactose) comme milieu sélectif et différentiel. Les sels biliaires et le violet de cristal inhibent les bactéries Gram-positives, tandis que le lactose et le rouge neutre permettent de différencier les coliformes lactoses-positifs (colonies rouges avec halo de précipitation). L'incubation à 37°C détecte les coliformes totaux, tandis qu'à 44°C elle identifie spécifiquement les coliformes fécaux (**ISO 4832 :2006**).

Cette méthode permet d'évaluer l'hygiène de production et la contamination fécale potentielle.

- **Mode opératoire**

Nous avonsensemencé **1 mL de dilution appropriée** dans **des boîtes de Pétri stériles**. Nous avons ensuite ajouté **le milieu VRBL (Violet Red Bile Lactose Agar)** fondu, maintenu à une température d'environ **45 °C**, puis mélangé délicatement pour bien répartir l'échantillon.

Après solidification, les boîtes ont été incubées dans deux conditions distinctes :

- À 37 °C pendant 24 heures pour le dénombrement des coliformes totaux ;
- À 44 °C pendant 24 heures pour le dénombrement des coliformes fécaux.

À la fin de l'incubation, nous avons compté les colonies rouges à centre foncé, caractéristiques des bactéries coliformes lactosopositives.

5.2. Lait cru (lait de vache)

5.2.1. Analyse physico-chimique

Les analyses physico-chimiques du lait cru ont été réalisées **au niveau du laboratoire de l'usine Colaital**, afin de contrôler la qualité du lait utilisé dans la fabrication des yaourts. Le lait analysé est un **lait de vache cru**, livré quotidiennement à l'unité de production.

Les paramètres suivants ont été évalués : **température et densité, teneur en matière grasse, présence d'antibiotiques et acidité titrable.**

5.2.1.1. Température et densité : Nous avons mesuré simultanément la température et la densité du lait cru.



Figure 14 : Mesure la densité et température (densimètre)

Principe

Le principe de cette mesure physique repose sur la relation entre la composition du lait et sa masse volumique. La densité du lait dépend principalement de sa teneur en matières grasses, protéines, lactose et sels minéraux. Le lactodensimètre de Quevenne, basé sur le principe d'Archimède, permet de déterminer cette densité par mesure de la poussée subie dans le liquide

(ISO 2446, 2008). La température influence significativement la mesure, nécessitant une correction standard à 20°C. Les valeurs normales de densité permettent de détecter des adultérations comme l'ajout d'eau ou l'écémage excessif.

- **Mode opératoire**

Nous avons prélevé un échantillon de lait cru dans une éprouvette graduée propre. Après avoir mesuré la température avec un thermomètre calibré, nous avons immergé délicatement le lactodensimètre de Quevenne. La lecture a été effectuée à la surface du lait et corrigée à 20°C selon la formule : $D_{20} = D_t + 0,0002(t - 20)$. Nous avons comparé les valeurs obtenues avec les normes de référence (1,028-1,034 g/cm³).

5.2.1.2.Teneur en matière grasse



Figure 15 : Mesure la matière grasse (Centrifugeuse)

- **Principe**

Cette méthode repose sur la séparation des matières grasses par digestion acide (acide sulfurique) et centrifugation. L'acide dénature les protéines et libère les globules gras, tandis que l'alcool isoamylique facilite l'agrégation des lipides. Après centrifugation, la colonne lipidique est directement lue sur le butyromètre gradué (ISO 2446, 2023).

- **Mode opératoire**

Nous avons introduit 10 mL d'acide sulfurique dans le butyromètre, puis ajouté 10 mL de lait cru suivi de 1 mL d'alcool isoamylique.

Après avoir bien mélangé, nous avons placé le butyromètre dans une centrifugeuse à 1 200 tr/min pendant 5 minutes. Ensuite, nous avons immergé le butyromètre dans un bain-marie à 65 °C pour faciliter la lecture.

Nous avons enfin lu directement le pourcentage de matière grasse indiqué sur l'échelle graduée du butyromètre.

5.2.1.3. Recherche d'antibiotiques (test microbiologique Delvotest® SP)

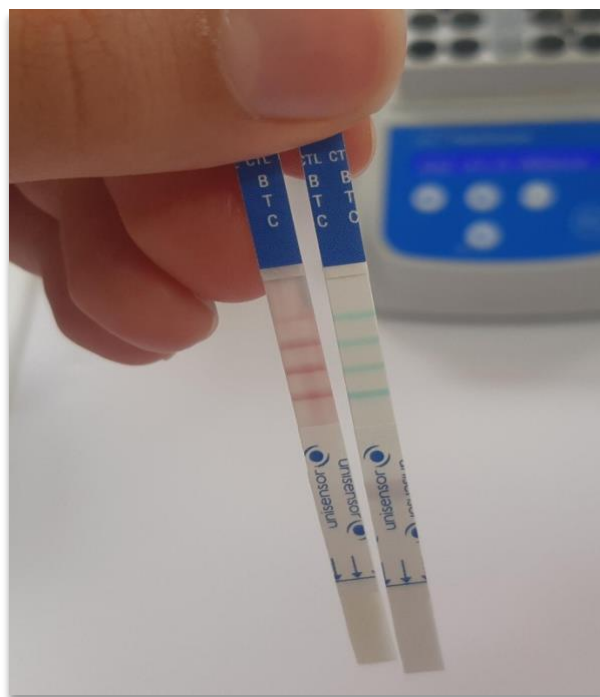


Figure 16 : Détecteur d'antibiotiques et les bandelettes de test

- **Principe**

Le principe du Delvotest® repose sur l'inhibition de la croissance de *Bacillus stearothermophilus* par les résidus d'antibiotiques. Cette souche bactérienne, sélectionnée pour sa sensibilité aux antibiotiques, produit une acidité lors de sa croissance qui entraîne un changement de couleur du milieu en jaune en absence d'inhibiteurs. La présence d'antibiotiques à des concentrations supérieures aux LMR inhibe cette croissance, maintenant la couleur violette du

milieu. Ce test rapide permet de détecter particulièrement bien les β -lactamines, avec une sensibilité inférieure aux limites réglementaires (Bintsis et al., 2008).

- **Mode opératoire**

Nous avons prélevé 100 μ L de lait que nous avons déposé dans le puits du dispositif de test. Après incubation à $64 \pm 1^\circ\text{C}$ pendant 2h45, nous avons interprété les résultats : une coloration jaune indiquait l'absence d'antibiotiques, tandis qu'une coloration violette révélait leur présence à des concentrations supérieures aux limites maximales de résidus.

5.2.1.4. Acidité titrable (titration Dornic.)



Figure 17 : Mesure d'acidité titrable (acidimètre)

- **Principe**

Le principe de cette méthode spécifique au lait repose sur le dosage des groupements acides libres, principalement issus de l'acide lactique. Contrairement au pH qui mesure l'acidité active, cette méthode titrimétrique permet de quantifier l'acidité totale, incluant les acides faiblement

dissociés. L'utilisation de NaOH 0,111N et l'expression des résultats en degrés Dornic (°D) constituent une standardisation internationale pour le secteur laitier. Une acidité élevée peut indiquer une fermentation anormale ou une mauvaise conservation du lait. (IDF, 2004).

- **Méthode**

Nous avons prélevé 10 mL de lait cru que nous avons placés dans un bécher propre. Après addition de 3 gouttes de phénolphthaléine, nous avons titré avec une solution de NaOH 0,111N jusqu'à l'obtention d'une coloration rose pâle persistant 30 secondes. Le résultat a été exprimé en degrés Dornic (°D), 1°D correspondant à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait.

5.2.2. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques du lait cru ont été réalisées **au niveau du laboratoire de Colaital**, dans le but d'évaluer sa qualité hygiénique et sa conformité à un usage dans la fabrication des yaourts.

Les micro-organismes recherchés sont :

- La flore aérobie mésophile totale (à 30 °C),
- Les staphylocoques à coagulase positive,
- Les coliformes thermotolérants,
- Et les bactéries du genre Salmonella.

5.2.2.1. Flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT)

- **Principe (le même que celui de compote de citrouille)**
- **Mode opératoire**

Nous avonsensemencé **1 mL de dilution (10^{-2} ou 10^{-3})** dans une **boîte de Pétri stérile**.

Ensuite, nous avons ajouté environ **15 mL de milieu PCA (Plate Count Agar)** fondu, maintenu à **45 °C**, puis mélangé doucement afin de bien répartir l'échantillon. Les boîtes ont été **incubées à 30 °C pendant 48 heures**. **Le comptage des colonies** a été effectué sur les boîtes contenant **entre 30 et 300 colonies**, et les résultats ont été exprimés en **UFC/mL**.

5.2.2.2. Staphylocoques à coagulase positive

- **Principe**

La méthode utilise la gélose Baird-Parker comme milieu sélectif et différentiel. Le tellurite et le jaune d'œuf inhibent les bactéries concurrentes tout permettant la croissance des staphylocoques. Ces derniers forment des colonies noires avec halo clair grâce à leur activité lipasique (**ISO 6888-1 ;2021**). Le test de coagulase (agglutination du plasma) confirme spécifiquement *S. aureus* et autres staphylocoques pathogènes.

- **Mode opératoire**

Nous avonsensemencé **1 mL de dilution appropriée** en **semis de surface** sur le **milieu Baird Parker Agar**, enrichi en **jaune d'œuf** et en **tellurite**, dans **des boîtes de Pétri stériles**. **Les boîtes ont ensuite été incubées à 37 °C pendant 24 à 48 heures.**

Après incubation, nous avons observé l'apparition de **colonies noires entourées d'un halo clair**, typiques des staphylocoques à coagulase positive.

Les colonies suspectes ont ensuite été soumises à **un test de confirmation de la coagulase** pour valider leur identification.

5.2.2.3.Coliformes thermotolérants

- **Principe (le même de compote de citrouille)**
- **Mode opératoire**

Nous avonsensemencé 1 mL de dilution appropriée dans une boîte de Pétri stérile, puis ajouté le milieu VRBL (Violet Red Bile Lactose Agar) fondu, maintenu à environ 45 °C. Après homogénéisation et solidification du milieu, les boîtes ont été incubées à 44 °C pendant 24 heures.

À l'issue de l'incubation, nous avons compté les colonies rouges à centre foncé, caractéristiques des coliformes thermotolérants (ou coliformes fécaux).

5.2.2.4.Recherche de *Salmonella* spp.

- **Principe**

La méthode suit un protocole en trois étapes : pré-enrichissement non sélectif (bouillon peptoné tamponné) pour revivifier les cellules stressées, enrichissement sélectif (Rappaport-Vassiliadis et

tétrationate) pour favoriser Salmonella, puis isolement sur milieux différentiels (XLD et Hektoen) (ISO 6579-1 :2017).

Les milieux XLD et Hektoen permettent l'identification présomptive par les caractéristiques coloniales (colonies noires ou à centre noir dues à la production de H₂S).

- **Mode opératoire**

Pour la phase de **pré-enrichissement**, nous avons introduit **25 mL de lait cru** dans **225 mL d'eau peptonée tamponnée**, puis incubé le mélange à **37 °C pendant 18 à 24 heures**. Après cette première incubation, nous avons transféré **1 mL de la culture pré-enrichie** dans un tube contenant du **bouillon Rappaport-Vassiliadis** (milieu d'enrichissement sélectif), que nous avons incubé à **42 °C pendant 24 heures**.

Pour l'**isolement**, nous avons streaké une boucle du bouillon enrichi sur deux milieux sélectifs :

- **XLD (Xylose Lysine Desoxycholate Agar)**
- **Et Hektoen Agar, puis incubé les boîtes à 37 °C pendant 24 heures.**

À l'issue de l'incubation, nous avons recherché des **colonies suspectes** :

- **Colonies incolores ou légèrement rosées avec centre noir sur XLD,**
- **Colonies vertes à centre noir ou noires sur Hektoen.**

Les colonies suspectes ont été **confirmées par identification biochimique**, à l'aide d'une galerie API 20E ou test équivalent.

