

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعلیم العالی و البعث العلمی

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd - Tlemcen - Faculté de BIOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En BIOLOGIE

Spécialité : Contrôle de qualité et agroalimentaire

Thème : LES LÉGUMES LACTO-FERMENTÉES

Dirigé par :

- Mme Ghanemi Fatima zahra

Elaboré et soutenu par :

- MEDJDOUB ZINEB
- FERH HICHAM

Soutenu devant le jury composé de :

M Senouci bereksi mohamed
Mme Meziane Kaouthar radja
Mme Ghanemi Fatima zahra

Professeur
Professeur
Professeur

Univ. Tlemcen
Univ. Tlemcen
Univ. Tlemcen

Président
Examinatrice
Promotrice

2023 - 2024

Remerciement

Avant tout, on remercie Allah qui nous a donné le courage et la volonté d'aller jusqu'au bout dans ce modeste travail.

Un grand Merci s'adresse particulièrement à nos familles qui nous ont soutenus pour réaliser nos études et qui nous ont toujours encouragés dans chaque pas vers l'avant.

*Nous souhaitons exprimer, tout particulièrement, nos vifs remerciements et notre profonde reconnaissance à notre encadrant **MME GHANEMI FATIMA** de nous avoir fait confiance et accepté de diriger ce mémoire.*

Nous remercions les maîtres pour le temps qu'ils ont consacré à nous apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de cette recherche.

*Nous tenons à remercier également **MR BENARIBA HICHEM** pour votre grande disponibilité tout au long de ce travail, pour votre soutien et vos encouragements*

*Sans oublier de remercier les membres du jury **SENOUCI BEREKSI MOHAMED ET MEZIANE KAOUTHAR RADJA** qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.*

À tous ceux qui ont contribué dans notre formation de près et de loin, depuis, les premières lettres alphabétiques.

Nous associons, enfin, à ces remerciements tous nos collègues.

Nous avons eu la chance de rencontrer des amis formidables qui nous ont encouragés et soutenus au cours.

SOMMAIRE

LISTE DES ABREVIATION	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
RESUME	
INTRODUCTION EN GENERALE	
PARTIE 01 : PARTIE BIBLIOGRAPHYQUE.....	
CHAPITRE 01 : LA FERMENTATION ET LES ALIMENTS FERMENTEES..	
1- LA FERMENTATION.....	
1-1 DEFINITION	
1-2 LES DIFFERENTS TYPES DE LA FERMENTATION	
1-3 FERMENTATION ET MICROORGANISMES	
1-3-1 LES BACTERIES	
1-3-2 LES CHAMPIGNONS MICROSCOPIQUES	
1-3-3 LES LEVURES	
1-3-4 LES MOISSURES	
2- LES ALIMENTS FERMENTEES	
2-1 HISTORIQUE DES ALIMENTS FERMENTEES	
2-2 DEFINITION	
2-3 L'INTERET DES ALIMENTS FERMENTEES	
2-4 LES RISQUE ASSOCIES A LA CONSOMMATION DES ALIMENTS FERMENTEES	
CHAPITRE 02 : LACTO-FERMENTATION.....	
1- DEFINITION	
2- PARAMETRES MAJEURS DE LACTO-TERMENTATION	
3- LES PRODUITS ISSUS DE LACTO-FERMENTATION	
4- CONDITION OPTIMAUX POUR LA FERMENTATION LACTIQUE	

5- LES ALIMENTS UISSUS DE LACTO-FERMENTATION	
6- LES BACTERIES LACTIQUES	
7- METABOLISME DES BACTERIES LACTIQUE	
8- LES PROBIOTIQUES	
8-1 DEFINITION	
8-2 LES MICROORGANISMES PROBIOTIQUE	
8-3 MECANISME D'ACTION DES PROBIOTIQUE	
8-4 LES EFFETS BENIFIQUES DES PROBIOTIQUE SUR LA SANTE HUMAINE.....	
8-5 ASPECTS DU CONTROLE DE LA QUALITE POUR LES PROBIOTIQUES	
CHAPITRE 03 : LES LEGUMES FERMENTEES	
1- HISTORIQUE OU CONTEXTE HISTORIQUE DES LEGUMES FERMENTEES	
2- DEFINITION DES LEGUMES FERMENTEES	
3- LES LEGUMES FERMENTEES UTILISER	
3-1 LES CAROTTES	
3-1-1 COMPOSITION NUTRITIONNELLE	
3-1-2 BIENFAITS POUR LA SANTE	
3-2 LES CHOUX	
3-2-1 COMPOSITION NUTRITIONNELLE.....	
3-2-2 PROPRIETES DE SANTE	
4- LES AVANTAGES ET LES RISQUE DES LEGUMES FERMENTEES POUR LA SANTE HUMAINE	
PARTIE 02 : PARTIE EXPERIMENTALE	
1- PREPARATION DES LEGUMES FERMENTEES.....	
1-1 RECETTE DE CAROTTES FERMENTEES A L'ANETH	
1-2 RECETTE DE CHOUROUTE	
2- SECHAGE DES LEGUMES FERMENTEES PAR DESHYDRATEUR	
3 - ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUE	
3-1 MATERIEL UTILISE	

3-2 DETERMINATION DE LA TENEUR EN FIBRES BRUTES.....	
3-3 DETERMINATION DE LA TENEUR EN CENDRES	
3-4 DETERMINATION DU POURCENTAGE D'HUMIDITE.....	
3-5 DOSAGE COLORIMETRIQUE DES POLYPHENOLS TOTAUX.....	
3-6 EVALUATION DU POUVOIR ANTI-OXYDANT PAR LA METHODE DU DPPH	
3-7 MESURE DE PH	
PARTIE 03: RÉSULTATS ET DISCUSSION	
1-METABOLITE PRIMAIRES	
1-1 LA TENEUR EN FIBRES BRUTES	
1-2 LA TENEUR EN HUMIDITE	
1-3 LA TENEUR EN CENDRES	
2- DOSAGE ET POUVOIR ANTIOXYDANT.....	
3- MESURE DE PH	
QUESTIONNAIRE	
Conclusion	
BIBLIOGRAPHE	
ANNEXE	

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Préparation des carottes

Figure 2 : Préparation des choux

Figure 3 : Les choux fermentés

Figure 4 : Déshydrateur

Figure 5 : Extracteur de fibres (fibre-test).

Figure 6 : Les échantillons dans le four

Figure 7 : Les échantillons dans l'étuve

Figure 8 : Dosage de Poly phénols

Figure 9 : Principe de réduction du radical DPPH

Figure 10 : La méthode du DPPH

Figure 11 : La méthode de pH

Figure 12 : Teneur en fibres brutes

Figure 13: Teneur en Humidité

Figure 14 : Teneur en cendres

Figure 15 : La courbe d'Acide Galique

Figure 16 : Les courbes de DPPH des (carottes et des choux)

Figure 17 : Résultat de pH

Figure 18 : Le nombre de population parle genre

Figure 19 : Nombre de population connaissant la fermentation lactique

Figure 20 : Comment avez-vous entendu parler de la lacto-fermentation ?

Figure 21 : Nombre de population ayant essayé la lacto-fermentation

Figure 22 : Légumes que les gens font lacto-fermentés

Figure 23 : À quelle fréquence mangeons-nous des légumes lacto-fermentés

Figure 24 : Avis général : Quels sont les bienfaits de manger des légumes fermentés avec du lait ?

Figure 25 : Avis des internautes sur les inconvénients de la fermentation lactique des légumes

Figure 26 : Pourcentage de personne prête à assister à un atelier ou une formation sur la lacto-fermentation végétale

Figure 27 : Décision des gens d'acheter des légumes lacto-fermentés

LISTE DES ABRÉVIATIONS

FAO (Food and Agriculture Organization)

NADH Nicotinamide Adénine Dinucléotide Hydrogéné

pH Potentiel Hydrogène

Co2 Dioxyde de Carbone

BL bactéries lactique

NaCl Chlorure de Sodium (Sel de table)

°C Degré Celsius

D(-) Isomère Dextrorotatoire

L(+) Isomère Lévorotatoire

EMP d'Emden Mayerhof Parnas

B12 Vitamine B12

H Hydrogène

D'igA Immunoglobuline A (IgA)

K1 Vitamine K1

B6 Vitamine B6

C Vitamine C

E Vitamine E

g grammes

ml millilitres

L litres

kg kilogrammes

Cm centimètres

KOH Hydroxyde de potassium

(%) Pourcentage

D.O densité optique

C% pourcentage en cendre.

DPPH Diphényl 1-picrylhydrazyle

C cuillère

EC50 concentration efficace à 50%

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : Les différents microorganismes et leurs d'applications.

Tableau 02 : Les paramètres de lacto-fermentation et leur principes

Tableau 03 : Les différents aliments de lacto-fermentation les microorganismes qui induisent leur fermentation

Tableau 04 : Les principaux micro-organismes probiotiques

Tableau 05 : Les avantages et les risque des légumes fermentés pour la santé humain

Tableau 06 : Dosage des polyphenoles et l'activité antioxydante par DPPH (des carottes et des choux fermentées)

DÉDICACE

Je dédie ce travail à

Mon père, le Père **Muhammad Miloud**, qui m'a enseigné et élevé,
« allahyarhmak , papa, tu es un pilier solide et fondamental.

Pour moi et mon voyage,

Ma mère, **Fatiha**, que ce travail pour toi soit pour moi un témoignage
Une gratitude sans limite pour votre aide précieuse et toutes ces années
Comprendre.

Mon frère **Muhammad** est la source de ma joie.

Et mes chères sœurs, merci beaucoup pour le soutien et les encouragements que
vous m'avez apportés tout au long de l'année.

A mon cher ami **Alaa**, tu es mon frère et un de mes amis

Sur qui je peux compter.

Merci pour votre présence et votre aide au quotidien,

À ma compagne **Zineb** pour son courage pour mener à bien ce travail.

À tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

(F. HICHAM)

DÉDICACE

À l'aide de dieu "Allah" tout puissant Qui m'a tracé le chemin de ma vie, J'ai pu réaliser ce travail.

Je dédie ce travail à ma famille spécialement aux personnes les plus chères au monde.

À ma très belle chère mère **Zoubida**; tu es l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi, et puisse Dieu le tout puissant te préserver, t'accorder la santé, longue vie et bonheur. Je t'aime Maman.

À mon très cher père **Fethi**; Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices qui tu as consentis pour mon éducation et ma formation, et puisse dieu t'accorder santé et longue vie. Je t'aime Papa.

À mes très chers frères : **Ahmed, Abd El Kader , Youcef**

À ma petite très belle chère sœur unique : **Amina**, sans oublier la femme de mon frère qui cela m'a aidé : **Ahlem**

À ma chère grande mère **Amaria** que dieu vous préserve santé et longue vie

À mon binôme **Hicham** qui m'a partagée avec moi les moments difficiles pour réaliser ce travail.

À toute ma famille, et surtout à mes tantes **Yamina , Mansouria** et sa belle-fille : **Amel**

À mes chères cousines : **Radia , Wafaa, Imen, naima**

À tous mes amis, en particulier **Amina, Nihel, Faiza, Abir** vous êtes mes meilleures amie .

Je remercie toute les personnes que je n'ai pas pu citer leurs noms ici, et qui ont participé de pré ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

(M. ZINEB)

RÉSUMÉ

L'étude présentée explore les effets de la lacto-fermentation sur les légumes, en utilisant la carotte et le chou violet comme modèle. La lacto-fermentation est une méthode traditionnelle de conservation qui utilise les bactéries lactiques pour transformer les sucres présents dans les légumes en acide lactique, ce qui améliore la durée de conservation, les propriétés anti oxydantes et le profil métabolique des légumes.

L'objectif principal de cette recherche était d'évaluer les avantages de la lacto-fermentation sur la conservation, les propriétés anti oxydantes et les métabolites primaires des carottes et des choux. Pour ce faire, les deux légumes ont été préparés selon une recette spécifique, puis immergés dans une solution saline avec de l'aneth et de l'ail. La fermentation a été réalisée à température ambiante sous conditions anaérobies pendant une période de 3 à 8 semaines, selon les goûts.

Les analyses anti oxydantes et métabolique primaires ont été effectuées pour comparer les légumes fermentés carottes et choux. Les résultats ont montré que les choux fermentés présentent un pouvoir antioxydant plus remarquable (EC 50 :0.16). Pour la teneur en polyphénols les choux fermentés en contiennent davantage que les carottes avec des valeurs respectives de 0.45g /100g ; 0.28g /100g.

Les résultats de métabolique primaire ont démontrés que les choux fermentés sont plus riches en fibres que les carotte (8.01% ; 2. 55%).les valeurs des cendres montrent que les deux légumes (choux ; carotte) sont riches en minéraux (18.12% ; 17. 85%).les carottes ont une teneur en humidité beaucoup plus élevée que les choux (23.20% ; 5.20).

Les résultats ont révélé que la valeur de pH des légumes fermentés était constante, avec un pH 3.

En conclusion, la lacto-fermentation s'est avérée être une méthode efficace pour conserver les légumes (carotte et chou), en améliorant leur durée de vie, leurs propriétés anti oxydantes et leur profil métabolique. Les résultats obtenus ouvrent la voie à de futures recherches sur la lacto-fermentation d'autres légumes et son impact sur la santé humaine.

Les mots clés : lacto-fermentation, les légumes fermentés, les bactéries lactiques, acide lactique,

الملخص

الدراسة المقدمة تستكشف تأثيرات التخمير اللاكتوزي على الخضراوات، باستخدام الجزر والملفوف الأرجواني كنموذج. التخمير اللاكتوزي هو طريقة تقليدية للحفاظ تستخدم البكتيريا اللاكتيكية لتحويل السكريات الموجودة في الخضراوات إلى حمض اللاكتيك، مما يعزز من مدة الحفظ والخصائص المضادة للأكسدة والملف الأبيض للخضراوات.

