

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE

N°:



DOMAINE : SCINCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCE ALIMENTAIRE

OPTION : QUALITE DES PRODUITS ET SECURITE  
ALIMENTAIRE

**Mémoire présenté pour l'obtention**  
**Du diplôme de Master Professionnel**

Par :

Dogha Sabrina

Bouzidi Imane

Titraoui Nour Elhouda

**Intitulé**

**La conservation des produits laitiers par  
fermentation**

Soutenu devant le jury composé de :

Dr. Rabah Noura	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Encadreur
Dr. Bisset Sghira	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Présidente
Dr. Gassmia Khawkha	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Examinatrice

Année universitaire : 2022 /2023

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à ceux qui rien n'aurait été possible sans eux.*

*Ma très chère mère Hayat, aucun mot, aucune expression ne pourrait exprimer à  
Toi juste la valeur, la gratitude et l'amour que je te porte. Je te remercie pour ton soutien,  
Amour, conseils et surtout tes encouragements et sacrifices. Puisse Dieu te prêter une longue  
vie.*

*Mon très cher père Khaïther, le brave homme dont je suis fier d'être son fils. Je te remercie  
Pour ton soutien, confiance, tes conseils et surtout tes sacrifices.*

*Mon cher frère Saïd et Mohammed et Ibrahim et Abd Allah ma cher sœur Assia.*

*A mes amis de toujours dans les pires et les bons moments , Sara , Marwa, Iman, Hasna,  
Yasmine, Hadjira .*

*Amon grand-père Sassi, que dieu lui fasse miséricorde.*

*Amon cher oncle Lamori.*

*et surtout Saadiya, vous étiez toujours avec moi je vous dédie mon travail pour nos  
Souvenirs et notre chère amitié.*

*Tous mes enseignants du département de biochimie et microbiologie sans exception. Une  
spéciale dédicace à toute la promo QPSA ma 2ème famille.*

***Toutes les personnes que je connais et que j'aime!***

***Dogha Sabrina***

# Dédicace

*A mes chers parents " Ali \_ Fatiha ", pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études*

*Un grand merci à ma deuxième mère et source de soutien et d'amour*

*Dr Saoudi Ouarda "Hananti " Et mon oncle "Abed Abderrahmane "*

*A mes chères sœurs et frères "Safia \_ Chifaa"" Ismail \_ wadie " pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral*

*A ma grande mère " Mama Aïcha " a toute ma famille Mes oncles mes tante*

*Mes merveilleuses amies et soeurs :*

*Safia \_ Chaïma \_ maria \_ hadjer \_ israa \_ abir \_ rayen \_ romaisa \_ sabra \_*

*Tata batoul (el ba )\_ Imane-Sabrina*

*Beaucoup d'amour à vous*

*A tous ceux qui m'ont rendu service de près ou de loin merci*

***Titraoui Nour Elhouda***

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail :*

*A ma très chère mère*

*Quoi que je fasse ou je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit, ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force*

*A mon très cher père*

*Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.*

*Que ce travail se traduise par ma gratitude et mon affection*

*A Mon très Cher frère'' A. Rahman '' et mes sœur '' Manel, Malak et Nihal ''*

*Puisse dieu vous donner santé, bonheur, courage et surtout réussite*

*A ma grand-mère, mes oncles et mes tantes. Que dieu leur donne une longue et joyeuse vie*

*A ma belle-famille. Que dieu les protège et leur offre le bonheur*

*A tous les cousins et les amis que j'ai connus jusqu'à maintenant. Merci pour leurs amours et leurs encouragements*

**Bouzidi Imane**

# Remerciement

*On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.*

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Madame Rabah Noura, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

*Nos remerciement les jurys Madame Gassmia Khawkha et Madame Bisset Sghira pour leur présence et pour son aide, pour leur lecture attentive de notre mémoire ainsi que pour les remarques qu'ils m'adresseront lors de cette soutenance afin d'améliorer mon travail*

*On remercie également messieurs HARAR Abd Nasser pour leur aide dans la réalisation de ce mémoire*

*Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui ont*

*Contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette année universitaire.*

# Sommaire

Résumé .....	i
Liste des abréviations .....	ii
Liste des figures.....	iii
Introduction .....	1
Chapitra I. Altération et conservation des produits alimentaires.....	3
I.1. Altération des produits alimentaires.....	3
I.1.1. Altération physico-chimique .....	3
I.1.2. Altération microbiologique .....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
I.2. Conservation.....	5
I.2.1. Définition .....	5
I.2.2. Objectif.....	5
I.2.3. Techniques utilisées .....	5
Chapitra II. Fermentation .....	8
II.1. Fermentation .....	8
II.2. Type de fermentation .....	9
II.2.1. Fermentation alcoolique.....	9
II.2.2. Fermentation acétique .....	10
II.2.3. Fermentation butyrique .....	10
II.2.4. Fermentation lactique.....	11
II.3. Microorganisme intervenant dans la fermentation .....	12
Chapitra III. Les produits laitiers.....	14
III.1. Aliment fermentés .....	14
III.2. Produits laities .....	14
III.2.1. Fromage.....	15
III.2.2. Yaourt .....	15
III.2.3. Leben .....	17

III.2.4. Raib.....	17
III.3. Valeur nutritionnelle.....	19
Conclusion.....	21
Référence bibliographique	

## ملخص

يعد الحفاظ على منتجات الألبان عن طريق التخمير طريقة قديمة مستخدمة لعدة قرون في العديد من الثقافات. يعمل التخمير على إطالة العمر الافتراضي لمنتجات الألبان عن طريق تحويل اللاكتوز إلى حمض اللاكتيك من خلال عمل بكتيريا حمض اللاكتيك الموجودة بشكل طبيعي في الحليب أو تُضاف طواعية. ينتج عن هذا التحول الحمضي درجة حموضة منخفضة تمنع نمو البكتيريا المسؤولة عن تكسير الطعام ويطيل العمر الافتراضي لمنتجات الألبان مثل الزبادي والجبن. بالإضافة إلى دورها الوقائي ، تعتبر منتجات الألبان المخمرة مفيدة جدًا للصحة ، حيث تحتوي على البروبيوتيك ، والبكتيريا المفيدة للأمعاء ، وكذلك الإنزيمات الهضمية والفيتامينات والمعادن. ومع ذلك ، من المهم ملاحظة أنه ليست كل منتجات الألبان المخمرة صحية على حد سواء. غالبًا ما تكون المنتجات الصناعية التي تحتوي على نسبة عالية من السكر والمواد المضافة أقل فائدة للصحة. لذلك من الأفضل استهلاك منتجات الألبان الزراعية أو العضوية، والتحقق من ملصقات المنتجات عند الشراء.

**الكلمات المفتاحية:** التخمير, الحفظ, منتجات الألبان.

## **Abstract**

The preservation of dairy products by fermentation is an ancestral method that has been used for centuries in many cultures. Fermentation extends the shelf life of dairy products by transforming lactose into lactic acid, by to the action of lactic acid bacteria naturally present in milk or voluntarily added. This acidic transformation creates a low pH that inhibits the growth of bacteria responsible for food spoilage, prolonging the shelf life of dairy products such as yoghurt and cheese. In addition to their preservative role, fermented dairy products are also highly beneficial to health, as they contain probiotics, bacteria beneficial to the intestine, as well as digestive enzymes, vitamins and minerals. However, it's important to note that not all fermented dairy products are equally healthy. Industrial products often rich in sugar and additives may be less beneficial to health. It is therefore preferable to consume free-range or organic dairy products, and to check product labels when purchasing.

**Key Words:** fermentation, preservation, dairy products.

## **Résumé**

La conservation des produits laitiers par fermentation est une méthode ancestrale utilisée depuis des siècles dans de nombreuses cultures. La fermentation permet de prolonger la durée de conservation des produits laitiers en transformant le lactose en acide lactique grâce à l'action des bactéries lactiques présentes naturellement dans le lait ou ajoutées volontairement. Cette transformation acide crée un pH bas qui inhibe la croissance des bactéries responsables de la dégradation des aliments et prolonge la durée de conservation des produits laitiers comme le yaourt, le fromage. En plus de leur rôle conservateur, les produits laitiers fermentés sont également très bénéfiques pour la santé, car ils contiennent des probiotiques, des bactéries bénéfiques pour l'intestin, ainsi que des enzymes digestives, des vitamines et des minéraux. Cependant, il est important de noter que tous les produits laitiers fermentés ne sont pas également sains. Les produits industriels souvent riches en sucre et en additifs peuvent être moins bénéfiques pour la santé. Il est donc préférable de consommer des produits laitiers fermiers ou biologiques, et de vérifier l'étiquetage des produits lors de l'achat.

**Les mots clés :** fermentation, conservation, produits laitiers.

## Liste des abréviations

AW	Water Activity
ADP	Adenosine Di-Phosphate
ATP	Adenosine Tri-Phosphate
LAB	Lactic Acid Bacteria
MAP	Modified Atmosphere Packaging
NAD	Nicotinamide Adenine Dinucleotide
NADP	Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate
PH	Potentiel Hydrogène

## Liste des figures

<b>Figure .1.</b> La fermentation alcoolique.....	10
<b>Figure .2.</b> La fermentation lactique.....	12
<b>Figure .3.</b> Métabolisme des sucres par lactobacillus et Saccharomyces en tant que représentants des bactéries lactiques et levures .....	14
<b>Figure .4.</b> Plan présente les trois phases de préparations de le yaourt.....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
<b>Figure .5.</b> Plan présente la fabrication de raib et lben.....	18

# **Introduction**

## Introduction

L'aliment est un besoin fondamentale pour la vie. L'agriculture, l'élevage et la pêche fournissant à l'homme une variété de produit qui doivent être conservés pour être consommés sur une plus période possible. L'altération des aliments se réfère à la détérioration de leur qualité, de leur sécurité ou de leur valeur nutritionnelle des aliments (**Gram, Ravn et al. 2002**). Les aliments peuvent subir de altérations physiques, chimiques ou microbiologiques qui affecter leur apparence, leur texture, leur goût et leur odeur (**Singh and Anderson 2004**). Les facteurs qui peuvent causer l'altération des aliments sont nombreux et incluent les variations de température, l'exposition à l'air, l'humidité, les microbes, les insectes et les contaminants environnementaux. Les aliments peuvent devenir rances, moisissus, putrides ou toxiques s'ils sont altérés. Pour éviter l'altération il faut utiliser la technique de conservation (**Sevindik and Uysal 2021**).

