

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département d'Agroalimentaire



Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de **Master**
Filière : **Sciences Alimentaires**
Spécialité : **Agroalimentaire et contrôle de qualité**

Étude des effets bénéfiques des légumes lactofermentés sur la santé humaine

Présenté Par :

- Rachdi Bahri
- Benfriha Mohamed amine
- Ahmed Dada Nadir
- Aïd Rayhane
- Rahal Yassine

Devant le jury composé de :

Dr. Khalfa Ali	MCA	U.Ain Témouchent	Président
Dr. Belhacini Fatima	MCA	U.Ain Témouchent	Examinateur
Dr. Kerzabi Rachida	MRB	U.Ain Témouchent	Encadrant
Dr. Lafri Imene	MRB	U.Ain Témouchent	Co-Encadrant

Année Universitaire 2023/2024

REMERCIEMENTS

Nous remercions les encadreurs de mémoire **Dr. kerzabi** Rachida, **Dr. Lafri Imen**, de nous avoir accompagnés dans la réalisation de ce modeste travail. Elles ont toujours sur être de bons conseils pour la création de l'application, la rédaction du mémoire et sa présentation.

Également nous remercions tous nos professeurs qui ont souvent cru en nous et qui nous ont guidé et encouragés à persévérer dans nos travaux de recherches toujours au bon moment.

Nous remercions chaleureusement le jury **Dr. Khalfa Ali** et **Dr. Belhacini Fatima** qui nous nos honorés de leurs présences et d'avoir accepté d'évaluer ce mémoire à sa juste valeur.

Enfin, nous tenons à exprimer notre gratitude à toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, contribué à la réalisation de ce travail.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

Mon père Youcef :

Qui a été le premier à m'encourager à aller si loin dans les études. Il m'a inculqué le goût du travail, de la rigueur et de l'ambition. Parce que tu m'avais toujours soutenu, j'ai voulu mener ce travail à terme pour que tu sois fier de moi.

Ma très chère mère Nacira :

Je voulais juste te dire à quel point tu es une maman extraordinaire. Tu es toujours présente pour moi, votre amour, votre soutien, votre patience et vos sacrifices qui avons été inestimables. Merci d'être la meilleure maman du monde. Je t'aime tellement.

A ma chère sœur Nour djihan et À ma chérie Manel je ne vous oublie pas et je vous remercie pour votre soutien et votre amour.

A tous les gens m'aiment mes amis et ma famille

Et mon cher professeur qui m'a aidé cette année monsieur Ali Khalfa

Ahmed Dada Nadir

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

À mes chers parents :

Vous êtes les piliers de ma vie, les sources de tout ce que je suis aujourd'hui. Votre amour, votre soutien, votre patience et vos sacrifices ont été inestimables. Ce travail est dédié à vous deux, en témoignage de ma gratitude infinie pour tout ce que vous avez fait pour moi. Merci d'avoir toujours cru en moi, encouragé mes rêves et été présents à chaque étape de ma vie.

Je vous aime plus que tout monde.

Avec tout mon amour et ma reconnaissance.

À mes chers grands-parents :

Vous qui avez toujours été un pilier de soutien et d'amour dans ma vie, je vous dédie ce travail en témoignage de ma gratitude et de mon amour pour vous. Votre sagesse, vos conseils et votre présence ont été une source d'inspiration pour moi. Merci pour tout ce que vous avez fait et continuez à faire pour moi. Je vous aime infiniment.

Avec tout mon respect et ma reconnaissance,

À mes chères sœurs et mon frère :

Vous êtes mes compagnons de route, mes alliés, mes confidentEs et mes meilleurs amis. Votre amour, votre soutien et votre présence ont été des cadeaux précieux dans ma vie. Ce travail est dédié à vous, en témoignage de ma gratitude pour tout ce que vous apportez à ma vie. Merci d'être toujours là pour moi, de partager mes joies et mes peines, je vous aime plus que tout.

A mes chères meilleure amis : (Amine/Nadir/Abdou/Zino)

Vous êtes mes anges gardiens, mes complices, mes confidentes, et mes soutiens inconditionnels. Vous avez toujours été là pour moi, dans les bons moments comme dans les mauvais. Ce travail est dédié à vous, en signe de ma profonde gratitude pour votre amitié précieuse, votre soutien indéfectible et vos rires contagieux. Merci d'être toujours présents dans ma vie, je vous aime plus que tout.

A toute ma promotion master technologie agro-alimentaire et contrôle de la qualité (2019-2024).

Rachdi Bahri

DEDICACES

Je dédie cet humble travail à :

A mon père et à ma mère

Pour leur grand amour, leur soutien continu et leurs sacrifices qui ont rendu cet accomplissement possible. Chaque mot d'encouragement m'a inspiré tout au long de mes études.

A ma sœur et mon frère

Je te souhaite un avenir radieux plein de réussite

Et à toute ma famille et à mes amis et tout qui me sont chers

Je leur souhaite du succès

Benfriha Mohamed amine

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

À mes parents et ma grande mère :

Pour leur grand amour, leur soutien constant et leurs sacrifices qui ont rendu cette réalisation possible. Chaque mot d'encouragement a été une source d'inspiration tout au long de mes études.

À mon frère, mes amis, et toute ma famille

Qui ont été mes compagnons de route, partageant les hauts et les bas de cette aventure intellectuelle.

À toutes les âmes bienveillantes

Qui ont croisé mon chemin et m'ont apporté leur aide et leur encouragement, je vous adresse ma profonde gratitude et reconnaissance.

A toute ma promotion master technologie agro-alimentaire et contrôle de la qualité (2019-2024).

Rahal Yassine

DEDICACES

À mes chers parents :

A Mes Très chers Parents

amour pour les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon instruction et mon bien-être. Trouvez ici, chère mère et cher père, dans ce modeste travail, le fruit de tant de dévouements et de sacrifices ainsi que l'expression de ma gratitude et de mon profond amour.

A mes chers frères

pour leur encouragement et leur bonté qu'ils m'ont accordé, j'exprime ma profonde reconnaissance et mon grand respect.

À mon fiancé

Qui n'a jamais cessé de me prodiguer conseils, encouragements et soutien tout au long de mes études. Que Dieu le protège et lui donne réussite et bonheur.

A toute ma famille

je dédie ce travail expression de mon grand amour avec tous mes vœux de bonheur et de prospérité.

Aïd Rayhane

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

DÉDICACES

RÉSUMÉS

INTRODUCTION..... 01

CHAPITRE 01 : FERMENTATION DES ALIMENTS 03

1. Définitions 04
2. La fermentation et les microorganismes 04
3. La biochimie de la fermentation 05
4. Les différents types de fermentation 05
5. La croissance microbienne dans les aliments 07
6. Les effets des microorganismes sur les aliments 08

CHAPITRE 02 : LES LEGUMES LACTOFERMENTES ET LEURS PROPRIETES

NUTRITIONNELLES 09

1. Historique des aliments fermentés 10
2. Définition des aliments fermentés 12
3. Classification des aliments fermentés 12
 - 3.1. Les aliments fermentés d'origine animale 12
 - 3.1.1. Les Produits Carnés Fermentés 12
 - 3.1.2. Les Produits Laitiers Fermentés 13
 - 3.1.3. Les Produits de la Pêche Fermentés 14
 - 3.2. Les aliments fermentés d'origine végétale 15
 - 3.2.1. Les Fruits Fermentés 15
 - 3.2.2. Les céréales fermentées 16
 - 3.2.3. Lactofermentation des légumes 19

CHAPITRE 03 : IMPACT DES LEGUMES LACTOFERMENTES SUR LA SANTE

HUMAINE 21

1. Généralités 22
2. Bienfaits de la lactofermentation 23
 - 2.1. Facilité de digestion 23
 - 2.2. Meilleure conservation des aliments 24
 - 2.3. Renforcement du microbiote 25
 - 2.4. Plus riche en nutriments 25
 - 2.4.1. Amélioration de la Teneur en Protéines 26
 - 2.4.2. Augmentation des Vitamines: 26

CONCLUSION..... 30

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : Les principales fermentations microbiennes	6
Tableau 02 : Les effets des micro-organismes sur les aliments (Branger, 2005b).....	8
Tableau 03 : Quelques aliments fermentés traditionnels d'origine céréalière	18
Tableau 04 : Changement de teneur en vitamines de quelques aliments après fermentation...27	

Résumé

Ce mémoire explore les bienfaits des légumes lactofermentés sur la santé humaine en mettant en lumière leurs effets probiotiques, leur contribution à la santé digestive, le renforcement du système immunitaire et la réduction de l'inflammation.

À travers une revue approfondie de la littérature scientifique et l'analyse des résultats expérimentaux, il est démontré que la consommation régulière de légumes lactofermentés peut aider à prévenir diverses maladies chroniques, telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète de type 2 et certains cancers.

Le processus de lactofermentation enrichit les légumes en enzymes, vitamines et minéraux, favorisant ainsi un équilibre de la flore intestinale et une meilleure absorption des nutriments. En outre, ces aliments fermentés se présentent comme une alternative saine aux produits industriels riches en additifs et conservateurs.

L'incorporation de légumes lactofermentés dans l'alimentation quotidienne non seulement améliore la santé générale, mais encourage également des pratiques alimentaires durables et respectueuses de l'environnement.

Les perspectives pour les futures recherches incluent des études cliniques à grande échelle, l'optimisation des conditions de fermentation, l'évaluation des effets à long terme sur la santé, et l'exploration des impacts sur la santé mentale et environnementale. Promouvoir la consommation de légumes lactofermentés et sensibiliser le public à leurs avantages est essentiel pour maximiser leurs bénéfices pour la santé publique.

Mots clés : Lactofermentation, légumes, probiotiques, anti-inflammatoire.

ملخص

تستكشف هذه الرسالة الفوائد الصحية للخضروات المخمرة باللبن من خلال تسليط الضوء على تأثيراتها البروبيوتكية، مساهمتها في الصحة الهضمية، تعزيز الجهاز المناعي، وتقليل الالتهابات.

من خلال مراجعة شاملة للأدبيات العلمية وتحليل النتائج التجريبية، يُظهر أن الاستهلاك المنتظم للخضروات المخمرة باللبن يمكن أن يساعد في الوقاية من العديد من الأمراض المزمنة، مثل أمراض القلب والأوعية الدموية، داء السكري من النوع 2، وبعض أنواع السرطان.

تعزز عملية التخمير باللبن الخضروات بالإنزيمات، الفيتامينات والمعادن، مما يعزز توازن الفلورا المعوية ويحسن امتصاص العناصر الغذائية. بالإضافة إلى ذلك، تعد هذه الأطعمة المخمرة بديلاً صحياً للمنتجات الصناعية الغنية بالمواد المضافة والمواد الحافظة.

