

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Kasdi Merbah -Ouargla

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Science Biologique



Mémoire de Master Académique

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Contrôle de Qualité et Sécurité Alimentaire

Thème

**ÉTUDE COMPARATIVE DU YAOURT PRODUIT À BASE DE
GÉLATINE DE CAMLIN ET DE BOVINE**

Présenté par

BELLAMINE Mounia

BEN TOUMI Radia

Soutenu Publiquement le : 10/06/2024

Devant le jury

Mme. BOUDJENAH S.	Pr	Présidente	UKM Ouargla
M. ADAMOU A.	Pr	Encadreur	UKM Ouargla
Melle. IMELHAYENE M.	PHD	Co-Encadreur	UKM Ouargla
M. BOURICHA M.	MCB	Examineur	UKM Ouargla

Année Universitaire :

2023/2024

Dédicace

بعد بسم الله الرحمن الرحيم

" يرفع الله الذين آمنوا منكم والذين أوتوا العلم درجات "

Remerciez Dieu pour l'innocence du Créateur à partir de la parole du Président de la Déclaration et de la sagesse. Mon Dieu ne réjouit la nuit qu'en vous remerciant et les moments qu'en vous rappelant. Merci et louange.

Au phare du drapeau et au secrétaire de la mosquée, notre bien-aimé messager

.. صَلَّيْ
عَلَيْهِ
وَسَلِّمْ ..

Au printemps infatigable de donner "Ma précieuse mère" qui m'a mis sur le chemin de la vie et qui m'a entouré de sa tendresse et m'a surpassé grâce à elle et sa générosité et le secret de mon succès en l'appelant Dieu m'a perpétué une lumière qui surplombe ma vie.

Au biographe parfumé, et à la pensée éclairée qui a cherché et mal cherché le réconfort et la louange qui m'a conduit sur le chemin du succès et m'a appris à gravir l'échelle de la vie avec sagesse et patience, à mes modèles de vie "Cher Père" sauvé par Dieu et prolongé son âge.

Pour ceux dont l'amour coule dans mes veines, et qui brillent à eux la rançon de mes frères "Jawad, Ahmed Eid, Bouthina, Hanin et Islam" Dieu les a préservés. A tous les amis et proches avec qui j'ai goûté les plus beaux moments et souvenirs que Dieu a fait à mes sœurs chacun en son nom. Mon binôme « Radia ».

Et enfin «la joie des fins vous oublie la fatigue des bédouins

Mounia

Dédicace



Je dédie ce mémoire

A Mes parents pour sa patience, son amour, sa Soutien et son encouragement.

A Mes Sœurs Racha, Rabab et Hadjira, mes frères soufiene et Mohammed Ali

A Mes chères tantes Source D'espoir de motivation a tous ma famille

A l'âme pure de mes grands-pères رحمة الله عليهم et mes grands-mères pour leurs encouragements

A mes amies sources de joies bonheur: samiha, khawla, Kawther, Rekaia, Bouchra, Ikram, Hania et Amina

A Mounia, chère amie avant d'être Binôme.

A tous mes collègues de promo contrôle de qualité et sécurité alimentaire.

A vous cher le

Radia



Remerciements

Dieu merci pour la grandeur et la générosité de Sa Majesté, pour notre compromis.

Ceux qui n'ont pas remercié le peuple ne remercient pas Dieu, et parce que vous méritez nos remerciements et nos louanges, mon honorable superviseur le professeur "ADAMOU AbdElkader", mon éminent doctorante "IMELHAYENE Meriem", a déclaré que nous profiterions de l'occasion pour vous remercier de votre soutien. Aussi, j'exprime ma profonde gratitude à Mme BOUDJENAH **Saliha**, Professeur à l'Université Kasdi Merbah, Ouargla, pour avoir offert son temps et accepté de présider le comité de discussion de ce travail.

Par ailleurs, je remercie sincèrement Mr. BOURICHA Mohamed, docteur à l'Université Kasdi Merbah, Ouargla, pour avoir accepté d'honorer le comité en participant à l'arbitrage et en enrichissant l'étude.

Ensuite, nous aimerions exprimer notre gratitude à tous ceux qui nous ont aidés pour la durée de notre travail dans les sciences et l'éducation, et en particulier nous aimerions distinguer chaque enseignant par son nom : Mr "BOUZEGZEG Ismail" et le Dr "RAHMANI Youssef", et nous n'oublions pas non plus les deux ingénieures "Marawa CHENINE" et "Iman TEDJANI" pour leur soutien et pour toutes les opportunités que nous avons eues de poursuivre nos recherches.

Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude envers nos parents pour leurs conseils avisés et leur soutien inconditionnel, qui ont toujours constitué notre fondation essentielle. Nous leur adressons nos chaleureux remerciements, notre profonde reconnaissance et notre respect sincère. Que Dieu les récompense généreusement et veille sur eux en tout temps.

"وأخر دعواهم أن الحمد لله رب العالمين"

Mounia et Radia

Liste des abréviations

FRC : Fédération Romande des Consommateurs

ST : Streptococcus thermophiles

LB : Lactobacillus bulgarique

SS : Salmonella Shigella

Abs: absence

MG : matières grasses

FAO : Food and agriculture organisation

EST : Extraits secs totaux

JORA : journal officiel république algérienne

MSNG : matière sèche non grasse

YC: yaourt commercial

YT: yaourt témoin

GC: gélatine cameline

GB: gélatine bovine

CR: color reader

TCAC : taux de croissance annuel composé

PCR : Polymerase Chain Reaction

VRBGA : Violet Red Bile Glucose Agar

Liste des tableaux

Tableau	Tire	Page
01	Nombre d'acides aminés ($\times 1000$ résidus) présents dans les deux types de gélatine et dans le collagène	11
02	Classement des résultats physico-chimiques selon le journal officiel	48
03	Résultats des analyses microbiologiques au début de l'expérience.	51
04	Résultats des analyses microbiologiques après 15 et 20 jours du conditionnement.	53

Liste des figures

Figure	Titre	Page
01	L'origine de la gélatine	08
02	La taille du marché mondial de la gélatine 2020-2023	09
03	La gélatine dans la production pharmaceutique	13
04	Des films photographiques à base de gélatine	13
05	Des bonbons gélifiés	14
06	Streptococcus thermophiles	22
07	Lactobacillus delbrueckii subsp.Bulgaricus	23
08	Diagramme de la fabrication des principaux types du yaourt	26
09	Organigramme de préparation de la gélatine des os de dromadaire	32
10	Organigramme de production du yaourt	34
11	Spectromètre ultraviolet	37
12	Présentation des résultats d'analyse des extraits secs du yaourt	44
13	Présentation des résultats d'analyse de la composition chimique du yaourt	45
14	Présentation des résultats du pH du yaourt	47
15	Présentation des résultats des analyses colorimétriques	49

Liste des photos

Photos	Titre	Page
01	Préparation de l'échantillon	29
02	La déminéralisation et le prétraitement.	30
03	Procédé de purification et de conservation	31
04	Appareils utilisés pour l'analyse des extrais secs totaux et des minéraux	35
05	Evaporateur rotatif	36
06	Mélangeur spirale-Vortex-	37
07	Echelle de coefficient de pH	38
08	Colorimètre	39
09	Spectrophotomètre	39
10	L'analyse microbiologique	43

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

Introduction **01**

Partie I : Etude bibliographique

Chapitre 1. Généralité sur la gélatine

1.1. La gélatine, définition et historique	05
1.2. Les origines de la gélatine	07
1.3. La gélatine dans le monde	09
1.4. Structure et caractéristiques	10
1.4.1. La Gélification	11
1.4.2. Le Ph	11
1.4.3. La Viscosité	11
1.5. Les applications de gélatine	12
1.5.1. Dans l'industrie pharmaceutique	12
1.5.2. Dans l'industrie photographique	13
1.5.3. Autre application de la gélatine	13
1.5.4. Dans l'industrie alimentaire	14
1.6. Gélatine et yaourt	14

Chapitre 2. Le yaourt

2.1. Définition du yaourt	17
2.2. Histoire du yaourt	17
2.3. Types du yaourt	18
2.3.1. Selon le mode de présentation (texture)	18
2.3.1.1. Yaourt « ferme ou étuvé »	18
2.3.1.2. Yaourt « brassé »	18
2.3.1.3. Yaourt « à boire »	18
2.3.1.4. Yaourts 0%, au lait demi-écrémé, ou au lait entier	18
2.3.1.5. Yaourts aux fruits ou aromatisés aux fruits	19
2.3.1.6. Yaourts au lait de chèvre ou de brebis	19

2.3.2. Selon le goût	19
2.3.3. Selon la teneur en matière grasse	20
2.4. Technologie de fabrication du yaourt	20
2.4.1. Ingrédient	20
2.4.1.1. Poudre de lait	20
2.4.1.2. Eau de reconstitution	21
2.4.1.3. Sucre	21
2.4.1.4. Arôme	21
2.4.1.5. Ferments	21
2.4.2. Processus de fabrication	23
2.4.2.1. Préparation et traitement du lait	23
2.4.2.1.1. Enrichissement en matière sèche	23
2.4.2.1.2. Traitement thermique	23
2.4.2.1.3. Homogénéisation	24
2.4.2.2. Développement de la fermentation	24
2.4.2.2.1. Ensemencement	24
2.4.2.2.2. Incubation	25
2.4.2.3. Arrêt de la fermentation	25
2.4.2.4. Refroidissement et Conditionnement	25

Partie II : Etude expérimentale

Chapitre 3. Matériels et Méthode

3.1. Objectifs de l'étude	29
3.2. Matériels et Méthode	29
3.2.1. Extraction de la gélatine	29
3.2.1.1. Préparation des échantillons	29
3.2.1.2. Déminéralisation de l'os	30
3.2.1.3. Prétraitement	30
3.2.1.4. L'extraction	31
3.2.1.5. Séchage	31
3.4. Production de yaourt	33
3.4.1. Matériel biologique/ingrédients	33
3.4.2. Préparation du lait	33

3.4.3. Addition de la gélatine	33
3.4.4. Fermentation du yaourt	33
3.4.5. Repos	34
3.5. Les analyses de la qualité	35
3.5.1. Paramètres physico-chimiques	35
3.5.1.1. La matière sèche et la matière minérale	35
3.5.1.2. Teneur en matière grasse	36
3.5.1.3. Teneur en protéines brutes	37
3.5.1.4. Le pH	38
3.5.1.5. La couleur	39
3.5.1.6. La clarté	39
3.5.2. Les analyses microbiologiques	40
3.5.2.1. Préparation de dilutions	40
3.5.3. Recherche de germe de contamination	40
3.5.3.1. Salmonella Shigella	40
3.5.3.2. Staphylococcus aureus	41
3.5.3.3. Enterobacteriaceae	41
3.5.3.4. Listeria monocytogenes	41
3.5.3.5. Levures et moisissures	42

Chapitre 4. Résultats et discussion

4.1. Paramètres physico-chimiques	44
4.1.1. Les extraits secs totaux	44
4.2. La composition chimique	45
4.2.1. Le pH	47
4.2.2. La couleur et la clarté	48
4.3. Analyses microbiologiques	51
Conclusion	55

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

الملخص

Introduction

Introduction

Le yaourt est un produit fermenté à base de lait créé en ajoutant des ferments lactiques spécifiques. Ces bactéries transforment le lactose du lait en acide lactique, ce qui confère au yaourt une texture épaisse et un goût légèrement acidulé. Les propriétés probiotiques du yaourt, qui favorisent la santé intestinale, ainsi que ses protéines, vitamines et minéraux, sont très prisées (, **Ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi, République française 2009**).

Divers additifs alimentaires peuvent être présents dans les yaourts, ce qui joue un rôle crucial dans leur texture, leur saveur, leur couleur et leur conservation. Les ingrédients ajoutés aux yaourts jouent un rôle essentiel dans la qualité, la préservation et l'attrait du produit final. Ils sont rigoureusement contrôlés afin de garantir la sécurité et la satisfaction des consommateurs. Parmi ces additifs on trouve des épaississants, stabilisants et des conservateurs où la gélatine se place à la tête de ces produits (**Sahan et al., 2008**).

Certains yaourts allégés utilisent le mélange de yaourt et de gélatine pour obtenir une texture onctueuse. L'élimination du gras du lait entraîne une texture plus liquide du yaourt et l'ajout de gélatine permet de recréer une texture crémeuse. La combinaison de yaourt et de gélatine est un exemple intéressant de l'évolution culinaire, en associant des traditions anciennes à des innovations contemporaines afin de créer de nouvelles textures et saveurs (**Schrieber and Gareis, 2007**).

L'utilisation de la gélatine dans les yaourts a été l'objet de débats et de préoccupations au fil des années, notamment en ce qui concerne la transparence de l'origine animale de la gélatine utilisée, ce qui a suscité des interrogations éthiques et de respect des choix alimentaires des consommateurs, essentiellement pour les causes de la restriction de la consommation de la gélatine porcine et bovine résultante des raisons religieuses (**Mariod, and Adam, 2013**).

Récemment, les chercheurs ont cité l'utilisation de la gélatine cameline comme alternative saine et halal à la gélatine porcine (**Jaswir et al., 2019 ; Al-Hassan et al., 2021 ; Fawale et al., 2021 ; Ahmed et al., 2021**), cependant, cette indication n'explore pas suffisamment les effets de la gélatine cameline lors l'utilisation alimentaires.

Et c'est dans ce contexte, que notre étude vise comme objectif la valorisation de la gélatine cameline dans la production agro-alimentaire et l'incidence de ces effets sur les caractéristiques

physico-chimiques et microbiologiques du yaourt en le comparant au yaourt fabriqué à partir d'autres sources de gélatines.

D'où la question de recherche qui constitue notre point de départ:

Est-il intéressant de produire un yaourt à base de la gélatine cameline et quel effet de ce dernier sur les caractéristiques biochimiques et microbiologiques du yaourt en le comparant à d'autres types de la gélatine ?

Partie I
Etude bibliographique

Chapitre 01 :
Généralité sur la gélatine

1.1. La gélatine, définition et historique

Gommes animales, les gélatines et les gelées sont des noms différents pour désigner la même substance : Extrait de l'hydrolyse partielle des fibres de collagène (**GMIA, 2019**).

Étymologiquement le terme gélatine provient du mot latin (*gelatus*) qui signifie la capacité de forme et un gel (**Kurdi et Al-Baghdadi, 2010**). Et « *gelar* » qui signifie « geler » (**Online etymology dictionary, 1713**).

La gélatine est une substance transparente, incolore ou légèrement jaunâtre, sans goût ni odeur et a une capacité de collagène (**Srividya et al., 2014**).

La gélatine est un bio polymère formé lorsque des fibres de collagène sont chauffées au-dessus de leur point de rupture dans un milieu alcalin ou acide (**Bello et al., 2020, Tan et al., 2018**).

Selon l'arrêté royal relatif à la gélatine alimentaire (**Albert, 2000**) : La gélatine est toute protéine naturelle soluble, qu'elle soit gélifiée ou non, obtenue par réhydratation partielle du collagène.

La gélatine est utilisée comme stabilisant, en particulier dans les produits laitiers (**Gimenez et al., 2005**). D'ailleurs pour l'industrie agro-alimentaire, la gélatine est également utile dans la médecine, la pharmacie, la photographie et l'industrie. Depuis près de 8000 ans, la gélatine est un composé biologique qui est utilisé dans de nombreux domaines :

- Au Moyen Âge, elle était utilisée comme un liant pour les peintures des hommes du Moyen Âge. Dès la haute antiquité (4000 avant JC), en Égypte, les artisans fabriquaient de la colle à partir de peaux et d'os d'animaux pour assembler des pièces de bois (**Walker, 1998**).

- L'utilisation de la gélatine en cuisine est mentionnée pour la première fois il y a 500 ans. Elle était fabriquée à partir de pieds de veau et était utilisée pour la fabrication de plats marinés servis régulièrement à la cour du roi d'Angleterre Henry VIII.

- Depuis près de deux siècles, la gélatine est employée pour fabriquer des capsules de médicaments (dures et molles). En plus de procurer un confort au patient, ces capsules permettent une libération contrôlée du médicament qu'elles contiennent.

- Depuis la fin du XIXe siècle, la gélatine est également utilisée dans le domaine de la photographie pour la préparation des films photographiques et radiographiques.

- Enfin, depuis longtemps, la gélatine est intégrée dans la composition de nombreux produits. Les produits cosmétiques ont à la fois une fonction de texturant et d'actif (**Portier, 2016**).