Les traitements de conservation appliqués aux aliments visent à préserver leur comestibilité et leurs propriétés gustatives et nutritives en empêchant le développement des microorganismes qu'ils contiennent et qui peuvent dans certains cas entraîner une intoxication alimentaire (**Rahman 2020**). Les trois méthodes utilisées pour la conservation des aliments reposent sur : la chaleur (pasteurisation, stérilisation, appertisation, semi-conserves), le froid (surgélation, congélation, réfrigération), autres techniques (conditionnement sous vide ou sous atmosphère modifiée, fermentation, etc) (**Russell and Gould 2003**).

La fermentation est un processus biochimique naturel qui permet de prolonger la durée de conservation de certains aliments. Cette technique ancienne a été utilisée pendant des siècles pour conserver les aliments avant l'invention de la réfrigération et de la conservatio à haute température (**Mani 2018**). La fermentation est un processus dans lequel les micro-organismes utiles, tels que les bactéries et les levures, sont utilisés pour transformer les sucres et autres nutriments dans les aliments, en acides organiques, alcools, gaz ou enzymes (**Caplice and Fitzgerald 1999**). Non seulement cela prolonge la durée de conservation des aliments, mais il améliore également leur goût, leur texture et leur qualité nutritionnelle tout en augmentant leur digestibilité (**Mehta, Kamal-Eldin et al. 2012**).

La fermentation des produits laitiers est une méthode traditionnelle de conservation utilisée depuis des siècles dans de nombreuses cultures à travers le monde (**Jay and Jay 1995**). C'est un moyen sûr et efficace de conserver les produits laitiers et de récolter leurs bienfaits pour la santé, y compris les probiotiques qui favorisent une bonne santé digestive cette technique à base des bactéries lactiques pour convertir le lactose du lait en acide lactique (**Companys, Pla-**

**Pagà et al. 2020**). Cela acidifie le produit et empêche la croissance de bactéries nocives qui peuvent dégrader la qualité et la sécurité des aliments. Il existe de nombreux types de produits laitiers fermentés, notamment le yaourt, leben, le fromage, Raib. Chacun de ces produits utilise différents types de bactéries et des méthodes de fermentation spécifiques pour créer des saveurs et des textures uniques et augmenter leur durée de vie (**Hekmat and Koba 2006**).

# **Chapitre I : Altération et conservation des produits alimentaires**

## Chapitre I. Altération et conservation des produits alimentaires

### I.1. Altération des produits alimentaires

L'homme a fait depuis long temps de nombreux efforts pour protéger ses produits alimentaires de l'altération, l'aliment altéré a une incidence directe sur la santé des consommateurs et peut provoquer des intoxication graves (**Rawat 2015**). La détérioration des aliments peut résulter de dégâts causés par les insectes, de blessures physiques, d'une activité enzymatique ou d'une dégradation microbienne (**Koutsoumanis, Tsaloumi et al. 2021**).

L'altération des aliments peut être définie de plusieurs manières différentes. Généralement, un aliment est considéré comme avarié lorsqu'il n'est plus acceptable pour le consommateur. Dans des cas moins graves, une altération alimentaire peut simplement se traduire par une détérioration de la couleur, de la saveur, de la texture ou de l'arôme de l'aliment (**Singh, and Anderson 2004**). Il peut également s'agir de dommages physiques, d'altérations chimiques (oxydation, changement de couleur) ou l'apparition d'arômes et d'odeurs indésirables résultant de la croissance et du métabolisme microbiens dans le produit (**Gram, Ravn et al. 2002**). de même une altération biochimique qui causée par l'activité enzymatique (brunissement enzymatique, lyse, destruction de vitamines de certains nutriments) (**Kratchanova, Denev et al. 2010**), parmi les types d'altération :

#### I.1.1. Altération physico-chimique

Bien que les processus d'altération chimique et physique ne puissent être totalement séparés, leurs principales contributions à la détérioration des aliments se caractérisent par des changements de goût et de couleur dus à l'oxydation, à l'irradiation, à la lipolyse (rancissement) et à la chaleur. Ces changements peuvent être induits par la lumière, les ions métalliques ou une chaleur excessive au cours de la transformation ou du stockage (**Azad, Ahmad et al. 2019**). Les processus chimiques peuvent également entraîner des changements physiques tels que l'augmentation de la viscosité, la gélification, la sédimentation, ou le changement de couleur (**in't Veld 1996**).

##### I.1.1.1. Altération physique

Le premier type d'altération qui peut se produire est dû à des changements physiques ou à l'instabilité (**Rawat 2015**) ; il peut s'agir de dommages physiques tels que des meurtrissures ou des cassures des produits, qui peuvent se produire pendant le transport et la distribution ou par la chute des produits. La plupart des autres changements physiques ou instabilités impliquent l'humidité ou le transfert de masse des composants dans l'aliment (**Skibsted, Risbo et al. 2010**).

Une cause fréquente de dégradation des produits alimentaires est un changement de leur teneur en eau. Le changement d'humidité seul rend le produit inacceptable, bien qu'il entraîne souvent d'autres problèmes tels que la dégradation microbienne ou chimique. Le transfert d'humidité se produit dans les aliments en raison des gradients de potentiel chimique, qui est directement lié à l'activité de l'eau de l'aliment ( $a_w$ ) (**Chirife, del Pilar Buera et al. 1996**). La température est également importante car la plupart des corps sont susceptibles d'être endommagés par la congélation lorsque la température est abaissée lentement et que le produit devient partiellement congelé. Cela entraîne la rupture des cellules et la détérioration du produit (**Nguyen, Naficy et al. 2019**).

#### **I.1.1.2. Altération chimique**

L'altération des aliments peut également se produire dans les produits alimentaires en raison de la réaction ou de la décomposition des composants chimiques, y compris les protéines, les lipides et les carbohydrates (**Gram, Ravn et al. 2002**). Les activités enzymatiques dans les fruits et légumes peuvent provoquer le brunissement et le ramollissement des tissus ; ces réactions se produisent facilement lorsque les cellules sont brisées par la meurtrissure, la coupe ou l'épluchage. Le brunissement non enzymatique (brunissement de Maillard) est une réaction qui se produit entre les protéines (groupes aminés) et les sucres réducteurs. Cette réaction provoque un brunissement de la couleur et parfois des changements dans la texture de l'aliment (**Sahu, and Bala 2017**).

#### **I.1.2. Altération microbiologique**

L'altération Microbiologique des aliments est le processus biologique qui provoque la dégradation ou la décomposition de la denrée alimentaire en raison de la croissance et de l'activité microbiennes qui entraînent des changements indésirables (**in't Veld 1996**).

L'altération microbienne est une préoccupation majeure pour les aliments dits périssables, les micro-organismes potentiels de détérioration des aliments comprennent les bactéries, les champignons (moisissures et levures), les virus et les parasites (**Abdel-Aziz, Asker et al. 2016**). L'altération microbiologique, rendant un produit impropre à la consommation, peut affecter le goût, l'odeur, la couleur et l'aspect ainsi que la texture (**Illikoud 2018**). Les aliments constituent un terrain de croissance idéal, ils contiennent des protéines, des hydrates de carbone et des lipides qui sont utilisés par les micro-organismes présents dans l'aliment. La dégradation des matières alimentaires implique généralement l'hydrolyse des protéines (putréfaction) par les micro-organismes protéolytiques, la fermentation indésirable par les micro-organismes saccharolytiques et le rancissement par les microbes lipolytiques. Les micro-organismes responsables de la détérioration des aliments dépendent des éléments intrinsèques (pH, activité de l'eau,

nutriments, potentiel d'oxydo-réduction, propriétés antimicrobiennes) et extrinsèques (température et humidité relative, pression) (**Singh, and Anderson 2004**).

## **I.2. Conservation**

L'un des principaux progrès de l'histoire de l'humanité a été la capacité de conserver les aliments, ce qui a permis à l'homme de s'installer dans un endroit plutôt que de se déplacer d'un endroit à l'autre à la recherche perpétuelle de nourriture fraîche. Les principales techniques de conservation mises au point ont été le séchage, le fumage, la réfrigération et le chauffage (**Zeuthen, and Bøgh-Sørensen 2003**).

### **I.2.1. Définition**

La conservation des aliments, l'une des nombreuses méthodes par lesquelles les aliments sont préservés de la détérioration après la récolte ou l'abattage. Ces pratiques remontent à la préhistoire. La conservation des produits alimentaires nécessite des opérations destinées à leur assurer une bonne qualité en les rendant attractifs, comestibles, délicieux et nutritifs pour le consommateur (**Russell, and Gould 2003**).

### **I.2.2. Objectif**

Les méthodes de conservation des denrées alimentaires sont principalement employées pour prévenir l'altération pendant le stockage et tout au long de la distribution, jusqu'à l'utilisation par le consommateur (**Prokopov, and Tanchev 2007**); elles contribuent ainsi à garantir que les durées de conservation prévues sont respectées (**Russell, and Gould 2003**). Aussi elle prévient la croissance bactérienne et fongique dans les produits alimentaires ; et elle retarde l'oxydation des graisses pour réduire le rancissement ; se fait pour conserver la qualité, y compris la couleur, la texture, la saveur, etc. et la valeur nutritive des produits alimentaires (**Leistner 2000**).