الهدف الرئيسي لهذا البحث كان تقييم فوائد التخمير اللاكتوزي على الحفظ والخصائص المضادة للأكسدة والمتابوليتات الأساسية للجزر والملفوف. لتحقيق هذا، تم إعداد الخضراوات بوفق وصفة محددة، ثم وضعها في محلول ملحي مع الشبث والثوم. تم إجراء التخمير عند درجة حرارة الغرفة تحت ظروف لا هوائية لمدة تتراوح بين 3 إلى 8 أسابيع، حسب الذوق.

وأظهرت نتائج الأيض الأولية أن الملفوف المخمر أغنى بالألياف من الجزر (8.01%؛ 2.55%)، وتظهر قيم الرماد أن كلا الخضراوات (الملفوف والجزر) غنية بالمعادن (18.12%؛ 17.85%)، ويحتوي الجزر على نسبة رطوبة أعلى بكثير من الملفوف (23.20%؛ 5.20).

أجريت تحليلات أولية لمضادات الأكسدة والتحليلات الأيضية للمقارنة بين الجزر المخمر وخضراوات الملفوف. أظهرت النتائج أن الملفوف المخمر كان لديه قوة مضادة للأكسدة أكثر وضوحًا (EC 50:0.16). أما بالنسبة لمحتوى البوليفينول، فقد احتوى الملفوف المخمر على كمية أكبر من الجزر بقيم 0.45 جم / 100 جم و 0.28 جم / 100 جم على التوالي.

أظهرت النتائج أن قيمة الأس الهيدروجيني للخضراوات المخمرة كانت ثابتة عند الرقم الهيدروجيني 3.

في الختام، أثبت التخمير اللاكتوزي أنه طريقة فعالة لحفظ الخضراوات (الجزر والملفوف)، مما يعزز من مدة حفظها، وخصائصها المضادة للأكسدة، وملفها الأبيض. تفتح النتائج الحالية الباب أمام بحوث مستقبلية حول التخمير اللاكتوزي للخضراوات الأخرى وتأثيره على صحة الإنسان.

الكلمات الرئيسية : تخمير اللاكتوز، الخضراوات المخمرة، البكتيريا اللبنية، حمض اللاكتيك

ABSTRACT

The presented study explores the effects of lacto-fermentation on vegetables, using carrots and red cabbage as models. Lacto-fermentation is a traditional preservation method that utilizes lactic acid bacteria to transform the sugars present in vegetables into lactic acid, which improves the shelf life, antioxidant properties, and metabolic profile of the vegetables.

The primary objective of this research was to evaluate the benefits of lacto-fermentation on the preservation, antioxidant properties, and primary metabolites of carrots and cabbage. To do this, the two vegetables were prepared according to a specific recipe, then immersed in a saline solution with dill and garlic. Fermentation was carried out at room temperature under anaerobic conditions for a period of 3 to 8 weeks, according to taste.

Primary antioxidant and metabolic analyses were carried out to compare fermented carrot and cabbage vegetables. The results showed that fermented cabbages have a more remarkable antioxidant power (EC 50 :0.16). For polyphenol content, fermented cabbages contain more polyphenols than carrots, with respective values of 0.45g /100g ; 0.28g /100g.

Primary metabolic results showed that fermented cabbages are richer in fiber than carrots (8.01%; 2.55%). Ash values show that both vegetables (cabbages; carrots) are rich in minerals (18.12%; 17.85%). Carrots have a much higher moisture content than cabbages (23.20%; 5.20).

The results revealed that the pH value of the fermented vegetables was constant, at pH 3 .

In conclusion, lacto-fermentation has proven to be an effective method for preserving vegetables (carrots and cabbage), improving their shelf life, antioxidant properties, and metabolic profile. The results pave the way for future research on the lacto-fermentation of other vegetables and its impact on human health.

Key Words: Lacto-fermentation, fermented vegetables, lactic acid bacteria, lactic acid

INTRODUCTION

Les humains sont connus pour leur consommation élevée d'aliments industrialisés, ce qui entraîne diverses maladies métaboliques telles que le diabète, les maladies cardiovasculaires, résultant de l'exposition au stress oxydatif, au tabac, à un mode de vie sédentaire et à la malnutrition (**Arts et Hollman, 2005**). Afin de réduire l'incidence de ces maladies, la consommation de légumes est fortement recommandée et ils constituent la base d'une alimentation équilibrée et saine, notamment du point de vue des micronutriments. C'est une source de nombreux nutriments essentiels, notamment des glucides, des protéines, des graisses, des huiles, des vitamines et des minéraux (**Sultana et al., 2014**).

Les légumes fermentés sont une excellente source de vitamines et de minéraux et une contribution importante de micro-organismes au tractus gastro-intestinal. La fermentation peut prolonger la durée de conservation des légumes et contribuer à améliorer les propriétés sensorielles. La nature des micro-organismes impliqués dans la fermentation détermine les caractéristiques des aliments fermentés. La fermentation végétale fait désormais l'objet d'une attention croissante en raison de ses avantages (**Liza Begriche, 2021**).

La conservation des légumes par fermentation remonte à l'Antiquité et est originaire d'Orient. Ce procédé constitue depuis longtemps la principale méthode de conservation des fruits et légumes dans le monde. Tous les légumes peuvent être conservés par lacto-fermentation : carottes, radis, poivrons, haricots verts, etc. (**Bourgeois et Lapenter, 1996**).

La fermentation végétale est une méthode qui utilise des micro-organismes bénéfiques pour transformer les légumes en cornichons, mais le processus nécessite certaines conditions de production. La fermentation végétale comprend un environnement micro-écologique contenant une variété de micro-organismes, tels que des bactéries lactiques, des levures, des bactéries acétiques, etc. Parmi tous les micro-organismes impliqués dans la fermentation végétale, les bactéries lactiques sont le principal genre utilisé pour la fermentation (**Peng et al., 2018**).

La fermentation de légumes est une fermentation lactique utilisant des sucres végétaux et des bactéries lactiques naturellement présentes dans les légumes ou les graines pour produire principalement de l'acide lactique. Grâce à l'acidification, les bactéries lactiques éliminent les bactéries responsables de la détérioration. L'évolution de la microflore est influencée par de

nombreux facteurs physico-chimiques, et la salinisation initiale des plantes est un facteur très important. Les légumes actuellement fermentés en grande quantité comprennent le chou, les olives et les concombres (**Bourgeois et Larpent, 1989**),

Ce manuscrit est divisé en trois parties. La première partie est dédiée à la synthèse bibliographique et se compose de trois chapitres. Le chapitre 1 présente les connaissances actuelles sur la fermentation et les aliments fermentés ainsi que leurs avantages et inconvénients. Le chapitre 2 vise à comprendre le processus de lacto-fermentation, ses mécanismes de fonctionnement et ses conditions optimales. De plus, un aperçu des pro-biotiques et des bactéries lactiques, de leurs critères de sélection, de leur mode d'action et de leurs propriétés bénéfiques pour la santé humaine est fourni. Le chapitre 3 est consacré aux légumes fermentés.

La deuxième partie est une partie expérimentale sur les métabolites primaires et pouvoir antioxydant des légumes fermentés et la dernière partie l'explication et la discussion des résultats obtenues. De plus, nous analysons les résultats d'un questionnaire administré pour évaluer les préférences et perceptions des consommateurs à l'égard des légumes fermentés. Cela fournit des perspectives précieuses pour guider les développements futurs dans ce domaine.

PARTIE 01:



Partie Bibliographique

CHAPITRE I :

LA FERMENTATION ET LES ALIMENTS

FERMENTÉS

1- Définition :

La biomasse microbienne peut constituer une source de protéines, de vitamines, d'antibiotiques, de vaccins, et des additifs alimentaires (**Pandey,2023**). Une technique est utilisée dans la production de ces produits, il s'agit la fermentation.

Selon (**Bourat ,1993**), le mot "fermentation" est apparu au XVIème siècle et provient du latin "Fervere", qui signifie "bouillir". Les bulles de gaz carbonique qui se forment dans un liquide en fermentation ont l'apparence de l'ébullition.

En d'autres termes, cela correspond à la dégradation anaérobie par des micro-organismes de composés organiques complexes, notamment des hydrates de carbone tels que le glucose (**anguly et Subha, 2013**). Il s'agit d'un processus énergétique.

La fermentation est une méthode essentielle pour préserver les aliments. Quand des populations microbiennes naturelles ou inoculées se développent, cela entraîne des changements chimiques et/ou de texture, ce qui donne naissance à un produit qui peut être conservé pendant longtemps. La fermentation aura pour but : Créer des saveurs et des parfums alimentaires nouveaux et plaisants (**Chojnacka, 2006**).

Selon (**Lane et al., 2010**), Le processus de fermentation consiste à dégrader les glucides enzymatiquement sans l'utilisation d'oxygène O₂. L'accepteur d'électrons final est une molécule organique et l'ATP est produit par phosphorylation au niveau du substrat.

1-2 Les différents types de la fermentation :

Tableau 01 : Les différents microorganismes et leurs d'applications

Types de fermentation	Principes	Bactéries	Applications	Référence
Fermentation alcoolique	Production CO ₂ et l'éthanol à partir du sucre	-Saccharomyces cerevisiae	Vin et bière	(Langlois, 1994 et Sembene, 2002).
Fermentation lactique	Production de l'acide lactique à partir de glucide	-Lactobacillus -Streptococcus et certains Bacillus	Produits Laitiers	
Fermentation acétique	production d'énergie anaérobie qui, en présence de glucides et de bactéries	-Gluconobacter-Acetobacter	-Production des vinaigres	
Fermentation propionique	Production d'acide acétique + acide lactique+CO ₂ à partir acide acétique	-Propioni Bacterium	Fermentation gazogène dans les fromages à pâte cuite et production d'arôme	
Fermentation butyrique	Transformation de l'acide lactique, de sucres ou de matières amylacées en acide butyrique, alcool butylique	-Clostridium Saccharolytiques (C.tyrobutyricum, C .bytyricum)	Gonflements en fromages à pâte cuite	

1-3 Fermentation et microorganismes :

Les principaux micro-organismes utilisés dans la fermentation des aliments comprennent diverses bactéries, levures et champignons. Bactéries lactiques. (Voidarou, et al, 2021)

1-3-1 Les bactéries

Les bactéries sont des « micro-organismes (procaryotes) ubiquitaires, unicellulaires et non nucléés, dont le génome est constitué d'ADN. Il est constitué d'un chromosome et on peut noter la présence de plasmides (petits morceaux d'ADN circulaires). Toutes les bactéries forment le règne des Eubactéries et se reproduire par fission. (Bailey, 2019)

Il existe deux principaux groupes de bactéries, caractérisés par des différences au niveau de leurs parois cellulaires : les bactéries Gram-positives et les bactéries Gram-négatives. (Davidson, 2015)

Les Microorganismes comme les bactéries lactiques (*Lactobacillus plantarum*). (Forster, 2003), ainsi que les bactéries du genre *Bacillus* comme *B. licheniformis*, *B. safensis* et *Bacillus pumilus*. (Kayath et al., 2020)

1-3-2 Les champignons microscopiques :

Les moisissures et les levures appartiennent au règne des Champignons, mais leur classification est compliquée en raison de la diversité des espèces. Dans l'industrie agroalimentaire, on simplifie souvent la distinction aux types morphologiques : les levures ont un thalle visqueux, tandis que les moisissures ont un thalle filamenteux. Il existe cependant des exceptions, comme les levures *Candida* et *Trichosporon*, qui, dans certaines conditions, peuvent former des structures filamenteuses appelées pseudo mycélium. (Branger, A., 2004)

1-3-3 Les levures :

Les levures sont des organismes eucaryotes unicellulaires généralement plus gros que les bactéries (0,5 à 5 μm) et ovoïdes ou sphériques et Le diamètre des cellules de levure est d'environ 5 à 10 μm , (Montes de Oca et al., 2016). Leur taille et leur nombre varient d'une espèce à l'autre. Les cellules de levure contiennent également des organites intracellulaires tels que l'appareil de Golgi, les mitochondries, le réticulum endoplasmique et les vacuoles entourées d'une seule membrane (Speers et al., 2015 ; Tofalo et Suzzi, 2016).

Certaines levures se développent sous forme filamenteuse, mais la plupart des bourgeons se divisent ensuite en deux cellules filles. La plupart d'entre eux appartiennent à la classe fongique des Ascomycota, il démontre à « Pasteur » que la levure est responsable de la fermentation en produisant de l'alcool à partir du sucre. De plus, Pasteur a découvert que certains organismes, dont la levure, étaient capables de survivre sans air. Il les appelait anaérobies et disait : « La fermentation, c'est la vie sans air ». (**Fennesraz, 2021**), En 1861, il observa que lorsque la levure était exposée à l'air, elle fermentait moins de sucre par portion. (**Barnett, et al, 2011**) Cette diminution du taux de fermentation est connue sous le nom d'« effet Pasteur », Les exemples courants de fermentation avec levure incluent la production de bière, de vin et de pain. (**Zimmermann, 1997**).

La levure favorise la respiration en raison de son apport énergétique plus élevé que la fermentation (**Aldaccache, 2019**). et les levures à orientation Saccharomyces (**Foster, 2003**).