Les pratiques des anciens Égyptiens ont donné naissance à l'industrie de la gélatine, qui exploitait les produits gélatineux issus de la cuisson des animaux à différentes fins, telles que la fabrication de colle et la préparation de bouillon. Le mot gélatine est issu du latin *gelatus*, qui signifie « congeler ». La gélatine médicale, développée en 1834 par François Mathers en France, et la gélatine industrielle, en 1818, ont élargi son utilisation. Son utilisation dans la cuisine a été facilitée par des brevets accordés en 1845. Même après son entrée dans le commerce, sa production complexe en faisait un symbole de richesse et de sophistication, réservé aux cuisiniers expérimentés. La chronologie suivante montre l'évolution de l'industrie de la gélatine depuis l'époque égyptienne :

- 1682 : Denis Papin, un scientifique français, découvre une méthode de production de gélatine en cuisant des os d'animaux pour éliminer la substance collante, créant ainsi un produit sans goût, odeur ou couleur lorsqu'il est ajouté à l'eau.
- 1754 : Un chercheur anglais reçoit le premier brevet pour la fabrication de gélatine.
- 1800-1815 : Les Français découvrent la valeur nutritionnelle de la gélatine et l'utilisent comme source alimentaire de protéines, notamment pendant les guerres.
- 1818 : La première production de gélatine synthétique a lieu à Lyon, en France, utilisée principalement pour la production de gomme.
- 1845 : La gélatine séchée est fabriquée pour la première fois en Écosse et exportée aux États-Unis.
- 1845 : L'industriel Peter Cooper obtient un brevet pour sa "gélatine portable", une poudre de gélatine qui se dissout dans l'eau, mais cette invention ne trouve pas un large usage à l'époque.
- 1860 : La gélatine est de plus en plus utilisée dans d'autres secteurs comme la photographie.
- 1874 : Hartley's, une société anglaise, commence à fabriquer et produire de la gélatine.
- 1889 : La Plymouth Rock Gélatine Compagnie à Boston reçoit un brevet pour la production de gélatine phosphatée.
- 1894 : Charles Knox fabrique la première gélatine sous forme de pilule, offrant une alternative pratique et de qualité supérieure. La société commence à emballer des feuilles de gélatine séchées et à promouvoir leur utilisation dans les recettes.
- 1895 : La Pearl White Compagnie commence à ajouter de la gélatine aux jus de fruits, créant ainsi le dessert "Jello" qui devient populaire.

- 1899 : Francis Woodward achète le nom commercial "Jello" et le commercialise avec succès en utilisant des techniques modernes de réfrigération.
- 1900 : Les expériences sur la gélatine alimentaire continuent, améliorant la qualité des produits.
- 1902 : La Woodward Company lance une grande campagne publicitaire pour promouvoir les bonbons Jello, les présentant comme "le bonbon préféré de l'Amérique".
- 1923 : La Woodward Company devient la General Food Corporation après le succès des bonbons Jello.
- 1927 : Les bonbons au chocolat Jello sont inventés pour la première fois, mais ne rencontrent pas le succès.
- 1930 : L'invention du bonbon Jello au citron.
- 1934 : Une campagne publicitaire radiophonique est lancée, propulsant Jello au statut de produit célèbre dans le monde entier.
- 1936 : La gélatine aromatisée au chocolat devient populaire, tout comme d'autres saveurs comme la vanille, la noix de coco et la pistache.
- 1940 : La gélatine devient largement utilisée dans le domaine médical, devenant même un produit alternatif au plasma (**El Amine, 2021**).

1.2. Les origines de la gélatine

On peut extraire la gélatine de divers organes de sources animales tels que les peaux, les os, les nageoires et les corps des insectes. En règle générale, on ne tire de la gélatine que des animaux. Les sources principales de gélatine sont les collagènes porcins, bovins et aquacoles (comme les poissons d'eau froide et d'eau chaude) ainsi que la gélatine des insectes (à l'exemple des punaises du sorgho adulte et punaises du melon adulte) (**Zhang et al., 2020**). (**Figure 1**).

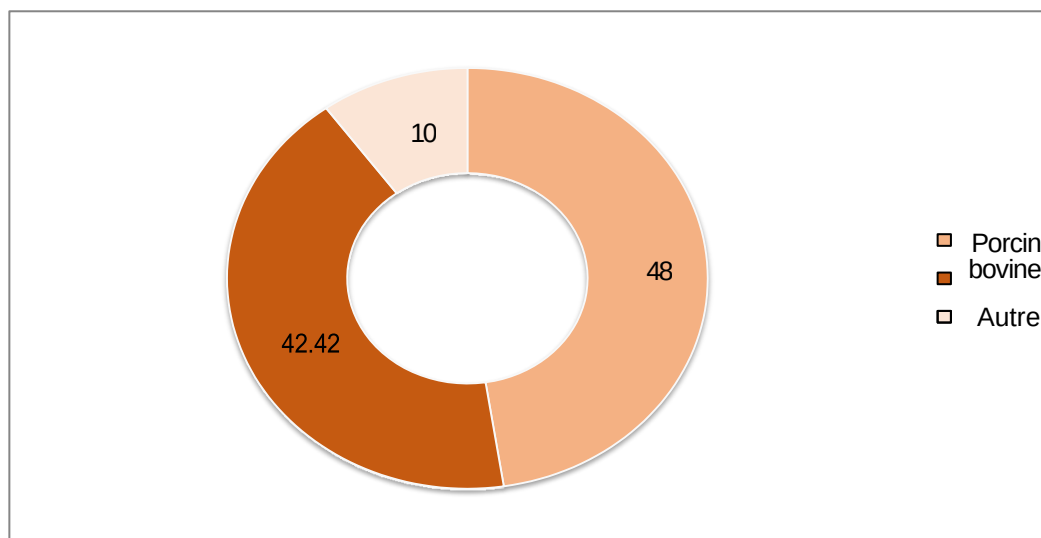


Figure01. Les origines de la gélatine (Zhang et al., 2020).

En 2021, la part de revenus la plus importante provenait de la source porcine, représentant 48 % du marché. Cette domination s'explique principalement par l'augmentation de l'utilisation de la gélatine porcine dans diverses applications alimentaires et boissons. Parallèlement, la demande mondiale croissante de compléments alimentaires, stimulée par l'évolution des préférences des consommateurs vers des régimes sains et riches en protéines, devrait continuer à soutenir la croissance de ce secteur (Karim et Bahat, 2009). La demande de gélatine aussi bien porcine que bovine pourrait être freinée par l'adoption croissante du végétalisme à l'échelle mondiale et la diminution des abattages d'animaux comme les vaches et les buffles, comme le rapporte le Département américain de l'agriculture, Cela a entraîné une baisse de la production de viande bovine dans des pays clés tels que l'Australie, la Nouvelle-Zélande et l'Union européenne sans oublier les restrictions religieuses. Cependant, l'utilisation de gélatine porcine reste répandue, notamment dans les vaccins et les capsules, ce qui devrait stimuler la croissance de cette industrie selon le National Health Service. Bien que les réglementations gouvernementales aient réduit la consommation de gélatine porcine non réglementée, le secteur halal, en pleine croissance, encourage l'utilisation de produits à base de gélatine, comme les nutraceutiques, ce qui pourrait dynamiser le marché. Les fabricants se concentrent sur l'expansion de leurs installations et de leurs capacités de recherche et développement pour répondre à la demande croissante de gélatine halal à l'échelle internationale (Rayene et al., 2023).

La gélatine est largement utilisée dans divers secteurs, notamment l'industrie agro-alimentaire, l'industrie pharmaceutique, les produits cosmétiques et la photographie. Son

utilisation croissante dans la production alimentaire, notamment pour la fabrication de collations, de bonbons, d'ours en gomme, de desserts et d'autres produits, explique la part importante du segment des aliments et des boissons. De plus, la popularité croissante des suppléments nutritionnels et les tendances en faveur du « clean labelling » (étiquetage propre) stimulent la demande de cet ingrédient dans les aliments et les boissons... (Rayene et al., 2023).

Conformément à l'évolution actuelle de l'industrie halal mondiale, la méthode d'extraction de la gélatine de dromadaire a été largement développée au cours des dernières années (Al-Kahtani et al., 2017).

1.3. La gélatine dans le monde

Le marché international de la gélatine était estimé à 5,80 milliards de dollars en 2021 et devrait croître à un taux de croissance annuel composé (TCAC) de 9,5 % entre 2022 et 2030. La croissance de l'industrie devrait être stimulée par une forte demande de gélatine dans les applications d'aliments fonctionnels en raison de sa capacité à prévenir diverses maladies, à améliorer la qualité des aliments et à enrichir les aliments. La gélatine est un gel très visqueux, semi-solide. Il est composé de sels minéraux (2 à 4 %), de protéines (85 à 90 %) et d'eau (8 à 12 %). La gélatine comestible est la forme la plus répandue dans le commerce, sans aucun autre conservateur ou additif. On utilise principalement des produits non comestibles dans le domaine de la photographie (films et papiers photographiques pour les ongles, colle et vernis) et de la cosmétique (Figure 02).

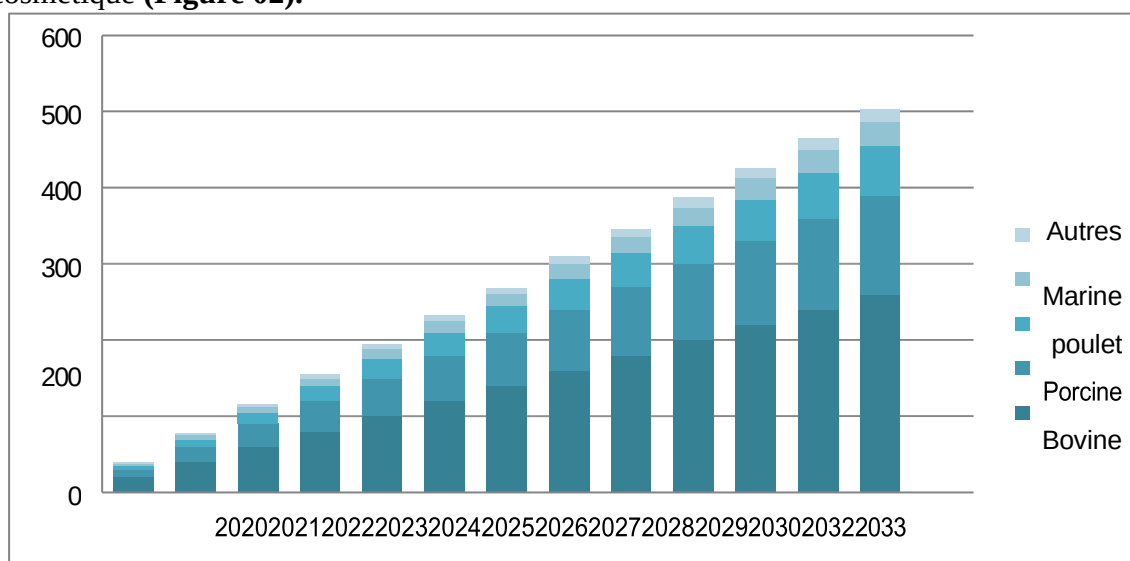


Figure 02. La taille du marché mondial de la gélatine 2020-2033 (Rayene et al., 2023).

1.4. Structure et caractéristiques

La gélatine est un composé pur de protéines de type A ou de type B des fibres du collagène 63, étant donné qu'elle peut être formée par un mélange des deux catégories.

Les analyses montrent que la gélatine contient des pourcentages massiques de : 26,4 à 30,5% de glycine ; 14,8 à 18% de proline ; 13,3 à 14,5% d'hydroxy proline ; 11,1 à 11,7% d'acide glutamique ; et 8,6 à 11,3% d'alanine. Les autres acides aminés sont en faibles pourcentages comme la tyrosine avec un pourcentage de 0,2% seulement (**Keenan, 1998**). Le tableau suivant donne les valeurs des acides aminés pour les deux types de gélatine et pour le collagène :

Tableau 01. Nombre d'acides aminés ($\times 1000$ résidus) présents dans les deux types de gélatine et dans le collagène (**Wiley and sons, 1987**).

L'acide aminé	Gélatine type A	Gélatine type B	Collagène
Alanine	112	117	114
Arginine	49	48	51
Aspartine	16	00	16
Acide aspartique	29	46	29
Cistéine	00	00	00
Acide glutamique	48	72	48
Glutamine	25	00	25
Glycine	330	335	332
Hystidine	4,0	4,2	4,4
Hydroxyproline	91	93	104
Hydroxylysine	6,4	4,3	5,4
Isoleucine	10	11	11
Leucine	24	24,3	24
Lysine	27	28	28

Méthionine	3,6	3,9	5,7
Phénylalanine	14	14	13
Proline	132	124	115
Sérine	35	33	35
Thréonine	18	18	17
Tryptophane	00	00	00
Tyrosine	2,6	1,2	4,4
Valine	26	22	22

Cette structure exceptionnelle offre à la gélatine un ensemble des caractéristiques très intéressantes dans les industries agro-alimentaires, on peut les classer comme le suivant :

1.4.1. La Gélification

En raison de ses caractéristiques gélifiantes et gustatives, la gélatine est largement utilisée dans la production alimentaire. La résistance au gel, le temps de gélification, la viscosité, la texturisation, l'épaississement, le réglage, la température de fusion et la liaison de l'eau sont des caractéristiques liées aux propriétés gélifiantes de la gélatine. Ces particularités sont fortement influencées par divers facteurs tels que l'origine des matières premières, la composition des acides aminés, la méthode d'extraction de la gélatine et les modèles de réticulation des acides aminés (Ranasinghe et al., 2022).

1.4.2. Le pH

La composition du pH de la gélatine est principalement influencée par les produits chimiques employés pour extraire ses matières premières et la répartition des acides aminés présents dans la gélatine (Al-Hassan et al., 2020).

1.4.3. La Viscosité

L'une des caractéristiques essentielles de la gélatine est sa viscosité, car elle permet de maintenir la texture lisse d'un produit à base de gélatine. Les paramètres tels que les conditions

d'extraction (pH et température), la force du gel, la répartition du poids moléculaire et les caractéristiques générales des matières premières influencent grandement la viscosité de la gélatine. On a aussi observé que cette viscosité variait en fonction du temps d'extraction, de la température, du pH, de la polydispersité, de la taille moléculaire et de la répartition pondérale (Duanetal., 2018).

La structure et la composition chimique, le type du collagène ainsi que la source de la matière première, l'âge de l'animal à l'abattage et les procédés de l'extraction de la gélatine influencent les propriétés de la gélatine (Hanani et al., 2014).

1.5. Les applications de la gélatine

Traditionnellement, la gélatine a été employée dans trois secteurs clés : les secteurs alimentaires, pharmaceutiques et photographiques. Les desserts à la gélatine et les applications de confiserie sont probablement les applications les plus connues de l'utilisation de la gélatine dans l'industrie alimentaire (Halal, 2022). Il est aussi employé comme agent de liaison et/ou de glaçage dans les viandes. La gélatine est employée dans le domaine pharmaceutique de la santé afin de produire les enveloppes de capsules dures et molles pour les médicaments, les compléments alimentaires/santé, les sirops, etc. Elle est très facile à digérer et joue un rôle protecteur naturel pour les médicaments. Les caractéristiques chimiques et physiques particulières de la gélatine en font un élément essentiel dans le domaine de la photographie. La gélatine joue un rôle précieux dans la création d'émulsions d'halogénure d'argent pour la fabrication de films photographiques (GME, 2001).

1.5.1. Dans l'industrie pharmaceutique

On utilise de la gélatine pour produire des capsules et des plafonds. Il assure la protection des médicaments contre les conséquences néfastes de la lumière et de l'air. Le principal usage des capsules est pour les médicaments liquides, ce qui signifie qu'elles sont utilisées pour les poudres. La gélatine permettra de fixer les composants actifs du médicament et de prolonger leur conservation. Nous vous remercions pour une sélection rigoureuse (Zaid et al., 2018). La vitesse de libération des ingrédients actifs peut même être influencée par la gélatine, que ce soit en accélérant ou en le ralentissant (effet de retard). Les comprimés à base de gélatine constituent une avancée technologique récente, le revêtement de gélatine facilitant l'absorption du comprimé par les patients (GME, 2001), (Figure 03).



Figure 03. La gélatine dans la production pharmaceutique (GME, 2001).

1.5.2. Dans l'industrie photographique

Le sel d'argent est utilisé pour fabriquer des produits photographiques qui se composent de plusieurs couches de gélatine (jusqu'à 15) qui sont appliquées sur film ou papier. La gélatine sert de liant aux sels d'argent qui sont très photosensibles (GMIA, 2012), (Figure 04).



Figure 04. Des films photographiques à base de gélatine (GMIA, 2012).

1.5.3. Autres applications de la gélatine

- Utilisés comme agents actifs dans les détergents et les nettoyants, les hydrolysats de collagène à base de gélatine et les tensioactifs ont une bonne compatibilité dermatologique et sont entièrement biodégradables. Ajoutés aux produits vaisselle, ils garantissent une bonne tolérance cutanée et protègent la peau de l'effet agressif des tensioactifs.
- Utilisés comme protéines pour la protection des fibres, ils ont un effet appréciable dans les lessives spéciales laine, soie et autres textiles délicats.
- Le moussage et les propriétés liantes de la gélatine la rendent essentielle pour fixer les têtes d'allumettes.

- La gélatine est également utilisée dans la papeterie. Elle améliore la résistance à l'humidité et augmente la résistance du papier (pour les billets de banque par exemple).
- Ajoutée aux bains électrolytiques, la gélatine permet le nettoyage du zinc et du cadmium. Il est utilisé dans la séparation des impuretés, ce qui permet de produire des métaux très purs (GME, 2001).