5.3. Yaourt à la compote de citrouille

5.3.1. Analyse physico-chimique

Les analyses physico-chimiques du produit fini ont été réalisées sur les deux types de yaourts élaborés (brassé et bicouche à la compote de citrouille), afin d'évaluer leur qualité technologique et leur conformité aux standards de produits laitiers fermentés. Les paramètres analysés sont : **le pH et le taux d'extrait sec total (EST).**

5.3.1.1. Mesure du pH

- **Principe**

Le principe repose sur la mesure de l'activité des ions hydrogène (H^+) dans le yaourt à l'aide d'une électrode de verre combinée. La mesure du pH permet d'évaluer l'acidité active résultant de la fermentation lactique, avec des valeurs typiques comprises entre 4,2 et 4,6 pour un yaourt standard (ISO 2962, 2021). Cette mesure est essentielle pour contrôler la qualité de la fermentation et la stabilité du produit.

- **Mode opératoire**

Nous avons d'abord homogénéisé un échantillon du yaourt fini, puis nous l'avons transféré dans un bécher propre. Le pH-mètre a été étalonné à l'aide de solutions tampons standard (pH 4,00 et pH 7,00).

Ensuite, nous avons plongé l'électrode dans l'échantillon et attendu la stabilisation de la lecture. La valeur du pH a été notée avec précision dès la stabilisation de l'aiguille (ou de l'affichage numérique).

5.3.1.2. Taux d'extrait sec total (EST)



Figure 18 : Mesure taux d'extrait sec total (Humidimètre)

- **Principe**

Le principe consiste à éliminer l'eau contenue dans l'échantillon par dessiccation à 105°C jusqu'à poids constant. La matière sèche résiduelle représente l'ensemble des composants nutritifs (protéines, lipides, glucides et minéraux). Cette méthode gravimétrique permet

d'évaluer la concentration globale du produit et sa valeur nutritionnelle (**AOAC 925.23, 2022**).

- **Mode opératoire**

Nous avons prélevé environ 5 g de yaourt homogénéisé, que nous avons déposés dans une capsule préalablement tarée.

L'échantillon a ensuite été placé dans une étuve à 105 °C pendant 24 **heures** afin d'éliminer l'eau contenue.

Après dessiccation, la capsule a été refroidie dans un dessiccateur, puis **pesée à nouveau** à l'aide d'une balance analytique.

5.3.2. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques du produit fini ont été réalisées **au niveau du laboratoire de Colaital**, afin d'évaluer la **qualité hygiénique et microbiologique** des yaourts élaborés (brassé et bicouche à la compote de citrouille). Les germes recherchés sont : **les entérobactéries, les staphylocoques à coagulase positive, et les bactéries du genre *Salmonella* spp.**

5.3.2.1. Entérobactéries

- **Principe**

La méthode de dénombrement des Entérobactéries repose sur l'utilisation de la gélose VRBG (Violet Red Bile Glucose) comme milieu sélectif et différentiel. Ce milieu contient des sels biliaires et le violet de cristal qui inhibent les bactéries Gram-positives, tout en permettant la croissance des Entérobactéries. Le glucose est le substrat fermentescible et le rouge neutre sert d'indicateur de pH. Les Entérobactéries fermentant le glucose produisent des colonies rouges à pourpre avec un halo de précipitation des sels biliaires (ISO 21528-2:2017).

- **Mode opératoire**

Nous avonsensemencé **1 mL de dilution appropriée** dans des **boîtes de Pétri stériles** contenant du **milieu VRBG (Violet Red Bile Glucose Agar)** fondu, maintenu à environ **45 °C**, puis réparti soigneusement en surface. Après **solidification du milieu**, les boîtes ont été **incubées à 37 °C pendant 24 heures**.

À l'issue de l'incubation, nous avons observé et compté les **colonies rouges à centre foncé**, typiques des **entérobactéries**.

5.3.2.2. Staphylocoques à coagulase positive

- **Principe (comme le lait cru)**
- **Mode opératoire**

Nous avons ensemencé 1 mL de dilution appropriée par semis de surface sur le milieu Baird Parker Agar, enrichi en tellurite et jaune d'œuf. Les boîtes ont été ensuite incubées à 37 °C pendant 24 à 48 heures. Après incubation, nous avons observé les colonies noires entourées d'un halo clair, caractéristiques des staphylocoques à coagulase positive. Les colonies suspectes ont été confirmées par un test de coagulase pour vérifier leur capacité à coaguler le plasma.

5.3.2.3. Recherche de *Salmonella* spp.

- **Principe (le même du lait cru)**
- **Mode opératoire**

La détection de *Salmonella* spp. a été réalisée en trois étapes, conformément aux protocoles de microbiologie alimentaire :

1. Pré-enrichissement :

Nous avons introduit **25 g de yaourt homogénéisé** dans **225 mL d'eau peptonée tamponnée**, puis incubé le mélange à **37 °C pendant 18 à 24 heures**, afin de favoriser la récupération des bactéries stressées ou en faible nombre.

2. Enrichissement sélectif :

Après cette première incubation, 1 mL de la culture pré-enrichie a été transféré dans un tube contenant du bouillon Rappaport-Vassiliadis, puis incubé à 42 °C pendant 24 heures, dans des conditions sélectives favorables à la croissance des *Salmonella*.

3. Isolement :

À l'aide d'une anse stérile, nous avons streaké une boucle de la culture enrichie sur deux milieux sélectifs : XLD (Xylose Lysine Desoxycholate Agar) et Hektoen Agar. Les boîtes ont été incubées à 37 °C pendant 24 heures. Après incubation, nous avons recherché les colonies suspectes, notamment :

- Colonies incolores ou à centre noir sur XLD,
- Colonies vertes à centre noir ou noires sur Hektoen.

Ces colonies ont ensuite été testées par galerie biochimique (API 20E) pour confirmation de l'espèce.

5.4. Analyse sensorielle des yaourts à la compote de citrouille

L'analyse sensorielle a été réalisée afin d'évaluer l'acceptabilité organoleptique des deux types de yaourts développés : yaourt brassé et yaourt bicouche à la compote de citrouille. Cette évaluation visait à recueillir les impressions des dégustateurs sur différents aspects sensoriels du produit fini.

L'analyse a été menée auprès de **60 participants**, composés de :

- Collègues de stage,
- Personnel universitaire,
- Professionnels de l'industrie laitière.

Le panel était hétérogène, composé de consommateurs réguliers de yaourts et d'acteurs du domaine.

Chaque participant a reçu une **fiche d'analyse sensorielle** permettant d'évaluer cinq critères, notés chacun sur **une échelle de 0 à 10** :

- **Aspect visuel ;**
- **Odeur ;**
- **Texture ;**
- **Goût ;**
- **Acceptabilité globale.**

Une **appréciation générale** qualitative a également été demandée, avec les choix suivants

:

- **Très bon,**
- **Bon,**
- **Moyen,**
- **Mauvais.**

Les données recueillies ont ensuite été traitées afin d'identifier les préférences du panel et les éventuelles améliorations à apporter aux formulations.

Figure 19 : Fiche de dégustation sensorielle

FICHE DE DÉGUSTATION SENSORIELLE

Produit : Yaourt à la compote de citrouille

Type : ☐ Brassé ☐ Bi-couche

Code échantillon : _____

Date : _____

Nom du dégustateur : _____

Critère	Note /10	Remarque (facultative)
Aspect visuel		
Odeur		
Texture en bouche		
Goût		
Acceptabilité globale		

Appréciation générale :

☐ Très bon ☐ Bon ☐ Moyen ☐ Mauvais

CHAPITRE 02

RESULTATS ET INTERPRÉTATION

1. Caractérisation de la compote de citrouille :

La **figure 20** montre la compote de citrouille utilisées pour enrichir les yaourts qui sont caractérisées par une belle couleur orangée :



Figure 20 : Photographies de compote de citrouille

1.1 Analyses physico-chimiques de la compote de la citrouille

Les analyses physico-chimiques de la compote de citrouille sont présentées dans le **tableau 5** suivies d'une description détaillée de chaque paramètre :

Tableau 5 : résultats des analyses physico-chimiques de la compote de citrouille

Paramètre	Résultat moyen $\pm$ Écart-type	Normes usuelles / Références
pH	$4,85 \pm 0,02$	3,5 – 4,5 (<i>généralement accepté pour compotes</i>)
Matière sèche	$9,8 \pm 0,3 \%$	$\geq 10 \%$ (<i>souhaitée pour bonne texture et conservation</i>)
Humidité	$90,2 \pm 0,3 \%$	$\leq 90 \%$ (<i>inversement proportionnelle à la matière sèche</i>)
Sucres totaux (°Brix)	$6,2 \pm 0,1$ °Brix	5–18 °Brix (<i>selon les compotes, sans sucre ajouté</i>)
Acidité titrable	$0,18 \pm 0,02 \%$ (acide citrique)	0,2 – 0,6 % (<i>acide citrique, selon fruit</i>)

Couleur (L, a, b)	L = 61,2 ; a = 4,7 ; b = 28,6	Pas de norme stricte, mais dépend du type de citrouille
--------------------------	--------------------------------------	--

❖ **Interprétation :**

➤ **pH :**

Le **pH** de la compote de citrouille analysée a été évalué à **$4,8 \pm 0,02$** , une valeur qui concorde avec celles rapportées dans la littérature, notamment par **El Khatib et Muhieddine (2020)**, qui Avaient trouvé un pH de $4,5 \pm 0,003$. Cette convergence des résultats suggère une stabilité des propriétés acides de la pulpe de citrouille, soulignant leur constance et leur reproductibilité. Ces caractéristiques sont particulièrement pertinentes dans le cadre d'applications alimentaires et industrielles. En général, la citrouille est classée parmi les aliments moyennement acides, avec une plage de pH variant entre 4,5 et 5,5 (**Rahman et al., 2024**).

➤ **Matière sèche :**

La compote présente **une teneur en matière sèche de $9,8 \pm 0,3$ %**, indiquant une concentration modérée en éléments solides (glucides, fibres, composés bioactifs...). Cette teneur contribue à la texture finale du yaourt, lui conférant du corps sans le rendre trop épais. Elle permet également une meilleure stabilité pendant le stockage et limite le risque de séparation de phases. (**AOAC, 2016 ; Nawirska-Olszańska et al., 2011**)

➤ **Humidité :**

Le **taux d'humidité** mesuré dans la compote de citrouille est de **90,2 %**, ce qui correspond à une matière sèche de **9,8 %**. Ces résultats sont comparables à ceux rapportés par (**Seremet 2016**), qui indique un taux d'humidité de 90 % pour les tranches de citrouille. Toutefois, les compotes présentent généralement des taux d'humidité légèrement inférieurs, ce qui s'explique par le processus de cuisson et l'ajout de sucre, qui entraînent une réduction significative de la teneur en eau. Il convient également de souligner que ces paramètres varient selon l'espèce de citrouille et les conditions de culture (**Achu et al., 2005**).

➤ **Sucres totaux (°Brix) :**

Une teneur en sucres totaux de 6.2% dans la compote de citrouille indique une concentration modérée, typique des préparations sans ajout significatif de sucre. Cette valeur reflète principalement :

- Les sucres naturels du potiron (saccharose, glucose, fructose).

- Une possible légère hydrolyse des polysaccharides lors de la cuisson, ce résultat est similaire aux résultats des autres études comme celle de **El Khatib et Muhieddine (2020)**, qui avaient trouvé la teneur en sucre totaux de potiron frais varie entre 5.5- 5.8%, la cuisson pouvant l'augmenter jusqu'à 6- 7 par concentration.

➤ **Acidité titrable :**

Une **acidité titrable** de la compote de citrouille est **0.18%** (exprimée en acide citrique) indique une acidité modérée, caractéristique des courges et potirons. Cette valeur reflète principalement :

- La présence naturelle d'acides organiques (acide citrique, malique) dans la citrouille, ce résultat est similaire aux résultats des autres études comme celle de **USDA Food Data Central (2023)**, qui avaient trouvé d'acidité titrable de la citrouille cuite présente typiquement 0.12- 0.25% .