1-3-4 Les moisissures :

Les moisissures sont des microorganismes hétérotrophes filamenteux et immobiles, dont la structure cellulaire est celle d'une cellule eucaryote classique. Appartenant aux micromycètes. Ils sont saprophytes du sol, ce qui signifie qu'ils se retrouvent facilement sur les aliments tels que les fruits et les céréales, et peuvent avoir des effets positifs ou négatifs. (**Nicklin et al., 2000**)

Les moisissures sont des organismes qui, pour se développer, requièrent des conditions de culture peu restrictives, Ces micro-organismes eucaryotes Appartiennent principalement à quatre classes : les zygomycètes, les ascomycètes, les basidiomycètes et les deutéromycètes (**Boiron, 1996 ; Bousaboua, 2003**)

Les moisissures sont utilisées dans divers processus de fermentation et de production alimentaire. Par exemple, le fromage Roquefort est fabriqué en introduisant la moisissure *Penicillium roqueforti* dans le fromage en développement. De même, la moisissure *Penicillium camemberti* est utilisée dans la production du fromage Camembert. Les moisissures sont également utilisées dans la production de certains types de salami et de saucisses fermentées pour développer des saveurs uniques. (**Moreau, 1979**)

2- Les aliments fermentés :

2-1 Historique des aliments fermentés :

L'utilisation de la fermentation est une méthode ancienne et universelle pour conserver les légumes (Kalui et al., 2010 ; Law et al., 2011). Il s'agit d'un élément essentiel de la survie humaine dans des situations où la préservation de la nourriture est essentielle (Scott et Sullivan, 2008). Les produits fermentés seraient originaires de l'Orient et datent de la préhistoire (Ammor, 2004). Actuellement, il y a plus de 3500 aliments et boissons fermentés à travers le globe (Khurana et Kanawjia, 2007).

L'industrialisation des aliments fermentés implique une modification profonde, avec des micro-organismes se développant spontanément ou par ensemence avec du levain. Ces fermentations sont plus régulières mais certaines conservent un certain intérêt, tant sur le plan nutritionnel que gustatif (Aubert, 1985).

Après des dizaines d'années de développements dans les sciences chimiques, les chercheurs et les industriels s'intéressent de plus en plus aux micro-organismes dans leur travail, car ils ont démontré l'efficacité des techniques de fermentation classiques par rapport aux techniques contemporaines (Aubert, 1985).

2-2 Définition :

Les aliments fermentés peuvent être définis comme les aliments qui ont été exposés à l'action des micro-organismes ou de leurs enzymes afin de provoquer des modifications biochimiques souhaitables, ce qui entraîne des modifications significatives de la nourriture (Sahlin, 1999 ; Blandino et al, 2003).

Selon (Sadoud et SaiahHabbaz 2008), les microorganismes pénètrent dans les substrats alimentaires et, à l'aide de leurs enzymes (amylases, lipases, protéases), métamorphosent les polysaccharides, les protéines et les lipides en produits non toxiques, avec des arômes, des saveurs et des textures attrayantes.

2-3 L'intérêt des aliments fermentés

Les aliments fermentés Optimiser la digestibilité et augmenter la valeur nutritionnelle tout en améliorant l'aspect et le goût. (Totté et al.,2003 ; Sekar et Mariappan, 2007 ; Olotu et al., 2009).

La fermentation augmente la concentration en éléments nutritifs des aliments en favorisant la biosynthèse de vitamines, d'acides aminés essentiels et de protéines, tout en améliorant la digestibilité des protéines et des fibres. (**Motarjemi et Nout, 1996 ; Jeantet et al., 2006**).

Les aliments fermentés sont généralement plus nutritifs et plus assimilables que les aliments non fermentés. Cela est dû à plusieurs mécanismes : certaines substances qui entravent la digestion ou l'assimilation, telles que les inhibiteurs d'enzymes, sont détruits. De plus, l'amidon, les protéines et les lipides sont partiellement digérés, et des nutriments sont synthétisés par les micro-organismes présents dans le processus de fermentation (**Aubert, 1985 ; Langlois, 1994 ; Olotu et al., 2009**).

La fermentation des aliments a été reconnue pour ses effets protecteurs contre le développement du cancer (**FAO, 1998**). Des études montrent que les bactéries bénéfiques dans les aliments fermentés soutiennent le système digestif, favorisant une meilleure assimilation des nutriments et renforçant le système immunitaire. La fermentation supplémentaire des aliments s'est avérée bénéfique pour prévenir les maladies courantes, y compris les maladies infantiles. De plus, la fermentation peut augmenter l'acidité des aliments, prévenir la détérioration et éliminer les bactéries nocives. (**Marshall E, Meija D, 2011**)

2.4. Les risques associés à la consommation des aliments fermentés :

La contamination par des bactéries pathogènes non désirées et la production de molécules néfastes pour la santé via la fermentation peuvent constituer des risques microbiologiques, surtout dans les produits fermentés où le processus n'est pas entièrement contrôlé, comme c'est souvent le cas dans les méthodes artisanales où la fermentation spontanée est impliquée (**Capozzi V, Fragasso M, Russo P, 2020**).

Parmi les micro-organismes pathogènes les plus connus, on trouve *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, les *Salmonelles* et *Clostridium botulinum*. Il existe un intérêt croissant pour la possibilité que certains micro-organismes présents dans les aliments fermentés puissent transmettre des gènes d'antibiorésistance. Certaines molécules, comme l'alcool et le sel ajoutés dans certains aliments fermentés, peuvent entraîner des problèmes de santé à long terme, tels que l'obésité, le diabète, les maladies cardio-vasculaires et la stéatose hépatique. D'autres molécules, comme les amines biogènes produites par les bactéries lactiques, peuvent causer des

migraines, tandis que les mycotoxines, comme les aflatoxines produites par les champignons filamenteux, peuvent provoquer des intoxications aiguës avec des lésions hépatiques. (**Alvarez M, Moreno-Arribas MV,2014**).

CHAPITRE II :

LA LACTO- FERMENTATION

1- Définition

La lacto-fermentation ou fermentation lactique est une technique ancestrale et universelle de conservation basée sur la transformation des glucides par les bactéries lactiques. Il est produit par les streptocoques, les lactobacilles et certaines espèces de Bacillus. (Claude Aubert, 2011)

La lacto-fermentation est un processus catabolique, une fermentation anaérobie qui commence par la glycolyse et produit un acide, l'acide lactique, utilisé pour réoxyder le NADH. La fermentation sans oxygène décompose le glucose. (Surasani et al., 2018). La lacto-fermentation est aussi ancienne que la civilisation et aussi vaste que l'air que nous respirons. (Katz, S. E., 2003).

L'Acide lactique produit par fermentation provoque une baisse significative du pH, inhibant ainsi Les mauvaises bactéries (pathogènes et Modifications) et permettent de protéger le produit Cela fait des mois. Quand l'environnement devient Suffisamment acide ($\text{pH} \leq 4$) et/ou source. Le sucre est épuisé et les bactéries lactiques cessent de se développer C'est à leur tour de se développer.

La lacto-fermentation des légumes, qu'elle soit spontanée (grâce aux bactéries lactiques présentes naturellement sur les légumes) ou dirigée (par l'ajout de ferments lactiques sélectionnés), est aussi et surtout une source diversifiée d'innovations culinaires. (Raiffaud, 2022)

2- Paramètres majeurs de la lacto-fermentation :

Tableau 02 : Les paramètres de lacto-fermentation et leurs principes

Les paramètres	Principes	Référence
Absence d'oxygène	La consommation rapide de l'oxygène par les micro-organismes entraîne la production de CO ₂ , créant une atmosphère anaérobie propice à la croissance des bactéries lactiques (BL).	(Holzapfel, Wood .2014 ; BuckenhueskesHJ. 2015, He Z, Chen,et al 2020).
Diminution progressive du pH	Grâce à la production d'acides par les bactéries lactiques (BL).	

Concentration en sel	favoriser la croissance des lactobacilles halotolérants et inhiber la croissance des micro-organismes non halotolérants	
La température	Généralement réalisée à température ambiante, entre 15°C et 25°C.	

3- Les produits issus de lacto-fermentation :

- Cornichons : Aujourd'hui, nous avons dans presque tous les réfrigérateurs les fameux cornichons, qui trouvent leur origine dans une recette traditionnelle lacto-fermentée.
- Idli : Une préparation fermentée à base de haricots et de riz. Origine : Inde.
- Bonite : Un produit fermenté à base de haricots et de riz. Origine : Japon.
- Miso : Sauce soja fermentée. Origine : Asie.
- Sauce soja : Un mélange de soja et de blé. Origine : Asie.
- Nuoc-mâm : pâte de poisson fermentée. Origine : Asie.
- Kéfir : Lait fermenté à très faible teneur en alcool. Origine : région du Caucase.
- Choucroute : Un produit fermenté à base de chou (blanc/vert). Origine : Nord-Est de la Chine
- Kimchi : chou coréen fermenté et épicé
- Caillé, yaourt, fromage...
- Les feuilles de vigne fraîches : sont traditionnellement conservées par fermentation lactique pour faire de succulents « rouleaux de feuilles de vigne » toute l'année ! Origine : Bassin Méditerranéen
- Citron confit : Un nom marketing déroutant. Les citrons ne sont pas confits avec du sucre mais conservés par lacto-fermentation. Ils sont utilisés notamment dans la cuisine marocaine et algérienne et dans les recettes de tajines. (Claude Aubert, 2011)

4- Conditions optimaux pour la fermentation lactique :

La lacto-fermentation ne sert pas uniquement à conserver les produits laitiers. Vous pouvez également conserver des champignons et divers légumes : choux, betteraves, Carottes, haricots, oignons, etc. Cette technologie consiste à favoriser la croissance des bactéries lactiques acidifie

l'environnement, inhibant ainsi la croissance des organismes indésirables. Pour que la fermentation ait lieu, toutes les conditions nécessaires à la fermentation doivent être remplies.

- Les bactéries lactiques s'agglutinent.
- Les légumes doivent donc apporter du sucre, des vitamines Groupe B et sels minéraux .
- La fermentation se déroulant dans un environnement anaérobie.
- Les légumes sont souvent recouverts d'eau salée en raison des influences environnementales (inhibition du sel bactéries responsables de la dégradation des légumes).
- Enfin, la température doit être La fermentation démarre entre 18 et 22°C (**Frédéric, 2014**)

5- Les aliments issus de lacto-fermentation :

Tableau 03 : Les différents aliments de lacto-fermentation les microorganismes qui induisent leur fermentation.

Source	Microorganismes	Produit alimentaire fermenté	Références
Les légumineuses	A. Soyae, Z. rouxii, T. halophilus	Caillé de haricots fermenté, pâte de haricots, miso, sauce soja	Hui YH, et Al,2003
Viande	Lactobacillus sake, L. plantarum	Saucisses (par exemple salami)	Luan et Al 2021
Lait	S. thermophilus, L. delbrueckii ssp. Bulgaricus	Fromage, Yaourt	(Ashraf R ,2011)
Plantes	L. plantarum, L. brevis	Kimchi, choucroute, olives, légumes marinés du Sichuan	SoltanDalla,et al,2017
Céréales	Sacchromyces cerevisiae, L. brevi	Pain à la levure, bière, saké, vin de riz chinois et vinaigre de riz	Blandino et al,2003

Des fruits	<i>S. cerevisiae</i>	Wine, vinegar	Zabukovec et al, 2020l
Poissons et crustacés	<i>Lactobacillus brevis</i>	Poisson fermenté, sauce de poisson, pâte de crevettes	Lee W, et al, 2016

6- Les bactéries lactiques

Avant le 20^e siècle, le terme lactobacilles était utilisé pour désigner les organismes qui acidifient le lait. Notamment, la première culture pure de ces bactéries était un *Lactobacillus* (peut-être *Lactococcus lactis*), obtenu par Lister en 1873 (**Boumehira, 2010**). Les bactéries lactiques forment un groupe de bactéries phylogénétiquement très hétérogène (*Lactobacilles*, *Entérocoques* *Streptocoques*, *Lactocoques*, etc.) dont la principale caractéristique commune est la capacité à produire de l'acide lactique comme produit final de la fermentation du sucre (**Mahi, 2010**).

Les bactéries lactiques sont connues pour leur capacité à inhiber la croissance des bactéries pathogènes et la détérioration des aliments. (Fang et al., 2006 ; Zdolec et al., 2007), en produisant diverses substances antimicrobiennes (Achemchem, 2004).

Les bactéries lactiques regroupent un groupe d'espèces hétérogènes (Laboui et al., 2005). Les bactéries lactiques sont impliquées dans l'industrie laitière et dans la fermentation de nombreux autres aliments : légumes marinés, pâtisserie, vinification, poisson mariné, viande, etc., contribuant à améliorer la texture, la saveur et à produire des composés aromatiques (Callewaert et al., 2000). Ils fermentent les glucides en acide lactique, abaissant ainsi le pH et favorisant la bio préservation des produits alimentaires (Carmen et al., 2000)

7- Métabolisme des bactéries lactiques :

Les bactéries lactiques, également connues sous le nom de bactéries lactiques, se caractérisent par leur capacité à fermenter les glucides en produisant de l'acide lactique (D(-), L(+) ou DL) en utilisant la voie catabolique d'Embden Meyerhof Parnas (EMP), Dickens. - Horeckeret D'EntnerDoudoroff (**Avagodo, 2004**) En fait, BL est capable de dégrader une large gamme de sucres, tels que le lactose et le galactose dans les produits laitiers, et le saccharose, le maltose, le

glucose, le fructose et les α -galactosides dans les plantes. La conversion du sucre en acide lactique est la principale voie métabolique qui fournit de l'énergie aux bactéries lactiques. Cette transformation implique également la production d'un grand nombre de molécules qui confèrent au produit final des propriétés sensorielles spécifiques (Avagodo, 2004).

8- Les probiotiques :

8-1 Définition

Le mot probiotique est dérivé des deux mots grecs « pros » et « bios », qui signifient littéralement « pour la vie », contrairement le mot antibiotique signifie « contre la vie ». Le terme a été initialement proposé par (Lilly et Stillwell 1965).

Le terme « probiotiques » bénéficie de diverses définitions qui ont évolué au fil du temps en fonction des connaissances scientifiques et des avancées technologiques. Les probiotiques sont le terme moderne qui désigne « pour la vie » utilisé pour désigner les associations bactériennes bénéfiques pour la santé humaine et animale (Kerry et al., 2018). Ce sont des micro-organismes vivants et non pathogènes qui apportent divers avantages pour la santé de l'hôte (Singh et Rao., 2021).