1.5.4. Dans l'industrie alimentaire

À l'heure actuelle, la gélatine est employée dans de nombreux secteurs de la production alimentaire. Son aspect plaisant en fait un ingrédient incontournable dans le secteur de l'alimentation. Par exemple, on le retrouve dans la margarine ou le beurre allégé, les pâtes à tartiner ou les fromages à faible teneur en matières grasses. La gélatine a une saveur agréable, renferme de grandes quantités d'eau, se transforme en gels et procure une sensation délicate en bouche. La gélatine alimentaire joue un rôle essentiel dans de nombreux produits culinaires, tels que les gommes meringuées, etc. (GME, 2001), (Figure 05).



Figure 05.Des bonbons gélifiés.

La gélatine est parfois ajoutée à certains yaourts, en particulier aux yaourts allégés pour donner une texture crémeuse et onctueuse, est utilisée comme épaississant, stabilisant (Margaux, 2018).

1.7. La Gélatine et Le Yaourt

La production de yaourt nécessite généralement un lait avec une teneur standardisée en matière grasse et en solides secs pour obtenir des produits finis homogènes pour les yaourts à faible teneur en matière grasse, à moitié grasse ou entiers. La normalisation a un impact essentiel pour obtenir la texture, la viscosité, la stabilité et la valeur nutritionnelle. On peut normaliser la quantité de matière sèche en effectuant des concentrations ou des ultrafiltrations, en ajoutant du lait en poudre ou des protéines du lait, ou en utilisant des épaississants comme la gélatine **(Imeson, 2010)**.

Les yaourts allégés, produits à partir de lait écrémé et standardisés à 10% de solides, sont obtenus avec des concentrations de gélatine de 2-4 g/L, ce qui donne une texture douce, tandis qu'avec 6-8 g/L, on obtient des yaourts fermes. On peut ajouter de la gélatine au yaourt ou à la sauce **(Imeson, 2010)**.

Chapitre 02 :

Le yaourt

2.1. Définition le yaourt

Le yaourt est défini comme suit dans la norme n° A- 11 (a) du Codex Alimentarius de 1975 : Le yaourt est un produit laitier fermenté qui est produit à partir du lait grâce à la fermentation lactique de *Lactobacillus delbrueckii*, une espèce *bulgarique*, et de *Streptococcus salivarius*, une espèce *thermophile* (**Syndifrais, 1997**), il existe également du lait pasteurisé (ou concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec), qu'il soit ajouté ou non (comme du lait en poudre, de la poudre de lait...). Il est essentiel que les microorganismes soient viables et nombreux (**FAO, 1995**).

2.2. Historique

Le terme « yaourt » provient du terme turc 'jugurt'.

Selon **Tamime et Deeth (1979)**, le yogourt est un aliment et une boisson traditionnels dans les Balkans et le Moyen-Orient.

Le yaourt est un aliment très ancien, connu de l'homme depuis des milliers d'années depuis, mais qui est apparu pour la première fois dans la littérature vers le 8ème siècle (**Trachoo, 2002**). À cette époque, les gens connaissaient et consommaient les produits laitiers fermentés sans savoir qui était responsable de la transformation du lait ni la méthode exacte.

Ce processus s'est produit naturellement grâce aux bactéries lactiques présentes dans le récipient de collecte du lait (**Dridr, 2009**). Cela s'est poursuivi jusqu'au milieu du XIXe siècle, lorsque Pasteur, après avoir mené une série d'études sur différents types de fermentation, a finalement élucidé le processus de « fermentation » et ses relations avec les micro-organismes (**Bordenave, 2003**).

De manière traditionnelle, c'est le yaourt appelé « nature » et ferme qui était le principal produit de laits fermentés. Au cours des années 1960-1970, les produits sucrés, puis aromatisés et aux fruits ont fait leur apparition. En ce moment, ils occupent la première place sur le marché. L'émergence du yaourt brassé a marqué une nouvelle étape cruciale dans la commercialisation des laits fermentés. Les produits probiotiques sont en plein essor et répondent à une demande du consommateur (**Mahaut et al., 2000**).

2.3. Types du yaourt

Il y a une variété de yaourts et de laits fermentés disponibles sur le marché. Ils ont différentes formes, qu'elles soient fermes, brassées ou liquides, nature, sucrées ou édulcorées, avec des fruits ou encore aromatisés. Certains présentent un taux de matières grasses de 0%, tandis que d'autres sont enrichis en crème (Syndifrais, 2011).

2.3.1. Selon le mode de présentation (texture)

2.3.1.1. Yaourt « ferme ou étuvé »

Le lait est directement versés dans les pots, puis ils sont placés dans une étuve à une température de 42° - 44°C pendant environ trois à cinq heures, ce qui favorise la multiplication des ferments qui se multiplient par millions et digèrent une partie du lactose, en générant de l'acide lactique (Syndifrais, 2011).

Ces yaourts, qu'ils soient naturels ou aromatisés, présentent une texture ferme et une surface lisse, après avoir été incubés et refroidis en pot. Selon (Luquet et Carrieu, 2005).

2.3.1.2. Yaourt « brassé »

Ayant diminué considérablement durant le refroidissement, le produit peut reprendre une grande partie de sa texture à partir du bassin de rétention jusqu'à la fin du refroidissement dans les cuves ou les contenants (Lapointe-Vignola, 2002).

2.3.1.3. Yaourt «à boire »

Un yaourt à boire désigne un lait fermenté qui est brassé et vendu. Il présente une viscosité faible et est souvent sucré et/ou aromatisé en utilisant des jus ou des purées de fruits. Selon Benamira et al., (2022), il est généralement consommé comme une boisson rafraîchissante plutôt que comme un aliment.

2.3.1.4. Yaourts 0%, au lait demi-écrémé, ou au lait entier

Le lait écrémé ou faible en gras est un lait dont presque toute la matière grasse a été éliminée et dont la teneur en matière grasse doit être inférieure à 0,5 % de matière grasse.

Tous les laits écrémés disponibles dans le commerce avaient une teneur en matières grasses de 0,1 %.

Le terme lait partiellement écrémé est plus spécifique que lait partiellement écrémé.

Le lait écrémé doit avoir une teneur en matières grasses comprise entre 1,5 % et 1,8 %.

Le lait trouvé par FRC contenait 1,5 MG ou 1,8 MG.

Il s'agit essentiellement de lait entier, dont la teneur en matières grasses varie généralement d'environ 3,9 % ou plus (**Alexander, 2012**).

2.3.1.5. Yaourts aux fruits ou aromatisés aux fruits

Les yaourts fruités contiennent au moins 5% de fruits. Les fruits présents dans ces yaourts sont préparés à partir de préparations de fruits, qu'elles soient incorporées ou non. Selon **Vignola (2002)**, les agents de texture utilisés dans la préparation des fruits contribuent également à améliorer la texture des yaourts.

2.3.1.6. Yaourts au lait de chèvre ou de brebis

La présence d'acide gras de chèvre, caprylique et caproïque donne au lait de chèvre frais un léger goût de chèvre (**Jaubert, 1997**).

Le lait de chèvre a un goût intense en raison de son hygiène. Le lait de chèvre frais est acide, ce qui correspond à un pH d'environ 6,6 ou 15°D (**Boulefrek et Lakehal, 2020**).

2.3.2. Selon le goût

En règle générale, l'incorporation de saveur dans le yaourt le rend plus précieux et plus désiré par les consommateurs. Ces saveurs peuvent être ajoutées avant ou après l'uniformément. Les différents types de yaourts peuvent être : sucrés, naturels, fruités, au miel, aromatisés par des arômes naturels ou de synthèse, selon les réglementations en vigueur (**Kaur et al, 2017**).

- **Yaourts nature** : Ils ne subissent aucune addition (**Heddane et Hamd, 2012**).
- **Yaourts sucrés** : ils sont additionnés de saccharose à un taux variable de %.
- **Yaourts « aux fruits », au miel, à la confiture**: Ils subissent une addition inférieure à 30% du produit (**Bouchahda et Sahnoun, 2016**).
- **Yaourts aromatisés**: aux arômes naturels ou de synthèses autorisées par la législation (**Heddane et Hamd, 2012**).

2.3.3. Selon la teneur en matière grasse

✓ Yaourt entier

- Ce type de yaourt contient un maximum de 3 à 3,5% de matière grasse dans 100 g de produit (**FAO, 1995**).
- Ou 3% de matière grasse en poids (**Gosta, 1995**).

✓ **Yaourt maigre**

- Si la teneur en matière grasse, calculée sur la partie lactée, est inférieure à 1% en poids (Rezig et al, 2021).

✓ **Yaourt partiellement écrémé**

- Contenant entre 1à3% de matière grasse, ou totalement écrémé : contenant environ 0.5 % de matière grasse ou moins (FAO, 1995).

2.4. Technologie de fabrication du yaourt

2.4.1. Ingrédients

2.4.1.1. Poudre de lait

Il s'agit d'un lait qui a presque tout perdu (environ 96%) afin de ne conserver que son extrait sec. Une fois que le lait a été pasteurisé et concentré, il est projeté en petites gouttelettes dans une enceinte. Elles sont séchées en utilisant un air chaud à une température de 200°C, ce qui entraîne immédiatement l'évaporation de l'eau dans la tour de séchage. La déshydratation quasi totale du lait en poudre lui permet de se conserver pendant un an à température ambiante, mais il est sensible à la chaleur et à l'humidité. Après avoir été ouvert, il peut être conservé pendant 10 jours lorsqu'il est complet, 2 semaines s'il est partiellement écrémé et 3 semaines s'il est écrémé.

Il est recommandé de l'utiliser immédiatement après avoir été reconstitué en ajoutant du liquide. L'emballage indique toujours le taux de matière grasse (Bousina et al., 2020).

Il est conseillé de le mettre en œuvre immédiatement après avoir été reconstitué en ajoutant au liquide. Le taux de graisse est constamment affiché. D'après les règles concernant les aliments, les poudres de lait sont des produits obtenus en enlevant partiellement l'eau présente dans le lait .

Il existe trois catégories de poudre de lait : la poudre de lait entière, la poudre de lait partiellement écrémée et la poudre de lait écrémée (Michel et al., 2002).

2.4.1.2. Eau de reconstitution

L'eau est l'une des matières premières de tous les types des produits laitiers reconstitués et recombinaison. Elle doit être potable, de bonne qualité, dépourvue de microorganismes et d'un niveau de dureté acceptable (Berhi et Mehalli, 2022).

2.4.1.3. Sucre

Avant de procéder à la pasteurisation du lait, il est recommandé d'ajouter du sucre, car le processus thermique du lait sucré entraîne la destruction des levures et des moisissures homophiles présentes dans le sucre : De plus, la consistance du yaourt s'améliore en conséquence (**La montagne, 2002**).

2.4.1.4. Arôme

L'arôme fait référence à n'importe quel produit ou substance qui est utilisé dans les denrées alimentaires afin de leur conférer une odeur, un goût ou les deux simultanément (**Douai et Mehennaoui, 2005**).

2.4.1.5. Ferments

Les ferments lactiques provoquent la fermentation du lactose en donnant de l'acide lactique comme produit principal :



Lactose Galactose Acide Lactiques

La fermentation lactique du yaourt est de type Homo-fermentaire, c'est-à-dire qu'une mole de lactose est hydrolysé par une B, D-galactosidase en glucose et galactose.

Le galactose s'accumule et le glucose est utilisé pour la production d'acide lactique.



La fermentation lactique produit non seulement de l'acide lactique, mais produit également des produits plus ou moins secondaires tels que l'acide formique, l'éthanol, l'acide acétique, le diacétyl, l'acétone, l'acétaldéhyde et le dioxyde de carbone.

Certains de ces composés sont responsables de la production de la saveur et de l'arôme des produits laitiers (**Bouhaddi et Menasria, 2015**).

La fermentation lactique est l'un des procédés de conservation des aliments les plus anciens.

En biologie, la fermentation fait référence aux micro-organismes responsables de la fermentation.

Dans le cas du yaourt, les bactéries qui durcissent le lait sont *Streptococcus thermophilus* et *Mycobacterium bulgaricus* :

•***Streptococcus Thermophilus* (figure 06):** C'est un anaérobie facultatif non mobile. Il est isolé du lait et des produits laitiers uniquement sous forme de coquilles, disposées en chaînes de différentes longueurs ou par paires. Sa température optimale de croissance varie entre 40°C et 50°C (Lamoureux, 2000).

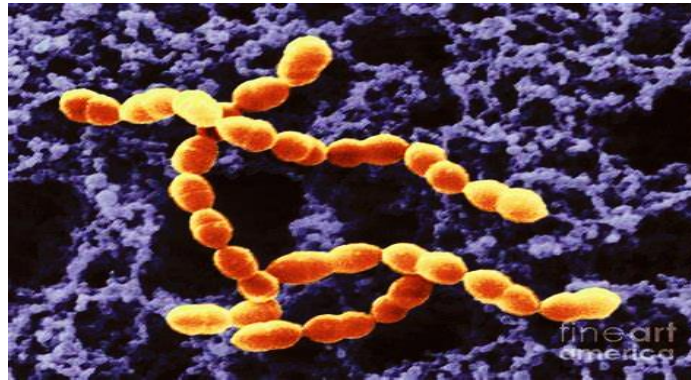


Figure 06. *Streptococcus thermophilus* (Scimat, 2016).

•***Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricu* (figure 07):** C'est une espèce de *Bacillus*, fixe, *asporeuse* et *micro-aérophile*. Il se sépare sous forme de tiges ou de chaînes. Il a un métabolisme fermentaire strict et produit exclusivement de l'acide lactique. Elle ne peut pas fermenter les sucres pentoses et est une bactérie thermophile avec des besoins élevés en calcium et en magnésium.

Sa température optimale de croissance est d'environ 42°C. Il joue un rôle important dans le développement des qualités sensorielles et hygiéniques du yaourt (Berhi et Mehalli, 2022).

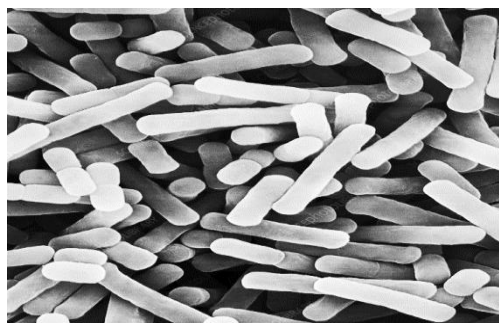


Figure 07. *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricu* (Science Photo Library Limited, 2016).

2.4.2. Processus de fabrication

La fabrication du yaourt comporte plusieurs étapes

- Préparation et traitement du lait.
- Développement de la fermentation.
- Arrêt de la fermentation.
- Refroidissement et Conditionnement (**Hammadi, 2016**) (**Figure 08**).

2.4.2.1. Préparation et traitement du lait

2.4.2.1.1. Enrichissement en matière sèche

Tout d'abord, de la matière sèche est ajoutée au lait pour lui donner une valeur finale de 14 à 16 pour cent. Du lait en poudre est généralement ajouté, mais parfois une concentration directe par évaporation est également utilisée.

La consistance et la viscosité du produit sont déterminées par l'extrait sec à partir duquel le lait est fabriqué, qui joue un rôle important dans la fabrication (**Djouani et Mehennaoui, 2005**).

2.4.2.1.2. Traitement thermique

Immédiatement après la préparation du lait, un traitement thermique est effectué. Son objectif est de :

- Destruction des microorganismes potentiellement pathogènes et de la majeure partie de la flore commune.

De plus, cela permet l'élimination potentielle des inhibiteurs naturels et de la prolifération de bactéries due à l'apparition de cordons de croissance.

- La dénaturation d'une partie importante des protéines solubles peut des fixateurs pendant le stockage et rendre le yaourt brassé plus homogène et plus visqueux.
- Pas plus de 80 protéines solubles doivent être dénaturées, ce qui triple la capacité de rétention d'eau.

Cela peut être fait pendant 30 minutes à 85°C ou 10 minutes à 90-92°C (si le réservoir est chauffé par intermittence).

Pour les grandes entreprises disposant de systèmes de pasteurisation en continu, un chauffage à 92 °C ou 95 °C pendant 3 à 5 minutes est suffisant (**Ben Mammar et al., 2017**).

2.4.2.1.3. Homogénéisation

C'est une étape très importante qui permet à des globules gras de tailles différentes dans le lait de se décomposer en très petites particules uniformes (**Benrabah et Dekichene, 2017**).

Lors de l'homogénéisation, la température ne doit pas être trop élevée (55°C-60°C) sous une pression proche de 250 atmosphères (**Luquet, 1990**).

Cependant, cette opération est actuellement effectuée à des températures allant de (85°C à 90°C) degrés Celsius et à une pression proche de 250 atmosphères (**Guyot, 1992**).

2.4.2.2. Développement de la fermentation

2.4.2.2.1. Ensemencement

Le rapport entre les différentes espèces et souches bactériennes en présence influe fortement sur la cinétique de fabrication. Pour les yaourts, le rapport entre *S. thermophilus* et *L. bulgaricus* est fixé par chaque fabricant, en privilégiant l'impact de chaque association sur les caractéristiques finales du produit.