### **I.2.3. Techniques utilisées**

Depuis des milliers d'années, l'homme utilise diverses méthodes pour prolonger la fraîcheur et la sécurité de ses aliments et stabiliser ses réserves alimentaires. Si certaines de ces méthodes sont relativement récentes, nombre d'entre elles remontent à l'Antiquité. Nous avons peut-être affiné les processus et mieux compris les mécanismes, mais les concepts de base restent les mêmes aujourd'hui (**Kaloyereas 1950**). Voici quelques-unes des techniques les plus courantes de conservation des aliments.

### **I.2.3.1. Le séchage**

Est la plus ancienne méthode de conservation des aliments. Cette méthode réduit l'activité de l'eau, ce qui empêche la croissance micro-bactéries. Le séchage réduit le poids des aliments, qui peuvent ainsi être transportés facilement. Le soleil et le vent sont tous deux utilisés pour le séchage, ainsi que des applications modernes telles que les séchoirs à lit fluidisé, la lyophilisation, les séchoirs à étagères, le séchage par pulvérisation, les déshydrateurs alimentaires commerciaux et les fours domestiques. La viande et les fruits comme les pommes, les abricots et les raisins sont des exemples de séchage par cette méthode (**Rahman, and Perera 2007**).

### **I.2.3.2. Réfrigérissement**

Consiste à conserver des aliments préparés dans des chambres froides. Les pommes de terre peuvent être conservées dans des chambres noires, mais les préparations à base de pommes de terre doivent être congelées (**Fennema 1966**).

### **I.2.3.3. Le fumage**

Est le processus qui permet de cuire, d'aromatiser et de conserver les aliments en les exposant à la fumée produite par la combustion du bois. La fumée est antimicrobienne et antioxydant. Les viandes et les poissons sont le plus souvent fumés. Différentes méthodes de fumage sont utilisées, comme le fumage à chaud, le fumage à froid, la torréfaction et la cuisson au four (**Lingbeck, Cordero et al. 2014**).

### **I.2.3.4. L'emballage sous vide**

Crée un vide en rendant les sacs et les bouteilles hermétiques. Comme il n'y a pas d'oxygène dans le vide créé, les bactéries meurent. Généralement utilisé pour les fruits secs (**Goulas, and Kontominas 2007**).

### **I.2.3.5. La canalisation et l'embouteillage**

Signifie sceller des aliments cuits dans des bouteilles et des boîtes stériles. Le récipient est bouilli, ce qui tue ou élimine les bactéries. Les aliments sont cuits pendant des durées variables (**Lucci, Pacetti et al. 2016**).

### **I.2.3.6. Utilisation contrôlée d'organismes**

Cette méthode est utilisée pour le fromage, le vin et la bière, qui sont ainsi conservés plus longtemps. Cette méthode utilise des organismes bénéfiques pour la conservation des aliments en

les introduisant dans les aliments où ils créent un environnement qui n'est pas propice à la croissance des pathogènes nocifs (**Abdulmumeen, Risikat et al. 2012**).

#### **I.2.3.7. Emballage sous atmosphère modifiée (MAP)**

Prolonge la durée de conservation des produits alimentaires frais. L'air atmosphérique à l'intérieur d'un emballage est remplacé par un mélange de gaz protecteur souvent de l'azote et du dioxyde de carbone qui garantit que le produit restera frais le plus longtemps possible (**Abdulmumeen, Risikat et al. 2012, Embleni 2013**).

#### **I.2.3.8. Pasteurisation**

Processus qui ralentit la croissance microbienne dans les aliments. L'objectif de la pasteurisation n'est pas de détruire complètement tous les micro-organismes pathogènes présents dans les aliments (typiquement dans le lait et les produits laitiers), mais simplement de réduire le nombre de pathogènes viables de manière à ce qu'ils ne puissent pas provoquer de maladie si le produit pasteurisé est stocké comme indiqué et consommé avant sa date limitée de consommation (**Steele 2000**).

#### **I.2.3.9. Irradiation**

L'irradiation des aliments est une technologie qui utilise le rayonnement pour contrôler l'altération des aliments en détruisant les agents pathogènes présents dans les aliments. Comme les résultats sont similaires à ceux de la pasteurisation, elle est également appelée "pasteurisation à froid". La différence réside dans le fait que la pasteurisation utilise la chaleur pour tuer les micro-organismes, les bactéries et les virus qui peuvent être présents dans les aliments, alors que l'irradiation utilise des rayonnements ionisants. L'application est utilisée pour inhiber la germination, retarder le mûrissement et améliorer la réhydratation, Voici quelques exemples d'irradiation : Les aliments qui ont été irradiés pour prolonger leur durée de conservation. Par exemple, les fruits et légumes frais peuvent être irradiés pour tuer les bactéries qui causent la détérioration, ce qui prolonge leur durée de conservation. Les pansements stériles sont souvent irradiés pour tuer les bactéries potentiellement dangereuses (**Abdulmumeen, Risikat et al. 2012**).

# **Chapitre II : fermentation**

## Chapitre II. Fermentation

### II.1. Fermentation

L'homme utilise la fermentation depuis le néolithique, principalement pour fermenter des boissons et fabriquer du fromage. Toutefois, ce n'est qu'au XIX<sup>e</sup> siècle que les scientifiques ont commencé à comprendre ce processus. En 1837, Theodor Schwann a observé le bourgeonnement de la levure à l'aide d'un microscope et a découvert que l'ébullition du jus de raisin empêchait la fermentation jusqu'à ce qu'une nouvelle levure soit ajoutée (**Barnett 2003**). Cependant, de nombreux chimistes pensaient encore que la fermentation était une simple réaction chimique qui pouvait se produire sans organisme vivant. Dans les années 1850 et 1860, Louis Pasteur a répété les expériences de Schwann et a démontré que la fermentation provenait de cellules vivantes. Cependant, il ne parvient pas à extraire l'enzyme responsable du processus. En 1897, le chimiste allemand Eduard Buechner broie de la levure, en extrait un liquide et découvre que ce liquide fermente une solution sucrée. Son expérience lui vaut le prix Nobel de chimie en 1907 (**Manchester 2007**).

La fermentation est un processus biochimique qui permet d'obtenir de l'énergie à partir d'hydrates de carbone sans utiliser d'oxygène. De nombreux aliments sont issus de la fermentation et ce processus a des applications industrielles. En d'autres termes, il s'agit d'un processus anaérobie. En revanche, la respiration cellulaire produit de l'énergie, mais il s'agit d'un processus aérobie (qui nécessite de l'oxygène). Outre les molécules d'énergie (telles que l'ATP) (**Schäpper, Alam et al. 2009**), la fermentation produit une variété de molécules, dont l'éthanol, le dioxyde de carbone, l'acide lactique, le méthanol, l'hydrogène, le méthane, l'acide butyrique, l'acétone et l'acide acétique. Les champignons (levure), et les bactéries (*Clostridium*) sont des exemples d'organismes qui pratiquent la fermentation (**Sanchez, and Demain 2002**).

L'étude de la fermentation et de ses utilisations pratiques est appelée zymologie et a débuté en 1856 lorsque le chimiste français Louis Pasteur a démontré que la fermentation était causée par la levure. La fermentation se produit dans certains types de bactéries et de champignons qui ont besoin d'un environnement sans oxygène pour vivre (connus sous le nom d'anaérobies stricte), dans les anaérobies facultatifs tels que la levure, ainsi que dans les cellules musculaires lorsque l'oxygène est rare (comme lors d'un exercice physique intense) (**Sebald, and Hauser 1995**). Les processus de fermentation sont précieux pour les industries alimentaires et des boissons, avec la conversion des sucres en éthanol utilisé pour produire des boissons alcoolisées, la libération de CO<sub>2</sub> par la levure utilisée pour faire lever le pain, et la production d'acides organiques pour conserver et aromatiser les légumes et les produits laitiers (**Schmidt 2005**).

Dans la fermentation, le premier processus est le même que la respiration cellulaire, à savoir la formation d'acide pyruvique par la glycolyse où 2 molécules nettes d'ATP sont synthétisées. Dans l'étape suivante, le pyruvate est réduit en acide lactique, en éthanol ou en d'autres produits. Il se forme alors du NAD<sup>+</sup> qui est réutilisé dans le processus de glycolyse (Sebald, and Hauser 1995).

La fermentation favorise également la croissance de bactéries bénéfiques, appelées probiotiques. Il a été démontré que les probiotiques améliorent la fonction immunitaire ainsi que la santé digestive et cardiaque (Lacroix, and Yildirim 2007).

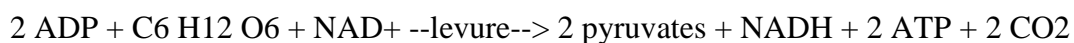
## II.2. Type de fermentation

Il existe de nombreux types de fermentation qui se distinguent par les produits qui sont obtenus à partir du pyruvate ou de ses dérivés, la fermentation peut être classée comme suit :

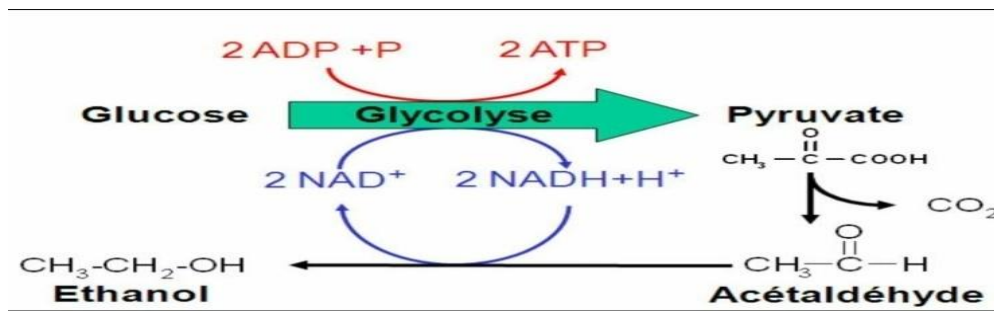
### II.2.1. Fermentation alcoolique

La fermentation alcoolique est un processus de production d'énergie cellulaire sans utilisation d'oxygène, qui se déroule dans le cytosol de micro-organismes tels que la levure (Dashko, Zhou et al. 2014). Elle est également connue sous le nom de fermentation de l'éthanol ou de respiration anaérobie, la fermentation alcoolique est un moyen important de production d'énergie pour les organismes (ou les cellules) qui vivent dans des zones avec peu ou pas d'oxygène (Buchner 1997).