إن دمج الخضروات المخمرة باللبن في النظام الغذائي اليومي لا يحسن فقط الصحة العامة، ولكنه يشجع أيضاً على ممارسات غذائية مستدامة تحترم البيئة.

تشمل آفاق الأبحاث المستقبلية دراسات سريرية واسعة النطاق، تحسين شروط التخمير، تقييم التأثيرات الصحية طويلة المدى، واستكشاف التأثيرات على الصحة العقلية والبيئية. تعزيز استهلاك الخضروات المخمرة باللبن وتوعية الجمهور بفوائدها أمر أساسي لتعزيز فوائدها للصحة العامة.

الكلمات المفتاحية: التخمير اللبني، الخضروات، البروبيوتيك، مضاد لإلتهاب.

Abstract

This dissertation explores the benefits of lacto-fermented vegetables on human health by highlighting their probiotic effects, their contribution to digestive health, immune system reinforcement, and inflammation reduction.

Through a thorough review of scientific literature and analysis of experimental results, it is demonstrated that regular consumption of lacto-fermented vegetables can help prevent various chronic diseases such as cardiovascular diseases, type 2 diabetes, and certain cancers.

The lacto-fermentation process enriches vegetables with enzymes, vitamins, and minerals, thereby promoting a balanced intestinal flora and better nutrient absorption.

Furthermore, these fermented foods serve as a healthy alternative to industrially processed products rich in additives and preservatives. Incorporating lacto-fermented vegetables into daily diet not only improves overall health but also encourages sustainable and environmentally friendly dietary practices.

Future research perspectives include large-scale clinical studies, optimization of fermentation conditions, evaluation of long-term health effects, and exploration of impacts on mental and environmental health.

Promoting the consumption of lacto-fermented vegetables and raising awareness about their benefits is essential for maximizing their benefits for public health.

Keywords: Lacto-fermentation, vegetables, probiotics, anti-inflammatory.

INTRODUCTION

Introduction

L'alimentation joue un rôle crucial dans la santé humaine, influençant non seulement notre bien-être physique, mais aussi notre état mental. Dans ce contexte, les légumes lactofermentés ont suscité un intérêt croissant en raison de leurs nombreux bienfaits potentiels. La lactofermentation est un procédé de conservation des aliments qui non seulement prolonge leur durée de vie, mais enrichit également leur valeur nutritionnelle (**Kiczorowski *et al.*, 2022 ; Iga-Buitrón *et al.*, 2023**)

Ce procédé traditionnel repose sur l'action de bactéries lactiques, qui convertissent les sucres présents dans les légumes en acide lactique, conférant ainsi aux aliments des propriétés uniques (**Herve-Jimenez *et al.*, 2009**).

Les bactéries lactiques seraient apparues sur terre il y a près de 3 milliards d'années selon des données de paléontologie, des données moléculaires basées sur les séquences des ADN ribosomiques et les séquences signatures de protéines conservées, ainsi que sur certaines caractéristiques du métabolisme carboné de ces bactéries.

Le terme de bactéries lactiques est intimement associé aux bactéries impliquées dans la fermentation des aliments pour l'homme et l'animal (**Axelsson, 2004 ; Guse *et al.*, 2023**).

La fermentation est réalisée à partir de différents types d'alimentation ; des végétaux (concombre, betteraves, dattes, jus de fruits, soja, etc...) et des produits d'animaux (viande, lait) ou du poisson (**Herve-Jimenez *et al.*, 2009**).

Les aliments d'origine végétale occupent une place importante de notre alimentation. Ils sont riches en nutriments essentiels tel que les minéraux, les vitamines, les fibres et les composés phénoliques.

Aussi, un grand nombre de microorganismes différents peuplent les surfaces des fruits et des légumes, incluant des bactéries à Gram positif et négatif, des levures et des moisissures dominants et des bactéries lactiques qui ne représentent qu'une toute petite partie de la flore microbienne mais qui constituent le pilier de la fermentation spontanée (fermentation lactique) lorsque les conditions (température, nutriments, eau) deviennent favorables (**Di cagno *et al.*, 2013**).

En effet, elles sont caractérisées par une croissance et une acidification rapide, inhibant la croissance des bactéries à Gram négatif et les levures, ce qui permet d'allonger la durée de conservation des aliments.

De plus, avec la production de composés antimicrobiens, les bactéries lactiques constituent également de potentiels candidats pour la bio préservation de fruits et de légumes (**Guse et al., 2023**).

La fermentation lactique est utilisée par l'homme depuis l'antiquité dans le but de conserver les aliments facilement périssables mais aussi d'apporter de nouveaux goûts, des arômes et de la texture. Les premiers aliments végétaux fermentés étaient à base de céréales et de fruits. La fermentation alcoolique de l'orge en bière et des raisins en vin remonterait entre 6000 et 1700 ans avant JC en Mésopotamie et en Egypte (**Ross et al., 2002 ; Rai and Singh, 2020**).

Les légumes lactofermentés sont riches en probiotiques, des micro-organismes bénéfiques qui contribuent à l'équilibre de la flore intestinale et à la promotion de la santé digestive. De plus, ils contiennent des vitamines et des antioxydants qui peuvent renforcer le système immunitaire (**Knockaert et al., 2012 ; Manas et al., 2014 ; James et al., 2019 ; Paramithiotis et al., 2022**)

Cette étude vise à fournir des informations précieuses pour les chercheurs, les professionnels de la santé, et les consommateurs, contribuant ainsi à une meilleure compréhension et utilisation des légumes lactofermentés dans la promotion de la santé humaine et à explorer les multiples aspects de ces aliments, notamment leurs mécanismes de production, leurs propriétés nutritionnelles et leurs effets positifs sur la santé humaine.

Chapitre 01 : **Fermentation des aliments**

Chapitre 01 : Fermentation des aliments

1. Définition de la fermentation

Le terme "fermentation" est apparu au XVI^e siècle, dérivé du latin "fervere" signifiant "bouillir" : les bulles de gaz carbonique dégagées par un liquide en fermentation donnent l'impression de l'ébullition (**Bourat, 1993 ; Iga-Buitrón *et al.*, 2023 ; Guse *et al.*, 2023**).

La fermentation est un processus anaérobie, mais en microbiologie industrielle, le terme peut également désigner des transformations aérobies réalisées à l'aide de microorganismes (**Berthet, 2006**).

Le processus métabolique par lequel les glucides et des composés similaires sont oxydés, libérant de l'énergie sans l'intervention d'un accepteur externe d'électrons. Les accepteurs finaux d'électrons sont des composés organiques générés directement par la décomposition des glucides (**Jay *et al.*, 2005**).

La fermentation est la transformation d'une substance organique (fruit, légume, céréale, légumineuse, lait, poisson, viande, etc.) sous l'action de ferments - ou enzymes - produits par des bactéries ou des champignons microscopiques. De manière générale, la fermentation est la transformation d'un substrat biochimique sous l'effet des microorganismes ou de leurs enzymes (**Jay *et al.*, 2005 ; Adrian *et al.*, 2003 ; Adrian *et al.*, 2005**).

La fermentation est l'une des méthodes de préservation des aliments les plus anciennes. Elle se caractérise à la fois par des modifications chimiques importantes de la matière première et par la formation des agents conservateurs au sein même du produit grâce à l'action des microorganismes.

Cette méthode permet de produire une grande diversité d'aliments, comme le démontrent les exemples de la fabrication des fromages, du yaourt et de la choucroute, (**Loncin, 1976 ; Cheftel *et al.*, 1983 ; Sembene, 2002 ; Iga-Buitrón *et al.*, 2023 ; Guse *et al.*, 2023**).

2. La fermentation et les microorganismes

Au cours de la fermentation, les micro-organismes utilisent certains procédés cataboliques pour produire à la fois l'énergie et les molécules de base nécessaires à la synthèse de leurs propres constituants. Cependant, le résultat visible sur l'aliment est une modification plus ou moins importante de sa composition et de ses caractéristiques (**Leyral et Vierling, 2001**).

Il existe trois catégories de micro-organismes : les bactéries, les levures et les moisissures. Dans une seule fermentation, plusieurs types de micro-organismes peuvent être impliqués, chacun jouant un rôle spécifique (**Leyral et Vierling, 2001 ; Jeantet *et al.*, 2006**).

Bien que les levures soient les principaux micro-organismes responsables de la fermentation du pain et des boissons alcooliques, et que les moisissures prédominent dans la fermentation du fromage, les bactéries sont principalement responsables de la fermentation des céréales et des produits d'origine animale. Parmi ces bactéries, on trouve notamment les bactéries lactiques et les bactéries acétiques (**Alnwick *et al.*, 1987 ; Leyral et Vierling, 2001**).

3. La biochimie de la fermentation

Les fermentations microbiennes transforment de manière radicale les substrats sur lesquels elles s'exercent. Il est à noter que la plupart des micro-organismes susceptibles de se développer sur un aliment sont chimiotrophes (**Leyral et Vierling, 2001**).

Le mécanisme de base consiste en la transformation d'une partie des glucides en divers produits finaux, en fonction des micro-organismes impliqués, et cela passe par de nombreux produits intermédiaires.

Chaque étape de ces transformations nécessite la présence d'enzymes spécifiques, synthétisées par les micro-organismes selon leurs besoins.

Ces enzymes ont la capacité de décomposer les grosses molécules organiques en molécules plus petites, qui peuvent traverser la membrane des cellules microbiennes et ainsi leur servir de nourriture. Les enzymes sont essentielles au processus de fermentation (**Aubert, 1985**).

4. Les différents types de fermentation

Il existe plusieurs catégories de fermentations, classées selon leurs produits finaux : alcoolique, lactique, acétique, butyrique, propionique, etc. (**Sembene, 2002 ; Ghatani *et al.*, 2022 ; Kiczorowski *et al.*, 2022**).

Le tableau 1 résume les principales voies fermentaires, les différents micro-organismes impliqués, leurs principaux produits et leurs domaines d'application.

Tableau 1 : Les principales fermentations microbiennes (Branger, 2005a ; Boukhiar, 2009 ; Ghatani *et al.*, 2022 ; Kiczorowski *et al.*, 2022).