Dans tous les cas, l'ensemencement est effectué dans un lait préalablement porté à la température de fermentation, laquelle dépend des bactéries lactiques utilisées. Elle est de 40 à 45 °C dans le cas du yaourt mais varie selon le produit élaboré. Après l'ensemencement, le lait inoculé est agité afin d'homogénéiser le mélange. Un ensemencement en ligne peut être effectué lors du transfert du lait du pasteurisateur vers les cuves de fermentation (cas des yaourts brassés, à boire et concentrés) ou vers l'unité de conditionnement (cas des yaourts ferme) (**Catherine Béal et Sandra Helinck, 2003**).

2.4.2.2.2. Incubation

Les températures d'incubation du yaourt se situent généralement entre (40 -45°C) et la fermentation dure souvent jusqu'à (4 à 5) h ou plus, (**Chandan et Kilara, 2016 ; Tamime et Robinson, 1999**).

La fermentation est arrêtée lorsque le pH final visé qui varie de 4,5 à 4,8 est atteint selon le type de yaourt (**Courrieu, 2016**).

2.4.3. Arrêt de la fermentation

Il s'agit de la période d'incubation favorable à la formation d'acidité dans le yaourt. Ces procédés se déroulent à une température optimale de 42 à 43°C. Selon **Bramely et Mckinnon (1990)**, sa

durée varie en fonction de l'activité des cultures, du taux d'ensemencement et de la vitesse de refroidissement.

Ainsi, ces deux germes évoluent en harmonie et en synergie car elles transforment le lactose en acide lactique, ce qui entraîne une diminution du pH et entraîne une gélification du milieu, entraînant des changements structuraux irréversibles.

D'après **Beal et Sodini (2003)**, la fermentation du yaourt, qu'il soit ferme ou brassé, se déroule soit dans des pots, soit dans des tanks de fermentation dont la forme, la taille et l'instrumentation diffèrent.

2.4.4. Refroidissement et Conditionnement

Le yaourt est refroidi généralement en chambre froide puis stocké à 4-6°C. Cette température est maintenue jusqu'au rayon du distributeur. Les yaourts retiennent généralement une date limite de consommation de 30 jours.

Le processus de conditionnement des yaourts varie en fonction de la technologie utilisée :

- ✓ Un yaourt fermenté solide en pots. Habituellement, il s'agit d'un yaourt classique nature ou goût.
- ✓ Avant l'emballage, le yaourt est fermenté dans des cuves (**Beddouret Belrechid, 2018**).
- ✓ Le processus de conditionnement du yaourt brassé se produit après le brassage et la réfrigération dans des pots .
- ✓ Avant la fermentation, le yaourt étuvé est conditionné (**Bouhaddiet Menasria, 2015**).

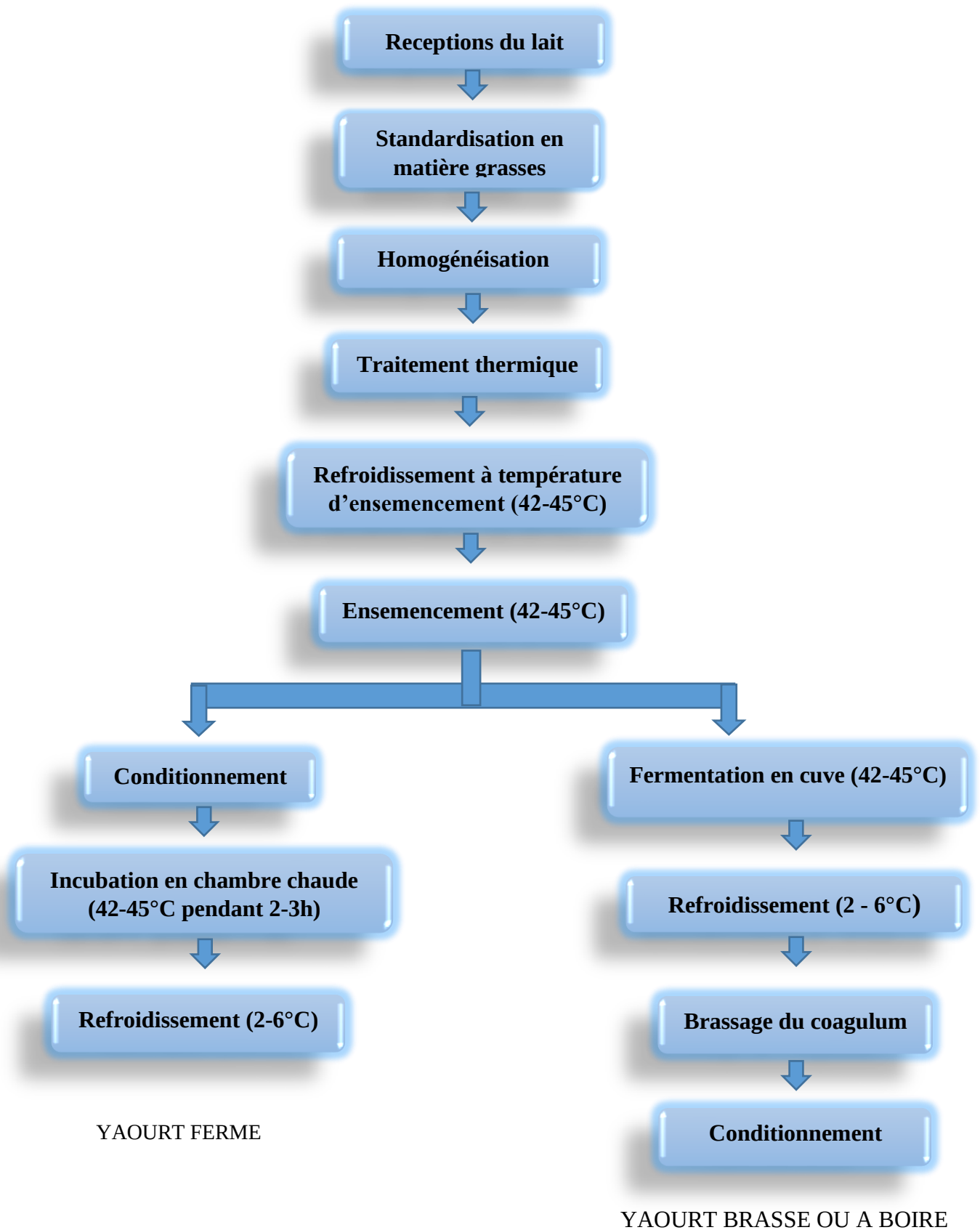


Figure 08. Diagramme de la fabrication des principaux types du yaourt (M’vaiwa Michel, 2021).

Partie II :
Etude expérimentale

Chapitre 03 :
Matériels et méthode

3.1. Objectifs de l'étude

L'objectif de cette recherche est d'assurer la production de yaourts sains et respectant les normes halal dans le secteur agro-alimentaire, en privilégiant l'emploi de la gélatine dromadaire comme option halal par rapport aux autres gélatines animales. Le but principal consiste à identifier les attributs physico-chimiques de diverses sortes de yaourt, comme la texture, la viscosité, le pH et la stabilité. L'accent est mis sur l'influence de la gélatine dromadaire sur ces caractéristiques, dans le but de saisir son impact sur la consistance, la solidité et la longévité du yaourt, tout en assurant la qualité et la sûreté nutritionnelle du produit final.

Période de la recherche

Nos expériences ont été menées au moment de notre formation

Du 14/02/2024 à 14/04/2024

3.2. Matériels et Méthodes

- Extraction de la gélatine

✓ Produits chimiques

1-Acide chloridrique Hcl.

2-Hydroxyde de sodium NaoH.

3-Acide acétique.

✓ Matériels de laboratoire

Agitateur électromagnétique, Agitateur électrique, bain marie, verreries laborantines, centrifugeuse.

3.2.1. Préparation des échantillons

Les os de dromadaire sont obtenus du marché d'El Kasbah (Ouargla). Ils ont été ensuite transféré au Laboratoire bioressources sahariennes, préservation et valorisation relevant de la, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université Kasdi Merbah, Ouargla.

Les os ont été bien lavés avec de l'eau du robinet et bien nettoyé. Ils sont passés ensuite par l'eau chaude pour enlever la moelle osseuse et le tissu mou. Les échantillons ont été fragmentés en morceaux.

L'échantillon a finalement été placé dans un récipient en plastique et conservé au réfrigérateur jusqu'à son utilisation (**figure 09**).

3.2.2. Déminéralisation de l'os

Les os ont subi une légère modification en utilisant la méthode d'**Hassan et al., (2014)** pour les déminéraliser. En trempant de l'os concassé dégraissé dans une solution de Hcl de 5% (151 ml Hcl dans 1000 ml d'eau distillé* 5 jours), on a procédé à la déminéralisation pendant 5 jours à température ambiante. La solution d'acide a été remplacée chaque jour.

Par la suite, on a lavé les échantillons de l'os déminéralisé (osséine) avec de l'eau du robinet jusqu'à ce que le pH de l'eau de lavage soit devenu neutre.

3.2.3. Prétraitement

Les os déminéralisé ont été prétraités avant l'extraction en utilisant la méthode de **Lassoued et al., (2014)** et **Liu et al., (2015)**, avec une légère modification afin d'éliminer les protéines non-collagènes. En résumé, on procède au traitement alcalin de l'osséine en utilisant une solution de NaOH à 1,5%, avec un rapport d'os à solution alcaline de 1:10 (p / v = 15g NaOH/ 1L ED) à une température de 25°C pendant 48 heures. La solution alcaline a été remplacée chaque jour. Le gonflement et le ramollissement des osséines sont entraînés par ce traitement, ce qui favorise l'élimination de composés indésirables susceptibles d'avoir des conséquences néfastes sur la composition physicochimique de la gélatine finale.

Ensuite, on a soigneusement lavé l'osséine prétraitée par voie alcaline avec de l'eau du robinet jusqu'à ce que le pH de l'eau de lavage soit devenu neutre .

3.2.4. L'extraction

L'extraction est basée sur la solubilisation à chaud des protéines de l'échantillon libérées de leur réticulation lors du prétraitement dans une solution acide.

Les osséines sont mélangées à l'acide acétique dans un rapport de 1: 4 (p / v = 14 ml. 400 ml ED). Il est nécessaire d'incuber les échantillons dans un bain d'eau avec une agitation continue. La gélatine a été extraite à une température de 65°C pendant une durée de 6 heures.

3.2.5. Séchage

Finalement, le surnageant collecté est passé par un filtre en papier, centrifugé pendant 20 minutes à une vitesse de 2500 tr/min, puis filtré une deuxième fois, puis séché à l'aide d'un lyophilisateur pendant 36 heures. On a utilisé un Moulinex pour broyer le résultat du séchage afin de conserver la gélatine sous forme de poudre fine et stable

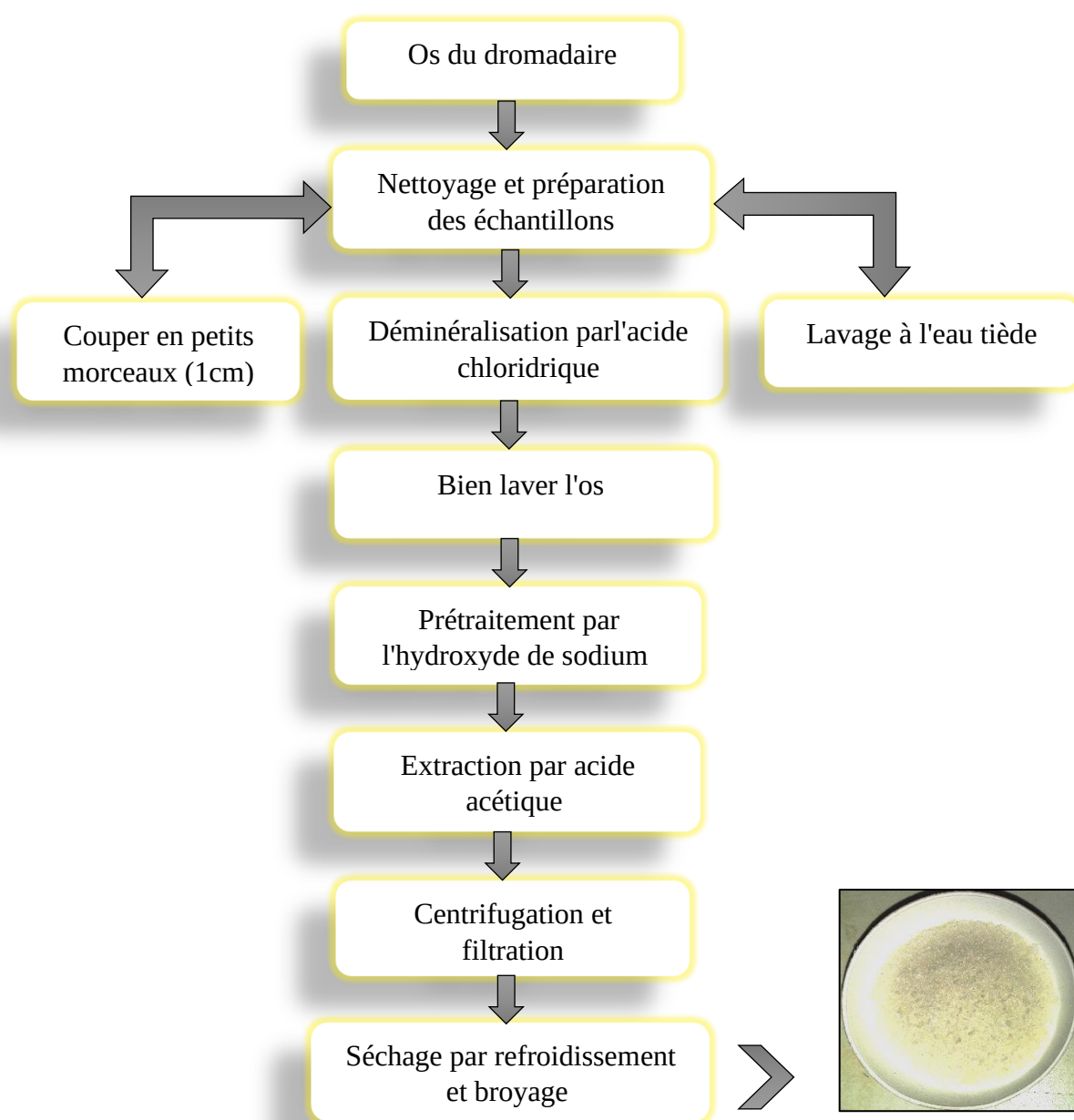


Figure 09. Organigramme de préparation de gélatine des os de dromadaire.

3.4. Production de yaourt

3.4.1. Matériel biologique/ingrédients

- 2 L lait(Candia Soummam).
- 10 g culture de yogourt (Soummam) (ou 2 c. à soupe de yogourt naturel).
- 1 sachet de gélatine (extrait des os dromadaire ou gélatine commerciale), environ 7g

(Figure 10).

3.4.2. Préparation du lait

Verser le lait(Candia) dans la casserole. Ajouter et bien mélanger le lait.

Chauffer doucement le lait jusqu'à 82°/180°F, ou jusqu'à ébullition.

Mélanger de temps en temps avec la cuillère en bois afin d'éviter que le lait ne colle au fond.

Quand le lait atteint 82°C/180°F, retirer du feu et laisser tiédir jusqu'à 42-44°C/108-112°F.

Pour accélérer le processus, plonger la casserole dans un évier rempli d'eau glacée.

3.4.3. Addition de la gélatine

Option avec gélatine : dissoudre le sachet de gélatine avec un peu de lait dans un petit bol, laisser gonfler, puis bien mélanger au reste.

Faire chauffer le lait avant la fermentation transforme les protéines, ce qui donne un yogourt plus épais et onctueux.

3.4.4. Fermentation du yaourt

Ajouter la culture ou le yogourt dans une petite quantité de lait tiédi, et bien mélanger.

Verser dans le reste du lait. Bien remuer afin de répartir les ferments dans le lait.

Verser le laitensemencé dans un ou plusieurs contenants. Refermer, et placer dans la yaourtière ou dans l'incubateur choisi (four éteint, autocuiseur, glacière, etc.).

Laisser incuber de 4 à 8h. La vitesse de fermentation varie en fonction de la température et du mode d'incubation. Plus l'incubation est longue, plus le yaourt sera ferme et acide.

3.4.5. Repos

Retirer le yaourt de l'incubateur et laisser refroidir sur le comptoir pendant une heure.

Placer au réfrigérateur pendant 8h, ou toute une nuit. Le yaourt s'épaissira en refroidissant.

Le yaourt se conserve environ deux semaines au réfrigérateur.