La fermentation alcoolique se produit dans le cytosol des cellules de levure. Le processus de fermentation alcoolique comporte deux parties principales : la glycolyse et la fermentation (Zamora 2009). La glycolyse est la première étape de la fermentation alcoolique.



Au cours de cette étape importante, comme le montre l'équation ci-dessus, les molécules de glucose (C<sub>6</sub> H<sub>12</sub> O<sub>6</sub>) sont scindées en deux molécules de pyruvate. Ce processus permet de fabriquer 2 molécules d'ATP (figure 01) à partir de 2 molécules d'ADP (Dashko, Zhou et al. 2014).



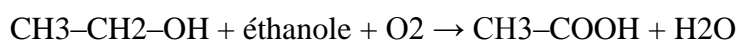
**Figure II.1.** La fermentation alcoolique.

Bien qu'il y ait plusieurs sous-produits, la production d'ATP est le but de la glycolyse. Le  $\text{NAD}^+$  est nécessaire en tant que transporteur d'électrons, pour produire l'ATP. (Zamora 2009)

### II.2.2. Fermentation acétique

La fermentation acétique est un processus chimique médié par l'action d'un groupe de bactéries appartenant au genre *Acétobacter*. Par ce processus, ces bactéries agissent sur l'alcool éthylique (éthanol), l'oxydent et obtiennent de l'acide acétique ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) et de l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Comme tout processus chimique, la fermentation acétique nécessite un substrat, l'alcool éthylique. Celui-ci est obtenu par le processus de fermentation alcoolique qui est également réalisé par un micro-organisme, les levures du genre *Saccharomyces* (De Roos, and De Vuyst 2018).

L'éthanol ainsi obtenu est oxydé par les *acétobacters* qui, en présence obligatoire d'oxygène, obtiennent de l'acide acétique et de l'eau comme produits finaux, selon la réaction suivante :



La fermentation acétique est utilisée pour produire de l'acide acétique, Le vinaigre est également produit par ce procédé (Gullo, Verzelloni et al. 2014) .

### II.2.3. Fermentation butyrique

La fermentation butyrique est définie comme la dégradation du glucose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) pour produire de l'acide butyrique ( $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ ) et du gaz, dans des conditions anaérobies et avec un faible rendement énergétique, il est caractéristique de la production d'odeurs désagréables et putrides (Michel-Savin, Marchal et al. 1990).

La fermentation butyrique est effectuée par des bactéries à Gram positif du genre *Clostridium*, dans le processus de fermentation, le glucose est catabolisé en pyruvate, produisant

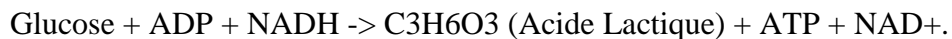
deux moles d'ATP et de NADH. Le pyruvate est ensuite fermenté en divers produits, en fonction de la souche bactérienne (Zhang, Yang et al. 2009). Dans un premier temps, le pyruvate devient lactate et celui-ci devient acétyl-CoA avec la libération de CO<sub>2</sub>. Par la suite, deux molécules d'acétyl-CoA forment l'acétoacétyl-CoA, qui est ensuite réduite en butyryl-CoA, par certaines étapes intermédiaires. Enfin, *Clostridium* fermente le butyryl-CoA en acide butyrique (Luo, Yang et al. 2018).

Ce phénomène se produit lors du séchage des fibres de jute, du beurre rance, de la transformation du tabac et du tannage du cuir. L'acide butyrique est produit dans le côlon humain par la fermentation des fibres alimentaires. C'est une source d'énergie importante pour l'épithélium colorectal (Jiang, Fu et al. 2018).

#### II.2.4. Fermentation lactique

La fermentation lactique est un processus biologique dans lequel des sucres tels que le glucose, le fructose, le saccharose et lactose sont convertis en énergie cellulaire et en acide lactique, un sous-produit métabolique. Il s'agit d'une fermentation lactique de type intervention (Abdel-Rahman, Tashiro et al. 2013).

L'acide lactique est formé à partir du pyruvate produit lors de la glycolyse. Le NAD<sup>+</sup> est généré à partir du NADH.



L'enzyme lactate déshydrogénase catalyse cette réaction, comme il décrit dans la figure 2 (Khalid 2011).

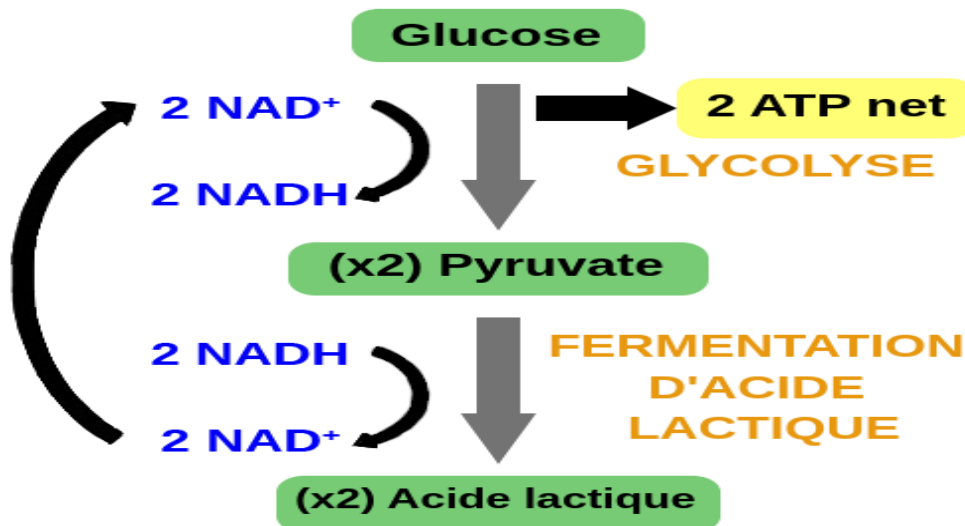


Figure II.2. La fermentation lactique.

Les bactéries *Lactobacillus* préparent le caillé à partir du lait par ce type de fermentation. Au cours d'un exercice intense, lorsque l'apport en oxygène est insuffisant, les muscles tirent leur énergie de la production d'acide lactique, qui s'accumule dans les cellules et provoque la fatigue (Mercier, Yerushalmi et al. 1992).

Les bactéries lactiques sont un groupe divers de bactéries capables de produire de l'acide lactique. Elles sont présentes dans le fromage, le yaourt ou les plantes en décomposition. Les *lactobacilles* peuvent être divisés en différents genres tels que *Lactobacillus*, *Leucinostoc*, *Pediococcus*, etc (Khalid 2011).

Certaines bactéries lactiques sont capables d'homo ou d'hétéro-fermentation, la fermentation hétérolactique. Il s'agit de l'utilisation du pyruvate pour produire de l'acide lactique, de l'éthanol et du dioxyde de carbone en tant que sous-produits, à l'aide des enzymes lactate déshydrogénase et pyruvate décarboxylase.



Dans la fermentation homolactique, le glucose est converti en pyruvate, qui génère ensuite deux molécules d'acide lactique à l'aide de l'enzyme lactate déshydrogénase (Toumi 2018).

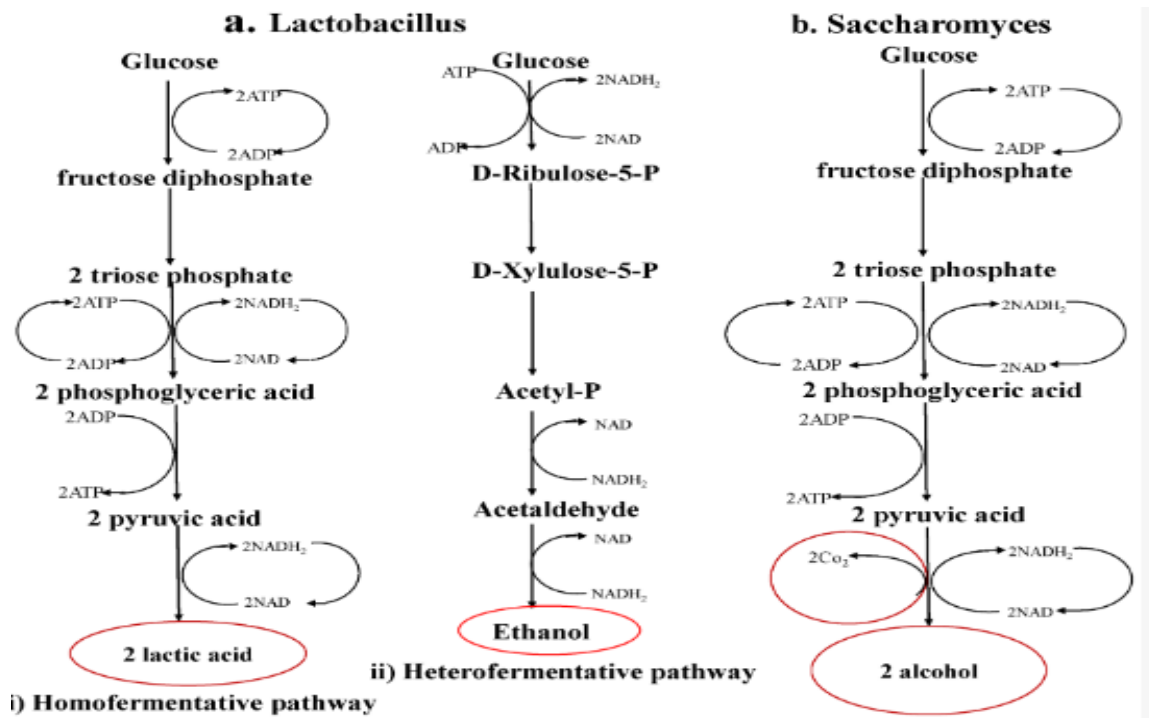
### II.3. Microorganisme intervenant dans la fermentation

La fermentation est un processus naturel par lequel des micro-organismes tels que les levures et les bactéries transforment les glucides (l'amidon et le sucre) en alcool ou en acides. Elle donne une saveur acidulée caractéristique et est utilisée pour fabriquer des aliments (Behera, Ray et al. 2019). Les microbes peuvent également être différenciés en fonction des

substrats qu'ils peuvent fermenter. Par exemple , *E. coli* peut fermenter le lactose et former du gaz (Tamang, Shin et al. 2016).