Fermentation	Principaux produits	Microorganismes	Applications
Homolactique	96 % d'acide lactique	<i>Lactococcus</i> <i>Lactobacillus</i> <i>Sc. thermophilus</i>	Salaisons, produits laitiers, choucroute, ensilage
Hétérolactique	40 % d'acide lactique, 19% de CO ₂ , 18 % d'éthanol, 18 % de glycérol	<i>Leuconostoc</i> Lactobacilles hétérofermentaires	Kéfir, accidents de fabrication
Alcoolique	50 % d'éthanol 50 % de CO ₂	Levures du genre <i>Saccharomyces</i>	Vin, bières, pain, pâtisseries
Acides mixtes	50 % d'acide lactique, 20,5 % d'acides divers, 12 % de CO ₂ , 0,5 % d'H ₂ 11 % d'éthanol	<i>Escherichia coli</i> <i>Salmonella</i> <i>Citrobacter</i>	Gonflements et mauvais goûts, risques de pathogénicité
Butanediolique	5 % d'acides divers, 40 % de CO ₂ , 0,5 % d'H ₂ , 15 % d'éthanol 38 % de butanediol	<i>Enterobacter</i> <i>Klebsiella</i>	Gonflements et mauvais goûts
Butanoïque	15 % d'acide acétique, 35 % d'acide butyrique, 48 % de CO ₂ , 3 % d'H ₂	<i>Clostridium tyrobutyricum</i> <i>C. butyricum</i>	Gonflements en fromages à pâte cuite
Acétonobutylique	Acide acétique et butyrique, acétone, butanol	<i>Clostridium acetobutylicum</i> et <i>butylicum</i>	Production de solvants
Propénoïque	6 % d'acide acétique 60 % d'a. propénoïque 10 % d'acide succinique 16 % de CO ₂	<i>Propionibacterium</i>	Fermentation gazogène dans les fromages à pâte cuite et production d'arôme
Acétique	Acide acétique	<i>Gluconobacter</i> <i>Acetobacter</i>	Production de vinaigre
Malolactique	Acide lactique à partir de l'acide malique	<i>Leuconostoc oenos</i> <i>Ln mesenteroides</i> <i>Lactobacillus plantarum</i>	Désacidification des vins

La fermentation lactique est incontestablement la reine des fermentations. Bien qu'elle ne soit pas la plus connue, elle est la plus universelle et la plus utile (**Aubert, 1985**). Toutes les fermentations utilisées pour conserver des aliments, à l'exception des conserves dans le vinaigre, sont majoritairement lactiques (**Aubert, 1985 ; Knockaert et al., 2012 ; Manas et al., 2014 ; Rai and Singh, 2020**).

La fermentation lactique correspond à la transformation des glucides en acide lactique sous l'action de micro-organismes spécifiques appelés bactéries lactiques. Ce processus entraîne des modifications biochimiques, physicochimiques et organoleptiques du produit (**Boudjema, 2008 ; Kiczorowski et al., 2022**).

Les bactéries lactiques forment un groupe hétérogène composé de coques et de bacilles, dont la principale caractéristique est la production d'acide lactique à partir de la fermentation des sucres (**Alnwick et al., 1987 ; Raimbault, 1995 ; Badis et al., 2005**).

Elles colonisent de nombreux produits alimentaires tels que les produits laitiers, la viande, les végétaux et les céréales, et font partie de la flore intestinale et vaginale humaine ou animale (**Rai and Singh, 2020 ; James et al., 2019 ; Paramithiotis et al., 2022**).

Elles sont impliquées dans un grand nombre de fermentations spontanées de produits alimentaires, ce qui a conduit à la reconnaissance de leur statut GRAS (Generally Recognized As Safe) (**Klaenhammer et al., 2005 ; Guse et al., 2023**).

Actuellement, les bactéries lactiques regroupent treize genres bactériens différents (**Dortu et Thonart, 2009**), bien que seulement certains soient utilisés en alimentation, tels que *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, et *Pediococcus* (**Endang, 2010**).

5. La croissance microbienne dans les aliments

Les facteurs écologiques qui peuvent influencer le comportement et la croissance des micro-organismes dans les aliments se divisent en quatre groupes : les facteurs intrinsèques, les facteurs extrinsèques, les facteurs microbiens et les interactions entre ces facteurs (**Knockaert et al., 2012 ; Iga-Buitrón et al 2023 ; Guse et al., 2023**).

6. Les effets des microorganismes sur les aliments

Les micro-organismes jouent un rôle crucial dans la transformation des aliments, influençant leurs saveurs, textures et valeurs nutritionnelles. Grâce à des processus comme la fermentation, ils produisent des composés bioactifs tels que les acides organiques, les enzymes et les vitamines, qui non seulement améliorent les qualités organoleptiques des

aliments, mais augmentent aussi leur durée de conservation et leur digestibilité. Par ailleurs, certains micro-organismes contribuent à la sécurité alimentaire en inhibant la croissance des agents pathogènes, rendant ainsi les produits fermentés plus sûrs pour la consommation (Branger, 2005b).

Tableau 2: Les effets des micro-organismes sur les aliments (Branger, 2005b).
5b).

Effet sur le produit	Exemples	Microorganismes impliqués
Modification de la texture	Coagulation du lait	Bactéries lactiques diverses
	Texture filante ou veloutée de produits laitiers frais fermentés	Bactéries lactiques par production de dextrans
	Modification du volume des produits de panification ou de pâtisserie	<i>Saccharomyces cerevisiea</i>
	Production de textures alvéolées dans le pain	<i>Saccharomyces cerevisiea</i>
	Formation « d'yeux » dans les fromages	Bactéries propioniques
Aromatisation	Goût de noix (éthanal) dans certains vins	<i>Saccharomyces cerevisiea</i>
	Goût typique du beurre (diacétyle)	<i>Lactococcus lactis diacetylactis</i>
	Goût typique du yaourt (acétaldéhyde et acide lactique)	<i>Lactobacillus delbuekii bulgaricus</i>
	Développement du goût du cacao	Bactéries diverses
Coloration	Trouble blanchâtre dans les bières « blanche »	<i>Saccharomyces cerevisiea</i>
	Brunissement de la pate des fromages à pates pressées cuites par le propionate de calcium	Bactéries propioniques
Apport diététique	Production de vitamines B, etc. dans certains produits laitiers fermentés	<i>Bifidobacterium</i>
Amélioration de la digestibilité	Protéolyse dans les produits laitiers ou les viandes	Enzymes microbienne ou animales
	Dégradation de l'amidon dans les produits céréaliers	Enzymes microbiennes ou végétales
Modification du goût	Acidification du chou (choucroute)	<i>Lactobacillus</i>
	Désacidification des boissons	Bactéries malolactiques
Stabilisation microbienne	Acidification	Bactéries lactique, acétiques
	Production d'éthanol	<i>Saccharomyces cerevisiea</i>

Chapitre 02 :

Les légumes lactofermentés et leurs propriétés nutritionnelles

Chapitre 02 : Les légumes lactofermentés et leurs propriétés nutritionnelles

1- Historique des aliments fermentés

La fermentation, et en particulier la fermentation lactique est une méthode de conservation des aliments vieille de 8000 ans av. J.-C. Elle permet de conserver les aliments plus longtemps, sans risques pour la santé. Contrairement à d'autres méthodes de conservation (comme la congélation ou la stérilisation), la lactofermentation ne nécessite aucune source d'énergie et ne coûte que très peu cher (**Kalui *et al.*, 2010 ; Law *et al.*, 2011 ; Guse *et al.*, 2023**).

La fermentation est une technique ancienne et universelle de préservation des produits agricoles, pratiquée partout dans le monde Elle est essentielle à la survie humaine dans les conditions où la conservation de la nourriture est cruciale (**Scott et Sullivan, 2008 ; Manas *et al.*, 2014**).

L'origine des produits fermentés remonterait à la préhistoire en Orient. Aujourd'hui, il existe plus de 3500 aliments et boissons fermentés à travers le monde (**Ammor, 2004 ; Khurana et Kanawjia, 2007**), qui font partie intégrante de l'alimentation quotidienne. Ces produits représentent une portion significative de notre alimentation, estimée entre 20 % et 40 % (**Gadaga *et al.*, 1999 ; Abdel-All et Dardir, 2009 ; Ghatani *et al.*, 2022**).

Le pain aurait été découvert par hasard ; une boule de pâte aurait fermenté spontanément et, une fois cuite, elle s'est avérée légère et savoureuse (**Aubert, 1985**). Cependant, bien avant d'apprendre à faire du pain, l'humanité connaissait déjà les fermentations.

Les Sumériens, 6000 ans avant notre ère, mentionnaient déjà plus de 15 sortes de bière dans leurs écrits À Babylone, il y a près de 5000 ans, la bière était également fabriquée. Les aliments fermentés sont également très anciens. Des écrits de plus de 2000 ans mentionnent l'existence de la choucroute (**Aubert, 1985 ; Jeantet *et al.*, 2006 ; James *et al.*, 2019**).

Avec l'industrialisation, les aliments fermentés ont beaucoup évolué. Autrefois, les micro-organismes se développaient spontanément ou par ensemencement avec du levain issu d'une fermentation spontanée. Actuellement, les aliments sontensemencés avec des souches microbiennes sélectionnées et cultivées en laboratoire, appelées « cultures starter ». Bien que ces fermentations soient plus régulières, certaines ont perdu une partie de leur intérêt gustatif et nutritionnel (**Aubert, 1985**).

Elle permet de conserver et de consommer des aliments de saison tout au long de l'année.

Les premières traces de fermentation remontent à 6000 ans avant notre ère dans la zone géographique dite « croissant fertile » (Moyen-Orient). Les aliments fermentés sont utilisés dans les cultures orientales à des fins médicinales. Les liens entre les aliments fermentés et la santé remontent à la Rome antique et à la Chine.

Une maladie, baptisée « la peste des mers », a longtemps affecté les marins au long cours lors des grandes expéditions maritimes menées entre le XVe et le XVIIIe siècle, (Vasco de Gama, Magellan, Cartier, etc...). Les marins souffraient d'hémorragies, ecchymoses, déchaussement puis de chute des dents. Cette maladie était due au manque de produits frais, et donc à la carence en vitamine C : le scorbut, ou avitaminose C, qui était une importante cause de mortalité chez les marins (**Law et al., 2011 ; Rai and Singh, 2020**).

À la fin des XVIIIe siècles, le capitaine James Cook, célèbre navigateur anglais, donne de la choucroute deux à trois fois par semaine à ses équipages. Durant les trois années de navigation, aucun de ses marins n'a souffert du scorbut (**Knockaert et al., 2012**).

Dans certains cas, la fermentation est un élément essentiel de la sécurité alimentaire, au-delà de la conservation. Presque toutes les civilisations ont depuis inclus au moins un aliment fermenté dans leur patrimoine culinaire.

Aujourd'hui, la fermentation lactique est ancrée dans le tissu de pratiquement toutes les traditions et cultures culinaires. Aucun exemple de fermentation (à l'acide lactique) n'est finalement connu. En effet, les ferments sont des caractéristiques centrales de nombreuses, peut-être même de la plupart, des cuisines (**Kalui et al., 2010 ; James et al., 2019**).