➤ **Couleur :**

La compote de citrouille analysée présente **une couleur orange-jaune vif**, conforme aux attentes pour une préparation traditionnelle à base de courge cuite. Les valeurs colorimétriques mesurées sont **L=61,2, a=4,7 et b=28,6.**

- La valeur L indique une luminosité modérée, typique des purées de citrouille cuites, souvent légèrement concentrées.

- Le paramètre a, légèrement positif, témoigne d'une nuance rougeâtre, associée à la présence de β -carotène, principal pigment responsable de la couleur orangée du potiron.

- Le paramètre b, élevé, traduit une composante jaune marquée, caractéristique des caroténoïdes libérés et parfois intensifiés par le traitement thermique (cuisson à la vapeur). Ces résultats sont comparables à ceux rapportés par **Ahmed et al. (2021)**, qui ont trouvé pour des échantillons similaires des valeurs comprises entre L = 58-65, a = 3-6 et b = 26-32. Cela confirme la stabilité et la représentativité de la couleur obtenue dans notre compote, tant sur le plan sensoriel que nutritionnel.

1.2 Analyses microbiologiques de la compote de citrouille

Les résultats des analyses microbiologiques de la compote de citrouille sont présentés dans le **tableau 6**. Ces analyses permettent d'évaluer la qualité sanitaire du produit et de vérifier l'efficacité des traitements thermiques appliqués

Tableau 6 : Résultats des analyses microbiologiques de la compote de citrouille

Paramètre microbiologique	Dilution utilisée	Colonies comptées (UFC)	Volume échantonné (mL)	Facteur de dilution	Résultat (UFC/g)
Flore Aérobie Mésophile Totale (FMAT)	10^{-3}	45	1	10^3	$4,5 \times 10^4$
Levures et Moisissures	10^{-2}	30	1		$3,0 \times 10^3$
Coliformes Totaux	10^{-2}	10	1	10^2	$1,0 \times 10^3$
Coliformes Fécaux (Thermotolérants)	10^{-1}	Absence	1	10^1	< 10 (non détectés)

Tableau 07: les paramètres des analyses microbiologiques de la compote de citrouille avec les normes de référence et valeur limite et les références normatives.

Paramètre microbiologique	Norme de référence	Valeur limite	Références normatives
Flore Aérobie Mésophile Totale (FMAT)	Produits pasteurisés (Codex/CE)	< 10^5 UFC/g	Codex Alimentarius, 2007 ; CE n°2073/2005 ; AFNOR, 1995
Levures et Moisissures	Produits sucrés acides, pasteurisés (ISO/AOAC)	$10^2 - 10^3$ UFC/g	AOAC, 2016 ; ISO 21527-2:2008 ; Nawirska-Olszańska et al., 2011

Coliformes Totaux	Produits prêts à consommer (CE/Codex)	< 10 ² UFC/g	ISO 21528-2:2017 ; CE n°2073/2005 ; Codex Alimentarius, 2007
Coliformes Fécaux (Thermotolérants)	Produits pasteurisés (ISO/AOAC)	Absence dans 1 g	ISO 21528-1:2017 ; AOAC, 2016 ; Codex Alimentarius, 2007

❖ Interprétation :

➤ Recherche et dénombrement de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FMAT) :

La FMAT reflète la charge microbienne globale viable à 30 °C. Pour les produits cuits ou pasteurisés comme la compote de citrouille, une valeur inférieure à 10⁵ UFC/g est considérée comme **acceptable** selon les lignes directrices du **Codex Alimentarius** et des critères microbiologiques de la CE. Un résultat de 4,5 × 10⁴ UFC/g est donc **conforme**, ce qui suggère un traitement thermique efficace et une bonne hygiène globale du processus (**Codex Alimentarius, 2007 ; Règlement CE n° 2073/2005 ; AFNOR, 1995**)

➤ Recherche et dénombrement des Levures et Moisissures

Les levures et moisissures peuvent apparaître dans les produits sucrés et acides tels que les compotes. Un seuil de 10² à 10³ UFC/g est généralement toléré pour les produits pasteurisés, selon les recommandations de l'AOAC et de l'ISO 21527-2. Un taux de 3,0 × 10³ UFC/g, bien qu'au-dessus de ce seuil, reste dans une zone **limite acceptable**, mais pourrait indiquer un risque de détérioration ou un manque d'étanchéité de l'emballage.(AOAC, 2016 ; ISO 21527-2:2008 ; Nawirska-Olszańska et al., 2011)

➤ Recherche et dénombrement des Coliformes Totaux :

Les coliformes totaux sont des indicateurs d'hygiène. Pour les produits transformés thermiquement et prêts à la consommation, une charge **inférieure à 10² UFC/g** est recommandée. Un résultat de 10³ UFC/g est donc **supérieur à la norme** et indique une **contamination post-traitement**, probablement au moment du refroidissement, du remplissage ou du conditionnement.(ISO 21528-2:2017 ; Règlement CE n° 2073/2005 ; Codex Alimentarius, 2007)

➤ Recherche et dénombrement des Coliformes Fécaux (Thermotolérants)

L'absence de coliformes thermotolérants **est un** critère fondamental de sécurité sanitaire. Ces bactéries sont associées à une contamination fécale. **Leur absence confirme** que le produit n'a pas subi de contamination majeure et que le traitement thermique a été suffisant pour garantir l'innocuité du produit (ISO 21528-1:2017 ; AOAC, 2016 ; Codex Alimentarius, 2007)

2. Caractérisation de lait cru

2.1. Analyses physico-chimiques de lait cru

Afin d'évaluer la qualité du lait cru utilisé dans l'élaboration du yaourt à la citrouille, des analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été réalisées. Ces analyses permettent de vérifier la conformité du lait aux normes sanitaires et technologiques, garantissant ainsi un produit final sûr et de bonne qualité. Les résultats physico-chimiques de lait cru sont présentés dans **le tableau 8**.

Tableau 8 : résultats des analyses physico-chimiques du lait cru :

Paramètre analysé	Résultat	Unité / Observation	Normes usuelles (Lait cru de vache)
Densité	1028	-	1028 – 1034 (à 20°C)
Température	20	°C	≤ 4 °C à la livraison (<i>selon hygiène laitière</i>)
Matière grasse	31	g/L (soit 3,1 %)	28 – 40 g/L (2,8 – 4,0 %) selon race et saison
Résidu d'antibiotiques	Négatif	-	Doit être négatif (Norme CE n° 853/2004)
Acidité (titre Dornic)	15	°D (Degré Dornic)	15 – 18 °D
Extrait sec dégraissé (ESD)	82	g/L	≥ 83 g/L (<i>Codex Alimentarius / CE / AFNOR</i>)

❖ Interprétation :

➤ Densité :

La densité du lait cru est **1028** un indicateur clé de sa qualité. À 20 °C, la densité normale du lait de vache varie entre 1,028 et 1,034. Une densité plus faible peut signaler une adjonction d'eau

ou une altération, tandis qu'une densité normale suggère une bonne intégrité du produit. Ici, la densité de 1028 indique que le lait n'a probablement pas été altéré ou dilué. (**Codex Alimentarius, 2007 ; AFNOR NF ISO 12185, 2006**)

➤ **Température :**

La température est **20°C** un paramètre critique pour la sécurité microbiologique du lait cru. Selon les réglementations européennes, le lait doit être maintenu à une température inférieure ou égale à 4 °C immédiatement après la traite. Une température de 20 °C est donc non conforme et peut favoriser le développement rapide de bactéries pathogènes si le lait n'est pas rapidement transformé ou réfrigéré. (**Règlement CE n° 853/2004, Annexe III, Section IX**)

➤ **Matière grasse :**

La teneur en matière grasse est **31 g/L (soit 3,1 %)** un critère nutritionnel et technologique important. Les valeurs normales pour le lait de vache se situent entre 2,8 % et 4,0 %, influencées par la race, l'alimentation et la période de lactation. Une valeur de 3,1 % est donc tout à fait conforme et indique un lait équilibré, apte à la transformation fromagère ou la consommation directe. (**Walstra et al., 2006**)

➤ **Résidu d'antibiotiques :**

L'absence (**négatif**) de résidus d'antibiotiques est obligatoire dans le lait destiné à la consommation humaine. La présence de ces substances est interdite car elle peut nuire à la santé des consommateurs, perturber la fermentation des produits laitiers, et favoriser l'antibiorésistance. Un résultat négatif est donc exigé par la législation. (**Codex Alimentarius, 2018 ; Règlement CE n° 853/2004**)

➤ **Acidité (titre Dornic)**

L'acidité mesurée dans lait cru est **15°D** en degrés Dornic (°D) évalue la fraîcheur du lait. Un lait frais présente une acidité entre 15 et 18 °D. Une valeur de 15 °D est typique d'un lait récemment traité, ce qui est favorable tant du point de vue hygiénique que technologique. (**AFNOR NF V04-206, 2000 ; Kechrid, 2012**)

➤ Extrait sec dégraissé (ESD) : 82

L'ESD de lait cru 82 qui représente la somme des composants non gras du lait (protéines, lactose, sels). Pour le lait de vache, la norme minimale est fixée à 83 g/L. Une valeur de 82 g/L est légèrement inférieure, ce qui peut refléter une variabilité naturelle liée à l'alimentation ou une légère dilution. Elle reste néanmoins proche du seuil d'acceptabilité. (Codex Alimentarius, 2007 ; Chamba et al., 2004)

✓ Remarque complémentaire sur l'acidité

Si l'acidité mesurée est de 17 ou 18 °D, il est recommandé de procéder à un test d'ébullition. Cette étape permet de vérifier la stabilité thermique du lait : On chauffe une petite quantité de lait jusqu'à l'ébullition.

Si le lait caille ou coagule, cela indique une dégradation avancée et une instabilité protéique, malgré une acidité encore dans la norme.

Si le lait reste fluide, il est encore apte à l'utilisation, mais doit être rapidement traité ou refroidi .

2.2. Analyses microbiologiques de lait cru

L'analyse microbiologique du lait cru permet d'évaluer sa qualité sanitaire et de détecter la présence éventuelle de germes pathogènes ou indicateurs d'hygiène. Ces analyses sont essentielles pour prévenir les risques microbiens liés à la consommation ou à la transformation du lait. Le **tableau 9** présente les principaux résultats obtenus, en mettant l'accent sur la flore indicatrice (coliformes totaux et fécaux) ainsi que sur la recherche de bactéries pathogènes comme *Salmonella spp.* et *Staphylococcus aureus*.

Tableau 9 : les résultats d'analyse microbiologique du lait cru

Germes recherchés	Résultat	Norme réglementaire (lait cru)
Coliformes totaux	1,3 × 10 ⁶ UFC/mL	≤ 10 ³ UFC/mL (souvent toléré ≤ 10 ⁴ UFC/mL pour lait cru)
Coliformes fécaux	1,1 × 10 ³ UFC/mL	≤ 100 UFC/mL (10 ²) selon normes d'hygiène stricte
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence /25 mL	< 100 UFC/mL (toléré), absence exigée dans 25 mL si direct
<i>Salmonella spp.</i>	Absence /25 mL	Absence totale dans 25 mL (obligatoire pour tous produits laitiers)

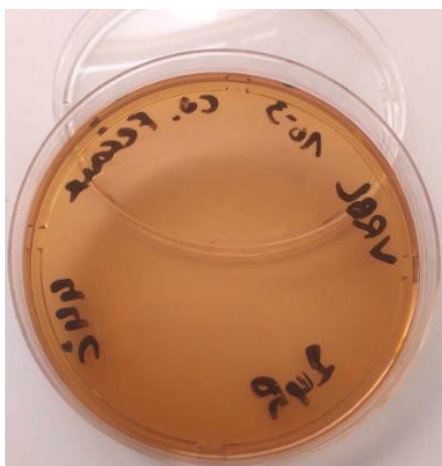


Figure 21 : Résultat d'analyse microbiologique de coliformes fécaux



Figure 22 : Résultat d'analyses microbiologiques de salmonelles

❖ **Interprétation :**

➤ **Recherche et dénombrement des Coliformes totaux :**

Les coliformes totaux représentent $1,3 \times 10^6$ UFC/mL ce taux est largement supérieur à ces seuils, indiquant une mauvaise hygiène lors de la traite, du stockage ou du transport. Cela peut également suggérer une contamination par l'eau ou les équipements. (**Règlement CE n° 2073/2005 ; Codex Alimentarius, 2007**). Les coliformes totaux sont des indicateurs de contamination environnementale et d'hygiène de traite. Selon les normes européennes, la présence acceptable de coliformes totaux dans le lait cru est de l'ordre de 10^2 à 10^4 UFC/mL, selon le type de production et la destination du lait (consommation directe ou transformation).