Selon la définition consensuelle de l'Organisation mondiale de la santé, les probiotiques sont des micro-organismes vivants qui, lorsqu'ils sont consommés en quantité suffisante, confèrent des bienfaits pour la santé de l'hôte. Ces micro-organismes sont composés de bactéries ou de levures (Jradi-Hocine, 2018), et les probiotiques sont des micro-organismes ingérés vivants. Ces bactéries ou levures sont souvent présentes dans les aliments (notamment les produits laitiers fermentés) ou les produits pharmaceutiques, et se présentent souvent sous forme lyophilisée. Les genres bactériens les plus couramment utilisés sont Bifidobacterium, Lactobacillus, Enterococcus et Saccharomyces. (Savado et Traoré, 2011).

En 1991, Fuller a redéfini les probiotiques comme des préparations microbiennes vivantes utilisées comme additifs alimentaires qui exercent des effets bénéfiques sur l'hôte en améliorant la digestion et l'hygiène intestinale (Fuller, 1991). (Groupe Ebel, 2012).

8-2 Les microorganismes probiotiques

Tableau 04 : Les principaux micro-organismes probiotiques

Microorganismes probiotiques	Avantages
Lactobacillus acidophilus	Equilibrer la flore intestinale, Améliorer l'immunité, anti-cancer. (Gao et al., 2022).
Bifidobacterium	Contrôler le taux de cholestérol sanguin (Pimentel et al., 2019).
Propionibacterium	Stimuler le système immunitaire et réduire les effets mutagènes des enzymes intestinales, ainsi que produire du trehalose et des vitamines B12, H et folique. (Piwowarek et al., 2018)
Escherichia coli	Traiter diverses affections gastro- intestinales, y compris l'inflammation du foie. (Grozdánov et al, 2004 ; Kamada et al, 2005).
Enterococcus	Stimuler le système immunitaire et joue un rôle important dans la préservation de l'équilibre intestinal. (Saillant et al., 2021).
Saccharomyces boulardii	Améliorer la fonction des parois digestives, produire des peptides antimicrobiens, stimuler le système immunitaire et inhiber l'inflammation.

8-3 Mécanisme d'action des probiotiques

Les probiotiques peuvent améliorer la santé intestinale par de multiples mécanismes, notamment la compétition pour des nutriments limités, l'inhibition de l'adhésion épithéliale et muqueuse d'agents pathogènes, l'inhibition de l'invasion épithéliale d'agents pathogènes, la production de substances antimicrobiennes et/ou la stimulation de l'immunité muqueuse (**Servin et Coconier, 2003**).

Les mécanismes d'action des probiotiques sur l'hôte sont complexes, souvent multiples, et dépendants de la souche bactérienne considérée ; leurs effets incluent entre autres l'inhibition des bactéries indésirables, la neutralisation des produits toxiques, l'amélioration de la digestibilité des

aliments et la stimulation de l'immunité. Ceci suggère que ces probiotiques doivent être en contact direct avec différents composants de la barrière intestinale, comme le microbiote endogène, le mucus intestinal et les cellules épithéliales. Ils sont également source de vitamines (principalement du complexe B) et de sels minéraux assimilables (**Tahlaiti, 2019**).

L'utilisation de probiotiques peut prévenir les modifications induites par les cytokines dans les cellules épithéliales qui sont caractéristiques des maladies inflammatoires de l'intestin et peut également contribuer à renforcer la barrière muqueuse. Les mucines (glycoprotéines) sont les principaux composants macromoléculaires du mucus épithélial. Les probiotiques peuvent favoriser la sécrétion de mucus en tant que mécanisme permettant d'améliorer la fonction de barrière et d'éliminer les agents pathogènes. (**Belhamra, 2017**)

8-4 Les effets bénéfiques des probiotiques sur la santé humaine

Il existe actuellement de nombreuses allégations concernant les bienfaits des probiotiques. Ces micro-organismes peuvent contribuer positivement à l'activité de la flore intestinale et ainsi à la santé des consommateurs. De plus, ils facilitent la digestion des fibres, stimulent le système immunitaire et préviennent (**Bellalbi, 2011**). Réduire les allergies alimentaires, réduire le risque de diarrhée, traiter les maladies inflammatoires de l'intestin (**Esther Izquierdo, 2009**). Ces bénéfices incluent des effets positifs sur le microbiote normal, l'élimination compétitive des agents pathogènes et la stimulation/modulation de l'immunité des muqueuses. (**Kleinhammer et coll., 2002**).

De nombreuses études ont montré que le maintien d'une flore intestinale saine peut prévenir les maladies gastro-intestinales, notamment les infections gastro-intestinales et les maladies inflammatoires de l'intestin. Les substances actives (telles que les acides gras à chaîne courte, les polysaccharides visqueux et les peptides) produites par les probiotiques par lacto-fermentation des plantes ont la capacité de prévenir la colite, de combattre la constipation et également d'aider à prévenir l'inflammation intestinale (**Guan et al., 2021**).

De plus, les probiotiques participent au développement du système immunitaire du nourrisson et améliorent le système immunitaire des personnes âgées en augmentant le nombre de phagocytes et de lymphocytes tueurs naturels, qui constituent la première barrière contre les pathogènes exogènes. Ils exercent également une immunité en colonisant l'intestin, obtenant ainsi un « effet

barrière ». ". L'"effet barrière" d'une part empêche la colonisation d'agents pathogènes sur les cellules épithéliales et d'autre part renforce l'immunité au niveau de la muqueuse intestinale en augmentant la production d'IgA et de mucus, qui constitue une défense locale au niveau de la muqueuse intestinale (**Makhloufi, 2011**).

8-5 Aspects du contrôle de la qualité pour les probiotiques :

- Analyse des niveaux de résistance aux antibiotiques ;
- Analyse de certaines activités métaboliques (comme la synthèse de D-lactate, la déconjugaison des sels biliaries, la production d'acides biogènes) ;
- Evaluation des conséquences néfastes chez les individus ;
- Surveillance épidémiologique des incidents indésirables chez les consommateurs ;
- Évaluation de la production de toxines pour les mammifères si la souche évaluée est issue d'une espèce potentiellement toxine-produisante ;
- Détermination de l'activité hémolytique si la souche évaluée est issue d'une espèce potentiellement hémolytique. (**Bruno et Corinne, 2015**).

CHAPITRE III :

LES LÉGUMES OACTO-FERMENTÉES

1- Historique ou contexte historique des légumes fermentées :

La fermentation des légumes comme moyen de conservation et la consommation de légumes fermentés ont une longue histoire, accompagnant pratiquement le développement de la civilisation humaine (**Wood, 2016**).

La fabrication de légumes fermentés très probablement évolué à partir d'un simple salage à sec ou saumurage des légumes. Le salage des légumes était un moyen courant de conservation des aliments et était pratiqué pendant des milliers d'années en Europe, au Moyen-Orient et en Asie, et pendant plusieurs siècles dans le Amériques (**Hutkins, 2006**).

On pense que la technologie des légumes fermentés est apparue il y a plus de 2 000 ans. En Asie et en Extrême-Orient, des produits fermentés étaient fabriqués à partir de choux, de navets, de radis, de carottes et d'autres légumes endémiques (**Breidt, 2012**). Cette technologie a été exportée vers l'Europe dans les années 1500, les légumes régionaux, tels que les choux ronds européens, servant de matériaux de départ. Les colons européens qui se sont installés dans le Nouveau Monde ont fini par apporter avec eux des choux et des méthodes de fabrication de la choucroute. Il est également probable que d'autres légumes fermentés, les cornichons et les olives en particulier, aient été produits et consommés au Moyen-Orient, au moins depuis l'époque biblique (**Harris, 1998**).

2- Définition des légumes fermentées :

Les légumes fermentés sont une variété d'aliments traditionnels et populaires dans la province chinoise du Yunnan et sont perçus comme un accessoire indispensable dans les repas familiaux. Depuis quelques années, les légumes fermentés ont suscité un intérêt grandissant en raison de leur saveur plaisante, de leur apport nutritionnel et de leurs avantages pour la santé (**Wang et al., 2024**).

Selon (**Montet et al. 2014**), de nombreux légumes fermentés partagent une élaboration commune qui implique l'utilisation de sel et une acidification par des micro-organismes.

Les principaux produits végétaux fermentés au détail produits aux États-Unis et en Europe sont les cornichons de concombre, les olives et la choucroute. En Asie, une variété de produits

végétaux fermentés sont disponibles, notamment des cornichons et du chou fermenté, notamment le kimchi en Corée du Sud (**Breidt et al.,2012**)

Les fermentations des légumes sont des processus de fermentation lactique qui impliquent la transformation des sucres végétaux, en particulier le glucose, en acide lactique, ce qui entraîne une acidification à des pH inférieurs à 4,6 unités. Les substances indésirables, la détérioration et les micro-organismes pathogènes peuvent être inhibés par cette acidification, ce qui peut représenter un danger pour la santé publique (**Bautista et al.,2020**).

3- Les légumes fermentés utilisées

3-1 Carotte

La carotte (*Daucus carota*) est un légume racine orange vif originaire d'Asie centrale et d'Europe occidentale. Elle est appréciée dans le monde entier pour son goût sucré et sa texture croquante, mais aussi pour ses nombreux bienfaits pour la santé (**Rodrigues et al.,2023**).

3-1-1 Composition nutritionnelle

La carotte est une excellente source de nutriments essentiels pour la santé. Elle est particulièrement riche en :

Vitamines : La carotte est une excellente source de vitamine A (bêta-carotène), essentielle pour la vision, la santé de la peau et du système immunitaire (**Fawole et al.,2023**). Elle contient également des vitamines K1, B6, C et E.

Minéraux : La carotte est riche en potassium, manganèse, fibres, fer et phosphore (**Fernandes et al., 2022**).

Antioxydants : La carotte est riche en antioxydants, tels que les caroténoïdes et les polyphénols, qui protègent les cellules contre les dommages oxydatifs (**Chenet coll.,2022**).

3-1-2 Bienfaits pour la santé

Grâce à sa composition nutritionnelle riche, la carotte offre de nombreux bienfaits pour la santé :

Amélioration de la vision : La vitamine A contenue dans la carotte est essentielle pour la vision nocturne et la santé de la rétine. Une carence en vitamine A peut entraîner la cécité nocturne et d'autres problèmes de vision (**Dowling et Gamm.,2022**).

Renforcement du système immunitaire : La vitamine A et les antioxydants contenus dans la carotte contribuent à renforcer le système immunitaire et à protéger l'organisme contre les infections (**Talhi et al.,2019**).

Protection contre les maladies chroniques : Les antioxydants de la carotte peuvent aider à protéger contre certaines maladies chroniques, telles que le cancer, les maladies cardiaques et les maladies neurodégénératives. Les caroténoïdes, en particulier, ont été associés à un risque réduit de cancer du poumon, du sein et de la prostate (**Simonet al.,2023**).

Amélioration de la digestion : Les fibres contenues dans la carotte favorisent une bonne digestion et aident à réguler le transit intestinal. Elles peuvent également contribuer à prévenir la constipation et les hémorroïdes (**Chen et al.,2021**).

Santé de la peau : La vitamine A et les antioxydants de la carotte contribuent à maintenir une peau saine et hydratée. La vitamine A aide à renouveler les cellules de la peau et à protéger contre les dommages causés par le soleil. Les antioxydants peuvent également aider à réduire les rides et les signes du vieillissement (**Park et al.,2023**).

3-2 Chou

Le chou est une source riche en divers composés bioactifs, contribuant à ses nombreuses propriétés bénéfiques pour la santé.

3-2-1 Composition nutritionnelle :

Voici les principales caractéristiques de composition du chou , basées sur des études récentes :

- **Glucosinolates :**

- Présents en grande quantité, ces composés sont bien connus pour leurs effets anti-cancérogènes et chimioprotecteurs. Les glucosinolates se décomposent en isothiocyanates, qui jouent un rôle

crucial dans la prévention des maladies cardiovasculaires et neurodégénératives (**Hallmann, 2017 ; Bell, 2018**).

- **Vitamines :**

- Vitamine C : Le chou est riche en vitamine C, un antioxydant puissant qui renforce le système immunitaire et possède des propriétés anti-inflammatoires. La teneur en vitamine C varie selon la saison, étant plus élevée en hiver qu'en été (**Hallmann, 2017 ; Martinez-Villaluenga, 2009**).

- Précurseurs de la vitamine C : L'ascorbigène est un précurseur important présent dans le chou, contribuant à son potentiel antioxydant (**Martinez-Villaluenga, 2009**).

- **Caroténoïdes :**

- Ces pigments naturels possèdent des propriétés antioxydantes et contribuent à la protection contre les maladies dégénératives (**Hallmann, 2017**).

- **Acides phénoliques et flavonoïdes :**

- Le chou renferme des acides phénoliques et des flavonoïdes, notamment des anthocyanes, qui sont des antioxydants puissants ayant des effets anti-inflammatoires et cardio-protecteurs (**Kovalikova, 2019 ; Šamec, 2017 ; Mabuchi, 2019**).

3-2-2 Propriétés de santé :

Les composés présents dans le chou, tels que les glucosinolates, les phénols et les vitamines, confèrent à ce légume des propriétés anti-cancérogènes, anti-inflammatoires, antioxydantes et cardio-protectrices. Ces caractéristiques en font un aliment de choix pour la prévention de diverses maladies chroniques (**Šamec, 2017 ; Mabuchi, 2019**).

4-Les avantages et les risque des légumes fermentés pour la santé humaine :

Tableau 05 : Les avantages et les risque des légumes fermentés pour la santé humaine.