À l'époque, les aliments fermentaient naturellement, sans aucune maîtrise du processus de fermentation ni la connaissance des microorganismes impliqués dans le processus de fermentation, mais l'apparition plus tard de la connaissance de ces microorganismes, a permis une croissance exponentielle dans la production et la commercialisation d'aliments fermentés.

Les fruits et les légumes se décomposent très rapidement, ils perdent ainsi plusieurs de leurs propriétés (couleur, odeur, apparence, texture). Pendant et après la récolte, les végétaux peuvent subir différents types d'altération : physique, chimique, biochimique et microbiologique (**De Bruyne et al., 2008 ; Guse et al., 2023**).

En raison de leur faible durée de conservation, les fruits et les légumes sont, dans la plupart des cas, transformés afin de réduire les pertes de production. Les fruits et les légumes peuvent être transformés sous forme de jus, de confiture, de purée, de concentré, de soupe, de salade, préparés en morceaux, hachés, en conserves ou séchés. Ces procédés ont pour but d'allonger la durée de conservation des fruits et des légumes et de les rendre disponibles à la consommation sur une période étendue (Tiwari et Cummins, 2013).

2. Définition des aliments fermentés

Les aliments fermentés peuvent être définis comme des aliments ayant été soumis à l'action de micro-organismes ou de leurs enzymes, entraînant des changements biochimiques souhaitables et des modifications significatives de la nourriture. Ces aliments sont des substrats alimentaires envahis par des micro-organismes qui, grâce à leurs enzymes (amylases, lipases, protéases), hydrolysent les polysaccharides, les protéines et les lipides en produits non toxiques, tout en développant des arômes, des saveurs et des textures attractives (Blandino *et al.*, 2003 ; Sadoud et Saiah Habbaz, 2008 ; Knockaert *et al.*, 2012 ; Manas *et al.*, 2014 ; James *et al.*, 2019)

3. Classification des aliments fermentés

3.1. Les aliments fermentés d'origine animale

3.1.1. Les Produits carnés fermentés

Les produits carnés fermentés sont généralement fabriqués à partir de viande maigre et de gras, auxquels sont ajoutés du sel, des glucides et des épices. Contrairement au lait, les viandes utilisées ne sont pas pasteurisées, ce qui signifie qu'elles contiennent une quantité considérable de micro-organismes, sauf si des techniques de décontamination sont appliquées.

Ces techniques peuvent inclure le traitement des carcasses de volailles par des solutions acides ou un bref traitement thermique (5 secondes à 72°C) (Bourgeois et Larpent, 1989 ; Ho, 2008 ; Rai and Singh, 2020).

Une caractéristique principale qui distingue les produits carnés fermentés des produits frais est l'effort des technologues pour favoriser le développement de ferments typiques des produits carnés. Ces ferments appartiennent principalement aux genres *Lactobacillus* (*L. sakei*, *L. curvatus*, *L. plantarum*) et *Staphylococcus* (*S. xylosum*, *S. equorum*, *S. saprophyticus*, *S. carnosus*, *S. succinus*, *S. warneri*) et sont responsables de la transformation de la viande en véritables saucissons (Labadie, 2006 ; Ho, 2008).

Il existe de nombreux types de produits carnés fermentés, chacun ayant des caractéristiques spécifiques en termes de goût, de texture et d'arôme. Les ferments lactiques, par exemple, jouent un rôle crucial dans l'acidification de la viande, ce qui aide à la conservation et à l'amélioration des propriétés organoleptiques. Les staphylocoques, quant à eux, contribuent au développement des arômes et à la stabilisation de la couleur (**James *et al.*, 2019 ; Paramithiotis *et al.*, 2022 ; Ghatani *et al.*, 2022 ; Kiczorowski *et al.*, 2022 ; Iga-Buitrón *et al.*, 2023**)

En plus des saucissons, d'autres exemples de produits carnés fermentés incluent certaines variétés de salami, de chorizo et de jambon sec. Chaque type de produit utilise une combinaison spécifique de micro-organismes et de conditions de fermentation pour obtenir le profil désiré.

Les méthodes de fermentation peuvent également varier, allant de la fermentation spontanée à l'inoculation contrôlée de cultures spécifiques pour assurer la consistance et la qualité du produit final. Les produits carnés fermentés sont le résultat d'une interaction complexe entre la viande, les micro-organismes et les conditions de traitement, aboutissant à des aliments savoureux, conservables et souvent plus digestes que les produits carnés frais (**Bourgeois et Larpent, 1989 ; Labadie, 2006 ; Ho, 2008 ; Guse *et al.*, 2023**).

3.1.2. Les produits laitiers fermentés

Les produits laitiers fermentés sont obtenus par la multiplication des bactéries lactiques dans une préparation de lait. L'acide lactique produit à partir du lactose permet la coagulation du lait et confère une saveur acide aux produits.

Une grande variété de laits fermentés existe dans le monde, obtenue par fermentation spontanée ou contrôlée de lait de vache, de chèvre, de brebis, de bufflesse et de chamelle (**Bourgeois et Larpent, 1989 ; Luquet et Corrieu, 2005**).

Ces produits laitiers fermentés ont une longue tradition qui remonte à une époque antérieure aux documents écrits. Leur principale origine géographique est l'Asie centrale, mais ils sont présents dans toutes les zones d'élevage.

Plusieurs de ces produits traditionnels sont passés au stade de la fabrication industrielle au début du XXe siècle. Le yaourt est à la fois le lait fermenté le plus consommé et le mieux connu (**Bourgeois et Larpent, 1989; Alais *et al.*, 2003 ; Iga-Buitrón *et al.*, 2023 ; Guse *et al.*, 2023**).

En plus du yaourt, il existe de nombreux autres produits fermentés à base de lait. Parmi eux, le kéfir, une boisson fermentée traditionnelle de la région du Caucase, est obtenu par l'action de grains de kéfir qui contiennent un mélange symbiotique de bactéries lactiques et de levures. Le koumis, un lait de jument fermenté originaire des steppes d'Asie centrale, est une autre spécialité locale.

La diversité des produits laitiers fermentés s'explique par les différentes espèces de micro-organismes utilisés et les variations dans les techniques de fermentation. Par exemple, le lait ribot en Bretagne, le laban au Moyen-Orient, et le lassi en Inde sont tous des exemples de laits fermentés avec des saveurs et des textures uniques.

Les laits fermentés ne sont pas seulement appréciés pour leur goût, mais aussi pour leurs bienfaits nutritionnels et leur rôle dans la préservation des aliments. Les bactéries lactiques utilisées dans ces fermentations peuvent améliorer la digestibilité des protéines et des glucides du lait, augmenter la biodisponibilité des nutriments, et parfois produire des composés bénéfiques pour la santé, comme les probiotiques (Alais *et al.*, 2003 ; Ghatani *et al.*, 2022).

Les produits laitiers fermentés sont le résultat d'une riche tradition culinaire et de savoir-faire microbiologique. Ils offrent une gamme diversifiée de goûts, de textures et de bienfaits pour la santé, reflétant la diversité des cultures et des méthodes de fermentation utilisées à travers le monde (Aubert, 1985 ; Alais *et al.*, 2003 ; Iga-Buitrón *et al.* 2023).

3.1.3. Les produits de la pêche fermentés

La fermentation des produits de la pêche est une pratique très ancienne et largement répandue dans le monde, particulièrement en Europe et en Asie. Il est connu que la fermentation du poisson remonte à l'antiquité. Cependant, les procédés étant souvent empiriques, la connaissance scientifique dans ce domaine reste limitée.

La fermentation des poissons, mollusques et crustacés concerne des millions de tonnes de produits finis chaque année. Elle a deux objectifs principaux : la stabilisation des produits et l'amélioration de leurs qualités organoleptiques (Bourgeois et Larpent, 1996 ; Paramithiotis *et al.*, 2022).

En Asie, le poisson fermenté est un ingrédient de base dans de nombreuses cuisines. Le nuoc-mâm au Vietnam et le nam pla en Thaïlande sont des sauces de poisson fermenté couramment utilisées. Le surströmming, une spécialité suédoise, est un hareng fermenté connu pour son arôme puissant et distinctif (Guse *et al.*, 2023).

En Europe, le poisson salé et fermenté comme le bacalhau (morue) au Portugal et le gravlax (saumon mariné) en Scandinavie sont également populaires. Ces produits sont souvent associés à des méthodes de fermentation traditionnelles et à des recettes ancestrales qui ont été transmises de génération en génération (**Knockaert *et al.*, 2012 ; Manas *et al.*, 2014**).

Les objectifs et méthodes de fermentation :

- **Stabilisation des Produits :** La stabilisation des produits de la pêche par fermentation est essentielle pour prolonger leur durée de conservation. Dans de nombreuses régions, notamment où les conditions de réfrigération sont limitées, la fermentation offre un moyen efficace de préserver les poissons et les fruits de mer. Les micro-organismes utilisés dans ces processus produisent des acides et d'autres composés antimicrobiens qui inhibent la croissance des pathogènes et des bactéries responsables de la dégradation.
- **Amélioration des qualités organoleptiques :** La fermentation améliore également les qualités organoleptiques des produits de la pêche. Elle peut enrichir la saveur, la texture et l'arôme des poissons et fruits de mer. Par exemple, le poisson fermenté peut développer des saveurs umami profondes et des textures qui sont hautement appréciées dans certaines cultures (**Bourgeois et Larpent, 1996 ; Iga-Buitrón *et al.*, 2023**).

La fermentation des produits de la pêche est une tradition millénaire qui continue de jouer un rôle crucial dans la préservation et l'amélioration des poissons et des fruits de mer. Elle offre des solutions pratiques pour la conservation et enrichit les cultures culinaires à travers le monde avec des saveurs uniques et des textures délicates. Avec les progrès de la science, il est possible de perfectionner ces techniques ancestrales et d'assurer la sécurité et la qualité des produits fermentés pour les générations futures (**Bourgeois et Larpent, 1996**).

3.2. Les aliments fermentés d'origine végétale

3.2.1. Les fruits fermentés

La fermentation des fruits évoque plus souvent des boissons comme le vin, le cidre et le poiré que des aliments solides. En effet, lorsqu'on fait fermenter des fruits, les levures prennent rapidement le dessus sur les bactéries lactiques, conduisant principalement à une fermentation alcoolique. Cependant, il existe des aliments lactofermentés à base de fruits, formant un groupe très hétérogène avec néanmoins un point commun (**Nout, 2009**).

Les fruits comme les raisins, les pommes et les poires sont couramment utilisés pour produire

des boissons fermentées. Dans ces processus, les levures naturelles ou ajoutées convertissent les sucres des fruits en alcool et en dioxyde de carbone. Le vin, produit à partir de raisins fermentés, le cidre, fabriqué à partir de pommes, et le poiré, obtenu à partir de poires, sont des exemples emblématiques. Ces boissons fermentées sont appréciées pour leurs arômes complexes et leurs saveurs distinctes, résultant de la fermentation alcoolique (**Aubert, 1985**).