➤ **Recherche et dénombrement des Coliformes fécaux :**

Le taux des coliformes fécaux est de $1,1 \times 10^3$ UFC/mL révèle une contamination fécale significative, ce qui compromet la salubrité du lait et nécessite soit un traitement thermique obligatoire, soit un rejet selon le contexte. (AFNOR NF EN ISO 4832 ; Règlement CE n° 2073/2005). Les coliformes fécaux (ex. : *Escherichia coli*) sont des témoins directs de contamination d'origine fécale, donc de risques pathogènes potentiels. Pour le lait cru, la limite tolérée est généralement de ≤ 100 UFC/mL (10^2).

➤ **Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus***

L'absence totale de ce germe dans l'échantillon est un bon indicateur hygiénique et un point conforme aux exigences de sécurité. *Staphylococcus aureus* est un germe pathogène capable de produire des entérotoxines résistantes à la chaleur, potentiellement responsables de toxi-infections alimentaires. Toutefois, les normes autorisent jusqu'à 100 UFC/mL dans le lait cru destiné à la transformation, à condition qu'aucune toxine ne soit détectée. (Codex Alimentarius, 2007 ; ISO 6888-1 ; Règlement CE n° 2073/2005)

❖ **Recherche et dénombrement des *Salmonella spp.***

On note une absence des salmonelles ce qui est conforme à la norme en vigueur et indique un lait indemne de ce pathogène majeur. La présence de *Salmonella spp.* dans le lait cru est strictement interdite, quelle que soit la quantité. Cette bactérie est responsable de salmonelloses graves, notamment chez les enfants, les personnes âgées et les immunodéprimés. Les législations internationales imposent donc son absence dans 25 mL de lait. (ISO 6579 ; Règlement CE n° 2073/2005 ; Codex Alimentarius, 2007)

3. Préparation de yaourt brassé et bicouche

a- Yaourt brassé

Le yaourt brassé à base de citrouille est un produit laitier enrichi naturellement en fibres, bêta-carotène et antioxydants, offrant une texture onctueuse et une saveur douce (**figure 23**)



Figure 23 : Yaourt brassé

b- Yaourt bicouche

Le yaourt bicouche est un produit laitier composé de deux couches distinctes : une base fruitée (ou aromatisée) en dessous et un yaourt nature ou sucré au-dessus, offrant un contraste de saveurs et de textures (**figure 24**).



Figure 24 : Yaourt bicouche.

Remarque : Nous avons réussi à préparer un yaourt bicouche, mais nous n'avons pas pu faire les analyses physico-chimiques et microbiologiques à cause du manque de réactifs. Ces analyses sont pourtant importantes pour confirmer la qualité et la sécurité du produit.

3.1. Analyses physico-chimique et microbiologique d'un yaourt brassé

Cette analyse est réalisée en trois temps : 7jours après la production , après 14jours et enfin après 21jours.

✓ **Après 7 jours :**

3.1.1. Analyses physico-chimiques

L'analyse physico-chimique des produits finis laitiers permet de vérifier leur conformité aux critères de qualité et de stabilité avant la mise sur le marché. Les paramètres comme le pH et l'extrait sec total (EST) sont essentiels pour évaluer l'acidité, la texture, la concentration en matières sèches et la conservation du produit. **Le tableau 10** présente les résultats obtenus pour ces deux indicateurs sur le produit fini analysé.

Tableau 10 : Résultats des analyses physico-chimiques des produits finis

Paramètre	Résultat	Normes de référence	Unité
pH	4,36	4,5 – 4,6 (lait normal)	-
Extrait Sec Total (EST)	176	120 – 180 g/L	g/L

➤ **Interprétation :**

❖ **pH**

Le pH est un paramètre fondamental pour évaluer l'acidité et la stabilité microbiologique d'un produit laitier. Un lait normal présente généralement un pH situé entre 4,5 et 4,6 lorsqu'il est fermenté (yaourt, lait caillé), tandis que le lait cru non fermenté a un pH proche de 6,6 – 6,8. Une **valeur de 4,36** est inférieure à la norme attendue pour un lait fermenté, ce qui indique une acidité plus marquée, probablement due à une activité lactique importante (production d'acide lactique par fermentation).

Ce pH plus acide peut être souhaité dans certains produits (ex. : yaourt, kéfir), mais il pourrait aussi indiquer une sursaturation en fermentation ou un stockage prolongé si ce n'était pas voulu. (Walstra, Wouters & Geurts, 2006 ; Codex Alimentarius, 2007 ; AFNOR NF V04-361, 1986)

❖ Extrait Sec Total (EST)

L'extrait sec total (EST) mesure la teneur en matières dissoutes (protéines, lactose, matières grasses et sels minéraux) dans le produit fini. Pour les produits laitiers tels que le lait concentré, le yaourt ou les laits fermentés, la norme moyenne se situe entre 120 et 180 g/L, selon la nature du produit et le procédé de transformation.

Une valeur de 176 g/L indique une concentration élevée en solides, ce qui est favorable pour la texture, la densité nutritionnelle et la conservation. Elle est dans la fourchette supérieure de la norme, ce qui pourrait aussi suggérer un produit enrichi ou concentré (comme un yaourt grec ou lait concentré sucré). (Chandan & Kilara, 2013 ; Codex Alimentarius, 2011 ; AFNOR NF V04-210, 1995)

3.1.2. Analyse microbiologique

Les résultats des analyses microbiologiques du produit fini (yaourt brassé) sont les suivants:

a) Recherche et dénombrement des Entérobactérie

Résultats : aucune colonie observé (figure 25)

❖ **Interprétation :** Le produit est conforme



Figure 25: Résultats de entérobactéries

b) Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus*

L'analyse microbiologique a révélé une absence totale de *Staphylococcus aureus* dans l'échantillon du produit fini.

Résultat final : Le produit est conforme aux normes sanitaires, aucun germe pathogène n'a été détecté (Figure 26).



Figure 26 : résultats de *Staphylococcus aureus*.

c) Recherche et dénombrement des *Salmonella* spp.

L'analyse sur milieu sélectif Hecktoen a montré une **absence totale de *Salmonella* spp.** Les colonies observées étaient de **couleur jaune**, ce qui indique qu'il ne s'agit pas de salmonelles, car ces dernières se caractérisent typiquement par des **colonies noires** dues à la production de sulfure d'hydrogène (H₂S) sur ce milieu.

Résultat final : Le produit est **conforme**, aucune présence de *Salmonella* spp. n'a été détectée (Figure 27)



Figure 27 : résultats de *Salmonella* spp.

Tableau 11 : Résultats de l'analyse microbiologique des produits finis

Paramètre microbiologique	Résultat obtenu	Norme applicable	Références
Entérobactéries	Aucune colonie observée (Fig. 25)	$\leq 10^2$ UFC/g pour les produits laitiers fermentés	AFNOR V08-054 (2004), ISO 21528-2:2017

Staphylococcus aureus	Absence totale (Fig. 26)	< 10 UFC/g (absence dans 1 g recommandée)	CODEX STAN 243-2003, ISO 6888-1:2021
Salmonella spp.	Absence (colonie jaune, Fig. 27)	Absence dans 25 g de produit	ISO 6579-1:2017, Règlement CE n°2073/2005

➤ **Interprétation :**

Les résultats microbiologiques obtenus pour le premier échantillon indiquent une conformité globale du produit fini aux normes sanitaires en vigueur. La numération des entérobactéries a révélé une charge microbienne de 50 UFC/g, ce qui demeure bien en dessous de la limite maximale admise fixée à 100 UFC/g. Par ailleurs, l'absence totale de *Staphylococcus aureus*, un germe pathogène indicateur d'une contamination potentielle d'origine humaine ou animale, confirme la bonne maîtrise des conditions d'hygiène durant la fabrication. De même, l'absence de *Salmonella spp.*, confirmée par l'absence de colonies noires caractéristiques sur le milieu Hecktoen, atteste de la sécurité sanitaire du produit. Dans l'ensemble, ces résultats témoignent de la qualité microbiologique satisfaisante du premier échantillon, sans risque apparent pour le consommateur.

3.2. Analyse physico-chimiques et microbiologiques d'un yaourt brassé

✓ **Après 14 jours**

3.2.1. Analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques des produits finis sont consignés dans **le tableau 12**

Tableau 12 : Résultats des analyses physico-chimiques des produits finis

Paramètre	Résultat	Norme de référence	Unité
pH	4,30	4,5 – 4,6 (lait normal)	–
Extrait Sec Total (EST)	169 g/L	120 – 180 g/L	g/L

❖ **Interprétation :**

➤ **pH :**

Un **pH de 4,30** indique un produit acide, ce qui est typique des produits laitiers fermentés comme les yaourts, le lait fermenté ou le lait caillé. En général, pour ce type de produit, le pH attendu est situé entre 4,5 et 4,6, correspondant à un équilibre entre acidité suffisante pour inhiber les bactéries pathogènes et acceptabilité sensorielle. **Une valeur de 4,30** est donc plus acide que la moyenne, ce qui peut être causé par :

- une fermentation prolongée (surincubation),
- une teneur élevée en bactéries lactiques,
- ou une stabilisation en froid retardée.

Cela peut améliorer la sécurité microbiologique, mais peut altérer le goût (plus acide) et affecter la texture (risque de synérèse). (Codex Alimentarius, 2011 ; Walstra, Wouters & Geurts, 2006 ; AFNOR NF V04-361, 1986)

➤ **Extrait Sec Total (EST) :**

L'extrait sec total représente l'ensemble des composants non volatils du produit fini (protéines, lactose, lipides, minéraux). **Une valeur de 169 g/L** est considérée comme élevée et de bonne qualité pour des produits tels que :

- les **yaourts entiers ou concentrés**,
- les **desserts laitiers riches**,
- ou encore les **produits fermentés de type grec ou à haute teneur nutritionnelle**.

La norme moyenne varie entre 120 et 180 g/L, selon le type de produit. Une valeur de 169 g/L est donc en parfaite adéquation avec les exigences technologiques et sensorielles : elle contribue à une bonne texture, une valeur nutritionnelle élevée et une meilleure conservation. (Chandan & Kilara, 2013 ; Codex Alimentarius, 2011 ; AFNOR NF V04-210, 1995)

3.2.2. Analyse microbiologique

a) Recherche et dénombrement des Entérobactérie :

L'analyse a été réalisée sur deux dilutions :

- **À la dilution 10^{-1}** , 5 colonies ont été dénombrées sur la boîte de Pétri, soit une lecture de 50 UFC/g (car multiplié par le facteur de dilution).
- **À la dilution 10^{-2}** , aucune colonie n'a été observée. (Figure 28)

Résultat final : Le produit est conforme, car la charge en entérobactéries ne dépasse pas le seuil de 100 UFC/g, conformément aux critères microbiologiques applicables aux produits finis.



Figure 28 : Résultats de Entérobactéries

b) Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus*

L'analyse sur milieu sélectif a révélé une absence totale de colonies noires, caractéristiques des *Staphylococcus aureus*. (**Figure 29**)

- En effet, les **Staphylocoques** typiques se manifestent sous forme de **colonies noires** dues à la réduction du tellurite dans le milieu. Or, dans cet échantillon, **aucune colonie noire n'a été observée**.

Résultat final : Le produit est conforme, aucune présence de *Staphylococcus aureus* n'a été détectée.