Avantages	Risques	Références
<p>Amélioration de la digestion (probiotiques):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stimulent la digestion. - Absorbent les nutriments. - Renforcent la barrière intestinale. 	<p>Contamination par des bactéries nuisibles (botulisme, listériose, salmonella):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Risque de contamination si la fermentation n'est pas effectuée correctement - Symptômes : vision floue, difficulté à avaler, paralysie, difficulté à respirer (botulisme) - Symptômes : fièvre, maux de tête, douleurs musculaires, nausées, diarrhée (listériose) - Symptômes : diarrhée, fièvres, crampes abdominales, nausées (salmonellose) 	<p>(Shanman et al., 2018), (Marchesi et al., 2016)</p>
<p>Renforcement du système immunitaire (probiotiques, anti-inflammatoires, antimicrobiens):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stimulent la production de cellules immunitaires. - Renforcent la barrière intestinale. - Propriétés anti-inflammatoires et antimicrobiennes. 	<p>Teneur élevée en sel (hypertension artérielle, maladies cardiaques, accidents vasculaires cérébraux):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Augmentation du risque d'hypertension artérielle, de maladies cardiaques et d'accidents vasculaires cérébraux. 	<p>(Marchesi et al., 2016)</p>
<p>Augmentation de la biodisponibilité des nutriments (fer, zinc, vitamine B12):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Amélioration de l'absorption de certains nutriments essentiels - Décomposition des fibres végétales, rendant les nutriments plus accessibles 	<p>Histamine (démangeaisons cutanées, éruptions cutanées, maux de tête, nausées, diarrhée):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Symptômes chez les personnes sensibles à l'histamine. 	<p>(Gómez-Cortés et al., 2018)</p>
<p>Propriétés antioxydants (protection contre les radicaux libres, vieillissement, maladies chroniques):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Protègent les cellules contre les radicaux libres. - Préviennent le vieillissement et les maladies chroniques. 	<p>Interactions médicamenteuses (anticoagulants, immunosuppresseurs):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Risque d'interactions avec certains médicaments. 	<p>(So et al., 2014)</p>
<p>Amélioration de la santé mentale (réduction du stress et de l'anxiété):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réduction du stress et de l'anxiété. 	<p>Consommation excessive (troubles digestifs : ballonnements, gaz, diarrhée):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Troubles digestifs en cas de consommation excessive. 	<p>(Mohajer et al., 2020)</p>

PARTIE 02:

EXPERIMENTALE

1-Préparation des légumes fermentées :

1-1 Recette de carottes fermentées à l'aneth :

- Niveau de difficulté: facile
- Type de fermentation: lactique
- Temps de préparation: 20 minutes
- Temps de fermentation: 3 à 8 semaines, au goût

MATÉRIEL

- 2 Pots Mason de 500 ml (2 tasses) à large ouverture.
- Couvercle hermétique.
- Couteau.
- Planche à découper.
- Balance de cuisson.

INGREDIENTS

- 900 g carottes (ou assez pour remplir deux bocaux de 500ml).
- 20 g sel.
- 2 - 3 gousses ail.
- 1 - 2 c. à soupe d'aneth séchée ou fraîche.
- Eau en quantité suffisante.

ÉTAPES

1. Verser 2 cuillères à café rases de sel (10 g) dans chaque bocal.
2. Ajouter l'aneth.
3. Éplucher les carottes et les couper en bâtonnets.
4. Entasser les carottes et l'ail à la verticale, jusqu'à ce qu'ils soient bien coincés et qu'ils ne puissent pas remonter lors de la fermentation.
5. Verser l'eau pour submerger les carottes (rien ne doit dépasser).
6. Fermer et secouer les bocaux pour dissoudre le sel dans l'eau.
7. S'assurer que le couvercle ne soit pas trop serré, afin que la pression puisse sortir durant la fermentation.
8. Poser les bocaux sur une petite assiette qui récupérera l'éventuel surplus de liquide. Laisser fermenter de 3 à 8 semaines, au goût.



Figure 01 : préparation des carotte (original 2024)

1-2 Recette de choucroute (chou lacto-fermenté)

MATÉRIEL

- 1 [bocal de 1L Le Parfait](#)
- 1 Planche à découper
- 1 couteau de chef
- 1 Balance de cuisine
- 1 Grand bol à mélanger
- 1 Mandoline

INGREDIENTS

- 1 kg chou rouge
- 20 g sel de mer
- 1 c. à thé grains de poivre facultatif
- 2 grosses ail
- 2 c. l'aneth

ÉTAPES

Préparation du chou

- 1- Rassembler les ingrédients et le matériel.
- 2- Rincer légèrement le chou et retirer les parties sales ou abîmées.
- 3- Détacher une grande feuille de chou et réserver pour plus tard.

- 4- Avec un couteau de chef ou une mandoline, émincer finement le chou. Mettre dans un grand bol.
- 5- Verser le sel et les épices sur le chou.
- 6- Très bien mélanger avec les mains (environ 1 minute).
- 7- Laisser dégorger au moins 15 minutes.
- 8- Mélanger de nouveau 1 minute avec les mains. Le chou va rendre une partie de son eau.



Figure 02 : préparation des choux (original 2024)

Mise en bocal

- 1- Verser 2.c l'aneth
- 2- Ajouter 2 grosses ail
- 3- Remplir le bocal avec les légumes. Verser le jus des légumes. Bien compresser au fur et à mesure.
- 4- Remplir le bocal jusqu'à 3 cm (1 pouce) du rebord.
- 5- Placer la feuille de chou réservée par-dessus et bien appuyer. Elle aide à maintenir les morceaux de légumes à l'abri de l'oxygène. Cette feuille ne sera pas mangée.
- 6- Si le jus des légumes ne recouvre pas la feuille de chou, ajouter de l'eau pour couvrir.
- 7- Fermer le couvercle du bocal.

Fermentation

- 1- Placer le bocal dans une grande assiette, au cas où il déborderait lors de la fermentation.

2-Conservé le bocal 3 semaines à température ambiante, sans l'ouvrir



Figure 3 : les choux fermentés (original 2024)

2- Séchage des légumes fermentées par Déshydrateur :

➤ **Désydrateur** : Le déshydrateur électrique est un appareil qui permet de sécher les aliments en éliminant l'eau, tout en préservant leurs nutriments. Son fonctionnement repose sur l'utilisation de résistances électriques pour chauffer l'air, tandis que des ventilateurs intégrés garantissent une distribution homogène de cet air chaud à travers plusieurs niveaux de plateaux amovibles. Les aliments, lavés et coupés en fines tranches, sont placés sur ces plateaux pour assurer un séchage uniformisé. Il faut adapter la température et la durée de séchage en fonction du type d'aliment.

Les modèles commerciaux, fréquemment employés par l'industrie agroalimentaire et les restaurateurs, sont des grands fours rectangulaires avec des plateaux à partir de l'extérieur. En général, ces plateaux sont fabriqués en plastique avec un fond grillagé afin de favoriser une circulation d'air optimale, tandis qu'un couvercle garantit l'étanchéité requise pour assurer une déshydratation efficace.



Figure 4 : Déshydrateur (original 2024)

➤ **Séchage :**

Les tranches de légumes (chou et carotte) sont disposées sur des plateaux et introduites dans un déshydrateur électrique. Ce dispositif utilise des résistances pour chauffer l'air et des ventilateurs pour assurer une circulation uniforme de l'air chaud, permettant ainsi un séchage efficace des aliments.

3 -Analyses physico-chimique

3-1 matériel utilise :

- Fiole
- Boite béri
- Spatule
- Creuser
- Étuve
- Une balance
- Centrifugeuse
- Un four a moufle
- Les types en verre
- Vortex
- Micro pipette
- Papier filtre
- Aluminium
- Spectrophotomètre
- Entonnoir
- Fibre-test

- Les cuves
- Desydrateur
- Bouloir
- Plaque chauffante
- Papier ph

3-2 Détermination de la teneur en fibres brutes (Norme AOAC, 1993)

La détermination de la teneur en fibres brutes a été réalisée selon la méthode de **Henneberg et Stohmann ,(1860)** appelée aussi la méthode **Weende**, en utilisant un extracteur de fibres brutes **FIWE-VELP SCIENTIFICA**.

*Principe

Cette méthode est basée sur la solubilisation des composés non-cellulosiques dans des solutions d'hydroxyde de potassium et d'acide sulfurique.

* Mode opératoire

- On Prépare deux solutions : d'acide sulfurique (H₂SO₄) à 1.25 % et d'hydroxyde de potassium (KOH) à 1,25 %.
- 1 g d'échantillon de légume (carotte et chou violet) séché a été broyé et pesé avec une précision de ± 1 mg ; C'est le poids (P₀).
- on place les creusets contenant l'échantillon dans l'extracteur des fibres. Ensuite, On ajoute l'acide sulfurique à 1,25% jusqu'au repère de 150 ml et on réalise un préchauffage afin de réduire le temps nécessaire à l'ébullition.
- Après l'ajout de 3 à 5 gouttes d'agent anti-moussant (n-octanol).
- on laissé bouillir pendant exactement 30 min à partir du début de l'ébullition.
- L'acide sulfurique a été éliminé.
- on lave les creusets trois fois avec 30 ml d'eau distillée chaude et en connectant à chaque fois l'air comprimé pour mélanger le contenu des creusets.

- Après avoir vidangé le dernier lavage, 150 mL d'hydroxyde de potassium (KOH) à 1.25% préchauffé et 3 à 5 gouttes d'agent anti-moussant (n-octanol) sont ajoutés, puis on fait bouillir pendant 30 min.
- Après évacuation de KOH, on lave le résidu 3 fois avec 30 ml d'eau distillée chaude, se reliant chaque fois à l'air comprimé pour remuer le contenu du creuset.
- le dernier lavage a été effectué avec de l'eau distillée froide pour permettre aux creusets de se refroidir, puis on lave trois fois le contenu des creusets avec 25ml d'acétone et en ayant mélangé à chaque fois à l'aide d'air comprimé.
- Après avoir retiré les creusets, on a déterminé le poids sec après séchage dans une étuve réglée à 105°C pendant 1 h ou jusqu'à obtention d'un poids constant, c'est le poids (P1), qui est représenté les fibres brutes plus la teneur en cendres en comparaison avec le poids initial.
- Les creusets sont placés dans une étuve pendant 3 h et repesés après refroidissement dans un dessiccateur.
- on pèse le résidu restant dans les creusets, c'est le poids (P2).
- Enfin, La différence des poids représente le contenu en fibres brutes sans les cendres.

*** Expression des résultats**

La teneur des fibres brutes est calculée par la formule présentée ci- dessous :

$$\text{Fibres brutes (\%)} = (P1 - P2) / P0 \times 100$$

P0 : poids de l'échantillon à analyser (g).

P1 : poids des creusets + l'échantillon avant l'incinération (g).

P2 : poids des creusets + l'échantillon après l'incinération(g).



Figure 5 : Extracteur des fibres (fibre-test) (original 2024)

3-3 Détermination de la teneur en cendres

*Principe

D'après **Audigié et al, (1980)**, Les cendres totales sont le résidu de composés minéraux qui reste après incinération d'un échantillon contenant des substances organiques d'origine animale, végétale ou synthétique. Il consiste en une incinération dans un four à moufle, dans des creusets en porcelaine, à une température de 750°C jusqu'à ce que les résidus deviennent blancs après refroidissement.

*Mode opératoire

- On effectue une pré- incinération des creusets en porcelaine vide à 300 °C pendant 15 min.
- Après refroidissement, on pèse les creusets vides, c'est le poids P1 puis avec 1 g légume moulu (carotte et chou violet), c'est le poids P2.
- Ensuit, On introduit les creusets avec l'échantillon dans un four à moufle réglé à750 °C jusqu'à ce que le contenu en substances prenne une couleur blanche grisâtre qui blanchisse après refroidissement dans un dessiccateur.
- Enfin, on réalise une dernière pesée des creusets avec les cendres, c'est le poids P3.

*Expression des résultats de la teneur en cendres:

Les résultats sont exprimés selon la formule suivante :

$$C\% = [(P2 - P3) / (P2 - P1)] \times 100$$

P1: poids de creuset vide (g).

P2: poids de creuset + l'échantillon avant incinération (g).

P3: poids de creuset + l'échantillon après incinération (g).

100: pour exprimer le pourcentage.

C% : pourcentage en cendre.



Figure 6 : Les échantillons (choux +carottes) dans le four (original 2024)

2-4 Détermination du pourcentage d'humidité

*Principe

La détermination du pourcentage d'humidité des légumes a été réalisée par une méthode physique la méthode par étuvage (AOAC 950.01, 1990). Le principe de cette méthode est basé sur l'évaporation de l'eau présente dans les légumes sous l'action de la chaleur. Les échantillons peuvent être pesés avant et après un traitement thermique donné, ce qui permet de calculer la quantité d'eau évaporée et le pourcentage d'humidité des échantillons.

*Mode opératoire

1- Pour chaque essai, nous ajoutons environ 2g des légumes (chou et carotte). Les prélèvements sont déposés dans des boîtes de pesée préalablement calibrées.

2- Ensuite, les boîtes contenant les légumes sont placées dans une étuve chauffée à une température de 103°C. Pendant 3 heures, les échantillons sont laissés sécher pour que l'eau contenue dans les échantillons soit complètement évaporée.

3- Une fois que les échantillons ont été étuvés, ils sont ensuite retirés de l'étuve et immédiatement placés dans un doseur. On les laisse refroidir pendant un quart d'heure afin d'éviter toute reprise d'humidité.

4- Après l'étuvage, les échantillons refroidis sont pesés afin d'évaluer leur masse. La perte de poids est déterminée en déduisant la masse après étuvage de la masse initiale.

$$\text{Taux d'humidité (\%)} = \frac{[(P2-P3) / (P2-P1)] \times 100}{100}$$

P1 : masse en g du vase de tare.

P2 : masse en g du (vase de tare+échantillon) avant séchage.