Malgré la prédominance de la fermentation alcoolique, certains fruits peuvent également être lactofermentés. Les aliments lactofermentés à base de fruits incluent les pommes, les poivrons, les olives et les prunes. Dans la lactofermentation, les bactéries lactiques convertissent les sucres des fruits en acide lactique, créant ainsi des produits aux saveurs acidulées et aux textures croquantes (**Nout, 2009 ; Knockaert et al., 2012 ; Manas et al., 2014 ; James et al., 2019**).

La fermentation des fruits, qu'elle soit alcoolique ou lactique, offre plusieurs avantages. Elle permet de prolonger la durée de conservation des fruits, d'enrichir leur profil nutritionnel et de développer des saveurs uniques.

Les produits fermentés sont également souvent plus digestes et peuvent contenir des probiotiques bénéfiques pour la santé intestinale (**Aubert, 1985**).

La fermentation des fruits, bien que souvent associée à la production de boissons alcooliques, englobe également une variété d'aliments lactofermentés. Ces processus de fermentation enrichissent les fruits en termes de saveur, de texture et de valeur nutritionnelle. Que ce soit à travers des boissons comme le vin et le cidre ou des aliments lactofermentés comme les olives et les prunes, la fermentation des fruits continue de jouer un rôle important dans les traditions culinaires du monde entier, offrant des produits uniques et bénéfiques pour la santé (**Aubert, 1985 ; Nout, 2009 ; Rai and Singh, 2020**).

3.2.2. Les céréales fermentées

Les céréales fermentées sont des aliments préparés par la fermentation de grains tels que le maïs, le blé, le riz, le millet et le sorgho. Cette pratique ancestrale est largement répandue à travers le monde, particulièrement en Afrique et en Asie, où elle joue un rôle crucial dans l'alimentation quotidienne.

La fermentation des céréales améliore non seulement la conservation des grains, mais aussi leur valeur nutritionnelle et leur digestibilité. Par exemple, des produits comme le "ogi" au Nigeria, un porridge à base de maïs fermenté, ou l'"injera" en Éthiopie, une crêpe à base de teff fermenté, sont des éléments de base dans les régimes alimentaires de ces régions (**Blandino et al., 2003**).

La fermentation des céréales enrichit leur profil nutritionnel en augmentant la biodisponibilité des nutriments. Les micro-organismes impliqués dans la fermentation synthétisent des vitamines, telles que les vitamines B, et décomposent les antinutriments comme les phytates, qui peuvent inhiber l'absorption des minéraux. De plus, la fermentation peut améliorer la teneur en acides aminés essentiels, transformant ainsi, les céréales en une source de protéines plus complète. Ces améliorations nutritionnelles sont particulièrement importantes dans les régions où les céréales constituent une part significative de l'alimentation (**Hubert, 2006**).

Les méthodes de fermentation varient largement selon les cultures et les régions, reflétant une riche diversité de produits céréaliers fermentés. En Asie, le "miso" japonais, une pâte fermentée à base de soja et de riz ou d'orge, est utilisé comme assaisonnement et est riche en protéines et en probiotiques. En Inde, le "dosa" et l'"idli", des crêpes et gâteaux à base de riz et de lentilles fermentées, sont des aliments de base populaires. En Afrique, le "kenkey" au Ghana, un pain à base de maïs fermenté, est couramment consommé. Ces produits sont non seulement des aliments essentiels, mais ils jouent également un rôle culturel et social important (**Nout, 2009 ; Rai and Singh, 2020 ; Paramithiotis et al., 2022 ; Ghatani et al., 2022**).

Avec les avancées en microbiologie et en biotechnologie, il est possible d'optimiser les processus de fermentation des céréales pour améliorer encore leur qualité et leur sécurité.

L'utilisation de cultures spécifiques de micro-organismes permet de contrôler la fermentation de manière plus précise, réduisant les risques de contamination et améliorant la consistance des produits finis (**Guse et al., 2023**).

De plus, les recherches actuelles explorent la potentialité de la fermentation pour enrichir les céréales en probiotiques, ce qui pourrait avoir des bénéfices supplémentaires pour la santé intestinale. Ces innovations promettent de rendre les céréales fermentées encore plus bénéfiques et accessibles dans le futur, tout en préservant leurs traditions et leurs saveurs uniques (**Blandino et al., 2003 ; Ghatani et al., 2022**).

Tableau 03: Quelques aliments fermentés traditionnels d'origine céréalière (**Blandino et al., 2003**).

Produit	Substrat	Microorganismes	Régions
Adai	Céréales et légumineuses	<i>Pediococcus, Streptococcus et Leuconostoc</i>	Inde
Atole	Maïs	Bactéries lactiques	Mexique
Bagni	Maïs ou maïs et manioc	Inconnus	Caucase
Bouza	blé	Inconnus	Egypte
Dokhla	Riz	<i>Leuconostoc mesenteroides, Streptococcus faecalis Torulopsis candida, T. pullulans</i>	Inde
Hamanato	Blé et soja	<i>Aspergillus oryzae, Streptococcus, Pediococcus</i>	Japon
Idli	Riz et légumineuses	<i>Leuconostoc mesenteroides, Streptococcus faecalis, Torulopsis, Candida, Tricholporon pullulans</i>	Inde et Sri Lanka
Kisra	Sorgho	Inconnus	Soudan
Mawé	Maïs	Bactérie lactique et levure	Afrique du Sud
Miso	Riz et soja	<i>Aspergillus oryzae, Torulopsis etchellsii, Lactobacillus</i>	Japon et chine
Ogi	Maïs, sorgho et millet	<i>Lactobacillus plantarum, Saccharomyces cerevisiae, Candida mycoderma, Corynebacterium, Aerobacter, Fusarium, Aspergillus, Penicillium</i>	Nigeria

3.2.3. Lactofermentation des légumes

Les légumineuses sont une source essentielle de nourriture à travers le monde. Bien qu'elles manquent de certains nutriments, tels que les acides aminés essentiels, la fermentation peut être une méthode simple et économique pour améliorer leur qualité nutritionnelle. Une large variété d'aliments fermentés à base de légumineuses se trouve principalement en Afrique et en Asie (**Blandino et al., 2003**).

La fermentation lactique, un procédé non thermique permettant de réduire les pertes nutritionnelles, mérite d'être exploité pour l'obtention d'aliments végétaux à haute valeur nutritionnelle. La fermentation lactique est un processus métabolique réalisé par les bactéries lactiques permettant de convertir les glucides de l'aliment en acide lactique ou un mélange d'acide lactique, d'acide acétique, d'éthanol et de CO₂ (**Blandino et al., 2003 ; Guse et al., 2023**).

La production de ces composés permet d'allonger la durée de conservation en limitant la croissance des microorganismes contaminants et pathogènes. La fermentation lactique permet de mieux préserver les minéraux, les vitamines et les composés phénoliques, préservant ainsi les propriétés antioxydantes de l'aliment (**Dueñas et al., 2005 ; James et al., 2019**).

La fermentation lactique permet également de mieux préserver la teneur en vitamine C, en glutathion, en composés phénoliques ainsi que l'activité antioxydante de smoothies et de jus de tomate, de jus de grenade (**Osimani et al., 2015**), de jus de carotte, d'haricot et de courgette et de lait de soja (**Cho et al., 2006 ; Manas et al., 2014 ; Bahorun et Remize, 2017**).

La fermentation lactique n'est pas seulement utilisée pour conserver les produits laitiers, elle permet également la conservation de champignons et de légumes de toutes sortes : choux, betterave, carotte, haricot, oignon, etc. Cette technique consiste à conserver les légumes en favorisant le développement de bactéries lactiques, qui acidifient le milieu et inhibent ainsi la croissance des autres organismes indésirables (**Iga-Buitrón et al 2023**).

Pour que la fermentation ait lieu, il faut que toutes les conditions de développement des bactéries lactiques soient réunies. Ainsi, les légumes doivent fournir du sucre, des vitamines du groupe B et des sels minéraux.

La fermentation se déroulant en milieu anaérobie, l'oxygène doit être chassé du milieu, pour cela, les légumes sont le plus souvent recouverts d'eau salée (le sel inhibant les bactéries responsables de la décomposition des légumes). La température doit se trouver entre 18 et 22°C en début de fermentation (**Kiczorowski et al., 2022**).

La fermentation se déroule ensuite en 3 phases :

La pré-fermentation, d'une durée de 2-3 jours, où de nombreuses espèces de microorganismes se développent, entraînant la décomposition et le ramollissement des légumes.

La fermentation, qui débute lorsque les bactéries lactiques prennent le dessus sur les autres microorganismes.

Le stockage, lorsque le pH descend en dessous de 4. Les microorganismes indésirables ne sont plus capables de se développer et de nouveaux arômes se révèlent.

Les légumes peuvent ensuite être conservés durant au moins un an même si la température monte au-dessus de 10°C. Cette méthode de conservation est donc non seulement économique puisque qu'elle ne nécessite aucun apport d'énergie mais également bonne pour la santé car les bactéries lactiques produisent en parallèle de nombreuses vitamines et l'acide lactique a de nombreuses vertus digestives (**Lucile *et al.*, 2016 ; Ghatani *et al.*, 2022 ; Kiczorowski *et al.*, 2022 ; Iga-Buitrón *et al.*, 2023 ; Guse *et al.*, 2023**).

Chapitre 03 : Impact des légumes lactofermentés sur la santé humaine

Chapitre 03 : Impact des légumes lactofermentés sur la santé humaine

1- Généralités

Les légumes lactofermentés sont aujourd'hui de plus en plus recommandés dans le cadre d'une alimentation vivante et variée, car ils offrent à notre organisme une riche source de probiotiques, ces bonnes bactéries qui ont une influence très positive pour revitaliser et dynamiser notre microbiote intestinal (**Knockaert *et al.*, 2012 ; Manas *et al.*, 2014 ; Rai and Singh, 2020**).

Ce sont ces bonnes bactéries qui vont vous aider sur différents plans dans votre quotidien, pour la santé et le bien-être. L'ajout d'aliments lactofermentés à votre régime peut avoir une influence notable sur la récupération, la cicatrisation des fibres musculaires et l'élimination des toxines. Ils potentialisent l'assimilation des nutriments et aident à équilibrer le stress digestif induit par les efforts physique (**Ghatani *et al.*, 2022 ; Kiczorowski *et al.*, 2022; Guse *et al.*, 2023**)

Ainsi, votre estomac s'allège et permet au corps de fournir l'énergie nécessaire pour tirer le meilleur parti des exercices de fitness. De plus, les légumes lactofermentés aident à prévenir les troubles respiratoires et renforcent le système immunitaire ce qui vous sera bénéfique pour rester performant sur le long terme.