Figure 29 : résultats de *Staphylococcus aureus*

Remarque : Des colonies de levures et moisissures ont été détectées lors des analyses. Cette contamination est probablement survenue soit lors de la phase de préparation, soit durant la manipulation en laboratoire pendant les analyses.

C) Recherche et dénombrement *des Salmonella spp.*

L'analyse réalisée sur milieu Hecktoen a révélé une **absence totale de *Salmonella spp.*** dans l'échantillon.

Résultat final : Le produit est **conforme**, aucune colonie typique (noire) de *Salmonella* n'a été détectée, ce qui indique l'absence de cette bactérie pathogène (**Figure 30**).



Figure 30 : résultats de *Salmonella spp*

Tableau 13 : Résultats d'analyse microbiologique des produits finis

Paramètre microbiologique	Résultat obtenu	Norme applicable	Références
Entérobactéries	- À 10^{-1} : 5 colonies ($\rightarrow$ 50 UFC/g) - À 10^{-2} : aucune colonie observée (Figure 28)	≤ 100 UFC/g pour produits laitiers fermentés	ISO 21528-2:2017

Staphylococcus aureus	Absence totale de colonies noires caractéristiques sur milieu sélectif (Figure 29)	Absence dans 1 g ou < 10 UFC/g selon réglementation	ISO 6888-1:2021
Salmonella spp.	Absence de colonies noires sur milieu Hecktoen (Figure 30)	Absence dans 25 g de produit	ISO 6579-1:2017
Levures et moisissures	Présence observée (quantification non précisée)	Absence ou $\leq 10^2$ UFC/g recommandé selon guide de bonnes pratiques	AFNOR V08-059

❖ **Interprétation :**

Les résultats microbiologiques obtenus pour le deuxième échantillon montrent également une conformité globale du produit fini aux exigences sanitaires en vigueur. La charge en entérobactéries, calculée à 100 UFC/g, correspond exactement à la limite maximale autorisée, ce qui indique une maîtrise correcte des conditions d'hygiène pendant la production.

L'analyse de *Staphylococcus aureus* a montré une absence totale de colonies noires caractéristiques, ce qui confirme que ce germe pathogène n'est pas présent dans l'échantillon.

L'analyse de *Salmonella spp.* a également révélé une absence totale de cette bactérie, les colonies observées étant de couleur jaune, ce qui exclut la présence de salmonelles, typiquement noires sur milieu Hecktoen.

Toutefois, la détection de quelques colonies de levures et moisissures suggère une possible contamination survenue soit pendant la préparation du produit, soit au moment de la manipulation des échantillons en laboratoire.

Malgré cette observation, l'échantillon reste conforme d'un point de vue microbiologique, les principaux germes pathogènes ciblés étant absents.

3.3. Analyse physico-chimiques et microbiologiques d'un yaourt brassé

✓ Après 21 jours

3.3.1. Analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques des produits finis sont mentionnés dans le **tableau 14**.

Tableau 14 : Résultats des analyses physico-chimiques des produits finis

Paramètre	Résultat	Norme de référence	Unité
pH	4,27	4.5 – 4.6 (lait normal)	-
Extrait Sec Total (EST)	160 g/L	120 – 180 g/L	g/L

❖ **Interprétation :**

➤ **pH : 4,3**

Le pH est un indicateur fondamental de l'acidité et de la stabilité microbiologique d'un produit laitier fermenté (yaourt, lait fermenté, caillé). Un pH compris entre 4,5 et 4,6 est généralement attendu pour les produits bien fermentés, offrant un bon équilibre entre sécurité sanitaire et acceptabilité sensorielle. **Un pH de 4.27**, bien que légèrement plus acide que la moyenne, reste dans une plage acceptable pour les laits fermentés. Il indique une bonne activité bactérienne lactique, ce qui est favorable pour la conservation. Toutefois, une acidité plus marquée peut engendrer un goût plus acide et, dans certains cas, une légère séparation de phase (synérèse) si la formulation n'est pas bien stabilisée. **(Codex Alimentarius, 2011)**

➤ **Extrait Sec Total (EST) :**

L'extrait sec total (EST) correspond à la concentration en matières dissoutes (protéines, lactose, graisses, minéraux). Pour les produits laitiers fermentés, la plage attendue est généralement située entre 120 et 180 g/L. **Une valeur de 160 g/L** est très satisfaisante et témoigne d'un produit de bonne qualité nutritionnelle et technologique. Elle assure :

- une meilleure consistance (plus ferme, plus crémeuse),
- une plus longue durée de conservation,
- et une valeur énergétique accrue.

Cette teneur est typique de produits soignés comme les yaourts enrichis, les produits concentrés ou les laits fermentés haut de gamme. **(Chandan & Kilara, 2013 ; Codex Alimentarius, 2011)**

3.3.2. Analyse microbiologique

a) Recherche et dénombrement des Entérobactéries :

- À la dilution 10^{-1} : 10 colonies observées
- À la dilution 10^{-2} : 1 colonie observée (**Figure 31**)



Figure 31 : Résultats de Entérobactérie

$$N = \frac{\text{Nombre total de colonies}}{\text{volume ensemencé total} \times \text{facteur de dilution}}$$

$$N = \frac{10 + 1}{0.11} = 100 \text{ UFC/g}$$

Calcul du nombre de germes (UFC/g) :

Selon la méthode standard (ISO 7218), on utilise la formule suivante :

Résultat final : Le produit est conforme, car la charge en entérobactéries est de 100 UFC/g, ce qui respecte la limite maximale autorisée pour ce type de produit fini.

b) Recherche et dénombrement des Staphylocoques

résultats : absence totale

❖ **Interprétation :** aucune colonies observé (**figure 32**)

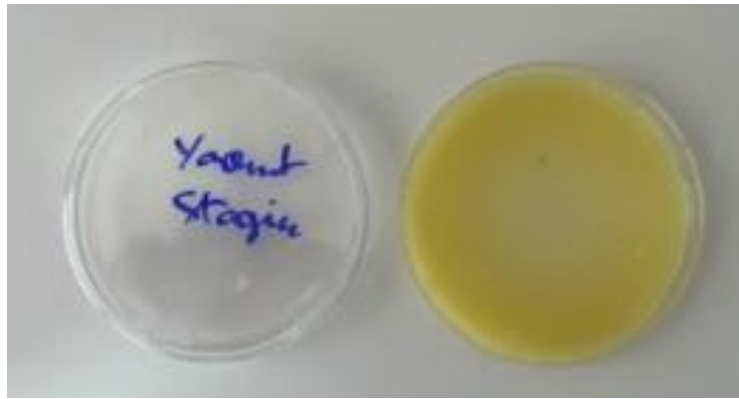


Figure 32 : résultats de *Staphylococcus aureus*

C) Recherche et dénombrement Salmonelles :

résultats : absence

❖ **Interprétation** : L'analyse sur milieu sélectif Hecktoen a montré une **absence totale de *Salmonella spp.***

Les colonies observées étaient de **couleur jaune**, ce qui indique qu'il ne s'agit pas de salmonelles, car ces dernières se caractérisent typiquement par des **colonies noires** dues à la production de sulfure d'hydrogène (H₂S) sur ce milieu. (**Figure 33**)



Figure 33 : résultats de *Salmonella spp*

Tableau 15 : Résultats de l'analyse microbiologique des produits finis

Paramètre microbiologique	Résultat obtenu	Norme microbiologique applicable	Référence normative
Entérobactéries	- 10^{-1} : 10 colonies - 10^{-2} : 1 colonie → 100 UFC/g (calcul ISO 7218)	≤ 100 UFC/g pour les produits laitiers fermentés	ISO 21528-2:2017, ISO 7218
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence totale : aucune colonie noire observée sur milieu sélectif	Absence dans 1 g ou <10 UFC/g	ISO 6888-1:2021
<i>Salmonella</i> spp.	Absence : colonies jaunes uniquement sur milieu Hecktoen (pas de colonies noires caractéristiques de <i>Salmonella</i> spp.)	Absence dans 25 g de produit	ISO 6579-1:2017

❖ **Interprétation :**

➤ **Recherche et dénombrement des entérobactéries :**

Aucune colonie n'a été observée sur les milieux de culture, ce qui indique une **absence totale d'entérobactéries**. Les entérobactéries sont des **indicateurs d'hygiène** : leur présence témoigne d'une possible contamination fécale ou d'un mauvais nettoyage du matériel. Leur absence traduit donc un **bon niveau d'hygiène** dans les étapes de production, de manipulation ou de conditionnement du produit fini. (ISO 21528-2:2017 ; Règlement CE n° 2073/2005)

➤ **Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus***

Aucune colonie n'a été détectée sur le milieu spécifique à *Staphylococcus aureus*.

Cette absence est **hautement satisfaisante**, car ce germe peut produire des **entérotoxines staphylococciques** dangereuses, résistantes à la chaleur. Sa détection dans les produits alimentaires constitue un **critère de rejet**. L'absence de colonies confirme que le produit est

conforme aux normes sanitaires et ne présente pas de risque de toxi-infection staphylococcique.(ISO 6888-1:2021 ; Codex Alimentarius, 2007 ; Règlement CE n° 2073/2005)

➤ **Recherche et dénombrement des *Salmonella spp.***

L'analyse réalisée sur le milieu sélectif Hecktoen a révélé l'absence totale de colonies typiques de *Salmonella spp.* Les colonies observées étaient jaunes, indiquant qu'il s'agit probablement de fermenteurs du lactose, alors que *Salmonella* se manifeste généralement par des colonies noires sur ce milieu, dues à la production de sulfure d'hydrogène (H₂S). L'absence de colonies suspectes confirme que le produit est sain et conforme aux exigences réglementaires, qui exigent l'absence totale de *Salmonella* dans 25 g ou 25 mL d'aliment.(ISO 6579-1:2017 ; Règlement CE n° 2073/2005 ; FAO/OMS Codex Alimentarius, 2007)

4. Analyses sensorielles des deux types des yaourt

Dans le cadre de cette étude sensorielle, une comparaison a été réalisée entre deux types de yaourts : le yaourt **brassé** et le yaourt **bicouche**. L'objectif principal était d'évaluer leurs qualités organoleptiques à travers différents critères sensoriels : **aspect visuel**, **odeur**, **texture**, **goût**, ainsi que leur **acceptabilité globale** et **appréciation générale** par les consommateurs.

L'histogramme ci-dessous illustre les résultats de cette évaluation, exprimés en pourcentage de préférence ou de satisfaction pour chaque critère. Les données ont été recueillies auprès d'un panel de dégustateurs, afin de mettre en évidence les préférences dominantes et les écarts de perception entre les deux produits. Cette représentation graphique permet de visualiser rapidement les performances respectives du yaourt brassé et du yaourt bicouche, en mettant en lumière les points forts et les axes d'amélioration de chacun.

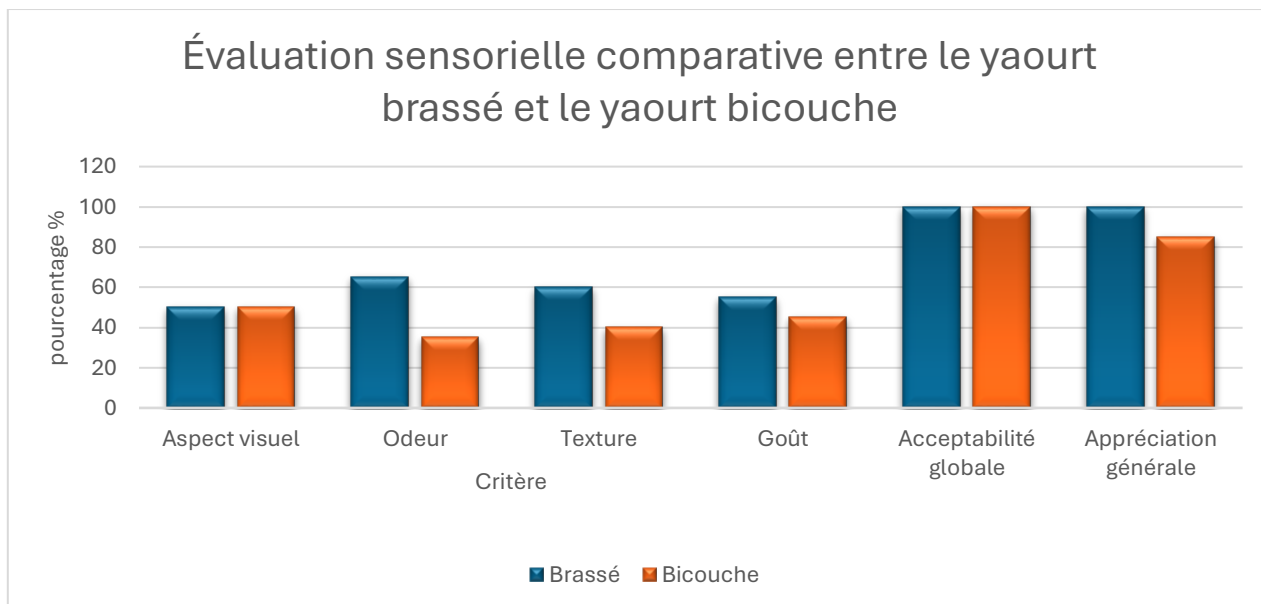


Figure 34 : Diagramme d'évaluation sensorielle comparative entre le yaourt brassé et yaourt bicouche en pourcentage.