Les micro-organismes fermenteurs offrent une approche unique de la stabilité des aliments par le changement physique et biochimique des aliments fermentés. Ces aliments fermentés peuvent être bénéfiques pour les consommateurs par rapport aux aliments simples en termes d'antioxydants, de production de peptides, de propriétés organoleptiques et probiotiques, et d'activité antimicrobienne. Ils contribuent également à réduire les niveaux de toxines et d'éléments antinutritionnels. La qualité et la quantité des communautés microbiennes dans les aliments fermentés varient en fonction du processus de fabrication et des conditions de conservation et de durabilité(Sharma, Garg et al. 2020).

La composition des substrats utilisés et les micro-organismes de fermentation sont les principaux facteurs qui influencent les aliments fermentés. En outre, le traitement des aliments et la durée de la fermentation au cours de la transformation ont également une incidence sur la fermentation des aliments (Mokoena 2017). Pour tous les aliments et boissons fermentés, les bactéries lactiques constituent le microbiote dominant, considéré comme l'élément le plus important contribuant aux effets bénéfiques des aliments, boissons fermentées (Okafor 2009). Les micro-organismes de fermentation comprennent principalement des bactéries lactiques. Comme *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus* et *Pediococcus* (Mokoena 2017), ainsi que des levures et des moisissures comme *Debaryomyces*, *Kluyveromyces*, *Saccharomyces*, *Geotrichium*, *Mucor*, *Penicillium* et *Rhizopus* (Blandino, Al-Aseeri et al. 2003, Doyle, and Meng 2006). La voie fermentaire des sucres chez *Lactobacillus* et les levures est décrite dans la figure 3.



**Figure II.3.** Métabolisme des sucres par lactobacillus et Saccharomyces en tant que représentants des bactéries lactiques et levures

Bien qu'ils aient des effets bénéfiques pendant la fermentation, les micro-organismes présents dans les aliments contribuent également à prévenir l'apparition de nombreux produits chimiques et micro-organismes pathogène au cours du processus de fermentation qui contribuent à prolonger la durée de conservation des aliments. Ces micro-organismes sont également responsables de la production de nouvelles enzymes qui facilitent la digestion telles que la protéase, la lactase, etc (Şanlier, Gökçen *et al.* 2019).



# **Chapitre III: Les produits laitiers**

## Chapitre III. Les produits laitiers

### III.1. Aliment fermentés

Les aliments fermentés sont d'une grande importance car ils fournissent et conservent de grandes quantités d'aliments nutritifs dans une grande diversité de saveurs, d'arômes et de textures qui enrichissent le régime alimentaire de l'homme (**Campbell-Platt 1994**). Les aliments fermentés sont présents depuis l'arrivée de l'homme sur terre. Ils le seront encore à l'avenir, car ils sont à l'origine des boissons alcoolisées, du vinaigre, des légumes marinés, des saucisses, des fromages, des yaourts, des sauces et pâtes à base d'acides aminés et de protéines végétales au goût de viande, ainsi que des pains levés et des pains à pâte aigre (**Hutkins 2008**). Alors que le monde occidental peut se permettre d'enrichir ses aliments avec des vitamines synthétiques, le monde en développement doit compter sur l'enrichissement biologique pour ses vitamines et ses acides aminés essentiels. Au cours des cinq dernières décennies, les progrès scientifiques et technologiques, en particulier dans le domaine de la biotechnologie, ont conduit à une industrialisation accélérée de nombreuses fermentations alimentaires, y compris les produits laitiers, les produits alimentaires fermentés ont une durée de conservation plus longue et sont moins susceptibles de s'altérer (**Benkerroum, and Tamime 2004**).

### III.2. Produits laitiers

Le lait est utilisé par l'homme depuis la nuit des temps pour fournir des aliments nutritifs frais et stockables. Dans certains pays, près de la moitié du lait produit est consommé sous forme de lait frais pasteurisé entier, faible en gras ou écrémé. Toutefois, la majeure partie du lait est transformée en produits laitiers plus stables, commercialisés dans le monde entier, tels que le beurre, le fromage, le lait en poudre, la crème glacée et le lait condensé (**Cropp, and Graf 2001**).

Le lait de vache (espèce bovine) est de loin le principal type de lait utilisé dans le monde. D'autres animaux sont utilisés pour leur production de lait, notamment la bufflonne (en Inde, en Chine, en Égypte et aux Philippines), la chèvre (dans les pays méditerranéens), le renne (en Europe du Nord) et la brebis (en Europe du Sud). Cette section se concentre sur la transformation du lait de vache et des produits laitiers, sauf indication contraire. En général, la technologie de transformation décrite pour le lait de vache peut être appliquée avec succès au lait obtenu à partir d'autres espèces (**Early 1998**).

L'acidification du lait par fermentation est l'une des méthodes les plus anciennes pour conserver le lait et lui conférer des qualités organoleptiques particulières. Il existe de nombreuses

méthodes différentes pour réaliser cette fermentation dans diverses parties du monde et elles donnent lieu à une gamme de produits laitiers fermentés, y compris le leben, le raib, le fromage, le yaourt. Ces produits varient considérablement en termes de composition, de saveur et de texture, en fonction de la nature des organismes de fermentation, du type de lait et du processus de fabrication utilisé (**Jay, and Jay 1995**).

### **III.2.1. Fromage**

Le fromage est un aliment de base très ancien, apprécié pour sa richesse, son onctuosité, sa saveur et ses qualités rassasiantes. Il a été découvert dans les civilisations anciennes lors de l'essor de l'agriculture et de la domestication des brebis et des chèvres pour leur lait. Par accident, lorsque le lait était laissé au soleil pendant des heures, il devenait aigre et les composants protéiques se transformaient en solides. Lorsque la partie liquide, ou lactosérum, a été égouttée et retirée pour ne laisser que le caillé solide, les agriculteurs se sont aperçus que ce caillé avait un goût agréable (**Kindstedt 2017**). Depuis lors, les pays du monde entier ont expérimenté la fabrication de fromages, en variant les types de lait, la durée de maturation du fromage et en utilisant différents additifs comme le sel ou l'acide pour produire des textures et des saveurs uniques (**Mangione, Caccamo et al. 2023**). Le fromage est un aliment obtenu à partir de lait coagulé, de produits laitiers ou de composants du lait tels que le lactosérum ou la crème. Le fromage est fabriqué principalement à partir de lait de vache, mais aussi de lait de brebis et de chèvre (**Kindstedt 2012**).

La coagulation peut être obtenue soit par l'action d'une enzyme, la présure, soit par une fermentation induite par des bactéries lactiques (le lactose est alors transformé en acide lactique), soit très fréquemment par une combinaison des deux méthodes précédentes, ou par un chauffage associé à une acidification directe (vinaigre, etc.) (**Tilocca, Costanzo et al. 2020**). Le caillé est ensuite égoutté, le lactosérum peut également être utilisé directement, sous forme de fromage de lactosérum tel que le sérac, ou par réincorporation de ses composants (**Bintsis, and Papademas 2017**).Après égouttage et généralement moulage, le caillé est salé et affiné (fromage affiné) ou non (fromage frais).Au cours de l'affinage, certains fromages développent des moisissures sur la croûte et/ou à l'intérieur, ou une croûte morgée, entraînant des transformations biologiques complexes qui permettent au produit d'acquérir ses caractéristiques texturales et aromatiques particulières (**Boulebnane, Ouglal et al. 2021**).

### **III.2.2. Yaourt**

Le yaourt est l'un des aliments les plus connus contenant des probiotiques. Le yaourt est défini par le Codex Alimentaires de 1992 comme un produit laitier coagulé qui résulte de la

fermentation de l'acide lactique dans le lait par *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophiles* (Bourlioux, and Pochart 1988). D'autres espèces de bactéries lactiques sont désormais fréquemment utilisées pour conférer au produit final des caractéristiques uniques. En tant que cultures de départ pour la production de yaourt, les espèces de bactéries lactiques entretiennent des relations symbiotiques au cours de leur croissance dans le milieu laitier (Hui 1993). Il apporte des protéines et du calcium et peut favoriser la présence de bactéries intestinales probiotiques saines (Metchnikoff 1901).

Les procédés de fabrication des yaourts et des laits fermentés se caractérisent par trois phases successives (Tamime, and Deeth 1980), constituées chacune de plusieurs étapes : La production diffère selon le type de produit élaboré (yaourt ferme, brassé, à boire ou concentré) et présente des variantes selon sa teneur en matières grasses et son arôme (Chandan, and O'Rell 2006). Les yaourts, conditionnés dans des pots en verre ou en plastique, sont stockés en chambres froides à 4°C en passant au préalable dans des tunnels de refroidissement, à ce stade ; ils sont prêts à être consommés (Lee, and Lucey 2010). Inoculé de ferment lactique (*Lactococcus lactis subsp. Crémoris*, *Lactococcus lactis subsp. Lactis*, *Lactococcus lactis subsp. Diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides subsp. Dextranicum* (ex *Leuconostoc dextranicum*), *Leuconostoc mesenteroides subsp. Crémoris* (ex *Leuconostoc citrovorum*), *Leuconostoc mesenteroides subsp. Mesenteroides* (ex *Leuconostoc mesenteroides*) (SAMET- BALI, Bellila et al. 2010).