Les aliments fermentés constituent en effet une source riche en bactéries bénéfiques pour notre flore intestinale, c'est pourquoi leur principal bienfait est d'améliorer notre digestion. Ils renforcent aussi notre système immunitaire, et offrent une teneur plus élevée en nutriments (en particulier les vitamines du groupe B, y compris la B12 qui est en carence chez de nombreux individus). Ils facilitent l'assimilation des protéines et des matières grasses, et la transformation des acides aminés. Ils sont aussi riches en enzymes, ces catalyseurs si précieux pour notre digestion et notre vitalité. Enfin, ils contribuent à réduire les inflammations (**Ghatani *et al.*, 2022**).

seront de qualité optimale, bien supérieure à tout type de complément ou pilule.

La consommation de légumes lacto-fermentés peut avoir des effets bénéfiques importants sur la santé en modifiant le microbiome intestinal et en améliorant la diversité du métabolisme. La consommation de légumes lacto-fermentés enrichit des micro-organismes spécifiques associés aux ferments végétaux, tels que *Leuconostoc mesenteroides* et *Rhodotorula*

mucilaginosa, tout en augmentant l'abondance de métabolites bénéfiques comme le butyrate, l'acétate et le valérate (**Iga-Buitrón et al., 2023 ; Guse et al., 2023**).

Les légumes fermentés, riches en bactéries lactiques, ont été associés à des effets antioxydants, anticancéreux et immunosuppresseurs, contribuant potentiellement à la prévention du cancer colorectal. De plus, le processus de fermentation réduit les antinutriments dans les légumes, augmentant la biodisponibilité des nutriments essentiels et libérant des substances bioactives comme l'acide γ -aminobutyrique et les inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine, qui peuvent soutenir le traitement de maladies comme la dépression et l'hypertension.

Dans l'ensemble, l'incorporation de légumes lacto-fermentés dans l'alimentation quotidienne, peut offrir des avantages prometteurs pour la santé grâce à la modulation du microbiome et à l'amélioration du métabolisme (**Paramithiotis et al., 2022 ; Ghatani et al., 2022 ; Guse et al., 2023**).

2. Bienfaits de la lactofermentation

2.1. Facilité de digestion

La fermentation confère aux aliments une meilleure digestibilité. En étant pré-digérés, ils deviennent aisément métabolisables, même pour les personnes dont le système digestif est fragile ou affaibli (**Aubert, 1985 ; Langlois, 1994**). Les composés complexes tels que les glucides, les protéines et les lipides sont rapidement transformés en sucres simples, acides aminés et acides gras libres, qui sont facilement assimilables. La présence de micro-organismes peu protéolytiques contribue à augmenter la digestibilité des protéines (**Bérard et Carlier, 1992 ; Bourgeois et Larpent, 1996 ; Kiczorowski et al., 2022**).

Dans de nombreux processus de fermentation, l'amidon se dégrade en maltose et en glucose, conférant ainsi aux aliments un léger goût sucré et facilitant leur digestion. Par exemple, dans le pain de seigle, environ 5 à 6 g de maltose sont produits pour 100 g de pain, une partie étant utilisée par les ferments, tandis que le reste contribue à donner au pain ce goût sucré subtil. De plus, la fermentation du lait rend ce dernier assimilable aux personnes intolérantes au lactose, car une partie du lactose est transformée en acide lactique et la présence de lactase d'origine microbienne dans le lait fermenté facilite sa digestion (**Aubert, 1985**).

Manger des aliments lactofermentés offre à nos organismes un vrai boost nutritionnel. Fermenter des aliments implique l'action d'organismes bénéfiques à notre santé (levures & bactéries indigènes). Ces micro-organismes vont à leur niveau œuvré pour nous livrer le meilleur de ce dont les ingrédients regorgent, les sublimer, tout en rallongeant leur durée de vie.

La lactofermentation favorise la croissance et la prolifération de levures et bactéries bénéfiques, qui se multiplient en mangeant les sucres et les amidons présents dans les aliments fermentés (**Ghatani *et al.*, 2022 ; Kiczorowski *et al.*, 2022**).

Ce processus s'accompagne d'une dégradation partielle ou totale de protéines, de glucides et de matières grasses avant que vous les mangiez, le résultat de cette transformation lors de la lactofermentation est la production d'acides lactiques.

Une fois dans l'estomac, ces acides agissent comme une clef qui permet d'ouvrir et de fermer les glandes de sécrétant les sucs digestifs.

2.2. Meilleure conservation des aliments

Il est bien établi que les produits fermentés restent stables sur de longues périodes, même en l'absence de réfrigération. Cette méthode de préservation des aliments agit contre les agents pathogènes grâce à la compétition et à la production de substances antimicrobiennes naturelles.

Parmi celles-ci, on trouve les acides organiques tels que l'acide lactique, acétique, formique, phényl-lactique et caproïque, ainsi que le dioxyde de carbone, le peroxyde d'hydrogène, le diacétyle, l'éthanol, les bactériocines et les biosurfactants. Ces produits fermentés deviennent inhibiteurs à des concentrations spécifiques, notamment en ce qui concerne l'alcool et les acides. Par conséquent, la fermentation contribue à renforcer la sécurité alimentaire en réduisant le risque de formation de composés toxiques tels que les aflatoxines et les cyanogènes (**Jeantet *et al.*, 2006 ; Ross *et al.*, 2002 ; David et Famurewa, 2010 ; Holzapfel, 2006 ; Yao *et al.*, 2009**)

La lactofermentation était le moyen privilégié de mettre en bocaux les fruits et légumes que l'été apportait en abondance, et de les conserver ainsi pour l'hiver. En plus de vous faire gagner du temps (finies les heures passées à stériliser vos pots et à cuisiner vos conserves), conserver ses aliments avec la lactofermentation est donc une méthode parfaitement

écologique.

La transformation des aliments est réalisée par l'ensemble des micro-organismes naturellement impliqués dans la lactofermentation. Les acides lactiques libérés au cours de la fermentation changent la texture de vos ingrédients, leur apportent une complexité aromatique et les acidifient suffisamment pour les conserver et les protéger de la putréfaction (**Ghatani et al., 2022 ; Guse et al., 2023**).

2.3. Renforcement du microbiote

La fermentation d'autre part, semble avoir des effets bénéfiques sur la flore intestinale (**Fredot, 2006**). Il faut noter que la présence d'une flore microbienne diversifiée dans les aliments peut entraîner la stimulation des mécanismes de défense de l'organisme (**Guiraud, 1998**).

Au-delà des apports bénéfiques que nous venons de lister, les aliments fermentés viendraient épauler pratiquement l'ensemble de notre organisme en renforçant la santé de nos intestins. Car les intestins ne sont en effet pas simplement le lieu où la nourriture est digérée, c'est aussi le théâtre où se joue notre immunité : différents organismes y facilitent l'extraction des nutriments des aliments au cours de la digestion et y défendent nos corps contre des infections, maladies ou toxines.

Les aliments lacto-fermentés renforcent ainsi notre système immunitaire car ils favorisent une flore intestinale saine ; ils sont en effet une source importante de « bonnes bactéries vivantes », qui viennent enrichir et rééquilibrer notre microbiote (**Paramithiotis et al., 2022**).

Ces effets peuvent être attribués à divers mécanismes, tels que des activités microbiennes spécifiques telles que la production d'enzymes ou de facteurs de croissance, des interactions microbiennes comprenant la production de peroxyde d'hydrogène, d'acides organiques et de peptides antibactériens, ainsi que la compétition, des interactions avec l'épithélium intestinal impliquant la concurrence pour les récepteurs présents sur celui-ci, et enfin des interactions avec le système immunitaire (**Parvez et al., 2006 ,et Yao, 2009**).

2.4. Plus riche en nutriments

En règle générale, une augmentation significative de la fraction soluble d'un aliment est observée au cours de la fermentation. La quantité ainsi que la qualité des protéines

alimentaires **exprimés** par valeur biologique, et souvent la teneur en vitamines hydrosolubles est généralement **augmenté** (Sahlin, 1999 ; Holzapfel, 2006).

Levures et bactéries fabriquent au cours de la lactofermentation vitamines, minéraux et enzymes. Leurs quantités à la fin de fermentation sont même supérieures à celles initialement présentes dans les aliments.

La lactofermentation va ainsi augmenter la quantité de vitamines B et C de nos aliments, de façon exponentielle. Quand soit que les vitamines et les minéraux sont essentiels pour une bonne nutrition et une parfaite santé, on comprend alors la nécessité d'une alimentation qui en soit riche (Kiczorowski *et al.*, 2022).

La lactofermentation est également une source bénéfiques d'enzymes qui permettent à notre corps de mieux fonctionner. Il existe en effet deux sortes d'enzymes : les enzymes digestives (apportées par la nourriture et fabriquées par notre corps) qui nous aident à mieux digérer, et les enzymes métaboliques (qui sont uniquement fabriquées par notre corps) et qui sont impliquées dans différentes fonctions comme le fonctionnement sain des glandes, la production d'énergie etc.

Au cours de notre vie, notre corps qui privilégie la production d'enzymes digestives, produira moins d'enzymes métaboliques. Ceux-ci peuvent donc nous être apportés par notre alimentation, et notamment, les produits lacto-fermentés qui en sont riches (Dueñas *et al.*, 2005 ; James *et al.*, 2019).

2.4.1. Amélioration de la Teneur en Protéines

La recherche menée par Hamad et Fields (1979) sur la digestibilité des protéines des céréales fermentées et germées soutient cette constatation. Leurs résultats démontrent que la fermentation entraîne une nette augmentation du pourcentage de la valeur nutritionnelle relative (VNR) ainsi que des niveaux de lysine disponible dans des céréales telles que le millet, le maïs, l'avoine, le riz et le blé (Alnwick *et al.*, 1987).

2.4.2. Augmentation des Vitamines

Les micro-organismes impliqués dans la lactofermentation sont capables de produire des vitamines du groupe B, notamment la B12, la B3, la B2, la biotine et l'acide folique, ainsi que parfois la vitamine C et la vitamine K. De plus, en rétablissant

l'équilibre de la flore intestinale, les lactofermentations créent un environnement propice à la synthèse de certaines vitamines, telles que la B12 et la B1, à l'intérieur de l'intestin (Langlois, 1994).

Tableau 4: Changement de teneur en vitamines de quelques aliments après fermentation (Nout *et al.*, 2003).