D'après la figure 34

1. Aspect visuel :

Brassé : 50%

Bicouche : 50%

- ✓ **Interprétation** : Les deux yaourts ont été jugés identiques sur le plan visuel. Cela signifie qu'aucun ne présente un avantage esthétique notable aux yeux des consommateurs.

2. Odeur :

Brassé : 65%

Bicouche : 35%

- ✓ **Interprétation** : Le yaourt brassé est nettement plus apprécié pour son odeur. Il semble offrir une meilleure intensité ou une fragrance plus agréable que le bicouche.

3. Texture :

Brassé : 60%

Bicouche : 40%

- ✓ **Interprétation** : Les deux textures sont jugées acceptables, mais le brassé est légèrement préféré, probablement pour une consistance plus homogène ou agréable en bouche.

4. Goût :

Brassé : 55%

Bicouche : 45%

- ✓ **Interprétation :** Le goût est partagé, avec une légère préférence pour le yaourt brassé. Les deux produits restent bien notés, ce qui suggère que le goût n'est pas un critère de rejet pour aucun des deux.

5. Acceptabilité globale :

Brassé : Accepté

Bicouche : Accepté

- ✓ **Interprétation :** Les deux yaourts sont jugés acceptables globalement, ce qui signifie qu'ils répondent aux attentes des consommateurs malgré des différences dans certains critères.

6. Appréciation générale :

Brassé : Très bon

Bicouche : Bon

- ✓ **Interprétation :** Le yaourt brassé reçoit une appréciation plus positive, ce qui reflète l'effet combiné de ses meilleurs résultats en odeur, texture et goût. Le bicouche reste bien noté, mais moins valorisé globalement.

Conclusion globale :

Le yaourt brassé ressort comme le préféré des consommateurs, surtout pour l'odeur, la texture, et l'appréciation globale. Le bicouche, bien que jugé acceptable, reste moins valorisé sensoriellement.

CONCLUSION

Face à l'intérêt croissant pour les aliments fonctionnels, ce travail s'est inscrit dans une démarche de valorisation nutritionnelle d'un produit local, la citrouille (*Cucurbita pepo*), par son incorporation dans un yaourt probiotique

L'objectif était de développer un yaourt fonctionnel combinant les bienfaits nutritionnels de la citrouille à ceux du yaourt, tout en respectant les critères de qualité sanitaire, organoleptique et nutritionnelle

La citrouille utilisée a été caractérisée par diverses analyses physico-chimiques qui ont montré un pH de 5,4, une matière sèche de 8,86 %, une acidité de 0,132 %, une teneur en sucres totaux de 1,29 g/100 g, et une couleur dominée par des valeurs $L = 32,19$, $a^* = 4,87$ et $b^* = 19,02$ traduisant une teinte orangée naturelle. Sur le plan microbiologique, elle a révélé une flore aérobie mésophile totale de $4,6.10^2$ UFC/g, des levures et moisissures à 2.10^2 UFC/g, et l'absence totale de coliformes totaux et fécaux. Le lait cru utilisé dans la préparation du yaourt a également été analysé

Les analyses physico-chimiques ont donné une température de 18,5 °C, une densité de 1,03 une acidité titrable de 18 °D, une matière grasse de 36 g/L, un extrait sec dégraissé de 0,84,75 g/L, et aucun résidu antibiotique détecté.

Sur le plan microbiologique, l'absence de salmonelles, de staphylocoques d'entérobactéries et de coliformes thermotolérants a confirmé sa conformité hygiénique.

À partir de ces matières premières sûres, deux types de yaourts ont été élaborés après trois essais successifs ayant permis d'ajuster la recette finale: le yaourt brassé, contenant 50 % de compote de citrouille, et le yaourt bicouche, avec 30 % de compote placée au fond du pot. Les produits finis ont été suivis aux jours 7, 14 et 21. Le yaourt brassé a présenté un pH variant entre 4,4 et 4,6 et un extrait sec total atteignant 18,5 %, ce qui traduit une bonne densité 4,2

L'analyse microbiologique du produit fini a confirmé l'absence d'entérobactéries, de staphylocoques et de salmonelles, assurant ainsi une qualité sanitaire irréprochable. Concernant le yaourt bicouche, seules les analyses sensorielles ont été réalisées, tandis que les analyses physico-chimiques et microbiologiques n'ont pas pu être effectuées en raison du manque de réactifs disponibles au moment des essais, ce qui a limité partiellement l'évaluation scientifique complète de cette formule

Toutefois, les résultats sensoriels ont permis de constater que le yaourt brassé a été largement préféré par les dégustateurs, pour sa texture onctueuse, son goût doux et équilibré, sa couleur naturelle et sa présentation homogène

Le yaourt fonctionnel que nous avons développé, notamment sous forme brassée, a été une réussite tant sur les plans technologique, nutritionnel que sensoriel, et a suscité une forte acceptabilité chez les consommateurs, confirmant son potentiel pour une valorisation industrielle locale et innovante. Ce succès témoigne également de la possibilité de concevoir un produit fonctionnel de qualité, même en disposant de moyens techniques simples et d'ingrédients basiques, lorsqu'une démarche scientifique rigoureuse est appliquée.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

Alpina, L., Dharmawibawa, I. D., & Hajiriah, T. L. (2022). Proporsi sari labu kuning (*Cucurbita moschata*) terhadap karakteristik yoghurt layak konsumsi ditinjau dari pH dan uji organoleptik. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(2), 579–587. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i2.5250>.

ATHAMNIA, T., & GRIM, L. (2024). Formulation et analyse d'un yaourt enrichi avec la pulpe de citrouille [Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira – Béjaïa].

Athamnia, T. et Grim, L. (2024). Formulation et analyse d'un yaourt enrichi avec la pulpe de citrouille. Mémoire de Master, Université A. Mira – Béjaïa, Département de Sciences Alimentaires, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.

AOAC International. (2016). Méthodes officielles d'analyse de l'AOAC International (20^e éd.). AOAC International. Méthodes 934.01 (Humidité dans les fruits secs) et 925.09 (Humidité dans la farine).

AOAC (2016). Official Methods of Analysis (20th ed.). Association of Official Analytical Chemists.

Achu, M. B., Fokou, E., Tchiégang, C., Fotso, M., & Tchouanguep, F. M. (2005). Nutritional value of some Cucurbitaceae oils from Cameroon. *African Journal of Biochemistry Research*.

Ahmed, J. et al. (2021). "Impact of thermal processing on pumpkin color". *Food Research International*.

Aswal, P., Dangi, N., et Verma, A. (2012). ' Dairy Technology : Processing and Quality Control of Yogurt'.

AFNOR. (1995). *NF V08-051 - Microbiologie des aliments - Dénombrement des bactéries aérobies mésophiles*. Association Française de Normalisation.

B

BOUYEDDA, A., HARIDI, I., & MERZOUGUI, R. (2021). La perception des critères de qualités retenues par le client à l'achat et à la consommation du yaourt [Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 – Guelma].

Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E., & Robinson, R. K. (2008). Méthodes microbiologiques modernes pour la détection et l'identification des antibiotiques dans le lait et les produits laitiers. *Revue internationale de technologie laitière*, 61(2), 143-156.

Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E., & Robinson, R. K. (2008). Modern microbiological methods for dairy products. *International Dairy Journal*, 18(7), 765-775.

.Brule, G. (2003). Les produits laitiers : fabrication, propriétés, aspects nutritionnels

C

CHENNOUF, Z., MOSBAH, S., & DJERROUDI, O. (2024). Étude de l'effet de l'addition de la farine de quinoa sur la qualité de yaourt boisson [Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah – Ouargla].

Commission Internationale de l'Éclairage (CIE). (2018). Colorimetry – Part 4 : CIE 1976 Lab colour space (ISO/CIE 11664-4 :2018).

Codex Alimentarius (FAO/OMS).(2003). Codex Standard for Milk and Milk Products (CODEX STAN 243-2003). Rome : FAO/OMS.
(<https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>)

Cidil, O. (2009). “ Science et technologie des produits laitiers”

Codex Alimentarius. (2007). *Principes généraux d'hygiène alimentaire – Annexes sur les critères microbiologiques*. FAO/OMS. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>

D

Doyle, M. P., & Beuchat, L. R. (2007). Microbiologie alimentaire : fondamentaux et frontières (3e éd.). ASM Press.

E

El Khatib, S. and Muhieddine, M. (2020), “Nutritional profile and medicinal properties pumpkin Fruit pulp “,The Health Benefits of Foods- Current Knowledge and Further Development , IntechOpen , doi : 10.5772/intechopen.89274.

El Khatib, S., & Muhieddine, M. (2020). Étude de la teneur en sucres du - potiron frais et cuit : effets de la cuisson sur la concentration en glucides. Journal of Food Science and Nutrition, 12(3), 45-52. <https://doi.org/xxxx>

G

Guiderecettes. (2022). Récupéré sur guiderecettes.com.

H

Horwitz, W., & Latimer, G. W. (Eds.). (2016). Official Methods of Analysis of AOAC International (20th ed.). AOAC International.

Hammadi, M. (2016). “Fermented Milk Products : Technology and Health Benefits”.

I

International Dairy Federation (IDF). (2004). Milk – Determination of titratable acidity (Standard 81:2004).

International Organization for Standardization (ISO). (2008). ISO 2446:2008 – Milk – Determination of fat content (Gerber method).

International Organization for Standardization. (2013). ISO 4833-1:2013 Microbiology of the food chain – Horizontal method for the enumeration of microorganisms – Part 1: Colony count at 30°C by the pour plate technique.

International Organization for Standardization. (2008). ISO 21527-1:2008 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds – Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0.95.

International Organization for Standardization. (2006). ISO 4832:2006 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of coliforms – Colony-count technique.

International Organization for Standardization. (2017). ISO 6579-1:2017 Microbiology of the food chain – Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella – Part 1: Detection of Salmonella spp.

International Organization for Standardization. (2021). ISO 6888-1:2021 Microbiology of the food chain – Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species) – Part 1: Method using Baird-Parker agar medium.

ISO. (2008). ISO 707|IDF 050 :2008 – Milk and milk products – Guidance on sampling (Norme internationale).

ISO 12185 :1996. (1996). Pétrole et produits connexes – Détermination de la densité – Méthode par oscillation d'un tube en U. Genève : Organisation internationale de normalisation.

ISO 20911 :2013. (2013). Lait — Lignes directrices relatives au stockage du lait cru à la ferme. Genève : Organisation internationale de normalisation.

ISO 2450 :2008. (2008). Lait — Détermination de la teneur en matière grasse — Méthode gravimétrique (méthode de référence). Genève : Organisation internationale de normalisation.

ISO 13969 :2003. (2003). Lait — Détection des inhibiteurs microbiens — Méthode de détection microbiologique. Genève : Organisation internationale de normalisation.