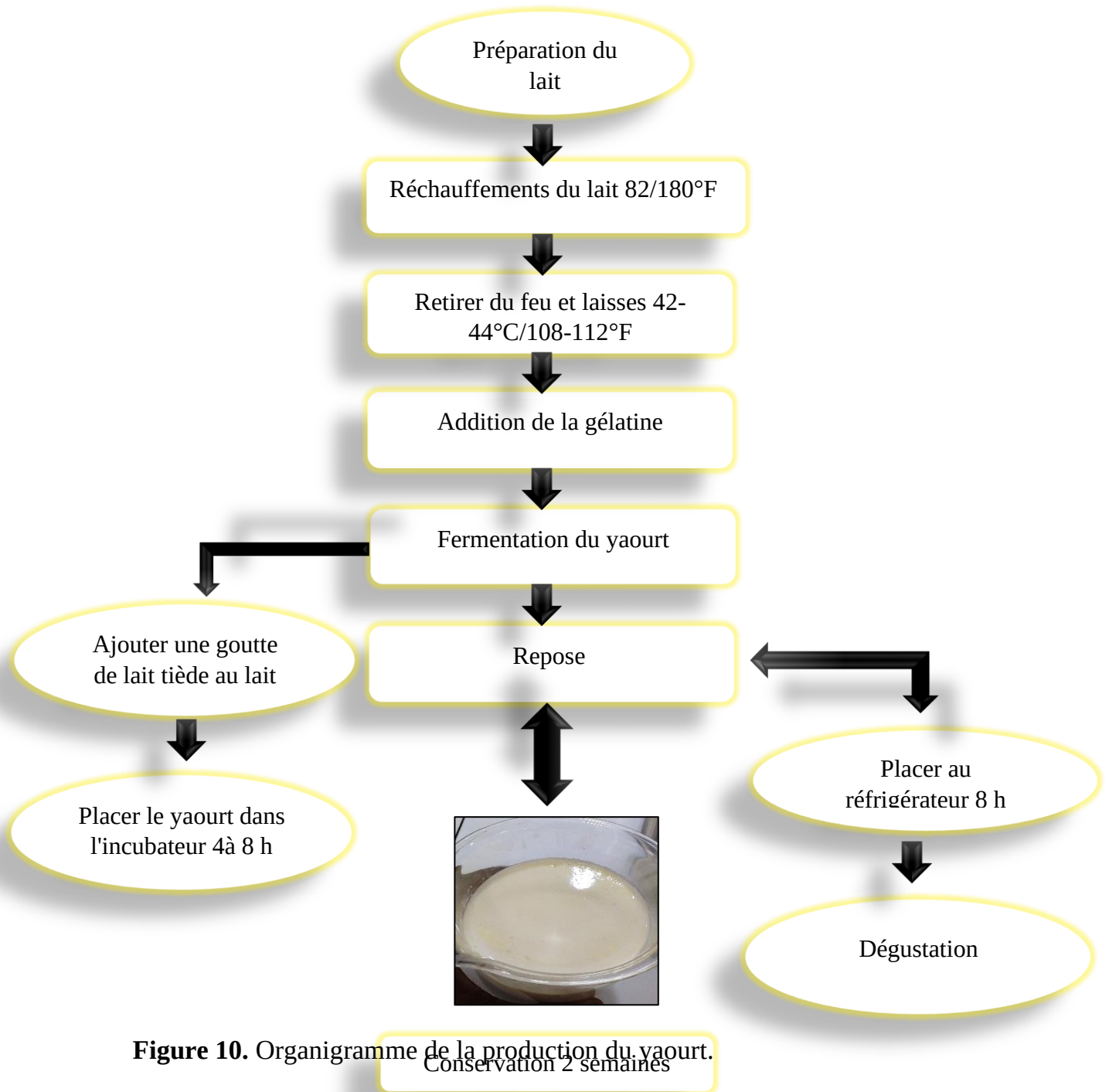


Figure 10. Organigramme de la production du yaourt.

Selon cette méthode expérimentale, des échantillons de yaourt ont été préparés en utilisant de la gélatine d'os cameline pré extraite (GC), de la gélatine bovine (GB) et un échantillon témoin sans gélatine (YT).

3.5. Les analyses de la qualité

Les analyses de contrôle de la qualité des trois types d'yaourt préparés GC, GB et YT ont été réalisées et comparées au yaourt commercialisé YC au Laboratoire de bioressources saharienne.

3.5.1. Analyses physico-chimiques

3.5.1.1. Les extrais secs totaux (EST) et les minéraux (Mm)

- Mode opératoire

Les composants chimiques approximatifs de la gélatine et des os de dromadaire ont été identifiés conformément aux directives fournies par **AOAC International (2005)**, la mesure de la teneur en humidité a été effectuée par séchage direct dans une étuve directement dans le four pneumatique à une température de $105 \pm 2^\circ \text{C}$ pendant 24 heures. La teneur en minéraux a été déterminée en soumettant l'échantillon à une combustion à haute température ($550 \pm 20^\circ \text{C}$) pendant quatre heures.

La teneur en humidité, la matière sèche (extraits secs totaux EST) et en matière minérale de nos échantillons ont ensuite été calculés selon les relations suivantes:

$$\%MS = \frac{M_1 - M_0}{PE} \times 100$$

$$\%HUMIDITE = 100 - \%MS$$

$$\%MM = \frac{M_1 - M_0}{PE} \times 100$$

Avec M0 : Masse du conteneur vide, en gramme.

M1 : Masse du récipient contenant des résidus secs ou minéraux, en grammes.

PE : Masse d'échantillon d'essai, gramme

3.5.1.2. Teneur en matière grasse

- appareils et produits chimiques

Solution de folch (2:1 chloroforme, méthanol). Quantitatif : 100ml chloroforme/200ml méthanol.

-Mode opératoire

La teneur en matière grasse brute a été obtenue à l'aide de la méthode de folch (**Folch et al., 1957**). Où 1 gramme de matière première a été pris et une solution de folch a été ajoutée (chloroforme 2:1, méthanol).

On a laissés la préparation au repos pendant deux jours pour extraire toute la teneur en matières grasses de la matière première, ensuite nous avons filtré la solution à l'aide de papier filtre ;

- Nous avons utilisé l'évaporation pour obtenir un résultat de filtration à l'aide d'un évaporateur rotatif à 49 °C.

- le poids des ballons utilisées a été mesuré avant (A0) et après (A1) l'évaporation

- Le poids total de la graisse dans la solution filtrante a ensuite été ajusté.

Pour trouver la teneur en gras, on a utilisé la formule suivante :

$$\text{Teneur en matières grasses} = [(A1 - A0) / \text{poids sec des matières premières}] * 100$$

3.5.1.3. Teneur en protéines brutes (matière azoté totale)

- appareils et produits chimiques (figure 11).

✓ Solution de phosphate de mono-potassium (KH_2PO_4).

✓ Solution d'hydroxyde

✓ Solution de sulfate de

de sodium 5mol (NaOH 5M).

laiton 25% (CuSO_4).



Figure 11. Spectromètre ultraviolet

Mode opératoire

La quantité de protéines brutes a été déterminée par la méthode de Gornal (**Gornall et al., 1949**). C'est une méthode qui peut être utilisée pour déterminer la quantité de protéines solubles dans la solution. Le détecteur de purite (sulfate de cuivre à base forte) réagit avec les liaisons peptidiques et change de couleur en réagissant. Le spectromètre a été utilisé pour mesurer l'intensité de la couleur du produit. Plus la protéine est élevée, plus la couleur est foncée.

- Le processus se déroule selon les étapes suivantes :

Ajout de 0,75 ml de solution de phosphate de mono-potassium (48%) à 1 ml de solution de gélatine (0,01% w : v) et 3 ml de solution d'hydroxyde de sodium, l'homogénéisation se fait ensuite à l'aide d'un mélangeur "Vortex". Ensuite, un détecteur de couleur à 25% de solution de sulfate de cuivre est ajouté, en remuant à travers le mélangeur Vortex toutes les deux minutes pendant 15 minutes. Il est ensuite placé dans la centrifugeuse avec 9000 trs/min pendant 10 min à 4 ° C.

L'absorption de la solution (abs) à travers le dispositif de rayonnement ultraviolet a été mesurée à 540 nm en utilisant 1 ml de la solution de Gornal comme témoin.

- Teneur en protéines calculée en utilisant la relation :

$$Y \text{ (g/L)} = 18126 * \text{abs} + 01705$$

3.5.1.4. Le pH

- Mode opératoire

L'idée était basée sur la mesure du pH de la solution de gélatine à 10%, selon les indications du **British Standards Institution (1975)** avec une légère modification. Le pH de la solution mesuré à l'aide d'un pH-mètre.

3.5.1.5. La couleur

- Mode opératoire

La couleur de la poudre de gélatine a été mesurée en utilisant Minolta Color Reader CR-10 (Osaka, Japon). La couleur est exprimée par des coordonnées :

CIE L * (blancheur ou luminosité). a * (rougeur/verdure). b * (zéro/bleu) (**Mulyani et al., 2017**).

3.5.1.6. La clarté

- Mode opératoire

La méthode d'essai standard mise au point par **GMIA (1986)** a été utilisée pour évaluer la clarté de la solution de gélatine. Une solution de gélatine a été réalisée avec une concentration de 6,67%.

La valeur d'inversion au spectre de 640nm a été mesurée à l'aide du spectromètre ultraviolet (Shimadzu, Japon). L'eau distillée a été utilisée comme témoin dans l'expérience.

3.5.2. Analyses microbiologiques

L'examen microbiologique est un outil incontournable d'évaluation du niveau de contamination des denrées alimentaires et de la nature de leur microflore.

Les analyses microbiologiques des 4 types de yaourt (GC, GB, YT et YC) ont été effectuées au début de l'expérience, puis après 15 et 20 jours de conditionnement et de stockage au réfrigérateur. Parmi ces analyses nous citons :

- La recherche des *Salmonella Shigella* 37°C milieu SS.
- La recherche de *Staphylocoque* à coagulas + milieu Chapman.
- La recherche d'*Enterobacteriaceae* 24h à 37 °C.
- La recherche de *Listeria monocytogenes*.
- La recherche de levures et moisissures.

3.5.2.1. Préparation de la solution mère

La préparation de la solution mère de l'échantillon à analyser se fait sur une solution de 10% en poids/volume. Pratiquement 10g d'échantillon sont pesés dans des conditions aseptiques, puis ils sont introduits dans une fiole de 100ml auquel on complète la solution d'eau physiologique (9g de NaCl dans un litre d'eau distillé stérile) jusqu'au trait de jauge. On prend le soin de solubiliser complètement l'échantillon on agite pour rendre l'ensemble complètement homogène.

3.5.2.2. Recherche de la Salmonella Shigella 37 °C milieu SS

La mise en évidence de cette bactérie dans les aliments passe par la préparation préalable d'une solution un pré-enrichissement d'1ml de solution mère dans de l'eau peptonée entre 18 et 24 heures à 37°C. La manipulation se poursuit par une étape d'enrichissement en milieu Rappaport (24 heures) et un isolement sur milieu SS (Salmonella-Shigella). La norme préconise l'absence des salmonelles dans 25g de produit.

3.5.2.3. Recherche des Staphylococcies aureus

La mise en évidence de ce germe dans les aliments passe par l'introduction de 1ml de la solution mère en surface d'une boîte de Pétri préalablement coulée avec le milieu Chapman, l'ensemble est incubé entre 24 et 48 heures à 37°C. Après cette période, la présence de colonies jaunâtres et d'un milieu décoloré révèle une présomption.

3.5.3.3. Recherche des Enterobacteriaceae

La mise en évidence de cette bactérie dans les aliments passe par

- Pré-enrichissement : 50 grammes d'échantillon de nourriture homogénéisé avec 450 ml d'eau peptoné stockée (BPW) pour effectuer une dilution 10 fois. Mettre en place plus de mesures d'atténuation telles que 100 fois, 1000 fois, etc.
- Peinture : Inoculer 1 ml de chaque dilution dans des boîtes de Petrie. Ajouter la gélose de glucose rouge violet (VRBGA), bien mélangé, couvrir avec une couche supplémentaire de VRBGA. Faire au moins deux répliques par dilution. Embrasser à 37 ° C pendant 24±2 heures.
- Sélection des colonies : Sélectionnez des peintures contenant de 15 à 150 colonies soupçonnées. Ces colonies semblent roses à rouges ou violettes, avec ou sans précipitations.
- Confirmation biochimique : Inoculer au moins 5 colonies suspectes de chaque plat sélectionné sur une gélose nutritive (AN). Embrasser à 37 ° C pendant 24±2 heures pour plus de tests biochimiques.
- Test de fermentation du glucose : polliniser une colonie de la plaque NA au milieu d'oxydation du glucose (OF). Accumuler avec de l'huile minérale stérile et

embrasser à 37 ° C pendant 24±2 heures. Le changement de couleur du vert au jaune indique un résultat positif pour les entérobactéries.

- Test d'oxydase : Effectuer un test d'oxydase sur la même colonie. Résultat négatif (incolore) confirme la présence d'entérobactéries.

3.5.3.4. Recherche de *Listeria monocytogenes*

Il existe une méthode de référence uniforme pour trouver le *L. monocytogenes* dans les produits alimentaires :

- Enrichissement initial : 25g de graines du produit dans 225ml Fraser Broth-Half, incubant 24 heures à 30°C.
- Enrichissement secondaire : transférer 0,1 ml à 10 ml de bouillon Fraser, embrassé 24/7 à 37 °C.

Isoler à chaque étape sur des supports sélectifs tels qu'Oxford ou Palkam, en embrassant 18-24 heures à 37 ° C.

Listeria bloque le milieu par hydrolyse de l'escoline, mais il est nécessaire d'identifier des espèces *monocytogenes*.

Cette procédure détecte la présence de *L. monocytogenes* dans les aliments. En cas de détection, il convient de vérifier si la concentration est supérieure à 100 bactéries/grammes, auquel cas les aliments sont considérés comme vulnérables et des mesures doivent être prises.

3.5.3.5. Recherche des levures et moisissures

- Enrichissement : La première étape consiste à enrichir l'échantillon en ajoutant des nutriments pour favoriser la croissance des micro-organismes.
- Incubation : L'échantillon fécondé est ensuite placé dans un environnement propice à la croissance de microorganismes, habituellement à une température allant de 30 °C à 37 °C, pendant plusieurs jours.
- Isolement : Les micro-organismes isolés sont ensuite identifiés à l'aide de milieux sélectifs et de tests spécifiques.

- Identification : Les micro-organismes peuvent être identifiés par des tests de réaction chimique, des tests immunitaires ou des techniques de biologie moléculaire telles que la PCR (réaction en chaîne par polymérase).



Photos 10. L'analyse microbiologique

Chapitre 04 :

Résultats et discussion

Résultats et discussion

4. Résultats et discussions

4.1. Paramètres physico-chimiques

4.1.1. Les extraits secs totaux (EST)

Selon le Journal officiel algérien (**JORA, 2001**), la teneur en matière sèche du yaourt varie entre 20 et 22 % par litre comme présentée dans la (**figure 12**), Par conséquent, chaque 500 ml de yaourt peut contenir jusqu'à 12 % de matière sèche, tandis que la majorité, soit plus de 80 %, est composée d'eau.

Dans notre étude, trois types de yaourts ont respecté ces normes et nous n'avons observé aucune variation des valeurs de matière sèche entre le yaourt commercial et les yaourts fabriqués avec de la gélatine cameline ou bovine. Les trois types présentant une teneur en matière sèche de 12,77 %. Cette valeur est conforme aux normes de consommation et aux réglementations en matière de protection des consommateurs.

L'ajout de gélatine au yaourt à boire contribue à la densification de la matière et à la stabilisation structurelle du produit. La gélatine permet de lier les composants internes du yaourt, libérant ainsi les molécules d'eau excédentaires et augmentant la proportion de matière sèche. En revanche, le yaourt témoin, sans ajout de gélatine, a présenté les valeurs de matière sèche les plus faibles, s'élevant à 8,97 %. La consistance et la viscosité du yaourt dépendent en grande partie de sa teneur en matière sèche. Les protéines améliorent la texture et masquent l'acidité.

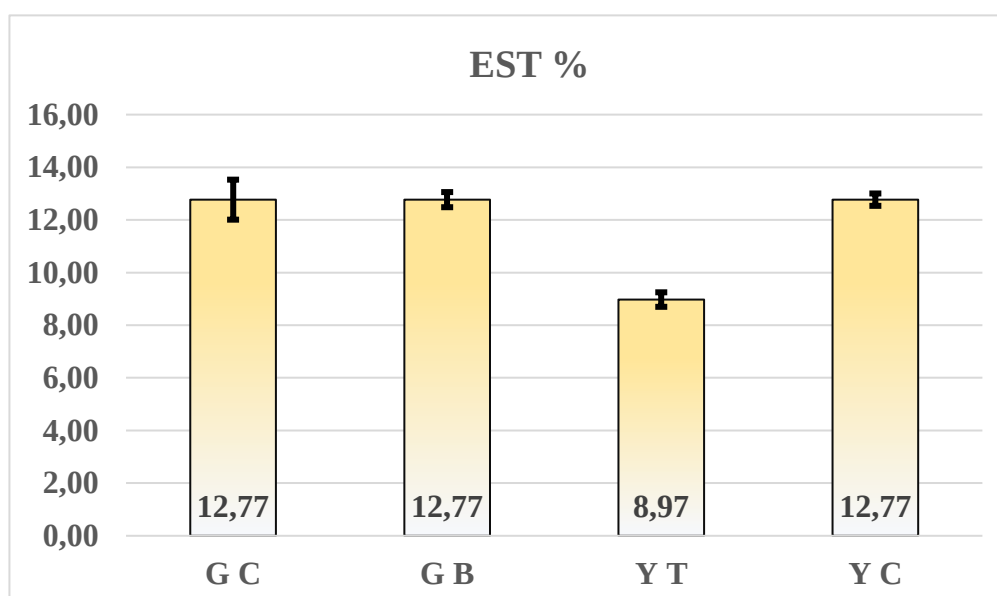


Figure 12. Présentation des résultats d'analyse des extraits secs du yaourt.