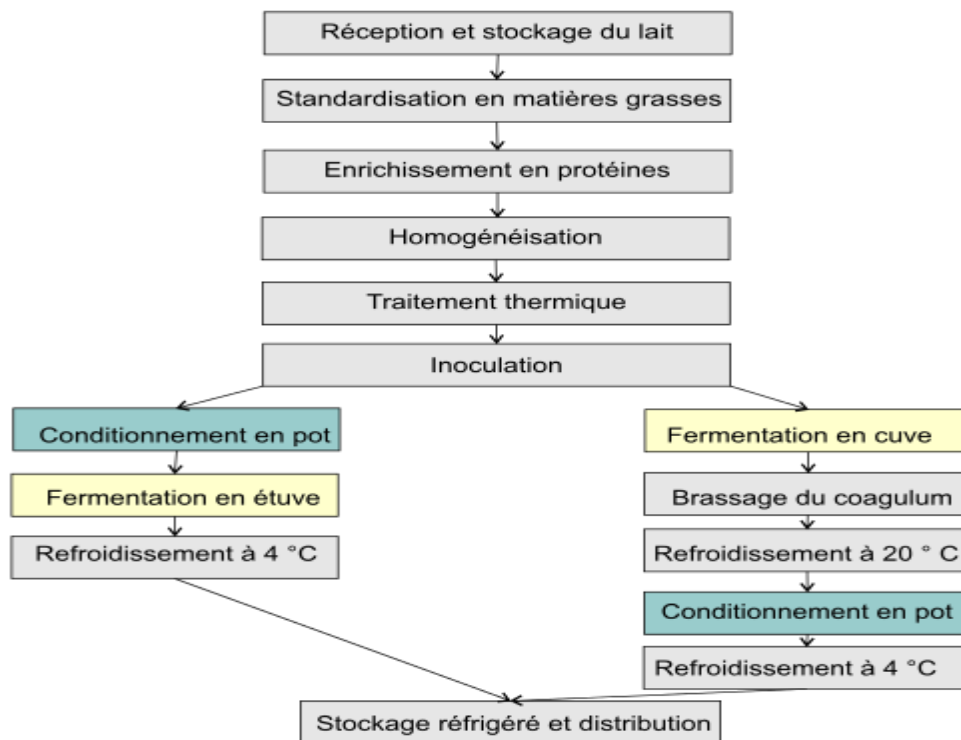


Figure III.1. schéma de fabrication de yaourt brassé et ferme

### III.2.3. Leben

Le leben est un produit fermenté, à partir du lait de vache, de brebis ou de chèvre, préparé couramment depuis des siècles, selon des techniques toujours empiriques (**Samet-Bali, Ennouri et al. 2012**).

Le leben est le produit laitier de la plus large consommation. En Algérie le leben fait partie des habitudes alimentaires bien anciennes, où il est utilisé en tant que boisson et en tant qu'aliment, ou comme ingrédient dans certains aliments tels que le couscous (**Oberman 1985**).

Traditionnellement, le lait cru est laissé à l'état spontané, puis fermenté pendant une nuit ou plus. Le lait fermenté acide est ensuite baratté dans un sac en peau de chèvre. Le barattage permet de séparer le fermentât en une fraction aqueuse donnant le Leben et une fraction grasse appelée beurre cru (**Boussekine, Merabti et al. 2020**).

À la fin du barattage, un certain volume d'eau (environ 10% du volume du lait) est généralement ajouté (à chaud ou à froid) en fonction de la température ambiante, ce qui permet de porter la température de l'ensemble à un niveau convenant à la fabrication de grains de beurre. Celui-ci est récupéré, généralement à la main, mais certains fabricants filtrent le Leben sur une toile afin de récupérer un maximum de beurre. Ainsi, la qualité nutritionnelle et la quantité de Leben sont produites après barattage et séparation du beurre en fonction de la composition du lait qui varie selon le stade de lactation, l'alimentation, l'état sanitaire de l'animal, les facteurs génétiques, les conditions climatiques et les races importées qui contribuent de manière significative à la fabrication du Leben (**Mourad, and Bettache 2020**).

Le leben se conserve mal, il aigrit rapidement au bout de deux à trois jours. Pour éviter tout gaspillage, le produit est chauffé fortement pour séparer le petit-lait du caillé (le klila) qui est consommé ensuite comme un fromage frais (**Samet-Bali, Ayadi et al. 2012**).

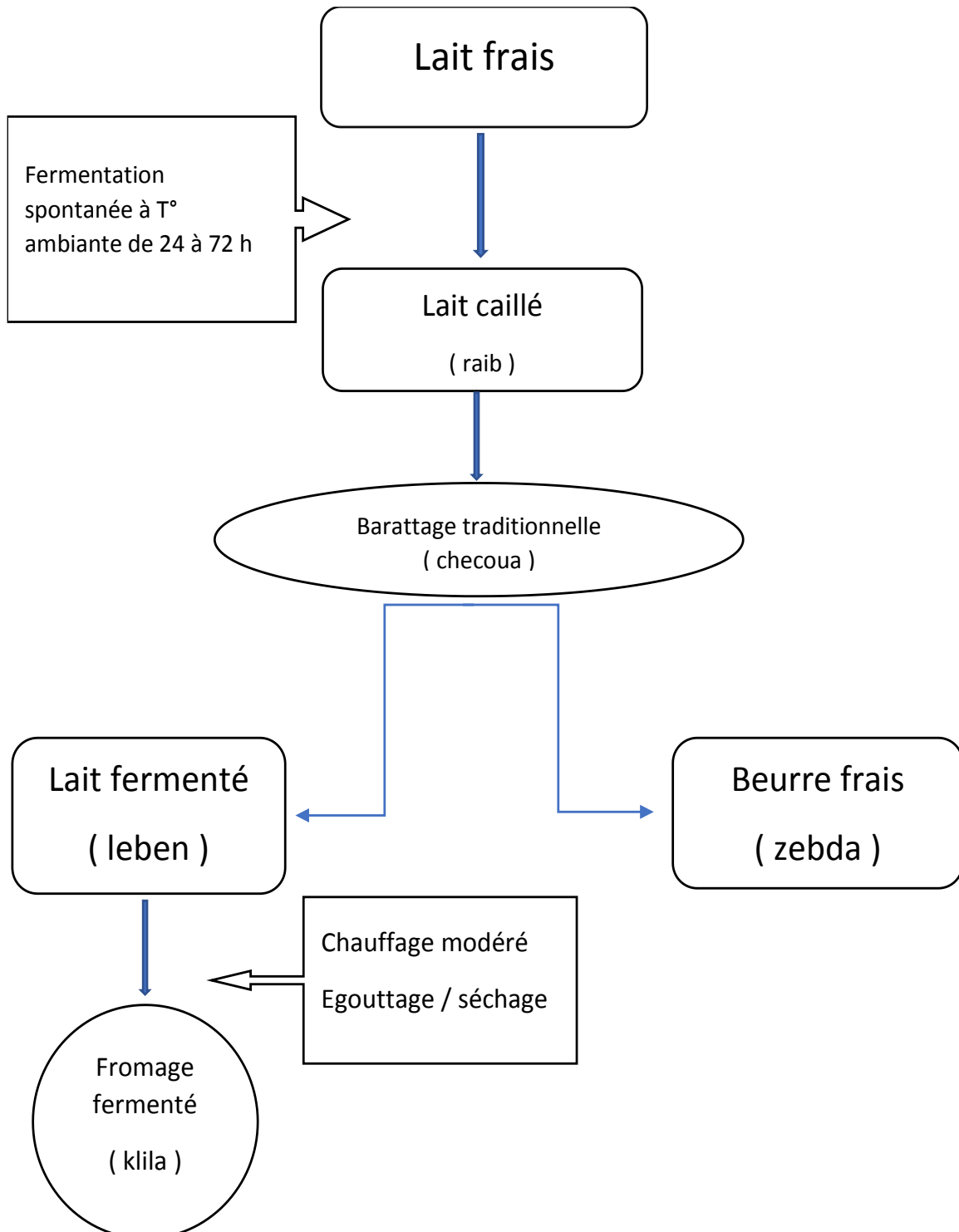
### III.2.4. Raib

Lors de la formation du caillé, la température du lait est maintenue entre 20 et 25°C. Le lait est laissé intact pendant que sa microflore naturelle le fermente. La graisse est retirée et utilisée pour faire du beurre. Le caillé restant est du raib (**Debbabi, Gliguem et al. 2018**).

Le « Raib » est un lait fermenté produit dans de nombreux pays méditerranéens et subsahariens. Le Raib est un caillé, traditionnellement obtenu par acidification spontanée du lait cru à température ambiante pendant 24 à 72 heures ; il peut être consommé tel quel ou transformé. La fermentation est associée à des bactéries lactiques mésophiles appartenant aux

genres *Leuconostoc* et *Lactococcus* naturellement présentes dans le lait cru (Benkerroum, and Tamime 2004) (Abdelbasset, and Djamilia 2008).

Le caillage est une séparation des protéines du lait en deux phases distinctes, une phase solide (le caillé) et une phase liquide (le lactosérum) (Silva, Rodrigues et al. 2011).



**Figure III.1.** Plan présente la fabrication de raib et leben.

### III.3. Valeur nutritionnelle

Les laits fermentés sont principalement fabriqués à partir de lait de vache, mais on peut aussi citer le lait de chèvre et de brebis. Ils apportent des nutriments indispensables à l'organisme, des macronutriments (protéines, lipides, glucides) qui sont en charge de fournir de l'énergie au corps, et des micronutriments (minéraux, vitamines, oligo-éléments acides aminés essentiels) qui s'occupent du fonctionnement cellulaire **(Palupi, Jayanegara et al. 2012)**.