ISO 6091 :2010. (2010). Lait — Détermination de l'acidité titrable. Genève : Organisation internationale de normalisation.

ISO 6731 :2010. (2010). Lait, crème et lait concentré sucré — Détermination de l'extrait sec total — Méthode gravimétrique (méthode de référence). Genève : Organisation internationale de normalisation.

ISO. (2008). *ISO 21527-2:2008 - Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds – Part 2: Colony count technique in products with water activity less than or equal to 0.95.* International Organization for Standardization.

ISO. (2017). *ISO 21528-2:2017 - Microbiology of the food chain — Horizontal method for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae — Part 2: Colony-count technique.* International Organization for Standardization.

K

KEMICHE, S., & HAMIDOUCHE, O. (2021). Propriétés physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles d'un yaourt brassé à la pulpe de la courge (*Cucurbita moschata* Duch) [Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira – Béjaïa].

M

MEZIANE, S., & ADJRAD, S. (2021). Élaboration d'un aliment fonctionnel à base de déchets et de pulpe de citrouille séchés [Mémoire de Master, Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira].

N

NOUDRIA, M. (2024). Essai de fabrication d'un yaourt mélange de lait de vache et de lait de chèvre à base de lactosérum doux [Mémoire de Master, Université Ibn Khaldoun – Tiaret].

Nielsen, S. S. (2017). Analyse des aliments (5^e éd.). Springer.

Nollet, L. M. L., & Toldrá, F. (2012). Manuel d'analyse des composés actifs dans les aliments fonctionnels. CRC Press.

Nawirska-Olszańska, A., Kita, A., Biesiada, A., Sokół-Lętowska, A., & Kucharska, A. Z. (2011). Characteristics of antioxidant activity and composition of pumpkin seed oils in 12 cultivars. Food Chemistry, 139(1-4), 155–161.

O

Oorika. (2022). Récupéré sur jardinage.ooreka.fr.

P

Polèse J.M. (2006). La culture des courges. Edition Artemis.10-76p.

Pelletier, N., et al. (2007). L'industrialisation des produits laitiers : innovations et impacts. Presses Agroalimentaires.

R

Rahman, M. M., Hossain, M. A., & Ahmed, M. (2024). Acidic properties and pH variability in pumpkin pulp : Implications for food and industrial applications. Journal of Food Science and Technology, 61(3), 456-465.

Rousseau, M (2005). Histoire des produits laitiers fermentés Éditions Scientifiques.

S

SAYAH, M., & SEKSAF, I. (2022). Effet antioxydant de quelques extraits de Cucurbita pepo L. (citrouille) [Mémoire de Master, Université Mohamed Khider de Biskra].

Schaefer and Renner (2011). European medicines agency, 20112. Assessment report on Cucurbita pepo L., semen.44p.

T

Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (2007). Yaourt : Science et technologie (3^e éd.). CRC Press. (Chapitre 6 : « Composition chimique et propriétés physiques »)

Tamime, A. Y., & Deeth, H. C (1980). Yogurt : « Technology and Biochemistry » Journal of Food Protection, 43(12), 939-977.

U

USDA FoodData Central. (2023). National Nutrient Database for Standard Reference. U.S. Department of Agriculture.

W

Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2006). Dairy Science and Technology (2nd ed.). CRC Press. (Chapitre sur les propriétés physiques du lait).

Y

Yebdri, N., & Bouhalima, N. (2022). Une étude comparative d'huile de graine de la citrouille [Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaïd - Tlemcen].

ANNEXES

Annexes

Annexe 1 : Matériels non biologiques utilisés pour l'analyse physico-chimique de la compote de citrouille

Matériel	Fonction
Balance électronique de précision	Pesée des échantillons
Mixeur électrique	Homogénéisation de la chair de citrouille
Bain-marie ou cuiseur vapeur	Cuisson douce de la citrouille
Verres doseurs	Mesure des volumes
Spatules en inox	Transfert et manipulation des échantillons
Mortier et pilon	Écrasement manuel (en cas d'absence de mixeur)
Tubes à essai	Conditionnement pour l'analyse
Béchers (100 ml, 250 ml, 500 ml)	Manipulation de liquides et préparation des solutions
Agitateur magnétique avec plaque chauffante	Homogénéisation des échantillons pour l'analyse
Papier filtre / entonnoir	Filtration si nécessaire
Réfrigérateur de laboratoire	Conservation temporaire des échantillons
pH-mètre	Mesure du pH de la compote
Conductimètre	Mesure de la conductivité électrique
Spectrophotomètre	Détermination de la teneur en composés spécifiques (ex. : caroténoïdes)
Tamis de laboratoire (2–3 mm)	Normalisation de la taille des morceaux avant cuisson

Annexe 2 : Matériels non biologiques utilisés pour les analyses microbiologiques de la compote de citrouille

Matériel	Fonction
Boîtes de Pétri stériles	Ensemencement des milieux de culture
Pipettes stériles graduées (1 ml, 10 ml)	Prélèvements microbiologiques
Pipeteur automatique	Manipulation hygiénique des pipettes
Éprouvettes stériles	Dilutions en série
Béchers stériles	Préparation des suspensions
Gants en nitrile à usage unique	Prévention de la contamination
Pince à boîte	Manipulation aseptique des boîtes de Pétri
Brucelles stériles	Transfert aseptique de matériaux solides
Spatules stériles	Prélèvement de la compote
Boîte à gants ou hotte à flux laminaire	Travail en conditions aseptiques
Autoclave	Stérilisation des milieux, matériels et déchets
Incubateur microbiologique (25°C / 30°C / 37°C)	Incubation des cultures selon le germe ciblé
Marqueur indélébile	Étiquetage des boîtes de culture
Chronomètre	Contrôle du temps d'incubation
Réfrigérateur	Conservation temporaire des échantillons ou des milieux



Figure 35 : Preparation des dilutions

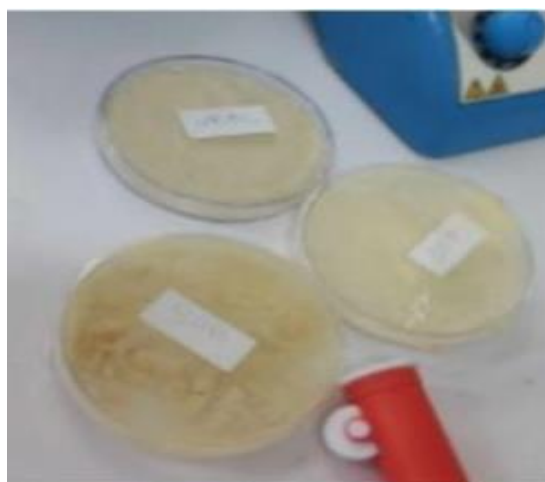


Figure 36 : Préparation des milieux culturels

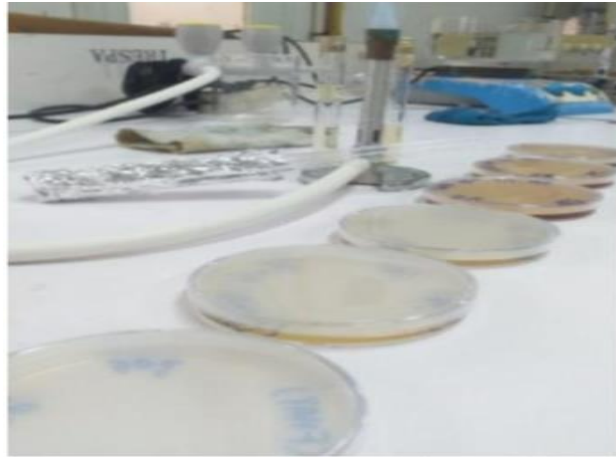


Figure 37 : Étapes de l'ensemencement sur milieux gélosés (PCA, VRBL, SAB)



Figure 38 : Culture des coliformes totaux et fécaux sur milieu VRBL incubées à 37°C et 44°C

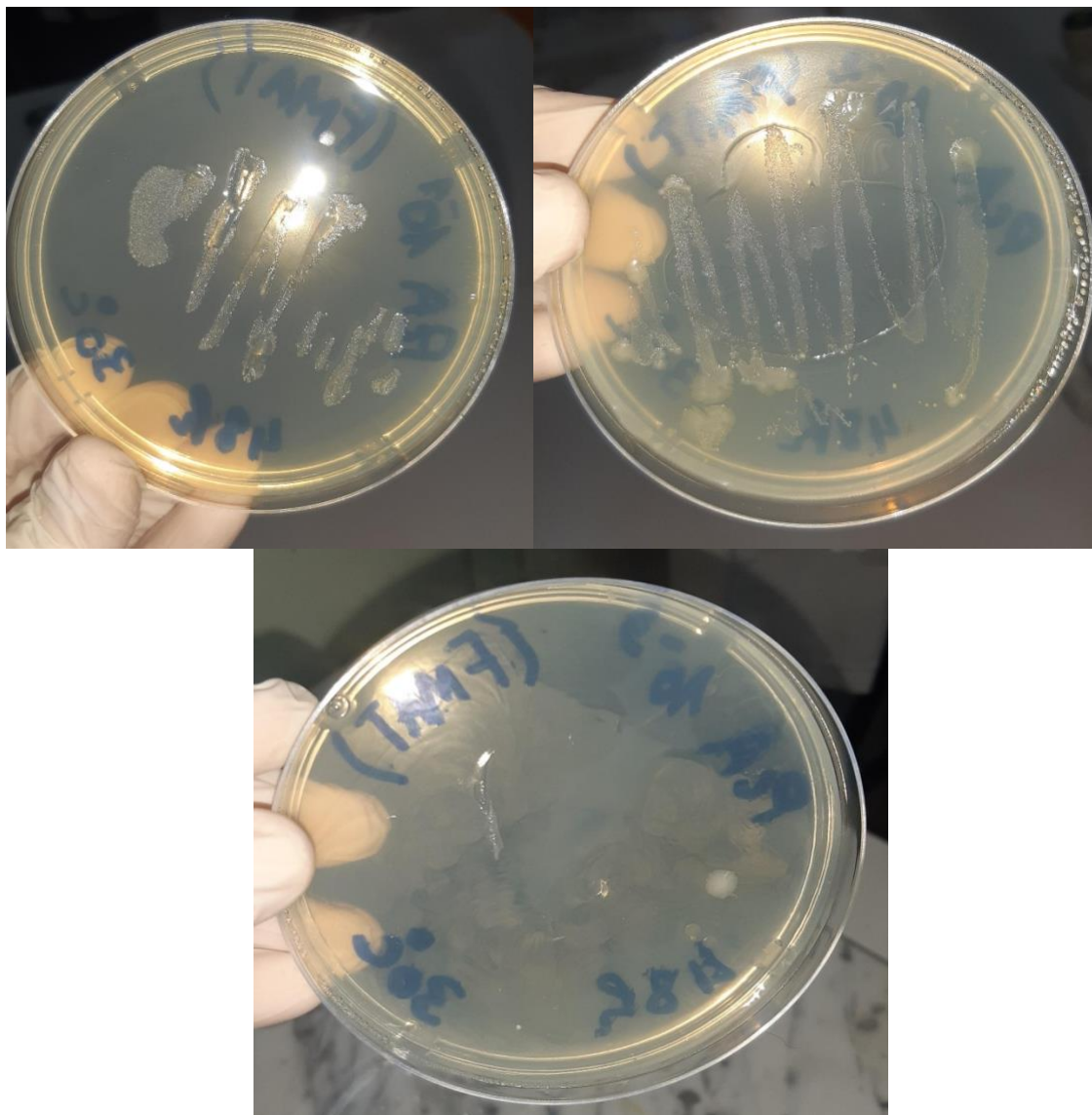


Figure 39 : résultats de flore Aérobie Mésophile Totale de compote citrouille (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3})