P3 : masse en g du (vase de tare+échantillon) après séchage.



Figure 7 : Les échantillons dans l'étuves (original 2024)**2-5 Dosage colorimétrique des polyphénols totaux : méthode de Folin– Ciocalteu (1927)**

Ce dosage repose sur la méthode utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Ce réactif est constitué d'un mélange d'acide phosphomolybdique. Lorsqu'il y a une oxydation des phénols, ce réactif est réduit en mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. L'intensité de la couleur est proportionnelle au taux des composés phénoliques oxydés. Cette coloration est mesurée au spectrophotomètre en utilisant l'acide gallique comme étalon (**Brune et al. 1991 ; Dendougui, 2010**).

Mode opératoire**1-Préparation de folin :**

- 1 ml de folin dans 9 ml d'eau distillé.

2- Préparation Na₂CO₃ :

- 9 g de Na₂CO₃ dans 40 ml d'eau distillé (quantité pour 3 échantillons).

3-Préparation de l'acide gallique :

- 0.003 g dans 10 ml d'eau distillé.

Les polyphénols sont dosés par colorimétrie comme suit :

- A 125 µL de l'extrait, nous avons ajouté : 2500 µL du réactif Folin 10 fois dilué puis 2000 µL de Na₂CO₃ à 7,5%;
- Le mélange a été bien agité puis incubé à l'obscurité pendant 1h à 20°C ;
- La lecture de l'absorbance des différentes concentrations, a été faite contre un blanc, à 765 nm par un spectrophotomètre.
- * Une gamme d'étalonnage qui consiste à lire les absorbances des différentes concentrations d'acide gallique a été préparée comme suit :
 - Une solution mère d'acide gallique de concentration 0,3 mg/mL a été préparée ;
 - A partir de cette solution mère, les dilutions filles suivantes ont été préparées : 0,21- 0,15 - 0,105 - 0,075 - 0,06 - 0,045 - 0,024 mg/mL.

- Cette technique est utilisée pour les jus obtenus par les 2 échantillons (carotte et choux fermentés).

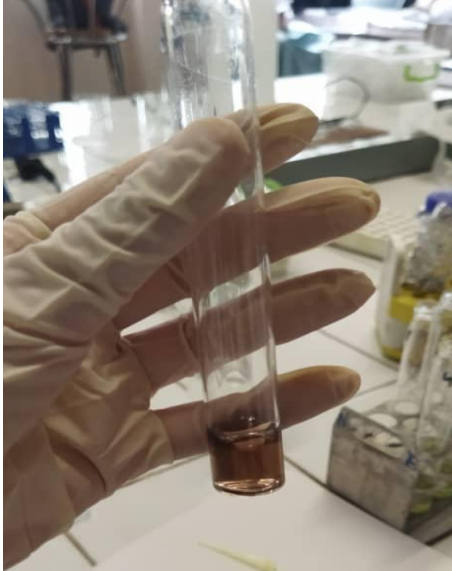


Figure 8 : Dosage des polyphénols totaux (original 2024)

2-6 Evaluation du pouvoir anti-oxydant par la méthode du DPPH de la poudre des légumes :

Principe

Le DPPH (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) est pratiquement le radical libre le plus stable. En solution (le méthanol ou l'éthanol), le DPPH est caractérisé par une couleur violette dont l'intensité est mesurée à 515 à 517nm. En présence d'un donneur d'hydrogène, le DPPH est réduit à la forme non radicalaire de couleur jaune pâle (forme d'hydrazine). Ce passage de la première forme à la deuxième, est accompagné d'une diminution de l'absorbance (DO) qui peut s'exprimer par le pourcentage de réduction de DPPH

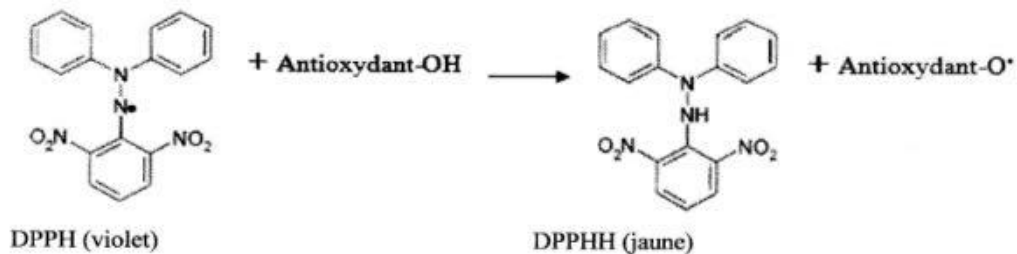


Figure 9 : Principe de réduction du radical DPPH.

Conventionnellement une grande capacité de piégeage (réduction) des radicaux libres est considérée comme une grande activité antioxydante (Lee et al., 2004).

Mode opératoire

- 500µl de chaque solution méthanolique des différents extraits (n-butanol et acétate d'éthyle pour l'extrait des flavonoïdes) à différentes concentrations, sont ajoutés à 1500 µl d'une solution méthanolique de DPPH à 0,004 g/100ml. Pour chaque solution, un blanc a été préparé suivant sa concentration.

- Pour le contrôle négatif, il a été préparé parallèlement en mélangeant 500 µl de méthanol avec 1500 µl de la solution de DPPH utilisé.

- Les tubes ont été incubés à l'obscurité pendant 30 minutes à température ambiante, la lecture des différentes concentrations a été effectuée par un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 515 nm.

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés selon la formule qui suit (Yen et Duh, 1994) :

$$\% \text{ du DPPH} = (\text{DO Contrôle (0)} - \text{DO Echantillon (t)}) / \text{DO Contrôle (0)} \times 100$$

% du DPPH : pourcentage de réduction ou d'inhibition du DPPH.

DO Contrôle (0) : densité optique du contrôle à t = 0 min.

DO Echantillon (t) : densité optique de l'antioxydant à t = 30 min.

A partir de la variation du pourcentage de réduction de DPPH en fonction de la concentration de l'extrait phénolique, nous pourrions déterminer graphiquement l'EC50 qui est définie comme étant la concentration de l'antioxydant (l'extrait ou composé) nécessaire pour réduire ou inhiber 50% du DPPH.



Figure 10 : La méthode du DPPH de la poudre des légumes (original 2024)

2-7 Mesure de pH :

Le pH est une mesure logarithme de la concentration des ions hydrogène (H^+) dans une solution.

Echelle :

- Le pH d'une solution neutre est $pH = 7,0$.
- Le pH d'une solution acide est compris entre 0 et 7,0.
- Le pH d'une solution basique est compris entre 7,0 et 14.

Matériel Nécessaire :

- 1- pH-mètre ou papier pH (bandes indicatrices de pH)
- 2- Bêchers ou récipients propres

Etapes pour mesurer le pH :

- 1- plonger le papier pH :
 - Déchirez une bande de papier pH
 - Blond la bande dans la solution à mesurer, puis retirez
- 2-comparer la couleur :

- comparez la couleur obtenue sur la bande avec l'échelle de couleur fournie avec le papier pH
- Notez le pH correspondant



Figure 11 : La méthode de pH (original 2024)

PARTIE 03:

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1-Métabolite Primaires :

1-1 La teneur en fibres brutes :

Les fibres alimentaires sont des composants des plantes que le corps humain ne peut pas digérer complètement. Elles se divisent en deux catégories principales : les fibres solubles et les fibres insolubles. Les fibres solubles se dissolvent dans l'eau et peuvent aider à réduire le cholestérol sanguin et à réguler la glycémie. Les fibres insolubles ne se dissolvent pas dans l'eau et facilitent le transit intestinal en augmentant le volume des selles. Les fibres jouent un rôle crucial dans le maintien de la santé digestive, la gestion du poids, et la prévention de diverses maladies chroniques comme le diabète de type 2 et les maladies cardiovasculaires.

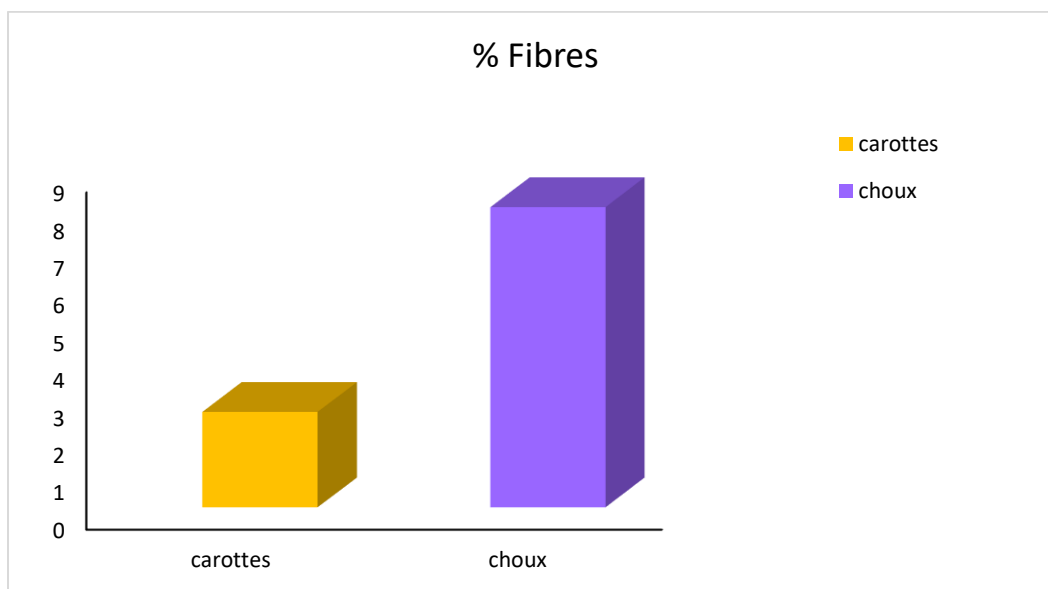


Figure 12 : Teneur en fibres brutes

Les résultats montrent que le chou contient une teneur en fibres beaucoup plus élevée (8,01%) que les carottes (2,55%). Cela montre une différence significative de 5,46% en faveur des choux.

Comparativement à d'autres études comme celle menée par **Smith et al. (2017)** la teneur en fibres des choux fermentés était trouvée à environ 8%, ce qui est en accord avec notre résultat de 8,01%.

Une étude par **Johnson et al. (2016)**, a déterminé que les carottes fermentées avaient une teneur en fibres de 2,6%, confirmant notre valeur de 2,55%.

1-2 La teneur en Humidité :

L'humidité dans les aliments représente la quantité d'eau contenue dans un échantillon. Elle est généralement exprimée en pourcentage par rapport au poids total de l'aliment. La mesure de l'humidité est essentielle pour évaluer la qualité et la fraîcheur des aliments, car elle peut influencer leur texture, leur durée de conservation et leur stabilité microbiologique. Une teneur en humidité élevée peut favoriser la croissance de microorganismes et accélérer la détérioration des aliments, tandis qu'une teneur en humidité faible peut entraîner un produit sec et peu appétissant.

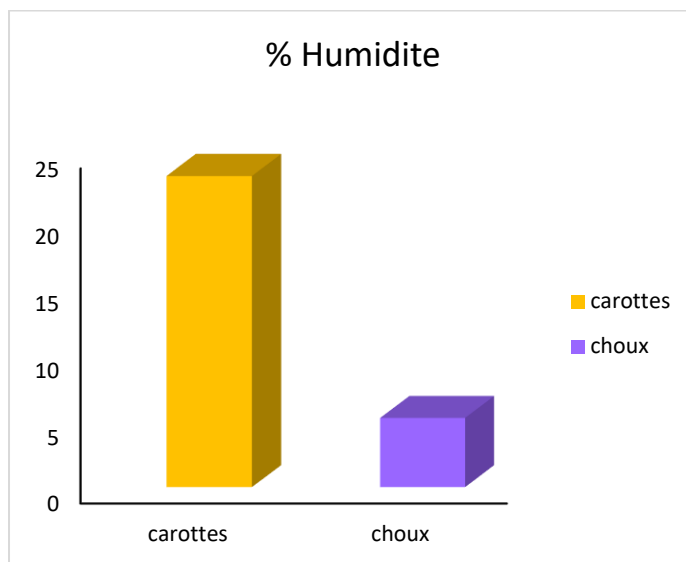


Figure 13: Teneur en Humidité

Les carottes fermentées présentent une teneur en humidité beaucoup plus élevée (23,20%) que les choux fermentés (5,20%). Cette différence marque un écart important de 18% entre les deux légumes. Ces taux d'humidité indiquent que les choux sont plus susceptibles de subir des dégradations microbiennes si des mesures appropriées de conservation ne sont pas prises.

Selon d'autres études réalisées par **Lee et al (2019)** a trouvé une teneur en humidité similaire pour les choux fermentés, soit environ 5,3% ce qui est cohérent avec nos résultats, d'après **Garcia et al (2018)**, a déterminé que la teneur en humidité des carottes fermentées variait généralement entre 20% et 25% ce qui correspond à notre valeur de 23,20%

1-3 La teneur en Cendres :

Les cendres représentent la matière inorganique résiduelle qui reste après la combustion complète d'un échantillon organique. Cette matière résiduelle comprend des minéraux et des éléments métalliques comme le calcium, le potassium, le sodium, le fer, le zinc, le cuivre, etc. La mesure

des cendres est une méthode courante pour évaluer la teneur en minéraux d'un aliment. En nutrition, la teneur en cendres est souvent exprimée en pourcentage du poids sec de l'échantillon

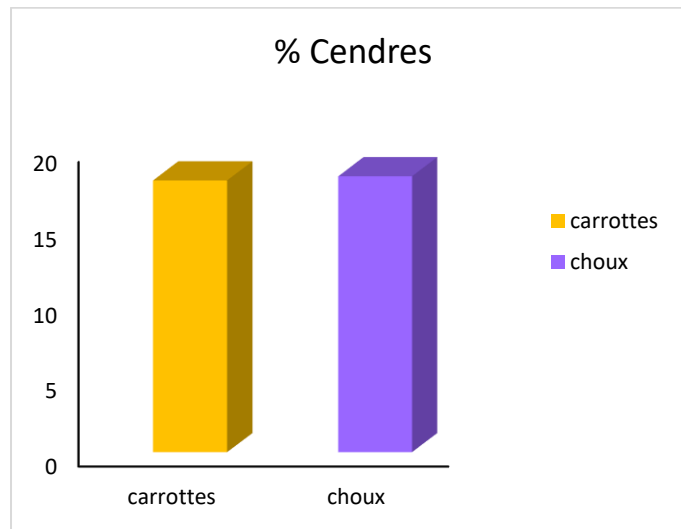


Figure 14: Teneur en cendres

Le graphe obtenu montre que les pourcentages des cendres des choux et des carottes fermentés sont très proches, avec une différence de seulement 0,27%. Cela suggère que les deux légumes ont des teneurs en minéraux globalement similaires.