Les laits fermentés sont essentiellement utilisés dans l'alimentation humaine, manger ou boire des laits fermentés présente des avantages pour la santé, comme la formation et le maintien d'os solides. Les aliments du groupe des produits laitiers fournissent des nutriments essentiels à la santé et à l'entretien de l'organisme. Ces nutriments comprennent le calcium, le potassium, la vitamine D et les protéines **(Renner 1983)**.

# **Conclusion**

## **Conclusion**

La fermentation est l'une des méthodes de conservation les plus courantes pour les produits laitiers. Elle permet de prolonger la durée de vie des produits laitiers tout en maintenant leur qualité nutritionnelle et gustative.

Les produits laitiers fermentés offrent également de nombreux avantages pour la santé, notamment la promotion de la digestion, la réduction des risques de maladies intestinales et le renforcement du système immunitaire. Les produits laitiers fermentés comprennent une grande variété de produits tels que le yaourt, leben, raib, le fromage, le lait et bien d'autres encore. Cette méthode de conservation est également très rentable et respectueuse de l'environnement car elle ne nécessite pas l'utilisation de produits chimiques coûteux ou nocifs. En somme, la fermentation est une stratégie de conservation efficace, saine et écologique pour les produits laitiers.

# **Référence Bibliographique**

## Référence bibliographique

- Abdel-Aziz, S. M., et al. (2016). "Microbial food spoilage: control strategies for shelf life extension." Microbes in food and health: 239-264.
- Abdulmumeen, H. A., et al. (2012). "Food: Its preservatives, additives and applications." International Journal of Chemical and Biochemical Sciences1(2012): 36-47.
- Abdel-Rahman, M. A., et al. (2013). "Recent advances in lactic acid production by microbial fermentation processes." Biotechnology Advances31(6): 877-902.
- Abdelbasset, M. and K. Djamila (2008). "Antimicrobial activity of autochthonous lactic acid bacteria isolated from Algerian traditional fermented milk "Raïb". " African Journal of Biotechnology7(16).
- Azad, Z. A. A., et al. (2019). "Food spoilage and food contamination." Health and Safety Aspects of Food Processing Technologies: 9-28.
- Barnett, J. A. (2003). "A history of research on yeasts 5: the fermentation pathway." Yeast20(6): 509-543.
- Behera, S. S., et al. (2019). "Microorganisms in fermentation." Essentials in fermentation technology: 1-39.
- Benkerroum, N. and A. Tamime (2004). "Technology transfer of some Moroccan traditional dairy products (Iben, jben and smen) to small industrial scale." Food Microbiology 21(4): 399-413.
- Bintsis, T. and P. Papademas (2017). "An overview of the cheesemaking process." Global Cheesemaking Technology: Cheese Quality and Characteristics: 120-156.
- Blandino, A., et al. (2003). "Cereal-based fermented foods and beverages." Food Research International36(6): 527-543.
- Boulebnane, B., et al. (2021). "Méthodes de fabrication de fromage."
- Bourlioux, P. and P. Pochart (1988). "Nutritional and health properties of yogurt." World review of nutrition and dietetics.
- Boussekine, R., et al. (2020). "Traditional Fermented Butter Smen/Dhan: Current Knowledge, Production and Consumption in Algeria." Journal of Food Research9(4): 71-82.
- Buchner, E. (1997). "ALCOHOLIC FERMENTATION." New Beer in an Old Bottle. Eduard Buchner and the Growth of Biochemical Knowledge: 25.
- Caplice, E. and G. F. Fitzgerald (1999). "Food fermentations: role of microorganisms in food production and preservation." International journal of food microbiology50(1-2): 131-149.
- Campbell-Platt, G. (1994). "Fermented foods—a world perspective." Food Research International27(3): 253-257.
- Chirife, J., et al. (1996). "Water activity, water glass dynamics, and the control of microbiological growth in foods." Critical Reviews in Food Science & Nutrition36(5): 465-513.

- Chandan, R. C. and K. R. O'Rell (2006). "Manufacture of various types of yogurt." Manufacturing yogurt and fermented milks**2006**: 211-236.
- Companys, J., et al. (2020). "Fermented dairy products, probiotic supplementation, and cardiometabolic diseases: a systematic review and meta-analysis." Advances in Nutrition**11**(4): 834-863.
- Cremon, C., et al. (2018). "Pre-and probiotic overview." Current opinion in pharmacology**43**: 87-92.
- Cropp, B. and T. Graf (2001). "The history and role of dairy cooperatives." UW Center for Cooperatives: Madison, WI, USA.
- Dashko, S., et al. (2014). "Why, when, and how did yeast evolve alcoholic fermentation?" FEMS yeast research**14**(6): 826-832.
- De Roos, J. and L. De Vuyst (2018). "Acetic acid bacteria in fermented foods and beverages." Current Opinion in Biotechnology**49**: 115-119.
- Debbabi, H., et al. (2018). "Effect of milk pre-treatmentS on chemical composition, and sensory quality of traditional fermented milk, raYeb." Journal of New Sciences**56**: 3653-3659.
- Doyle, M. P. and J. Meng (2006). "Bacteria in food and beverage production." Prokaryotes. Springer, New York: 797-811.
- Donnelly, C. W. (2014). Cheese and microbes, Wiley Online Library.
- Early, R. (1998). Technology of dairy products, Springer Science & Business Media.
- Embleni, A. (2013). "Modified atmosphere packaging and other active packaging systems for food, beverages and other fast-moving consumer goods." Trends in packaging of food, beverages and other fast-moving consumer goods (FMCG): 22-34.
- Fennema, O. (1966). "An over-all view of low temperature food preservation." Cryobiology**3**(3): 197-213.
- Goulas, A. E. and M. G. Kontominas (2007). "Effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on the shelf-life of refrigerated chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes." European Food Research and Technology**224**: 545-553.
- Gram, L., et al. (2002). "Food spoilage—interactions between food spoilage bacteria." International journal of food microbiology**78**(1-2): 79-97.
- Gram, L., Ravn, L., Rasch, M., Bruhn, J. B., Christensen, A. B., & Givskov, M. (2002). Food spoilage—interactions between food spoilage bacteria. International journal of food microbiology, **78**(1-2), 79-97.
- Gram, L., et al. (2002). "Food spoilage—interactions between food spoilage bacteria." International journal of food microbiology**78**(1-2): 79-97.

- Green, M., et al. (2020). "Microbial medicine: prebiotic and probiotic functional foods to target obesity and metabolic syndrome." International journal of molecular sciences**21**(8): 2890.
- Gullo, M., et al. (2014). "Aerobic submerged fermentation by acetic acid bacteria for vinegar production: Process and biotechnological aspects." Process Biochemistry**49**(10): 1571-1579.
- Hekmat, S. and L. Koba (2006). "Fermented dairy products: knowledge and consumption." Canadian journal of dietetic practice and research**67**(4): 199-201.
- Holzapfel, W. H. and U. Schillinger (2002). "Introduction to pre-and probiotics." Food Research International**35**(2-3): 109-116.
- Hui, Y. H. (1993). "Dairy science and technology handbook."
- Hutkins, R. W. (2008). Microbiology and technology of fermented foods, John Wiley & Sons.
- Illikoud, N. (2018). Caractérisation des mécanismes d'altération des produits camés et de la mer par *Brochothrix thermosphacta*, Nantes.
- In't Veld, J. H. H. (1996). "Microbial and biochemical spoilage of foods: an overview." International journal of food microbiology**33**(1): 1-18.
- Jay, J. M. and J. M. Jay (1995). "Fermentation and fermented dairy products." Modern food microbiology: 131-148.
- Jay, J. M. and J. M. Jay (1995). "Fermentation and fermented dairy products." Modern food microbiology: 131-148.
- Jiang, L., et al. (2018). "Butyric acid: Applications and recent advances in its bioproduction." Biotechnology Advances**36**(8): 2101-2117.
- Kaloyereas, S. A. (1950). On the history of food preservation, JSTOR.
- Khalid, K. (2011). "An overview of lactic acid bacteria." Int. J. Biosci**1**(3): 1-13.
- Kindstedt, P. (2012). Cheese and culture: a history of cheese and its place in western civilization, Chelsea Green Publishing.
- Kindstedt, P. S. (2017). "The history of cheese." Global Cheesemaking Technology: Cheese Quality and Characteristics: 1-19.
- Koutsoumanis, K., et al. (2021). "Application of quantitative microbiological risk assessment (QMRA) to food spoilage: Principles and methodology." Trends in Food Science & Technology**114**: 189-197.
- Kratchanova, M., et al. (2010). "Evaluation of antioxidant activity of medicinal plants containing polyphenol compounds. Comparison of two extraction systems." Acta Biochimica Polonica**57**(2).
- Lacroix, C. and S. Yildirim (2007). "Fermentation technologies for the production of probiotics with high viability and functionality." Current Opinion in Biotechnology**18**(2): 176-183.