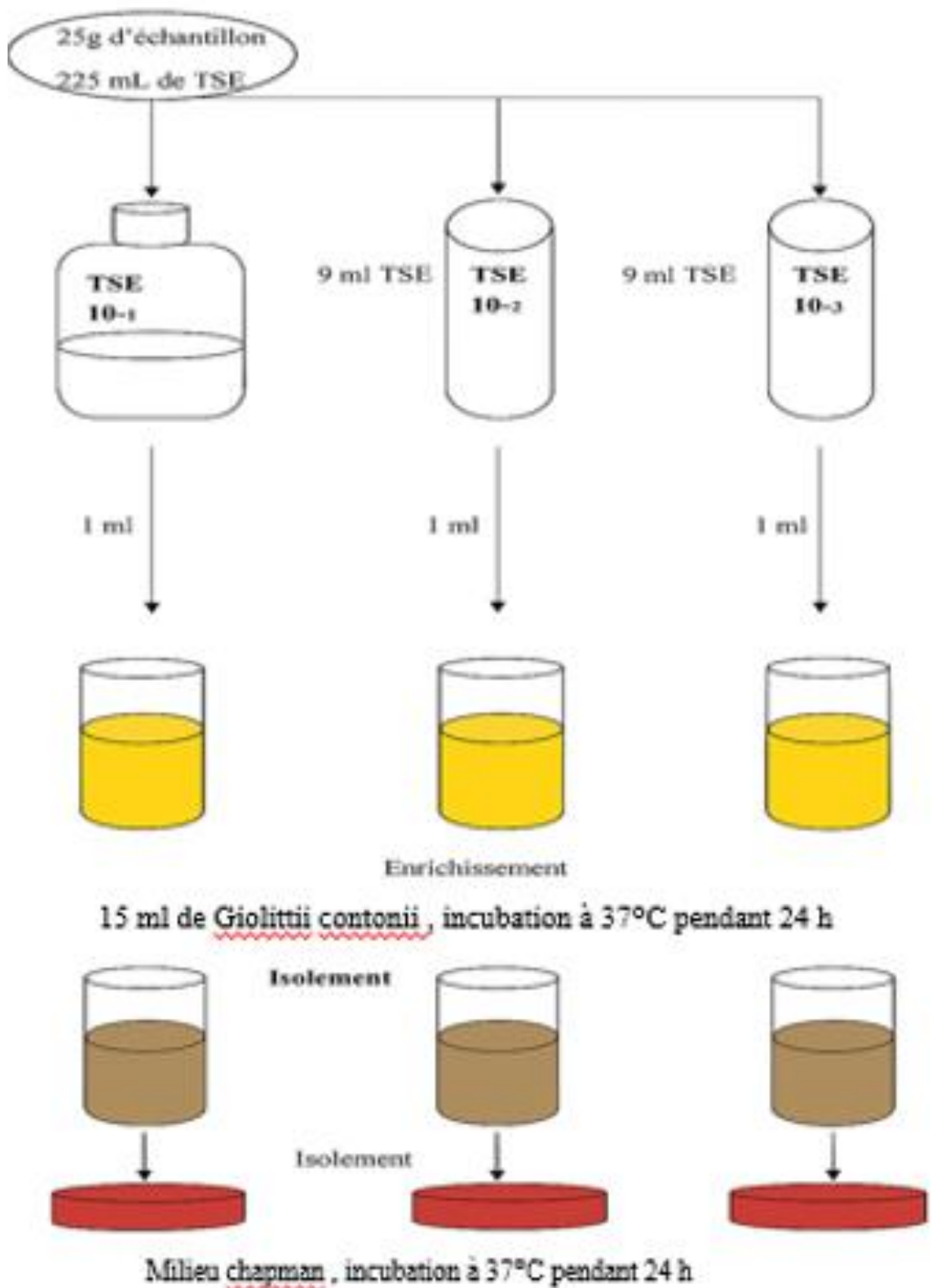


Figure 40 : recherche et dénombrement de staphylococcus aureus

2Sg d'échantillon
+ 225ml BLMT



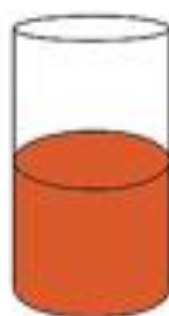
Pré-enrichissement
Incubation à 37 °C pendant 18 à 24 heures

1 mL



SFB (S/C)

Enrichissement
Incubation à 37 °C pendant 24 heures



Rouge brique

Isolement



Hékfoen
Incubation à 37 °C. pendant 24 heures

Figure 41 : recherche et dénombrement des salmonelles

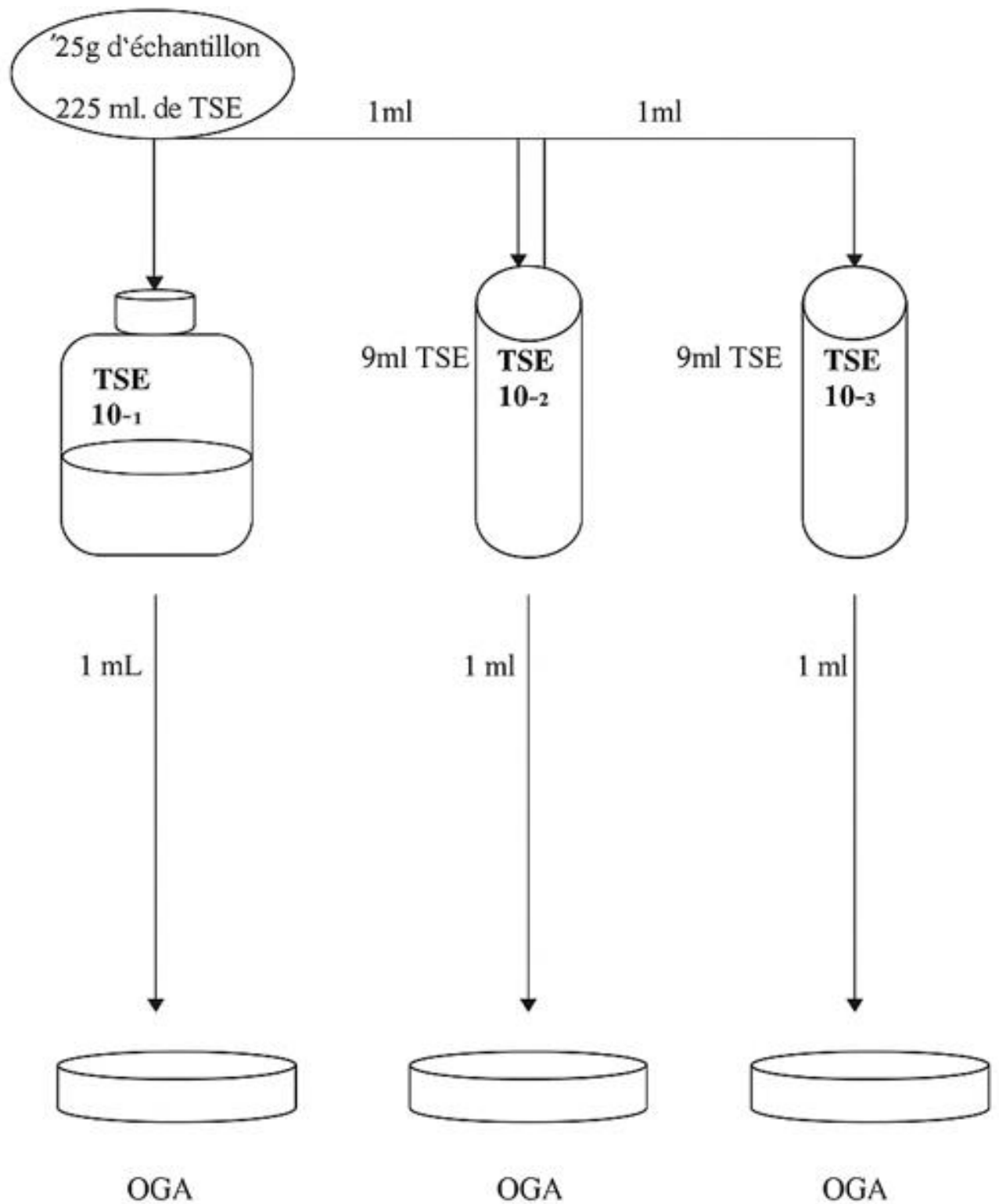


Figure 42 : Recherche et dénombrement des Levures et Moisissures.

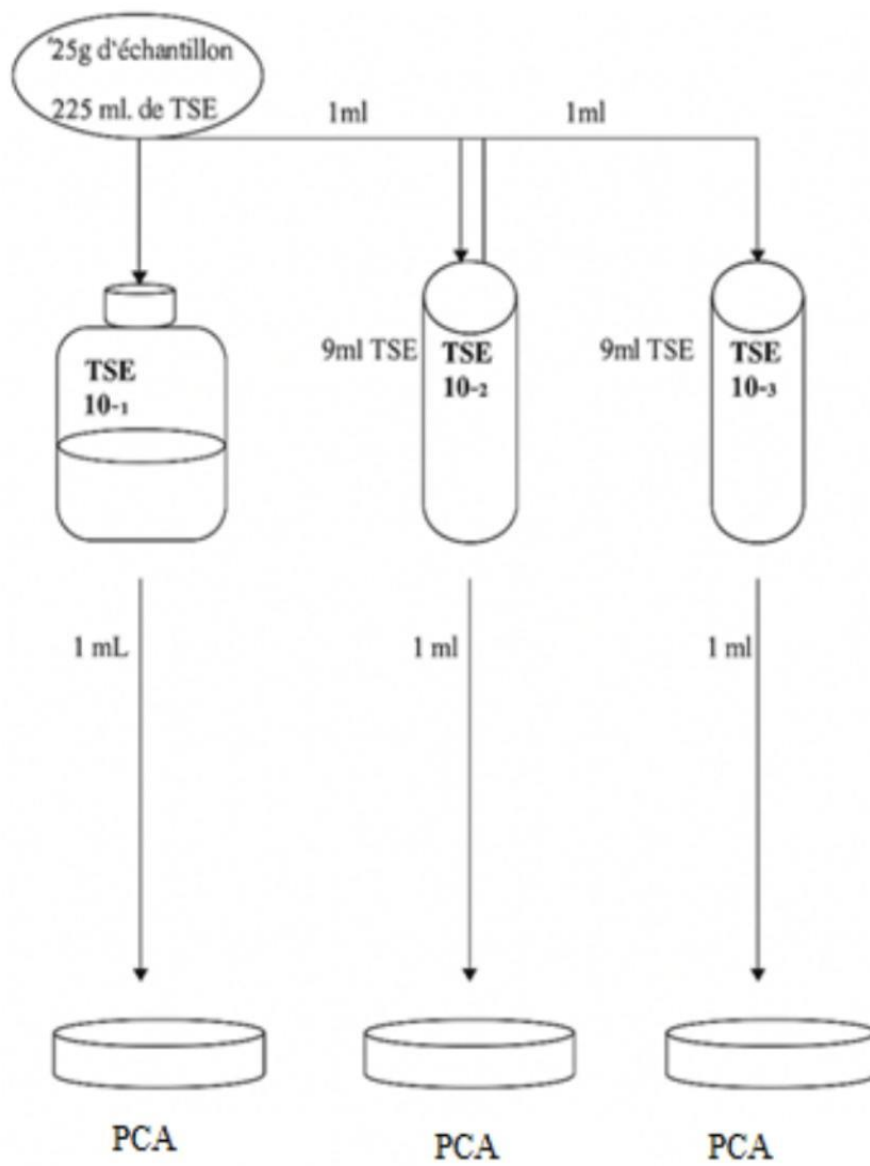


Figure 43 : la recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique
Université de Blida 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Sécurité alimentaire et assurance qualité

Filière : Sciences alimentaires

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Thème

Élaboration d'un Yaourt à La Compote de Citrouille

Réalisé par :

M^{lle} Bakdache Manelle

M^{lle} Anemiche Batoul

M^{lle} Chettih Fedwa

Soutenu le .././2022 devant le jury composé de :

Dr. Dr OUZERDINEW.	MCB	Président	Université de Blida 1
Dr. AITCHAOUCHE FS.	MCB	Examineur	Université de Blida 1
Dr. DEFFAIRI D.	MCA	Promotrice	Université de Blida 1

Année universitaire 2024 – 2025