On a comparé avec d'autres études :

Selon une étude de **Zhang et al. (2018)**, la teneur en cendres des choux fermentés était de 18,1%, ce qui est presque identique à notre résultat de 18,12%.

Etude 02 : par **Kim et al. (2017)**, a trouvé que la teneur en cendres des carottes fermentés était de 17,8%, en accord avec notre valeur de 17,85%.

2- Dosage et pouvoir antioxydant :

Le dosage des polyphénols et la détermination du pouvoir antioxydant sont des aspects cruciaux de l'évaluation de la qualité nutritionnelle des aliments. Les polyphénols sont des composés bioactifs présents dans de nombreux aliments d'origine végétale, réputés pour leurs propriétés antioxydantes bénéfiques pour la santé. Le pouvoir antioxydant mesure la capacité d'un aliment à neutraliser les radicaux libres et à prévenir les dommages oxydatifs causés aux cellules du corps.

Les legumes utilises	Teneur en polyphénols mg EQG/g	EC 50 (mg /mL)
Chou fermentés	0,45	0,16
Carotte fermentée	0,28	0,21

Tableau 06:

Les résultats montrent que les choux fermentés ont une teneur en polyphénols plus élevée que les carottes fermentés, avec 0.45 g/100g contre 0.28 g/100g respectivement. Les polyphénols sont des composés bioactifs bénéfiques pour la santé humaine, notamment pour leur capacité antioxydante. Les choux fermentés montrent un pouvoir antioxydant particulièrement élevé avec une valeur EC50 de 0.1

6, tandis que les carottes fermentées suivent avec une valeur EC50 0.21.

➤ **ACIDE GALIQUE :**

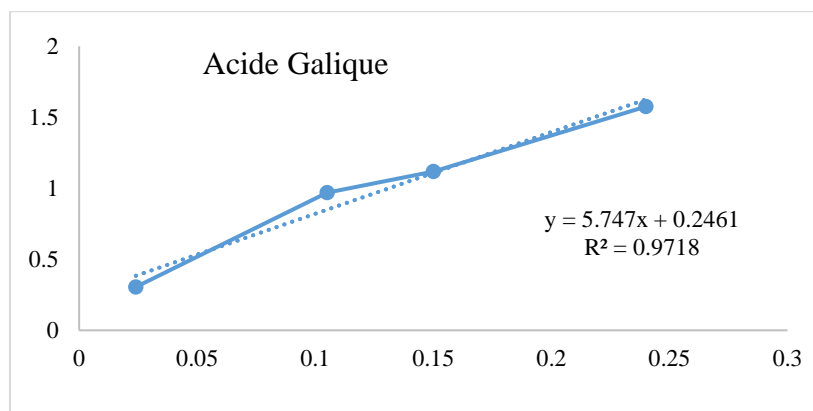


Figure 15 : Courbe acide Galique

➤ **DPPH :**

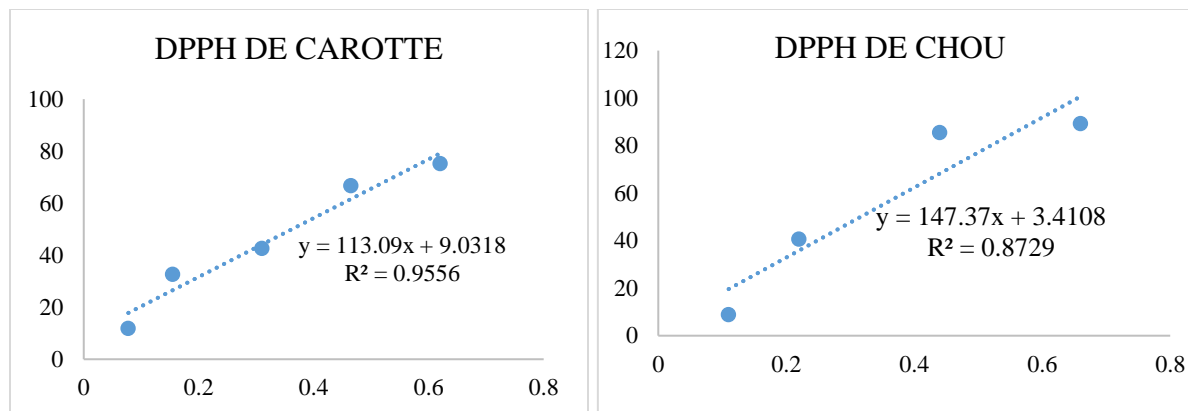


Figure 16 : les courbes de DPPH (carotte et chou)

Le pouvoir antioxydant, mesuré par l'EC50 (concentration efficace à 50%), est plus élevé pour les choux fermentés que pour les carottes fermentés, avec des valeurs de 0.16 et 0.21 respectivement. Cela suggère que les choux ont une capacité antioxydante plus élevée, ce qui peut contribuer à la prévention des maladies liées au stress oxydatif.

Nous avons comparé les résultats obtenus pour l'activité antioxydante des choux rouges et les carottes fermentés avec d'autres études

Selon une étude de (**Dou et al,2023**) à montrer des valeurs d'EC50 de 0,18 pour les choux rouges fermentée, confirmant notre valeur de 0,16 extrait à une activité antioxydant notamment plus élevé. Et pour les carottes fermentés ont montré des valeurs d'EC50 de l'ordre de 0,22 pour les radicaux DPPH, ce qui correspond bien à notre valeur de 0,21

3- Mesure de pH :

La détermination en unité pH de la différence de potentiel existant entre deux électrodes Prolongés dans une solution d'échantillon broyé (**Menasra, 2020**).

Figure17 : Résultat de ph (carotte et chou)

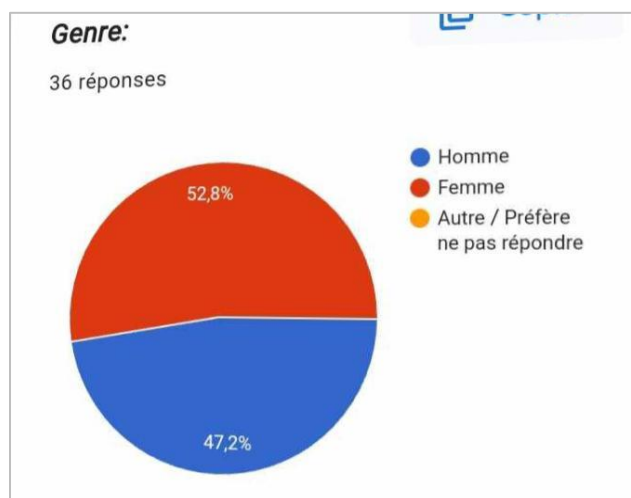
Les résultats obtenus montrent que les valeurs d'acidité du chou et de la carotte fermentée sont la même valeur **pH=03**.

On à comparer les valeur de pH du chou et de la carotte fermentée avec une autre étude pertinente, menée par (**Smith et al,2022**). Ont observé un pH de 3,1 pour la carotte fermentée et pour le chou fermenté trouvé un pH de 2,9 ce qui est cohérent à nos résultats de Ph=03.

- **Questionnaire**

Nous avons mis en place un sondage sur notre sujet pour connaître l'avis des gens à ce sujet, et voici les résultats obtenus. »

Nombre de genre

**Figure18** : Le nombre de population par le genre

- Notre population est composée de 19 femmes et 17 hommes, soit 52,8% de femmes et 47,2% d'hommes.

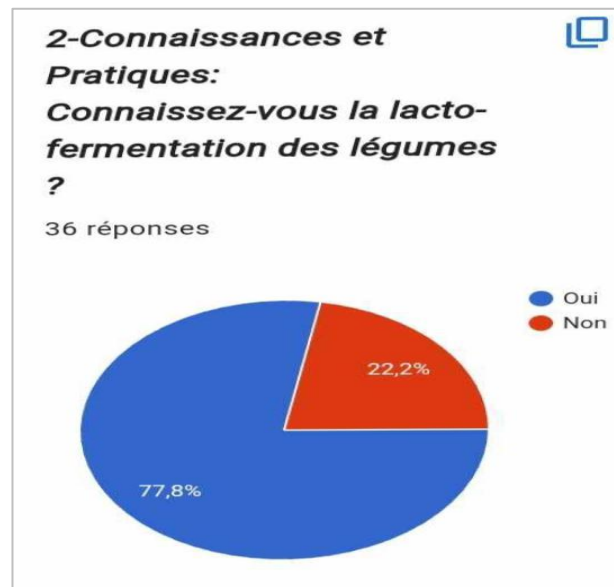
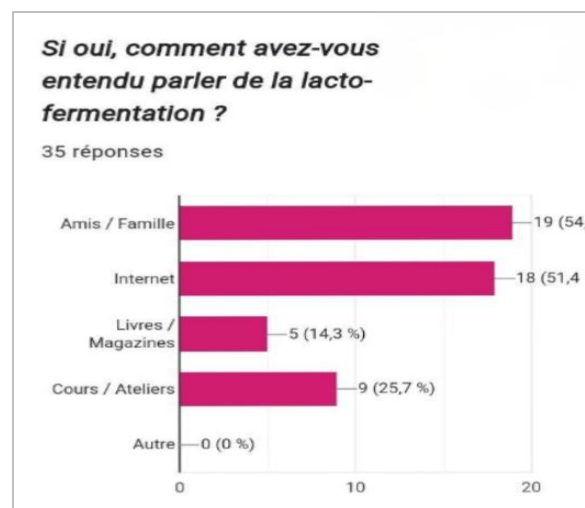


Figure19 : Nombre de population connaissant la fermentation lactique

- Il semble que la majorité des personnes interrogées (78,9 %) connaissent la lacto-fermentation des légumes, tandis que seulement 21,1 % ne connaissent pas. La lacto-fermentation est pourtant une technique ancienne et bénéfique qui mériterait peut-être plus d'attention ou de promotion pour ses avantages nutritionnels et de durabilité.

Figure 20 : Comment avez-vous entendu parler de la lacto-fermentation ?



- La majorité des personnes ont découvert la lacto-fermentation grâce à leurs amis ou leur famille, ce qui souligne l'importance de la transmission interpersonnelle des connaissances. Ensuite, internet est une autre source majeure, indiquant une accessibilité croissante aux informations sur ce sujet. Les cours et ateliers sont mentionnés par une minorité, suggérant un accès potentiellement limité à des formations spécialisées.

**Avez-vous déjà essayé de
lacto-fermenter des
légumes chez vous ?**

38 réponses

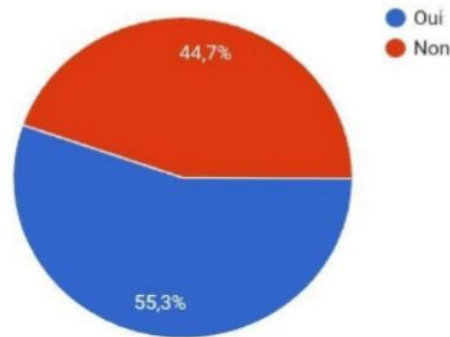


Figure 21 : Nombre de population ayant essayé lacto-fermentation

Selon les résultats, 55,3 % des personnes ont déjà essayé de lacto-fermenter des légumes chez elles, ce qui montre un certain intérêt pour cette méthode de conservation naturelle. Cependant, la majorité, soit 44,7 %, ne l'ont pas encore expérimentée, indiquant peut-être un manque de connaissance ou d'intérêt pour ce procédé parmi le grand public.

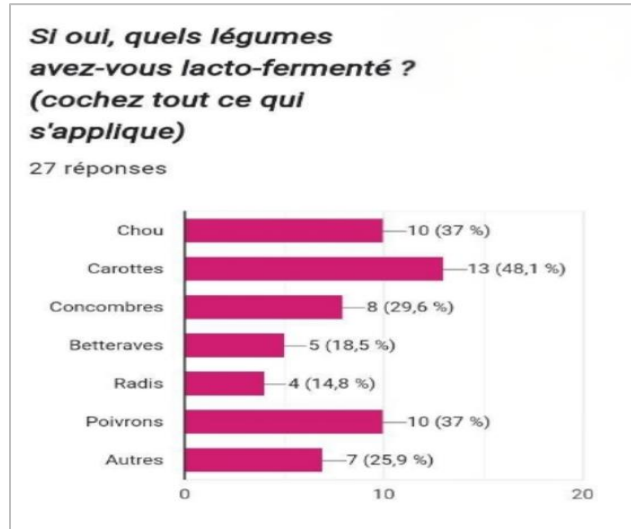


Figure 22: Légumes que les gens font lacto-fermentés

Parmi les 27 personnes interrogées, 48,1 % ont lacto-fermenté des carottes, ce qui représente la plus grande proportion. Le chou et les poivrons ont été fermentés à un taux égal de 37 %. Les concombres ont été choisis par 29,6 % des participants, suivis des betteraves à 18,5 % et des radis à 14,8 %. Enfin, 25,9 % des répondants ont mentionné d'autres légumes.