4.2. La composition chimique

La quantité d'eau est liée au pourcentage de matière sèche présente dans notre produit. Nos analyses indiquent un pourcentage important d'eau (90 %) dans le yaourt témoin qui n'a subi aucun additif gélatineux (**figure 13**), on peut dire que ce type de yaourt fabriqué est un yaourt liquide potable. Le yaourt à base de gélatine n'a pas montré de différences dans la quantité d'eau en comparant au yaourt commercialisé, ce qui montre le respect des normes de qualité algériennes.

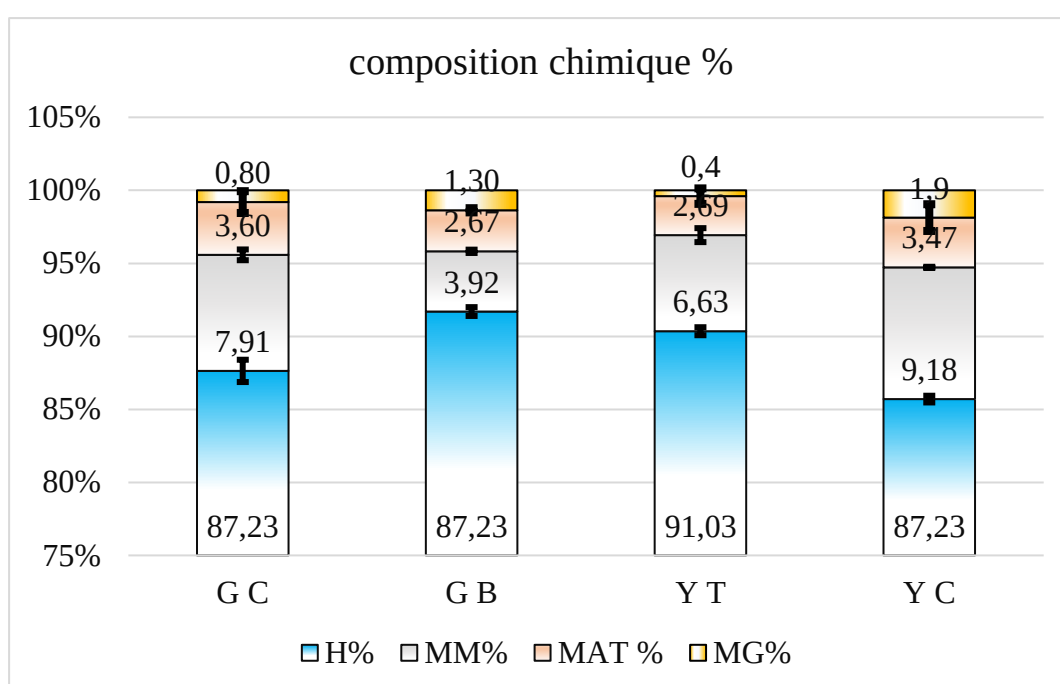


Figure 13. Présentation des résultats d'analyse de la composition chimique du yaourt.

Basiquement, le yaourt présente une composition nutritionnelle similaire ou supérieure à celle du lait dont il est produit (**Ayar et Gurlin, 2014**). Toutefois, la fermentation ainsi que l'ajout de certains ingrédients à l'exemple de la gélatine permettent d'accroître la biodisponibilité des nutriments dans le yaourt, ce qui le rend plus riche et plus avantageux que le lait (**Fazilah et al., 2018**).

Différentes recherches ont démontré que l'ingestion du yaourt est liée à une amélioration du profil nutritionnel, comme l'ont démontré **Wang et al (2013)**, **Webb et al (2014)** et **Panahi et al (2018)**.

Le yaourt est principalement riche en protéines (**Fernandez et al., 2017**) avec une plus faible teneur en lipides (**Citta et al., 2017**). Cette remarque est très apparue dans nos résultats, la valeur en matière azoté totale est située dans la marge [2.67- 3.60]. Le yaourt à base de la gélatine cameline présente la valeur la plus élevée ; on peut dire que cette teneur excédentaire est liée à la nature de la gélatine cameline présentant une haute valeur protéique. Ces normes en général conformes à la réglementation en vigueur (**JORA, 2001**).

La teneur en matière grasse peut varier entre 1 et 2% dans 100 g de yaourt ; cette norme a été respectée par le yaourt commercial (1.90%) et le yaourt à base de la gélatine bovine (1.30) cependant, la quantité est très faible dans le témoin et le yaourt à base de la gélatine cameline.

Les protéines jouent un rôle déterminant sur la texture et la matière grasse sur les caractéristiques organoleptiques (saveur, arômes). Protéines et matière grasse contribuent également à masquer l'acidité du produit (**Mahaut et al., 2000**) donc il est souhaitable de travailler sur l'augmentation de ces teneurs surtout chez le yaourt à base de la gélatine cameline.

La teneur minimale en matière sèche laitière non grasse (MSNG) du yaourt doit être égale à 8,2% ou plus (**JORA, 1998**). La teneur minérale chez le yaourt commercial présente la plus grande proportion (9.18%), suivie du yaourt de la gélatine cameline avec 7.91% ; et les plus faibles valeurs minérales ont été relevées chez le yaourt témoin et le yaourt à base de gélatine bovine avec 6.63 et 3.92% respectivement.

Pour les minéraux, Il est primordial de souligner que la teneur la plus élevée est en calcium dans le yaourt et les laits fermentés. Effectivement, l'ajout de poudre de lait au lait lors de la production de yaourts et d'autres laits fermentés accroît la concentration minérale par rapport au lait d'origine (**syndifrais, 1997**). Aussi l'ajout de certains additifs riche tel que la gélatine d'origine osseux augmente cette teneur.

Les os camelins contiennent un grand pourcentage de calcium qui peut atteindre jusqu'à 40% de la composition totale en minéraux osseux (**Figueiredo et al., 2011**), donc on peut déduire que la teneur minérale de la gélatine cameline est très associée avec sa teneur osseuse qui se traduit ultérieurement en teneur élevée chez le yaourt produit par la gélatine cameline malgré l'absence de l'ajout de lait en poudre dans notre essai.

4.2.1. Le pH

Selon les normes du journal officiel algérien, le pH d'un bon yaourt doit se situer entre 4,4 et 4,6. Le yaourt commercial a respecté cette norme (**figure 14**), avec un indice d'acidité de 4,35. En revanche, le yaourt fabriqué n'a pas respecté ce critère : le yaourt témoin a montré un pH de 5,02, le yaourt à base de la gélatine cameline et bovine ont présenté des indices de 5,13 et 4,90, respectivement.

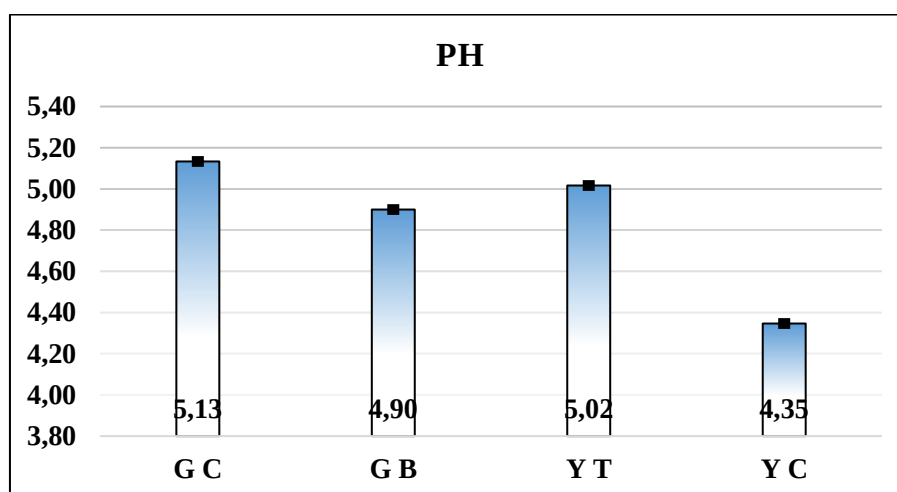


Figure 3. Présentation des résultats du pH du yaourt.

Pour obtenir un goût et une acidité optimaux, le yaourt doit êtreensemencé avec deux types spécifiques de bactéries : "*Streptococcus thermophilus*" et "*Bacillus bulgaricus*" (**Tamime et Robinson, 1985**). En plus de conférer au yaourt son goût acidulé distinctif, ces bactéries lactiques produisent des composés aromatiques qui lui donnent une saveur caractéristique (**Zourari et Desmazeaud, 1991**). L'action acidifiante des bactéries lactiques doit être contrôlée dans le temps (**Corrieu et Luquet, 2005**).

L'acidification dépend de la température et de la durée d'incubation (**Jeantet et al., 2008**). Une fois l'acidité souhaitée atteinte, un refroidissement rapide à 4°C est recommandé pour stopper la fermentation (**Luquet, 1990**). Le stockage à basse température (4°C) permet non seulement de stopper l'acidification, mais également d'augmenter la consistance du produit en raison de l'effet du froid (**Corrieu et Luquet, 2005**).

Selon la littérature, l'acidité du yaourt est directement proportionnelle à la température et au temps d'incubation. Cependant, dans des conditions de production identiques en termes de température et de temps d'incubation, l'acidité du yaourt est également influencée par le pH de la gélatine utilisée.

La gélatine employée dans nos expériences présentait un pH compris entre 4.2 et 5.5, selon la source de la matière première et les méthodes d'extraction. Ainsi, l'acidité de notre yaourt était fortement corrélée à cette gélatine. Cette corrélation peut s'expliquer par l'interaction de la structure des protéines de la gélatine, notamment à des températures relativement basses. Ces protéines forment une structure stable qui ne se dégrade pas facilement, entraînant une augmentation de l'acidité en fonction de la stabilité de la structure chimique interne.

Ce phénomène peut également s'expliquer par la proportion de protéines gélatinogènes présentes dans le yaourt, qui contribue à augmenter l'indice d'acidité des yaourts fabriqués avec de la gélatine cameline et bovine.

Le pH relativement élevé peut également être attribué à l'activité des bactéries lactiques. Selon **Masato et al. (2008)**, une acidité élevée est indicative d'une activité de fermentation intense.

Pour résumer cette partie on peut indiquer le respect de normes de la qualité du journal officiel dans le tableau suivant :

Tableau 02 : classement des résultats physico-chimiques selon le journal officiel.

Paramètres	Normes	GC	GB	YT	YC
EST (%)	20 - 22	+	+	+	+
MSNG (%)	8.2	+	+	+	+
MG (g/l)	4	-	+	-	+
pH	4 - 4.6	-	-	-	+

(+) : respecte les normes ; (-) : normes pas respectées

4.2.2. La couleur et la clarté

La couleur et la clarté des solutions de yaourt sont des indicateurs essentiels de la pureté du produit final. Même si les additifs alimentaires, les conservateurs et les colorants artificiels peuvent avoir un impact sur le yaourt, il est primordial de vérifier sa pureté initiale en se référant à sa clarté et à sa couleur avant toute utilisation de ces additifs.

La gélatine est en générale de couleur blanche ou légèrement jaune, varie en fonction de la source de la matière première, les conditions de l'extraction, les méthodes de séchage et la

présence des impuretés dans sa structure (**Schrieber and Gareis, 2007**). La couleur du yaourt est en dépendance à la couleur de la gélatine utilisée pendant la fabrication (**figure 15**). Les résultats présentent une couleur blanche dans la totalité des produits avec des légères variations entre eux ; la plus haute valeur de la couleur blanche est apparue dans le yaourt commercial (81.24%) alors que le yaourt à base de gélatine bovine présente la valeur la plus faible (72.42%). Le yaourt témoin et le yaourt à base de la gélatine cameline indiquent des caractéristiques colorimétriques blanches identiques (77.44) tandis que la variation est en couleur jaune qui est plus élevée chez le yaourt à base de la gélatine cameline (9.38%).

L'amélioration de méthode de séchage ainsi que les méthodes de la purification de la gélatine cameline extraite au laboratoire peuvent améliorer la couleur blanche du yaourt et donc sa pureté.

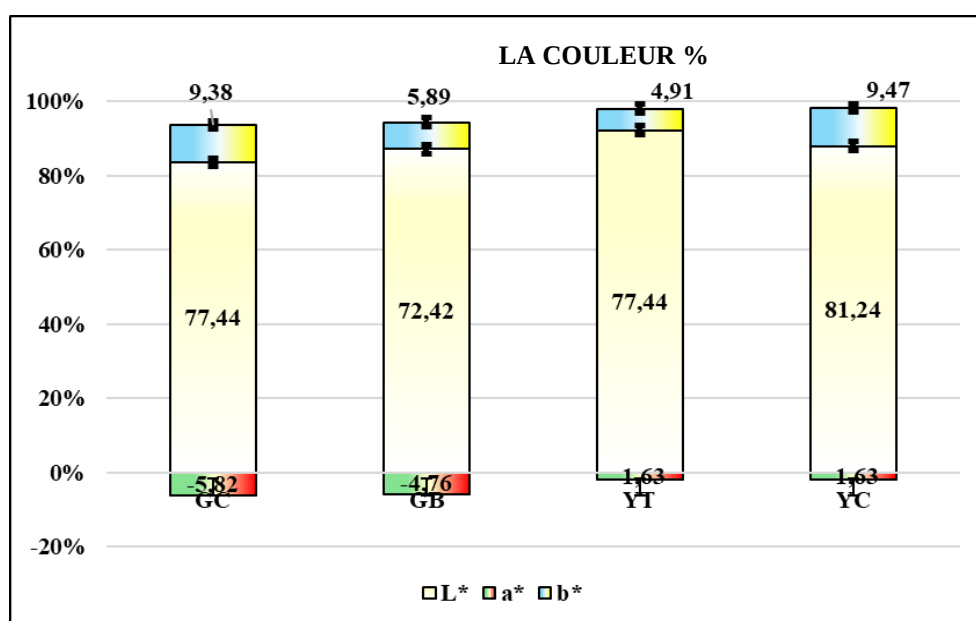


Figure 15. Présentation des résultats des analyses colorimétriques.

La clarté est définie par le degré de la réflexion et/ ou l'absorbance de la lumière du spectrophotomètre par la matière. La couleur blanche a un degré très élevé de la réflexion alors que l'absorbance est faible (**Saraga, 2018**). Aussi, La clarté est associée à l'influence des autres couleurs présentent dans le yaourt comme la couleur rouge et jaune comme couleurs absorbantes des rayons lumineuses. On peut indiquer ici que la nature pigmentaire interne de la gélatine influence le degré d'absorbance et par conséquent la clarté des solutions du yaourt.

La **figure 16** présente le pourcentage de l'absorbance de la lumière. Le yaourt témoin présente la plus faible absorbance (38.49%) donc la réflexion est très élevée qui indique une forte pureté. L'absorbance du yaourt de la gélatine bovine montre une grande absorbance de 48.07% donc la réflexion est minimale, cela signifie une grande disponibilité des couleurs absorbantes dans le yaourt donc une faible pureté. La couleur de la gélatine bovine utilisé dans la fabrication du yaourt est de couleur légèrement orange qui désigne une grande présence de la pigmentation rouge et jaune dans sa structure donc cela justifie cette absorbance élevée comme indication d'une faible pureté.

Le yaourt commercial et à base de la gélatine cameline montrent une faible absorbance (46.67 et 43.10 %) comme indicateur d'une grande pureté donne une priorité à ces deux types de yaourt a la consommation humaine.

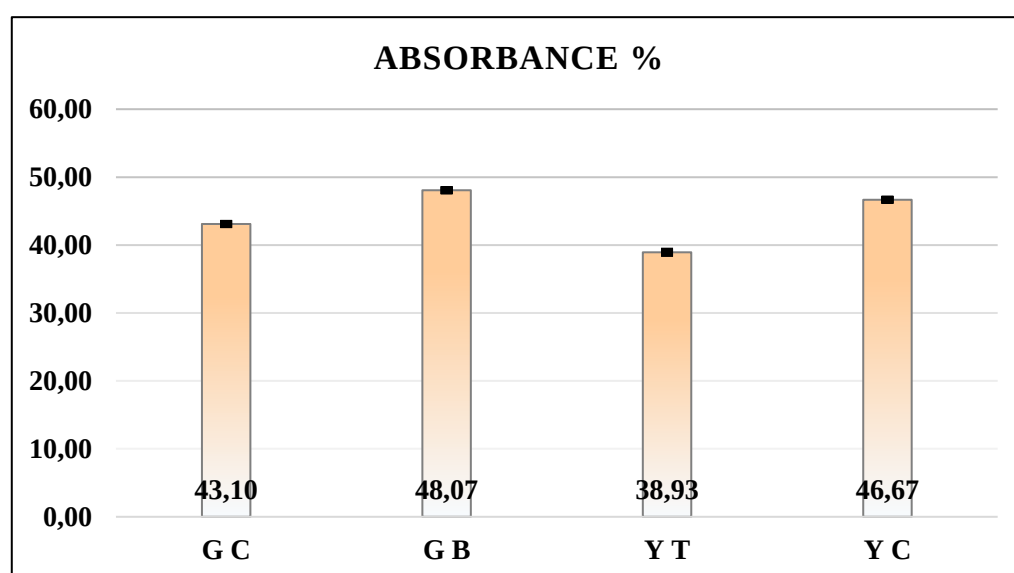


Figure 16. Présentation des résultats de l'absorbance spectrophotométriques.