Produit	Thiamine (mg)	Riboflavine (mg)	Niacine (mg)	Vitamine C (mg)	Acide Pantothénique (mg)	Vitamine B ₁₂ (mg)	Vitamine B ₆ (mg)
Lait	0,04	0,18	0,1	1	0,37	0,4	0,042
Yaourt	0,04	0,18	0,1	1	----	---	0,040
Fromage	0,03	0,46	0,1	0	0,50	1,0	0,08
Soja non fermenté	0,22	0,06	0,90	---	---	---	0,08
Sauce de soja	0,88	0,37	6,0	---	---	---	---

2.5. Amélioration de la qualité sensorielle

La littérature scientifique révèle un manque d'études consacrées à l'analyse sensorielle des aliments fermentés. La fermentation offre une large gamme de caractéristiques sensorielles. En plus de leurs bénéfices fonctionnels, ces aliments sont souvent plus appétissants et agréables au goût, présentant des saveurs, des couleurs et des textures distinctes de celles de leurs matières premières. Les produits fermentés, notamment les produits céréaliers, bénéficient des transformations métaboliques induites par certains micro-organismes, qui génèrent une variété de molécules, qu'elles soient volatiles ou non. Parmi ces composés, on trouve des acides organiques tels que l'acide lactique, acétique, propionique et butyrique, ainsi que le diacétyl, l'acétaldéhyde, l'acétoïne et divers composés aromatiques comme le 1-propanol, l'acétate d'isoamyle, l'acétate d'éthyle et le 3-méthyl-1-butanol. Ces composés confèrent aux produits des caractéristiques sensorielles désirables (Tou, 2007 ; Yao *et al.*, 2009).

Si vous avez déjà savouré de la choucroute, vous avez probablement remarqué cette saveur

unique qui les différencie des simples conserves de chou ou de betterave. Pourtant, les ingrédients de base restent identiques : des légumes, du sel, et parfois de l'eau. Cette transformation magique est due à l'acide lactique, qui apporte une note acidulée et rehausse le goût de vos préparations.

L'acide lactique est essentiel dans le processus de lactofermentation. Produite par les bactéries lactiques présentes sur les légumes, cette substance transforme les sucres naturels en acide, conférant aux légumes une saveur piquante et agréable. Ce processus non seulement enrichit les aliments en probiotiques bénéfiques pour la santé intestinale, mais agit aussi comme un conservateur naturel en inhibant la croissance de bactéries indésirables.

Les préparations lactofermentées sont idéales pour sublimer les plats les plus simples. Par exemple, associer une terrine maison avec des pickles d'oignons lactofermentés crée un contraste savoureux entre la richesse de la viande et l'acidité piquante des pickles (**Guse et al., 2023**).

La lactofermentation offre une incroyable variété et créativité culinaire. De nombreux légumes peuvent être lactofermentés, chacun apportant son propre profil de saveur et de texture. Les carottes, radis, concombres et betteraves sont particulièrement populaires pour la lactofermentation (**Blandino et al., 2003 ; Guse et al., 2023**).

Le potentiel fonctionnel des légumes lacto-fermentés dépend de l'interaction entre la qualité des matières premières et la capacité du consortium microbien à effectuer certaines biotransformations. Le premier aspect dépend du type et de la variété des matières premières, des conditions climatiques et des pratiques agricoles, ainsi que de l'occurrence et des conditions de traitement et de stockage (**Guse et al., 2023**).

D'autre part, la production de composés bioactifs par les micro-organismes est une caractéristique dépendante de la souche, qui dépend également de la température et de la durée de fermentation. Ainsi, l'optimisation du potentiel fonctionnel nécessite une étude approfondie de tous les paramètres susmentionnés. Bien qu'une grande quantité d'informations soit disponible dans certains cas, par exemple la production d'amines biogènes, les relations trophiques au sein du micro-écosystème sont très complexes (**Blandino et al., 2003**).

Conclusion

Conclusion

Les aliments fermentés font partie intégrante de notre diète depuis des millénaires. Ils ressentent de nombreux avantages en termes de sécurité nutritionnelle en permettant la conservation, sur le long cours, de matières premières périssables de manière très peu énergivore.

Ce mode de conservation des aliments est également très prometteur en termes d'innovation, en remplacement à d'autres méthodes de conservation des aliments moins durables. Néanmoins, en raison de la grande diversité des aliments fermentés, leur effet bénéfique sur la santé demeure peu étayé.

Cette recherche sur les effets bénéfiques des légumes lactofermentés sur la santé humaine a permis de mettre en lumière plusieurs aspects cruciaux. Les légumes lactofermentés, grâce à leur richesse en probiotiques, enzymes, vitamines et minéraux, jouent un rôle significatif dans l'amélioration de la santé digestive, le renforcement du système immunitaire et la réduction de l'inflammation.

L'analyse des différentes études scientifiques et des résultats expérimentaux confirme que la consommation régulière de légumes lactofermentés peut contribuer à la prévention de diverses maladies chroniques, telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète de type 2 et certains cancers. De plus, ces aliments fermentés favorisent un équilibre de la flore intestinale, essentiel pour une bonne digestion et une absorption optimale des nutriments.

Les légumes lactofermentés se révèlent être une alternative prometteuse aux produits industriels souvent riches en additifs et en conservateurs. Leur incorporation dans l'alimentation quotidienne peut non seulement améliorer la santé générale des individus, mais aussi encourager des pratiques alimentaires plus durables et respectueuses de l'environnement.

Promouvoir la consommation de légumes lactofermentés pourrait avoir des implications positives significatives pour la santé publique. Il est essentiel de continuer à sensibiliser le public sur les avantages de ces aliments et à encourager davantage de recherches pour explorer leur potentiel thérapeutique complet.

En perspective, il serait intéressant de se concentrer sur des essais cliniques pour confirmer les bienfaits des légumes lactofermentés, comprendre les mécanismes d'action des probiotiques, optimiser le processus de fermentation, et évaluer les impacts à long terme sur la santé.

Il serait également bénéfique de comparer ces aliments à d'autres fermentés, d'étudier leur biodisponibilité nutritionnelle, et d'explorer leurs effets sur la santé mentale.

De plus, l'impact environnemental de la lactofermentation et les initiatives d'éducation publique devraient être examinés, tout en identifiant d'éventuels effets secondaires et contre-indications pour une consommation sûre.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

Abdel-All Abeer A.A. et Dardir H.A., (2009). Hygienic Quality of Local Traditional

Adrian J., Potus J. et Frangne R., (2003). Les sciences alimentaires de A à Z, 3eme

Adrian J., Potus J., Poiffait A. et Dauvillier P., (1998). Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires. Tech. et Doc. Lavoisier –Paris. 254p.

Alais C., Linden G. et Miclo L., (2003). Biochimie alimentaire, 5eme édition DUNOD,

Alnwick D., Moses S. et Schmidt O.G., (1987). Pour améliorer l'alimentation des jeunes enfants en Afrique orientale et australe ; Compte rendu d'un atelier tenu a Nairobi, Kenya, p. 156-190.

Ammor M. S., (2004). Ecosystème microbien d'un atelier fermier de salaison : identification et propriétés des bactéries lactiques, Thèse de doctorat. Université de Rennes. p.1.

Aubert C., (1985). Les aliments fermentés traditionnels une richesse méconnue, édition terre vivante, Paris. 263 p.

Axelsson L. (2004). Lactic Acid Bacteria: Classification and Physiology In Lactic Acid Bacteria Microbiological and Functional Aspects. k S., Wright A.v., Ouwehand A.3 Rd Edition. Marcel Dekker Inc ; New York : P66.

Badis -A., Laouabdia-Sellami N., Guetarni D., Kihal M. et Ouzrout R., (2005). Caractérisation phénotypique des bactéries lactiques isolées à Partir de lait cru de chèvre de deux populations caprines locales "Arabia et kabyle". Université Mentouri Constantine, Algérie. p.30-37.

Bahorun E.T. And Remize F. (2017). Lactic Fermentation as an Efficient Tool to Enhance the Antioxidant Activity of Tropical Fruit Juices and Teas Microorganisms. P5.

Bérard A. et Carlier H., (1992). Aspects nutritionnels des constituants des aliments. Influence des technologies. Edition Tech. et Doc. Lavoisier-Paris. p. 101,174,175.

Bérard L. et Marchenay P., (2005). Les démentions culturelle de la fermentation. p. 13- 28. Disponible sur : www.ethno-terroirs.cnrs.fr/IMG/pdf/Fermentation_Inra_LBPM.pdf

Berthet J., 2006, Dictionnaire de biologie, 1er édition de Beock. Bruxelles-Belgique.

Blandino A., Al-Aseeri M.E., Pandiella S.S., Cantero D. et Webb C., (2003). Cerealbased

Boudjema K., (2008). Essai d'optimisation de la production de l'acide lactique sur lactosérum par *Streptococcus thermophilus*, Thèse de magister en biochimie et microbiologie appliquée, université M'hamed Bougara- Boumerdes. p.3-18.

Boukhiar A., (2009). Analyse du processus traditionnel d'obtention du vinaigre de dattes tel qu'applique au sud algérien : essai d'optimisation, Mémoire de magister. Université M'hamed Bougara-Boumerdes, p. 16.

Bourat G., (1993). Fermentation : propriétés et utilisation des microorganismes, techniques de l'ingénieur ISTRAL. Cassette Paris.

Bourgeois C.M. et Larpent J-P., (1989). Microbiologie alimentaire : les fermentations alimentaires. Tech. et Doc. Lavoisier-Paris. 334 p.

Bourgeois C.M., Mesle J.F. et Zucca J., (1996). Microbiologie alimentaire, 2eme édition Tech. et Doc. Lavoisier -Paris- p. 11-33.

Bourgeois C-M. et Larpent J-P., (1996). Aliments fermentés et fermentation alimentaires, 2eme ed. Tech. et Doc. Lavoisier- Paris. p.232.

Branger A., (2005a). Fabrication des produits alimentaires par fermentation : les ferments. Techniques de l'ingénieur- Paris. p. 1-15.

Branger A., (2005b). Fabrication des produits alimentaires par fermentation : l'ingénierie. Techniques de l'ingénieur- Paris. p. 1-16.

Cheftel J.-C., Cheftel H. et Besançon P., (1983). Introduction à la biochimie et la technologie des aliments, 4eme édition Tech. et Doc. Lavoisier -Paris. p. 296.

Cho J., Lee D., Yang C., Jeon J., Kim J. And Han H. (2006). Microbial population Dynamics of kimchi, a fermented cabbage product. FEMS Microbiol Lett.

David O. M. et Famurewa O., (2010). Prophylactic and bio-therapeutic benefits of 'ogi': A lactic acid fermented food, *Researcher* 2(9). Nigeria. p. 72-77.