- Leistner, L. (2000). "Basic aspects of food preservation by hurdle technology." International journal of food microbiology**55**(1-3): 181-186.
- Lee, W.-J. and J. Lucey (2010). "Formation and physical properties of yogurt." Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**23**(9): 1127-1136.
- Lingbeck, J. M., et al. (2014). "Functionality of liquid smoke as an all-natural antimicrobial in food preservation." Meat Science**97**(2): 197-206.
- Lucci, P., et al. (2016). Canning: Impact on food products quality attributes. Food Processing Technologies, CRC Press: 41-60.
- Luo, H., et al. (2018). "Recent advances and strategies in process and strain engineering for the production of butyric acid by microbial fermentation." Bioresource technology**253**: 343-354.
- Mani, A. (2018). "Food preservation by fermentation and fermented food products." International Journal of Academic Research & Development**1**: 51-57.
- Manchester, K. (2007). "Louis Pasteur, fermentation, and a rival: history of science." South African Journal of Science**103**(9): 377-380.
- Mangione, G., et al. (2023). "Graduate Student Literature Review: History, technologies of production, and characteristics of ricotta cheese." Journal of Dairy Science.
- McCabe, L., et al. (2015). "Prebiotic and probiotic regulation of bone health: role of the intestine and its microbiome." Current osteoporosis reports**13**: 363-371.
- Mehta, B. M., et al. (2012). Fermentation: effects on food properties, CRC Press.
- Mercier, P., et al. (1992). "Kinetics of lactic acid fermentation on glucose and corn by *Lactobacillus amylophilus*." Journal of Chemical Technology & Biotechnology**55**(2): 111-121.
- Metchnikoff, E. (1901). "Sur la flore du corps humain." Manchester Lit Philos Soc**45**: 1-38.
- Michel-Savin, D., et al. (1990). "Butyric fermentation: metabolic behaviour and production performance of *Clostridium tyrobutyricum* in a continuous culture with cell recycle." Applied microbiology and biotechnology**34**: 172-177.
- Mokoena, M. P. (2017). "Lactic acid bacteria and their bacteriocins: classification, biosynthesis and applications against uropathogens: a mini-review." Molecules**22**(8): 1255.
- Mourad, G. and G. Bettache (2020). "Various traditional dairy products in Africa and Algeria." Journal of Nutrition and Food Security.
- Nagaoka, S. (2019). "Yogurt production." Lactic acid bacteria: Methods and protocols: 45-54.

- Nguyen, L. H., et al. (2019). "Polydiacetylene-based sensors to detect food spoilage at low temperatures." Journal of Materials Chemistry C**7**(7): 1919-1926.
- Oberman, H. (1985). "Fermented milks." Microbiology of fermented foods. Vol. 1.: 167-195.
- Okafor, N. (2009). "Fermented foods and their processing." Biotechnology**8**: 19.
- Palupi, E., et al. (2012). "Comparison of nutritional quality between conventional and organic dairy products: a meta-analysis." Journal of the Science of Food and Agriculture**92**(14): 2774-2781.
- Prokopov, T. and S. Tanchev (2007). Methods of food preservation. Food safety: A practical and case study approach, Springer.
- Rahman, M. S. (2020). "Food preservation: an overview." Handbook of food preservation: 7-18.
- Rahman, M. S. and C. O. Perera (2007). Drying and food preservation. Handbook of food preservation, CRC Press: 421-450.
- Rawat, S. (2015). "Food Spoilage: Microorganisms and their prevention." Asian journal of plant science and Research**5**(4): 47-56.
- Renner, E. (1983). Milk and dairy products in human nutrition, VV-GmbH Volkswirtschaftlicher Verlag.
- Roberfroid, M. B. (2000). "Prebiotics and probiotics: are they functional foods?" The American journal of clinical nutrition**71**(6): 1682S-1687S.
- Russell, N. J. and G. W. Gould (2003). Food preservatives, Springer Science & Business Media.
- Russell, N. J. and G. W. Gould (2003). Food preservatives, Springer Science & Business Media.
- Sahu, M. and S. Bala (2017). "Food processing, food spoilage and their prevention: An overview." Int. J. Life. Sci. Scienti. Res**3**(1): 753-759.
- Sanchez, S. and A. L. Demain (2002). "Metabolic regulation of fermentation processes." Enzyme and Microbial Technology**31**(7): 895-906.
- Şanlıer, N., et al. (2019). "Health benefits of fermented foods." Critical reviews in food science and nutrition**59**(3): 506-527.
- Samet-Bali, O., et al. (2012). "Development of fermented milk "Leben" made from spontaneous fermented cow's milk." African Journal of Biotechnology**11**(8): 1829-1837.
- Samet-Bali, O., et al. (2012). "Characterisation of typical Tunisian fermented milk: Leben." African Journal of Microbiology Research**6**(9): 2169-2175.
- Samet-Bali, O., et al. (2017). "Enumeration and identification of microflora in "Leben", a traditional Tunisian dairy beverage." International Food Research Journal**24**(3): 927.
- SAMET-BALI, O., et al. (2010). "A comparison of the physicochemical, microbiological and aromatic composition of Traditional and Industrial Leben in Tunisia." International journal of dairy technology**63**(1): 98-104.

- Şanlıer, N., et al. (2019). "Health benefits of fermented foods." Critical reviews in food science and nutrition**59**(3): 506-527.
- Schäpper, D., et al. (2009). "Application of microbioreactors in fermentation process development: a review." Analytical and bioanalytical chemistry**395**: 679-695.
- Schmidt, F. R. (2005). "Optimization and scale up of industrial fermentation processes." Applied microbiology and biotechnology**68**: 425-435.
- Sebald, M. and D. Hauser (1995). "Pasteur, oxygen and the anaerobes revisited." Anaerobe**1**(1): 11-16.
- Sevindik, M. and I. Uysal (2021). "Food spoilage and Microorganisms." Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology**9**(10): 1921-1924.
- Sharma, R., et al. (2020). "Microbial Fermentation and Its Role in Quality Improvement of Fermented Foods." Fermentation**6**(4): 106.
- Singh, R. and B. Anderson (2004). "The major types of food spoilage: an overview." Understanding and measuring the shelf-life of food: 3-23.
- Singh, R. and B. Anderson (2004). "The major types of food spoilage: an overview." Understanding and measuring the shelf-life of food: 3-23.
- Silva, L. I., et al. (2011). "Optical fibre-based methodology for screening the effect of probiotic bacteria on conjugated linoleic acid (CLA) in curdled milk." Food Chemistry**127**(1): 222-227.
- Skibsted, L. H., et al. (2010). Chemical deterioration and physical instability of food and beverages, Elsevier.
- Steele, J. H. (2000). "History, trends, and extent of pasteurization." Journal of the American Veterinary Medical Association**217**(2): 175-178.
- Tamang, J. P., et al. (2016). "Functional properties of microorganisms in fermented foods." Frontiers in microbiology**7**: 578.
- Tamime, A. and H. Deeth (1980). "Yogurt: technology and biochemistry." Journal of food protection**43**(12): 939-977.
- Tilocca, B., et al. (2020). "Milk microbiota: Characterization methods and role in cheese production." Journal of Proteomics**210**: 103534.
- Toumi, K.-H. (2018). Modélisation et identification paramétrique des processus de fermentation lactique.
- Zamora, F. (2009). "Biochemistry of alcoholic fermentation." Wine chemistry and biochemistry: 3-26.
- Zhang, C., et al. (2009). "Current progress on butyric acid production by fermentation." Current microbiology**59**: 656-663.

Zeuthen, P. and L. Bøgh-Sørensen (2003). Food preservation techniques, Elsevier.

يعد الحفاظ على منتجات الألبان عن طريق التخمير طريقة قديمة مستخدمة لعدة قرون في العديد من الثقافات. يعمل التخمير على إطالة العمر الافتراضي لمنتجات الألبان عن طريق تحويل اللاكتوز إلى حمض اللاكتيك من خلال عمل بكتيريا حمض اللاكتيك الموجودة بشكل طبيعي في الحليب أو تُضاف طواعية. ينتج عن هذا التحول الحمضي درجة حموضة منخفضة تمنع نمو البكتيريا المسؤولة عن تكسير الطعام ويطلق العمر الافتراضي لمنتجات الألبان مثل الزبادي والجبن. بالإضافة إلى دورها الوقائي ، تعتبر منتجات الألبان المخمرة مفيدة جدًا للصحة ، حيث تحتوي على البروبيوتيك ، والبكتيريا المفيدة للأمعاء ، وكذلك الإنزيمات الهضمية والفيتامينات والمعادن. ومع ذلك ، من المهم ملاحظة أنه ليست كل منتجات الألبان المخمرة صحية على حد سواء. غالبًا ما تكون المنتجات الصناعية التي تحتوي على نسبة عالية من السكر والمواد المضافة أقل فائدة للصحة. لذلك من الأفضل استهلاك منتجات الألبان الزراعية أو العضوية، والتحقق من ملصقات المنتجات عند الشراء.

الكلمات المفتاحية: التخمير, الحفظ, منتجات الألبان.

### Abstract

The preservation of dairy products by fermentation is an ancestral method that has been used for centuries in many cultures. Fermentation extends the shelf life of dairy products by transforming lactose into lactic acid, by to the action of lactic acid bacteria naturally present in milk or voluntarily added. This acidic transformation creates a low pH that inhibits the growth of bacteria responsible for food spoilage, prolonging the shelf life of dairy products such as yoghurt and cheese. In addition to their preservative role, fermented dairy products are also highly beneficial to health, as they contain probiotics, bacteria beneficial to the intestine, as well as digestive enzymes, vitamins and minerals. However, it's important to note that not all fermented dairy products are equally healthy. Industrial products often rich in sugar and additives may be less beneficial to health. It is therefore preferable to consume free-range or organic dairy products, and to check product labels when purchasing.

**Key Words:** fermentation, preservation, dairy products.

### Résumé

La conservation des produits laitiers par fermentation est une méthode ancestrale utilisée depuis des siècles dans de nombreuses cultures. La fermentation permet de prolonger la durée de conservation des produits laitiers en transformant le lactose en acide lactique grâce à l'action des bactéries lactiques présentes naturellement dans le lait ou ajoutées volontairement. Cette transformation acide crée un pH bas qui inhibe la croissance des bactéries responsables de la dégradation des aliments et prolonge la durée de conservation des produits laitiers comme le yaourt, le fromage. En plus de leur rôle conservateur, les produits laitiers fermentés sont également très bénéfiques pour la santé, car ils contiennent des probiotiques, des bactéries bénéfiques pour l'intestin, ainsi que des enzymes digestives, des vitamines et des minéraux. Cependant, il est important de noter que tous les produits laitiers fermentés ne sont pas également sains. Les produits industriels souvent riches en sucre et en additifs peuvent être moins bénéfiques pour la santé. Il est donc préférable de consommer des produits laitiers fermiers ou biologiques, et de vérifier l'étiquetage des produits lors de l'achat.

**Les mots clés :** fermentation, conservation, produits laitiers.