4.3. Analyses microbiologiques

Le yaourt est produit par fermentation du lait avec des bactéries lactiques (**Fazilah et al., 2018**). Selon les normes internationales, il doit contenir au moins 10^7 UFC de ferment lactique par gramme, principalement *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* (**Savaiano et Hutkins, 2021**). D'autres espèces comme *Lb. acidophilus* et *Bf. longum* peuvent être ajoutées pour des propriétés probiotiques (**Nyanzi et al., 2021**).

Selon la norme nationale de 1998, numéro 35, publiée au Journal Officiel, les yaourts ne doivent contenir aucun germe pathogène. Cependant, des levures et des moisissures peuvent se

développer dans le yaourt. Celles-ci proviennent principalement de l'air ambiant, et la contamination se produit principalement lors du conditionnement (**Larpen et Bourgeois, 1989**).

Le **tableau 03** présente les résultats des analyses microbiologiques des 4 types du yaourt étudiés au début de l'expérience.

Tableau 03. Résultats des analyses microbiologiques au début de l'expérience.

Germes recherchés	Normes (UFC)	GC	GB	YT	YC
Enterobacteriaceae	10 - 10²	+	+	+	+
Staphylocoques à coagulase +	10	+	+	+	+
Salmonella	Absence dans 25 g	+	+	+	+
Listeria monocytogenes	100	+	+	+	+
Levures	Absence dans 25 g	+	+	+	+
Moisissures	Absence dans 25 g	+	+	+	+

(+) : respecte les normes

Au début de l'expérience, Les analyses microbiologiques effectuées sur les 4 types du yaourt démontrent clairement leur conformité totale aux normes selon le journal officiel N°39/2017(**JORA, 2017**).

Après 15 jours de l'isolation du yaourt dans des conditions ambiantes on a remarqué l'apparition des colonies microbiennes dans le yaourt témoin et le yaourt à base de la gélatine bovine, ce qui signifie une mauvaise conservation même en présence de la gélatine bovine.

Les colonies microbiennes n'apparaissent chez le yaourt commercial et le yaourt à base de la gélatine cameline qu'après 20 jours de l'isolation, elle donc une indication d'une meilleure conservation sous l'effet de la gélatine cameline et les additifs associées au yaourt commercial. La durée de la conservation est un paramètre très important indique l'influence de l'additif sur les qualités microbiologiques. On peut aussi dire que la gélatine cameline est un bon compétiteur des conservateurs utilisés dans l'industrie laitière.

Le **tableau 04** montre les résultats des analyses microbiologiques après 20 jours du conditionnement.

Tableau 04. Résultats des analyses microbiologiques après 15 et 20 jours du conditionnement.

	Germes recherchés	Normes (UFC)	GC	GB	YT	YC
Après 15j	Enterobacteriaceae	10 - 10²	+	+	+	+
	Staphylocoques à coagulase +	10	+	+	+	+
	Salmonella	Absence dans 25 g	+	+	+	+
	Listeria monocytogenes	100	+	+	+	+
	Levures	Absence dans 25 g	+	-	-	+
	Moisissures	Absence dans 25 g	+	-	-	+
Après 20j	Enterobacteriaceae	10 - 10²	+	+	+	+
	Staphylocoques à coagulase +	10	+	+	+	+
	Salmonella	Absence dans 25 g	+	+	+	+
	Listeria monocytogenes	100	+	+	+	+
	Levures	Absence dans 25 g	-	-	-	-
	Moisissures	Absence dans 25 g	-	-	-	-

(+) : respecte les normes ; (-) : normes pas respectées

Les 4 types du yaourt après 20 jours d'isolation contiennent des contaminants de nature levures et moisissures alors qu'ils sont dépourvus des germes pathogènes. Cette nature est influencée par les conditions de conservation et la présence des germes pathogènes dans le lieu de l'isolation.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Cette étude vise à mettre en valeur la gélatine cameline dans le domaine de la production agro-alimentaire et à étudier ses effets sur les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du yaourt en le comparant à d'autres types de gélatines.

Les additifs entrant dans la production fermentaire du yaourt comme la gélatine exercent une grande influence sur les caractéristiques biochimiques, structurales et microbiologiques du yaourt.

L'emploi de la gélatine cameline dans la fabrication du yaourt présente des bénéfices significatifs en ce qui concerne la stabilité structurale, l'enrichissement nutritionnel et la préservation microbienne. Même si l'acidité et la couleur doivent être optimisées pour assurer les normes de la consommation et augmenter la pureté du produit final, la gélatine cameline semble être une alternative viable et avantageuse aux gélatines traditionnelles et constitue un bon compétiteur aux additifs classiques utilisés industriellement.

L'incorporation de cette gélatine dans la fabrication de yaourts permet aux producteurs de satisfaire les exigences des consommateurs qui recherchent des produits de qualité supérieure et conformes aux normes de sécurité alimentaire et qu'ils sont sûrs de recourir à un aliment sain et halal donc sans aucun doute des restrictions religieuses.

La présente étude confirme la première hypothèse (hypothèse optimiste) avançant que la gélatine cameline présente un bon additif alimentaire en donnant de meilleures caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et une bonne conservation par rapport aux autres types de gélatine. D'où l'intérêt de produire un yaourt à base de gélatine cameline.

Cette étude constitue une contribution à l'intégration de la gélatine cameline dans la fabrication du yaourt nature. Plusieurs aspects restent à explorer, notamment les propriétés structurales et texturales, les caractéristiques sensorielles, ainsi que l'acceptabilité et les préférences des consommateurs vis-à-vis du yaourt enrichi en² gélatine cameline.

Références bibliographiques

A

Ahmed, M. A., Al-Kahtani, H. A., Jaswir, I., AbuTarboush, H., & Ismail, E. A. (2020). Extraction and characterization of gelatin from camel skin (potential halal gelatin) and production of gelatin nanoparticles. Saudi Journal of Biological Sciences, 1-6.<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.03.022>

Al Hassan, A., Abdel Salam, A. M., Al Nasiri, F., Mousa, H. M., & Mohammadi Nafchi, A. (2021). Extraction and characterization of gelatin developed from camel bones. Journal of Food Measurement and Characterization, 15, 4542-4551.

Allaoui, R, Hafiane, H, saidi, D ,Merghhadi,C.E.(2023). Extraction de gélatine a partir des pattes de volaille exemple les poulets, mémoire de master -start –up, spécialité toxicologie et pharmacotoxicologie+ finance d`entreprise, faculté science exactes et sciences de la Nature et de la Vie, et science économique science gestion et commercial, université echahid cheikh larbi tebessi-tébessa.

Al-Hassan, A. A. (2020). Gelatin from camel skins: Extraction and characterizations. Food. Hydrocolloids, 101, 105457.

Al-Kahtani, H.A., Jaswir, I., Ismail, E.A., Ahmed, M.A., Hamed, A.M., Olorunnisola, S., & Octavianti, F. (2017). Structural characteristics of camel-bone gelatin by demineralization and extraction. International Journal of Food Properties, 20, 2559-2568.

AOAC International. (2005). Official methods of analysis of AOAC International (18th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC International.

Ayar, A., & Gurlin, E. (2014). Production and sensory, textural, physicochemical properties of flavored spreadable yogurt. Life Science Journal, 11(4), 58-65.<https://doi.org/10.1007/s11694-021-01029-y>

B

Béal, C., & Helinck, S. (2019). Article F6315 : Fabrication des yaourts et des laits fermentés. Techniques de l'ingénieur. hal-03519802.

Béal, C., & Sodini, I. (2003). Fabrication des yaourts et des laits fermentés. Technique de l'ingénieur, traité agroalimentaire, 16.

- Beddour, L., & Belrechid, F. (2018). Elaboration d'un yaourt brassé au coing. Mémoire de Fin de Cycle En vue de l'obtention du diplôme Master, Production et Transformation Laitières, Sciences Alimentaires, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université A. MIRA – Bejaia.
- Bello, A. B., Kim, D., Park, H., & Lee, S. (2020). Engineering and Functionalization of Gelatin Biomaterials: From Cell Culture to Medical Applications. *Tissue Engineering Part B: Reviews*, 26, 164–180.
- Ben Mammar, M., Kouar, N., & Kahil, W. (2017). Évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique du yaourt en fonction des conditions de conservation. En vue de l'obtention du Diplôme de Master, Analyse et contrôle de qualité des denrées alimentaires, Sciences Biologiques, Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.
- Benamira, F., Djebli, A., & Houli, M. (2022). Optimisation de la fabrication d'un yaourt ferme en valorisant « Pistacia lentiscus ». [Master's thesis, Université de Jijel]. Microbiologie appliquée et Sciences alimentaires.
- Benrabah, H., & Dekichene, M. (2017). Contribution à l'étude de la qualité et la stabilité d'un lait fermenté alicament additionné d'extrait à l'éthanol de *Thymus vulgaris* (Thym) récolté dans la région de Naama. Mémoire de fin d'études en Sciences agronomiques, Spécialité : Contrôle de la qualité des aliments, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abdelhamid Ben Badis-Mostaganem.
- Berhi, H., & Mehalli, D. (2022). Effets de l'ajout de la farine du quinoa sur la qualité physico-chimique et microbiologique de yaourt à base de lactosérum. Mémoire de master académique en qualité des produits et sécurité alimentaire, sciences biologiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Kasdi Merbah Ouargla.
- Bordenave, G. (2003). Louis Pasteur (1822–1895). *Journal of Microbes and Infection*, 5(6), 553-556.
- Bouainah, O., Bouanane, R., & Bouremouz, Y. (2020). La consommation du lait et produits laitiers et les dangers sanitaires liés aux zoonoses. *Mémoire de master en Alimentaires, Microbiologie Appliquée et Sciences Alimentaires, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mohammed Siddiq bin Yahia Jijel.

- Bouchahda, Z., & Sahnoun, A. (2016). Effet d'ajout du sirop de datte sur la qualité d'un lait fermenté type yaourt étuvé. Mémoire de fin d'étude Master en Agronomie, Spécialité : Biotechnologie Alimentaire, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.
- Bouhaddi, S., & Menasria, D. (2015). Fabrication d'un yaourt au thé vert. En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie, Analyses Chimiques, Faculté des Sciences Exactes, Université A. MIRA - Bejaia.
- Boulefrek, A. O., & Lakehal, H. (2020). Les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques du lait de (Vache, Brebis et Chèvre). Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master II, Contrôle de qualité des aliments, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Agronomiques, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.
- Bramley, A. J., & McKinnon, C. H. (1990). The microbiology of milk. In Dairy Microbiology (2nd ed., pp. 163-208). Elsevier Science Publishers.
- British Standards Institution (BSI). (1975). Methods for sampling and testing gelatin (physical and chemical methods) (3rd revision). London, England: B.S.I. p. 757.
- Bubbe, C., & Bardin, V. (2011). Tout savoir sur le yaourt. SYNDIFRAIS, 75016 Paris, 65 rue Chardon Lagache, pages 10-12

C

- Chaikin, A. (2012). Fédération romande des consommateurs, Article : aliments, lait entier, UHT, écrémé, homogénéisé, pasteurisé...comment s'y retrouver !
- Chandan, R. C., Kilara, A., & Shah, N. P. (2016). Dairy Processing and Quality Assurance (2nd ed.). Wiley Blackwell, Chichester, England.
- Citta, A., Folda, A., Scalcon, V., Scutari, G., Bindoli, A., Bellamio, M., & Rigobello, M. P. (2017). Oxidative changes in lipids, proteins, and antioxidants in yogurt during the shelf life. Food Science & Nutrition, 5(6), 1079-1087.
- Courrieu, G., & Luquet, F. M. (2005). Bactéries lactiques et probiotiques. In Application des bactéries lactiques dans les produits laitiers frais et effet probiotiques (pp. 1-100). Tec et Doc.

D

Djouani, W., & Mehennaoui, K. (2005). Contribution à la stabilisation du yaourt brassé par l'addition de pectine en vue de sa stérilisation. Mémoire de projet de fin d'étude, Université de Blida.

Drider, D. (2009). Bactéries lactiques : physiologie, métabolisme, génomique et applications

Duan, R., Zhang, J., Liu, L., Cui, W., Regenstein, J.M., 2018. The functional properties and application of gelatin derived from the skin of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). FoodChem. 239, 464–469

E

EL amine for gélatine. (2021)L'histoire de la fabrication de la gélatine(en arabe). <https://elaminforgelatin.com/ar/gelatin-history-2/>

F

FAO, Food & Agriculture Organisation. (1995). Le lait et le produit laitier dans la nutrition humaine. ISBN 92-5-20534-6.

<https://www.fao.org/4/t4280f/T4280F01.htm>.

Fawale, O. S., Abuibaid, A., Hamed, F., Kittiphattanabawon, P., & Maqsood, S. (2021). Molecular, structural, and rheological characterization of camel skin gelatin extracted using different pretreatment conditions. Foods, 10(7), 1563. <https://doi.org/10.3390/foods10071563>

Fazilah, N. F., Ariff, A. B., Khayat, M. E., Rios-Solis, L., & Halim, M. (2018). Influence of probiotics, prebiotics, synbiotics and bioactive phytochemicals on the formulation of functional yogurt. Journal of Functional Foods, 48, 387-399.

Fernandez, M. A., Picard-Deland, É. Le Barz, M., Daniel, N., & Marette, A. (2017). Yogurt and health. In Fermented foods in health and disease prevention (pp. 305-338). Academic Press.

Figueiredo, M., Cunha, S., Martins, G., Freitas, J., Judas, F., & Figueiredo, H. (2011). Influence of hydrochloric acid concentration on the demineralization of cortical bone. Chemical Engineering Research and Design, 89(8), 116-124. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2010.04.013>

Folch, J., Lees, M., & Stanley, G. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*, 226, 497–509. [PubMed: 13428781]

G

Gelatin Manufacturers Institute of America (GMIA). (1986). *Standard methods for the sampling and testing of gelatins*. New York: Gelatin Manufacturers of America, Inc.

Gelatin Manufacturers Institute of America (GMIA). (2019). *Gelatin Handbook*, 1-9.

Gimenez, B., Gormez-Guillen, M. C., & Montero, P. (2005). The role of salt washing of fish skins in chemical and rheological properties of gelatin extracted. *Food Hydrocolloids*, 19(6), 951-957.

GME. 2001. Gelatin manufacturers of Europe. <http://www.gelatine.org/en/gelatine/overview/127.htm>

GMIA. 2012. *Gelatin handbook*. Gelatin Manufacturers Institute of America. New York, [online], <http://www.gelatin-gmia.com/html/qanda.html>

Gornall, A. G., Bardawill, C. J., & David, M. M. (1949). Determination of serum proteins by means of the Biuret reaction. *Journal of Biological Chemistry*, 177, 751–766.

Gösta. (1995). Lait long conservation. In *Manuel de transformation du lait* (pp. 442). Tétrapacks Processing Systems A.B, Sweden.

Guyot. (1992). Les yaourts. *D.L.G Food Tec*, 5-12-13-35

H

Haddane, C., & Hamdi, O. (2012). Contribution à l'élaboration d'un yaourt à base d'anis vert : contrôle physico-chimique, microbiologique et organoleptique. *Mémoire de fin d'étude*, Université de Blida.

Hammadi, R. (2016). Contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique du yaourt brassé et liquide de la laiterie de WANISS. *Projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de docteur vétérinaire*, Institut des Sciences Vétérinaires, Université Saad Dahlab-Blida 1. <https://hal.science/hal-03519802>

Hanani, Z. N., Roos, Y. H., & Kerry, J. P. (2014). Use and application of gelatin as potential biodegradable packaging materials for food products. *International journal of biological macromolecules*, 71, 94-102.

https://www.liberation.fr/france/2018/09/20/pourquoi-certains-yaourts-contiennent-ils-de-la-gelatine_1680006/

J

Imeson.(2010).Food Stabilisers, Thickeners and Gelling

Agents.<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781444314724>

J

Jaswir, I., Al-Kahtani, H. A., Octavianti, F., Lestari, W., & Yusof, N. (2019). Camel gelatin composition, properties, production, and applications. In O. A. Alhaj, B. Faye, & R. P. Agrawal (Eds.), *Handbook of Research on Health and Environmental Benefits of Camel Products* (pp. 306-327). IGI Global.

Jaubert, G. (1997). Flavour of goat farm bulk milk. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 25, 89-93.

Jeantet, R., Croguennec, Th., Mahaut, M., Schuck, P., & Brulé, G. (2008). *Les produits laitiers* (2nd ed.). Ref: MPBC0EBM3054457.

Journal Officiel de la République Algérienne. (1998). Bulletin officiel n° 86 du 28 Radjab 1419 (18 novembre 1998), Arrêté interministériel du 16 Joumada Ethania 1419 correspondant au 7 octobre 1998 relatif aux spécifications techniques des yaourts et aux modalités de leur mise à la consommation.