De Bruyne K., Camu N., Lefebvre K., De Vuyst L. And Vandamme P. (2008). *Weissella ghanensis* sp. Nov. Isolated from a Ghanaian cocoa fermentation. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* P58.

Di Cagno R., Coda R., De Angelis M., Gobbetti M. (2013). Exploitation of vegetables and fruits through lactic acid fermentation. *Food Microbiol.* Fessard A., Kapoor A., Patche J., Assemat S., Hoarau M., Bourdon

Dortu Carine et Thonart P., (2009). Les bactériocines des bactéries lactiques : caractéristiques et intérêts pour la bioconservation des produits alimentaires. p.143.

Dueñas M., Fernández D., Hernández T., Estrella I. And Muñoz R. (2005). Bioactive Phenolic compounds of cowpeas (*Vigna sinensis* L). Modifications by fermentation With natural microflora and with *Lactobacillus plantarum* ATCC 14917. *J Sci Food Agric* 185.

édition Tech. et Doc. Lavoisier- Paris. p. 199.

Eliza, Knez., Kornelia, Kadac-Czapska., Małgorzata, Grembecka. (2023). Effect of Fermentation on the Nutritional Quality of the Selected Vegetables and Legumes and Their Health Effects. *Reproductive and developmental Biology*, doi: 10.3390/life13030655

Endang S. R., (2010). Lactic acid bacteria and their role in food and health: Current research in Indonesia. *Indonesia.* 10p.

Fredot Emilie, (2006). *Connaissance des aliments : bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique*, édition Tech. et Doc. (3eme tirage). p. 241.

Gadaga T.H., Mutukumira A.N., Narvhus J.A. et Feresu S.B., (1999). A review of traditional fermented foods and beverages of Zimbabwe, *International Journal of Food Microbiology* 53. p.1–11.

Ghatani, Kriti., Subarna, Thapa., Priyankar, Chakraborty. (2022). Hypolipidemic and hypoglycemic nature of lactobacillus strains in fermented vegetable and dairy products. *Frontiers in food science and technology*, doi: 10.3389/frfst.2022.955990

Guiraud J.-P., (1998). *Microbiologie alimentaire*, édition DUNOD. Paris. p.658.

Guse. Kylene., Ashok, K., Sharma., Samuel, Davison., Yiwei, Ma., Yu, Cheung, Choi., Abigail, J., Johnson., Chi, Hui, Chen., A., Gomez. (2023). Regular consumption of lacto-fermented vegetables has greater effects on the gut metabolome compared with the microbiome. *Gut microbiome*, doi: 10.1017/gmb.2023.9

Herve-Jimenez L., Guillouard I., Guedon E., Boudebouze S., Hols P., Monnet V., Maguin E. And Rul, F. (2009). Postgenomic analysis of streptococcus *Thermophilus* cocultivated in milk with *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*: Involvement of nitrogen, purine, and iron metabolism. *Appl environ microbiol*, 75 (7): P2062.

HO T. N. T., (2008). Etude de la flore lactique du nem chua, produit carné fermenté cru traditionnel du sud Vietnam et maîtrise du processus de fermentation par ajout de souches lactiques sélectionnées spécifiques du produit, Thèse de doctorat en Sciences des Aliments et Nutrition. Bordeaux. p.14.

Holzappel W., (2006). Les sources naturelles de probiotiques. *School of life and food sciences*, handong global university. Corée du Sud.

Hubert J., (2006). Caractérisation biochimique et propriétés biologiques des micronutriments du germe de soja – Etude des voies de sa valorisation en nutrition et santé humaines, Thèse de doctorat en qualité et sécurité des aliments, Institut National Polytechnique. Toulouse. 174p.

Iga-Buitrón D., Edgar, Torres-Maravilla., Luis, G., Bermúdez-Humarán., Juan, A., Ascacio-Valdés., Raúl, Rodríguez-Herrera., Cristóbal, N., Aguilar., Adriana, C., Flores-Gallegos. (2023). Lactic Fermentation of Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) to Enhance the Antioxidant and Antiproliferative Activities. *Fermentation*, doi: 10.3390/fermentation9020122.

James, Armachius., Yousheng, Wang. (2019). Characterization, health benefits and applications of fruits and vegetable probiotics. *Cyta-journal of Food*, doi: 10.1080/19476337.2019.1652693

Jay J. M., Loessner M. J. et Golden D. A., (2005). *Modern food microbiology*, seventh edition, Springer. USA. p.39-57.

Jeantet R., Croguennec T., Schuck P. et Brulé G., (2006). Sciences des aliments, Tech. et Doc. Lavoisier –Pari, p.260-265.

Kalui Christine M., Mathara J. M. et Kutima P. M., (2010). Probiotic potential of spontaneously fermented cereal based foods- a review. *African journal of biotechnology*. Nairobi. p. 2490- 2498.

Khurana H. K. et Kanawjia S. K., (2007). Recent trends in development of fermented milks, *Current Nutrition & Food Science* 3. p. 91-108.

Klaenhammer T. R., Barrangou R., Logan Buck B. et Azcarate-Peril M.A., (2005). Genomic features of lactic acid bacteria effecting bioprocessing and health. *FEMS Microbiol. Rev.* 29. p. 393-409.

Knockaert, Dries., John, Van, Camp., Karin, Struijs., Christophe, Wille., Katleen, Raes. (2012). Potential of lactic acid fermentation to produce health beneficial compounds from vegetable waste.

Labadie J., (2006) Les écosystèmes microbiens dans les produits carnés, INRA de Clermont-Theix .p.147-152.

Langlois Diane, (1994). Manuel de cours de cuisine "Alimentation vivante" Aspects théoriques et pratiques, 2eme Édition, p. 16-20. www.eco-bio.info/alimentationvivante.pdf

Law S. V., Abu Bakar F., Mat Hashim D. et Abdul Hamid A., (2011). Popular fermented foods and beverages in Southeast Asia. *International Food Research Journal* 18. p. 474-483.

Leyral G. et Vierling Elisabeth, (2001). Microbiologie et toxicologie des aliments, 3eme édition biosciences et techniques. p. 82.

Loncin M., (1976). Génie du alimentaire, aspects fondamentaux, édition MASSON. Paris p.6. 180.

Luquet F.-M. et Corrieu G., (2005). Bactéries lactiques et probiotiques. Tech. et Doc.Lavoisier –Paris. p. 3-4.

Lucile B., Vincent D., Margot G., Lolita K., Simon L., Diane L., Noémie M. Et Clémence M. (2016). Les fermentations alimentaires. Université de Lorraine. P15.

Manas, Swain., Marimuthu, Anandharaj., Ramesh, C., Ray., Rizwana, Parveen, Rani. (2014). Fermented Fruits and Vegetables of Asia: A Potential Source of Probiotics. *Biotechnology Research International*, doi: 10.1155/2014/250424

Nout M. J. Rob, (2009). Rich nutrition from the poorest – Cereal fermentations in Africa and Asia, *Food Microbiology* (26). p. 685–692.

Nout R., Hounhuigan J. D. et Van B. T., (2003). Les aliments ; Transformation, Conservation et Qualité. Édition Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. p 180- 184.

Osimani A., Garofalo C., Aquilanti L., Milanovic V. And Clementi F. (2015). Unpasteurised commercial boza as a source of microbial diversity. *Int. J. Food Microbiol* : 194. P62.

Paola, Lavermicocca., Matthijs, Dekker., Francesco, Russo., Francesca, Valerio., D., Di, Venere., Angelo, Sisto. (2015). Lactobacillus paracasei-Enriched Vegetables Containing Health Promoting Molecules. doi: 10.1016/B978-0-12-802189-7.00024-1

Paramithiotis, Spiros., Gitishree, Das., Han-Seung, Shin., Jayanta, Kumar, Patra. (2022). Fate of Bioactive Compounds during Lactic Acid Fermentation of Fruits and Vegetables. *Foods*, doi: 10.3390/foods11050733

Parvez S., Malik K.A., Kang S. Ah et Kim H.-Y., (2006). Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. *Journal of Applied Microbiology* 100. p.1171– 1185.

Piotr, Kiczorowski., Bożena, Kiczorowska., Wioletta, Samolińska., M., Szmigielski., Anna, Winiarska-Mieczan. (2022). Effect of fermentation of chosen vegetables on the nutrient, mineral, and biocomponent profile in human and animal nutrition. *Dental science reports*, doi: 10.1038/s41598-022-17782-z

Rai, Aashi, , and, Singh, Sujeet, Kumar., (2020). Probiotication of vegetable juice by *Lactobacillus acidophilus*.

Raimbault M., (1995). Importance des bactéries lactiques dans les fermentations du manioc, édition ORSTOM, p. 260-270.

Ross Paul R., Morgan S. And Hill C. (2002). Preservation and fermentation: Past, present and future. *Int J Food Microbiol* : 79:3. P16.

Sadoud Meriem et Saiah Habbaz Aicha Nawel, (2008). Essai d'élaboration d'un jus de carotte lactofermenté par utilisation de ferments lactiques locaux, Mémoire d'ingénieur en Sciences alimentaires, UHB Chlef. p14.

Sahlin P., (1999). Fermentation as a method of food processing: production of organic acids, pH-development and microbial growth in fermenting cereals. Licentiate thesis on applied nutrition and food chemistry. Lund University. p.57.

Scott R. et Sullivan W. C., (2008). Ecology of Fermented Foods. *Human Ecology Review*15(1). p.25 -32.

Sembene B., (2002). Etude de la fermentation traditionnelle de Cymbium pepo (mollusque, gastropode) : Caractérisation de la microflore et qualités organoleptiques du « yeet » , Thèse de doctorat en de biologie animale. Université Cheikh Anta Diop De Dakar. p.12- 15.

Tiwari U. And Cummins E. (2013). Factors influencing levels of phytochemicals in Selected fruit and vegetables during pre- and post-harvest food processing operations. *Food Res Int* : 50. P506.

Tou H. K.-P., (2007). Caractérisation et amélioration du procédé traditionnel de préparation de la bouillie de mil fermenté, ben-saalga, utilisée comme aliment de complément au Burkina Faso, Thèse de doctorat en nutrition et sciences des aliments. Université d'Ouagadougou. p.28.

Yao A.A., Egounlety M., Kouame L.P. et Thonart P., (2009). Les bactéries lactiques dans les aliments ou boissons amylicés et fermentés de l'Afrique de l'Ouest : leur utilisation actuelle, *Ann. Méd. Vét.*, 153, p.54-65.

Yao Amenan, (2009). La fermentation du manioc en gari dans l'Afrique de l'Ouest : production d'un starter de bactéries lactiques lyophilisées, dissertation en vue de l'obtention du grade de Docteur en sciences. Université de Liège. p. 27-46.