Journal Officiel de la République Algérienne. (2001). Bulletin officiel n° 4862 du 9 chaoual 1421 (4 janvier 2001), Décret n° 2-00-425 du 10 ramadan 1421 (7 décembre 2000) relatif au contrôle de la production et de la commercialisation du lait et produits laitiers.

K

- Kasereka, G., & Kayiba, M. (2018). Essai de fabrication du yaourt de soja : études comparatives densimétriques et organoleptiques du yaourt de "lait de soja" et celui de lait de vache. Faculty Memser, Université de Kinshasa.
- Kaur, R., Kaur, G., Mishra, S. K., Panwar, H., Mishra, K. K., & Brar, G. S. (2017). Yogurt: A nature's wonder for mankind. *International Journal of Fermented Foods*, 6(1), 57-69.
- Kurdi, W. I., & Al-Baghdadi, M. F. (2010). Gelatin processing from bones, legs, heads and skins of spent hens: 1. Study its chemical contents and yield. *Anbar Journal of Agricultural Sciences*, 8(1), 192-205.
- Karim A.A., et Bahat R., 2009. Fish gelatin. Properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatin. In *Food Hydrocolloids*, 23, pp. 265-576.
- Keenan T. R. (1998). La Macromolécule de Gélatine, éd Ellipse, Paris, Chap. 16, PP. 92-111

L

- Lacroux M. (2018). Pourquoi certains yaourts contiennent-ils de la gélatine ?
https://www.liberation.fr/france/2018/09/20/pourquoi-certains-yaourts-contiennent-ils-de-la-gelatine_1680006/
- Lamontagne, M. (2002). Produits laitiers fermentés. In C. Vignola (Ed.), *Science et technologie du lait: Transformation du lait* (Chapitre 8, pp. 93-139). Presses Internationales Polytechnique.
- Lamoureux, L. (2000). Exploitation de l'activité β -galactosidase de culture de bifidobactéries en vue d'enrichir des produits laitiers en galacto-oligosaccharides. Mémoire de maîtrise, Université de Laval, Canada.
- Lapointe-Vignola, C. (2002). *Fondation de technologie laitière du Québec*. Presses Internationales Polytechnique. ISBN: 464 Pages (600).
- Larpent, J. P., & Bourgeoise, C. M. (1989). *Microbiologie alimentaire*. Tec et Doc Lavoisier. Paris, 46, 1-117.
- Lassoued, M., Jridi, R., Nasri, R., Dammak, A., Hajji, M., Nasri, M., & Barkia, A. (2014). Characteristics and functional properties of gelatin from thornback ray skin obtained by pepsin-aided process in comparison with commercial halal bovine gelatin. *Food Hydrocolloids*, 41, 309-318.

- Lupien, J. (1995). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Rome, Italie : Division de l'alimentation et de la nutrition, FAO. No. 28. ISBN 92-5-20534-6.
- Luquet, F. M. (1985). Lait et produits laitiers. Vache, Brebis, chèvre: Transformation et technologies. Paris: Éd Technique et Documentation-Lavoisier. 633p.
- Luquet, F. M. (1990). Les produits laitiers: Transformation et technologie. 2ème édition. Lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Tech& doc Apria Lavoisier.
- Luquet, F. M., & Carrieu, G. (2005). Bactéries lactiques et probiotiques. Collection Sciences et Techniques Agroalimentaires. Ed Lavoisier Tec et Doc.

M

- M'vaiwa, M. (2021). Amélioration et standardisation des propriétés organoleptiques du yaourt ferme Mira. Rapport de fin d'étude en vue de l'obtention de l'option Agroalimentaire, Université de Maroua.
- Mahant, M., Jeantit, R., Bruli, G., & Schuck, P. (2000). Les produits industriels laitiers. Edition Tec et Doc La Voiser, Paris.
- Mahaut, M., Jeantet, R., Brulé, G., & Schuck, P. (2000). Produits fermentés et desserts lactés. In Les produits industriels laitiers (pp. 25-47). Tec et Doc Lavoisier.
- Mariod, A. A., & Adam, H. F. (2013). Review: Gelatin, source, extraction and industrial applications. Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria, 12, 135-147.
- Masato, O., Yoshiaki, M., & Toshihide, N. (2008). Sensory properties and taste compounds of fermented milk produced by *Lactococcus lactis* and *Streptococcus thermophilus*. Food Science and Technology Research, 14(2), 183-189.
- Michel, J. C., Pouliot, M., & Richard, J. (2002). Science et technologie du lait. Edition Tec et Doc, Lavoisier, Paris.
- Ministry of Social Affairs, Public Health and Environment. (2000). Royal Decree on Food Gelatine. ALBERT II, King of the Belgians, 5 December 2000.
- Mulyani, S., Setyabudi, F. M. C. S., Pranoto, Y., & Santoso, U. (2017). Physicochemical properties of gelatin extracted from buffalo hide pretreated with different acids. Korean Journal of Food Science and Animal Resources. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.5.708>.

Mordore Intelligence. (2024). Analyse de la taille et des parts du marché allemand des protéines animales-tendances et prévisions de croissance jusqu'à 2029. <https://www.mordorintelligence.com/fr/industry-reports/global-gelatin-market>

N

Nyanzi, R., Jooste, P. J., & Buys, E. M. (2021). Invited review: Probiotic yogurt quality criteria, regulatory framework, clinical evidence, and analytical aspects. *Journal of Dairy Science*, 104(1), 1-19.

O

Online Etymology Dictionary. (1713). Gelatin. Retrieved from <https://www.etymonline.com/word/gelatine>

P

Panahi, S., Doyon, C. Y., Després, J. P., Pérusse, L., Vohl, M. C., Drapeau, V., & Tremblay, A. (2018). Yogurt consumption, body composition, and metabolic health in the Québec family Study. *European Journal of Nutrition*, 57(4), 1591-1603.

Portier F., 2016. Biomatériaux collagène/gélatine (Des phases cristal-liquides aux matériaux hybrides). Thèse de Doctorat en Physique et Chimie des Matériaux. Université Pierre et Marie Curie., Paris. pp. 60-61.

R

Ranasinghe, R. A. S. N., Wijesekara, W. L. I., Perera, P. R. D., Senanayake, S.A., Pathmalal, M. M., & Marapana, R. A. U. J. (2022). Functional and bioactive properties of gelatin extracted from aquatic bioresources—a review. *Food Reviews International*, 38(4), 812-855.

République française, ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi. (2009). Spécification technique de l'achat public laits et produits laitiers, groupe d'étude des marchés de restauration collective et de nutrition (GEM RCN). Document téléchargeable sur le site http://www.minefe.gouv.fr/directions_services/daj/guide/gpem/table.html

Rezig, K., Braham, F., Hemdani, H., & Benbouzid, A. R. (2021). Denominations De Vente Et Teneurs En Matière Grasse Laitière Des Types De Lait Fermenté. Journal Officiel De La République Algérienne, N° 06(21), 1442.

S

Sahan, N., Yasar, K., & Hayaloglu, A. A. (2008). Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a β -glucan hydrocolloidal composite during storage. Food Hydrocolloids, 22(7), 1291-1297. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.06.010>

Saraga, D. (2018). La matière blanche en couleur. Horizons, le magazine Suisse de la recherche scientifique. Retrieved from <https://www.revue-horizons.ch/2018/03/08/la-matiere-blanche-en-couleur/>

Savaiano, D. A., & Hutkins, R. W. (2021). Yogurt, cultured fermented milk, and health: A systematic review. Nutrition Reviews, 79(5), 599-614.

Schrieber, R., & Gareis, H. (2007). Gelatine Handbook: Theory and Industrial Practice. WILEY-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA.

Science Photo Library Limited. (2016). , yogurt bacterium, SEM [Photograph]. <https://www.sciencephoto.com/media/873993/view>.

Science Photo Library Limited. (2024). Registered in England and Wales no. 1550520. VAT no. GB 340 7410 88.

Scimat. (2016). *Streptococcus thermophilus* in yogurt [Photograph]. Fine Art America. <https://fineartamerica.com/featured/streptococcus-thermophilus-in-yogurt-scimat.html>.

Srividya, C., Sowmya, C., & Prakash Reddy, S. (2014). Capsules and its Technology: An Overview. International Journal of Pharmaceutical and Drug Analysis, 2(9), 727-733. ISSN: 2348-8948.

Syndifrais. (1995). Mission Scientifique. Yaourts, laits fermentés. Le Lait, 77(3), 321-358.

T

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

Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (1985). *Yoghurt Science and Technology* (1st ed.). Pergamon Press.

Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (2007). *Tamime and Robinson's Yoghurt: Science and Technology*. (3rd ed.). Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 13-22 (808p).

Tan, H., Tu, Z., Jia, H., Gou, X., & Ngai, T. (2018). Hierarchical Porous Protein Scaffold Templated from High Internal Phase Emulsion Costabilized by Gelatin and Gelatin Nanoparticles. *Langmuir*, 34, 4820–4829.

Trachoo, N. (2002). Yogurt: The fermented milk. *Journal of Science and Technology*, 24(4), 727-738.

V

Vignola, C. (2002). *Science et technologie du lait : Transformation du lait*. École Polytechnique de Montréal. P(600).

Vignola, C. (2002). *Science et technologie du lait : Transformation du lait*. École Polytechnique de Montréal. ISBN : 29-34 (600 p).

W

Walker A. A. Oldest Glue Discovered. In : *Archeology* (en ligne). 21 mai 1998. Consulté le 23/07/2019. Disponible à l'adresse : <http://archive.archaeology.org/online/news/glue.html>

Wang, H., Livingston, K. A., Fox, C. S., Meigs, J. B., & Jacques, P. F. (2013). Yogurt consumption is associated with better diet quality and metabolic profile in American men and women. *Nutrition Research*, 33(1), 18-26.

Webb, D., Donovan, S. M., & Meydani, S. N. (2014). The role of yogurt in improving the quality of the American diet and meeting dietary guidelines. *Nutrition Reviews*, 72(3), 180-18.

Wiley & sons. (1987). *Gelatin in Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*, Vol. 3, éd., PP. 488.

Z

Z. A., Khan Sharif, R., et al. (2018). Meeting the requirements of halal gelatin: A mini review. *MOJ Food Process Technol*, 6(6), 477–482. DOI: 10.15406/mojfpt.2018.06.00209

Zhang, T., Xu, J., Zhang, Y., Wang, X., Lorenzo, J. M., & Zhong, J. (2020). Gelatins as emulsifiers for oil-in-water emulsions: Extraction, chemical composition, molecular structure, and molecular modification. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 113-131.

Zourari, A., & Desmazeaud, M. J. (1995). Caractérisation de bactéries lactiques thermophiles isolées de yaourts artisanaux grecs. II. Souches de *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* et cultures mixtes avec *Streptococcus salivarius subsp thermophilus*. *Le Lait*, 71(4), 463-4.

Annex

Les photos et les appareils utilisés



Photo 01. Préparation de l'échantillon.



Photo 02. La déminéralisation et le prétraitement



Filtration



Séchage par refroidissement



Photos 03. Procédé de purification et de conservation.



Balance de haute précision



Etuve $105 \pm 2^\circ\text{C}$



Dessiccateur, équipé d'un agent de séchage efficace



Four a moufle $550 \pm 20^\circ\text{C}$

Photos 04. Appareils utilisés pour l'analyse des extraits secs et des minéraux.



Photos 05. Evaporateur rotatif.



Photos 06. Mélangeur Vortex



Photos 07. pH mètre



Photos 08. Colorimètre.



Photos 09.



Spectrophotomètre

ultraviolet

Autre matériel et produit



Agitateur magnétique



Centrifugeus



Résumé : Cette étude vise à faire la lumière sur l'utilisation de la gélatine cameline dans l'industrie agro-alimentaire et à analyser ses effets sur les propriétés physico-chimiques et microbiologiques du yaourt en le comparant à d'autres types de gélatine. L'étude s'est déroulée en trois phases principales : l'extraction de la gélatine des os camelines ; la fabrication de yaourt selon des méthodes industrielles en utilisant de la gélatine cameline, codée GC, et de la gélatine bovine, codée GB, ainsi que des échantillons témoins sans aucun additif, codés YT. Les propriétés physico-chimiques et microbiologiques des yaourts fabriqués au laboratoire ont été comparées à celles des yaourts commercialisés. Le yaourt fabriqué avec de la gélatine cameline a une teneur en matière sèche conforme aux normes de consommation, similaire à celle du yaourt commercial et du yaourt fabriqué avec de la gélatine bovine. L'ajout de gélatine cameline améliore la densité et la stabilité structurale du yaourt, par rapport au yaourt sans gélatine. La gélatine cameline a une valeur protéique élevée, ce qui augmente la teneur en protéines du yaourt, améliore sa texture et réduit son acidité. Le yaourt produit a un pH supérieur aux normes algériennes par rapport au yaourt commercialisé, ce qui peut être corrigé par un contrôle minutieux des conditions de fermentation. Le yaourt à la gélatine cameline a montré une meilleure conservation microbiologique, avec l'absence de colonies microbiennes jusqu'à 20 jours après la mise en pots, ce qui est comparable au yaourt commercial. Cela suggère que la gélatine cameline peut jouer un rôle compétitif par rapport aux conservateurs synthétiques, en améliorant la durée de conservation du yaourt. Dans l'ensemble, la gélatine cameline apporte des propriétés importantes et influentes au yaourt, ce qui en fait un candidat solide et une alternative à tout type d'additif ou à d'autres types de gélatine, offrant ainsi aux consommateurs un produit sain et halal.

A comparative study of Camlin and bovine gelatin-and bovine gelatine based yoghurt

Abstract: This study aims to highlight the use of camel gelatin in the food industry and analyze its effects on the physicochemical and microbiological properties of yogurt by comparing it with other types of gelatin. The study adopted three main stages: the extraction of gelatin from camel bones; the manufacture of yogurt according to industrial methods using camel gelatin, coded GC, and bovine gelatin, coded GB, as well as control samples without any additives, coded YT. The physicochemical and microbiological properties of the laboratory-made yogurt were compared against commercial yogurt. Yogurt made with camel gelatin has a dry matter content in line with consumer standards, similar to commercial yogurt and yogurt made with bovine gelatin. The addition of camel gelatin improves the density and structural stability of yogurt, compared to yogurt without gelatin. Camel gelatin has a high protein value, which increases the protein content of the yogurt, improving its texture and masking acidity. The yogurt produced has a higher pH than Algerian standards compared to marketed yogurt, and this can be adjusted by careful control of fermentation conditions. The camel gelatin yogurt showed better preservation microbiologically, with the absence of microbial colonies for up to 20 days after packaging, which is comparable to commercial yogurt. This suggests that camel gelatin can play a competitive role with synthetic preservatives, improving the longevity of yogurt. Overall, camel gelatin confers important and influential properties to yogurt, making it a strong candidate and alternative to any kind of additives or other types of gelatin, providing a healthy and halal product for consumers.

دراسة مقارنة للزبادي القائم على جيلاتين الجمل و البقر.

ملخص: تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على استعمال جيلاتين الإبل في قطاع الصناعات الغذائية وتحليل آثاره على الخصائص الفيزيائية الكيميائية والميكروبيولوجية للزبادي من خلال مقارنة بأنواع أخرى للجيلاتين. اعتمدت الدراسة ثلاث مراحل أساسية هي استخلاص الجيلاتين من عظام الإبل؛ ثم تصنيع الياورث وفقاً للطرق الصناعية المتداولة باستعمال جيلاتين الإبل الذي سمي GC وباستعمال الجيلاتين البقري بترميز GB إضافة إلى عينات شاهدة بدون أي إضافات برمز YT. تمت مقارنة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للزبادي المصنوع مخبرياً مقابل الزبادي المسوق في المتاجر. يحتوي الزبادي المصنوع من جيلاتين الإبل على محتوى من المادة الجافة يتماشى مع معايير المستهلك، على غرار الزبادي التجاري والزبادي الشاهد والمصنوع من الجيلاتين البقري. تعمل إضافة جيلاتين الإبل على تحسين كثافة الزبادي وثباته البنيوي، مقارنة بالزبادي بدون الجيلاتين. يحتوي جيلاتين الإبل على قيمة بروتينية عالية، مما يزيد من محتوى البروتين في الزبادي، مما يحسن قوامه ويخفي الحموضة. يحتوي الزبادي المنتج على درجة حموضة أعلى من المعايير الجزائرية مقارنة بالزبادي المسوق، ويمكن تعديل ذلك من خلال التحكم الدقيق في ظروف التخمر. أظهر زبادي جيلاتين الإبل حفظاً أفضل من الناحية الميكروبيولوجية، مع غياب المستعمرات الميكروبية لمدة تصل إلى 20 يوماً بعد التعبئة، وهو ما يضاهي الزبادي التجاري. يشير هذا إلى أن جيلاتين الإبل يمكن أن يلعب دوراً تنافسياً مع المواد الحافظة الصناعية، مما يحسن من العمر الافتراضي للزبادي. وعموماً يمنح جيلاتين الإبل خصائص هامة ومؤثرة للزبادي يجعله مرشحاً وبدلاً قوياً لأي أنواع من الإضافات أو أنواع أخرى من الجيلاتين موفراً منتوجاً صحياً وحلالاً للمستهلكين.