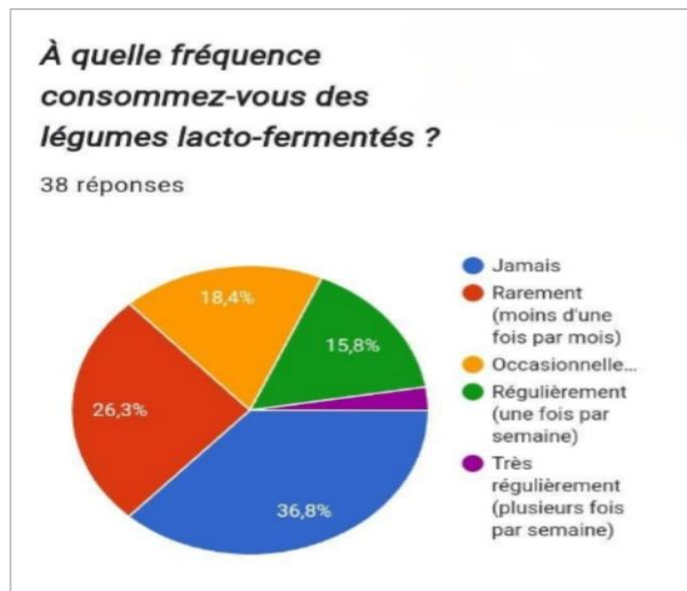


Figure 23: À quelle fréquence mangeons-nous des légumes lacto-fermentés ?

- Les réponses montrent une faible consommation générale de légumes lacto-fermentés. Près de 37% des personnes ne les consomment jamais, et environ 26% les mangent rarement. Seulement une petite fraction (15,8%) les consomme régulièrement, et encore moins

(18,4%) le fait occasionnellement. Cela peut indiquer une méconnaissance des bienfaits de ces aliments ou une préférence pour d'autres types de légumes

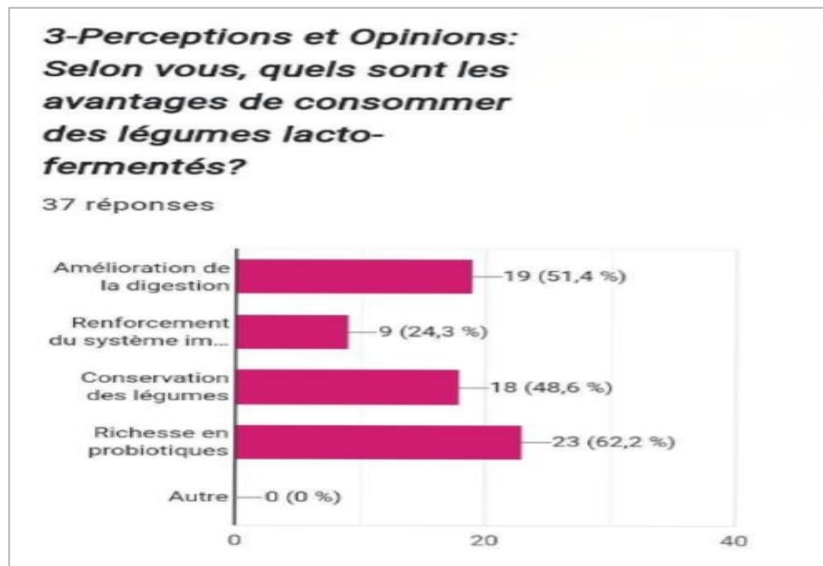


Figure 24 : Avis général : Quels sont les bienfaits de manger des légumes fermentés avec du lait ?

- Les légumes lacto-fermentés sont perçus principalement comme une source riche en probiotiques (62,2%), ce qui souligne leur rôle crucial dans le maintien d'un microbiote intestinal sain. Une majorité significative (51,4%) les considère bénéfiques pour l'amélioration de la digestion, tandis que 48,6% apprécient leur capacité à conserver les légumes plus longtemps. Enfin, leur contribution au renforcement du système immunitaire est reconnue par 24,3% des répondants, montrant une reconnaissance de leurs bienfaits globaux pour la santé.

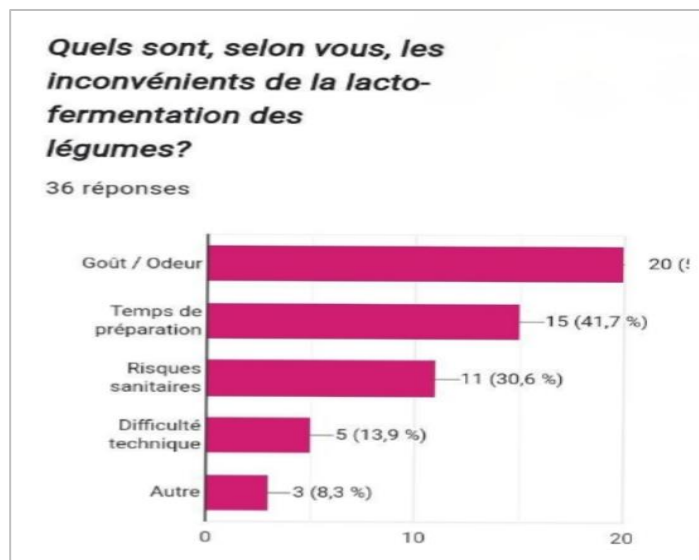


Figure 25 : Avis des internautes sur les inconvénients de la fermentation lactique des légumes

- Les inconvénients de la lacto-fermentation des légumes sont principalement le goût et l'odeur, jugés désagréables par plus de 55% des répondants. Le temps de préparation est également un facteur significatif pour 44,1% des personnes, car ce processus peut être long et exigeant. Les risques sanitaires préoccupent 32,4% des participants, soulignant les préoccupations concernant la sécurité alimentaire. Enfin, 11,8% mentionnent d'autres inconvénients, probablement liés à des facteurs variés comme l'espace de stockage ou les compétences nécessaires.



Figure26 : Pourcentage de personnes prêtes à assister à un atelier ou une formation sur la lactofermentation végétale

Les résultats montrent un intérêt modéré pour un atelier sur la lacto-fermentation des légumes. 31,4% des personnes sont prêtes à y participer, indiquant un certain enthousiasme. Cependant, 51,4% hésitent, peut-être par manque d'information ou d'intérêt spécifique. Enfin, 17,1% ne sont pas intéressés, ce qui peut refléter des préférences personnelles ou un manque d'attrait pour le sujet

***Ce qui influence le plus
votre décision d'achat de
légumes lacto-fermentés ?***

36 réponses

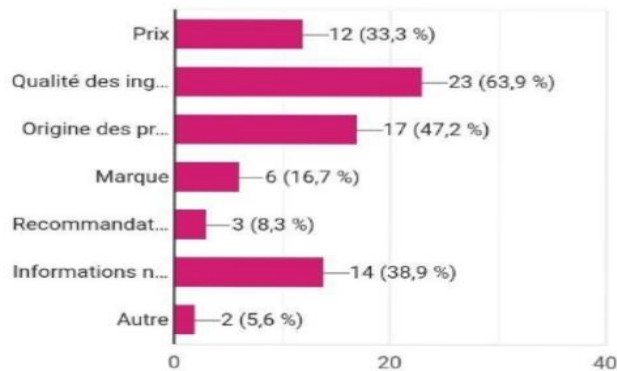


Figure 27 : Décision des gens d'acheter des légumes lacto-fermentés

- Les pourcentages indiquent les facteurs les plus importants pour les consommateurs lors de l'achat de légumes lacto-fermentés. La qualité des ingrédients (63,9%) semble être le critère principal, soulignant l'importance de la composition et de la fraîcheur des produits. L'origine des produits (47,2%) et les informations nutritionnelles (38,9%) suivent, ce qui suggère une préoccupation croissante pour la provenance et la valeur nutritionnelle. Le prix (33,3%) reste également significatif mais moins prioritaire que la qualité et l'origine. La marque (16,7%) et les recommandations de proches (8,3%) sont moins déterminantes indiquant que la confiance dans le produit et la transparence des informations priment souvent sur la reconnaissance de la marque et les avis personnels.

CONCLUSION

La liste des bénéfices potentiels de la fermentation est longue. Il est donc recommandé d'en consommer quotidiennement. Fermenter les légumes est très facile, et très sûr. Dans certains cas, plus même que consommer les légumes crus, puisque la fermentation abaisse le pH des légumes à un seuil en dessous duquel les bactéries pathogènes ont énormément de mal à survivre. Les produits fermentés sont notamment une source de sel non négligeable, et les enzymes des ferments produisent de l'histamine qui peut affecter les personnes sensibles.

Grâce à une exploration approfondie de la fermentation lactique et de son utilisation dans la production de légumes fermentés à l'acide lactique tels que les carottes et le chou violet, ainsi que leur analyse nutritionnelle et physico-chimique, nous avons obtenu différents résultats en termes de contenu spécifique. Les analyses ont révélé que les fibres des choux et des carottes sont respectivement de 8,01 % et 2,55 %, la teneur en cendres est de 18,12 % et 17,85 % et la teneur en humidité est de 5,20 % et 23,20 %. Les mesures de l'activité antioxydante ont été effectuées en utilisant la teneur en polyphénols (0,45 g/100 g ; 0,28 g/100 g). Pour EC 50 (0,16 ; 0,21), les résultats ont montré que la valeur du pH des légumes fermentés était la même, avec une valeur de pH 3.

La fermentation lactique, en permettant la croissance de bactéries lactiques et probiotiques, transforme les légumes en des aliments riches en nutriments et en substances bioactives bénéfiques pour la santé humaine.

De plus, l'activité antioxydante accrue de ces légumes fermentés joue un rôle significatif dans la protection de l'organisme contre les dommages oxydatifs. L'intégration de légumes lacto-fermentés dans l'alimentation quotidienne peut ainsi contribuer à une meilleure santé globale et à la prévention de diverses maladies.

Nos résultats ont révélé que les légumes lacto-fermentés présentent des profils nutritionnels avantageux, avec des niveaux élevés de fibres alimentaires, de probiotiques et d'antioxydants, tout en conservant des niveaux de pH optimaux pour la santé digestive. De plus, les mesures de cendres et d'humidité indiquent une bonne stabilité et qualité des produits fermentés.

En conclusion, les légumes lacto-fermentés représentent bien plus qu'une simple méthode de préservation des aliments. Ils incarnent une fusion de tradition et de science, offrant une solution naturelle et durable pour améliorer notre santé et notre bien-être. En intégrant ces aliments fermentés dans notre alimentation quotidienne, nous pouvons non seulement enrichir notre alimentation en nutriments essentiels, mais aussi soutenir une digestion saine et renforcer notre système immunitaire. En cela, les légumes lacto-fermentés sont bien plus qu'un plat d'accompagnement ; ce sont des alliés précieux dans notre quête d'une vie saine et équilibrée.

RÉFÉRENCES



BIBLIOGRAPHIQUES

1. SAVADOGO et Alfred S. TRAORE, 2011. La flore microbienne et les propriétés fonctionnelles des yaourts et laits fermentés. *Int. Journal of Biological and Chemical Sciences*. 5(5) : 2062-2063- 2064 (2075).
2. Achemchem F., Abrini, J., Marinez-bueno M., Valdiuvia E et Maqueda M. (2004). Purification et caractérisation d'une bactériocine anti-*Listeria* produite par *Enterococcus Faecium* F-420 isolée à partir de lait cru de chèvre.
3. Al Daccache, M. (2019). Étude du potentiel fermentaire de la pomme libanaise et impact des procédés émergents sur la fermentation du jus en vue de l'élaboration du cidre. Thèse de Doctorat en Chimie, Université de Technologie de Compiègne, France.
4. Alvarez M, Moreno-Arribas MV. The problem of biogenic amines in fermented foods and the use of Potential biogenic amine-degrading microorganisms as a solution. *Trends Food Sci Technol*. 2014 ;39
5. 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.
6. Anguly, Subha. Chemical aspects of fermentation technology in food processing industries. *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences* 1.1 (2013): 42-43.
7. AOAC International. (1990). (Association of Official Analytical Chemist) Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists. 15th Ed. Gaithersburg, USA : AOAC Press ; 1990.
8. Arts, I. C., & Hollman, P. C. (2005). Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. *Am. J. Clin. Nutr*, 81, 317S – 325S
9. Ashraf R, Shah NP. Selective and differential enumerations of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium* spp. In *yoghurt—a review*. *Int J Food Microbiol* 2011 ;149 :194-208.
10. Aubert C., (1985). *Les aliments fermentés traditionnels une richesse méconnue*, édition terre vivante, Paris. 263 p.

11. Aubert, C. (2011). Les aliments fermentés traditionnels. Terre Vivante. ISBN 2904082069
12. Audigié CL, Figarelle J, Zons Zani. (1980). Manipulation d'analyses biochimiques. Ed. Doin. Paris. Pp 88-97.
13. Avagodo, A. (2004). Caractérisation biochimique et Moléculaire des bactéries Lactiques Productrices d'exopolysaccharides isolées à partir d'échantillons de lait fermenté du Burkina Faso. These doctorat. Biochimie et Biotechnologie. Université Ouagadougou.
14. EBEL, 2012. Sélection des bactéries probiotiques et amélioration de la survie et la fonctionnalité d'une bactérie modèle, *Bifidobacterium bifidum*, par modification du potentiel d'oxydoréduction par bullage de gaz. Thèse pour obtenir le titre de Docteur de l'Université de Bourgogne – AgroSup Dijon Ecole Doctorale Environnement – Santé. Discipline : Sciences de l'Alimentation - Spécialité : Microbiologie. PP 23 (219)
15. Bailey, R. (2019, août 20). Bacteria shapes. ThoughtCo.
16. Barnett, James A. ; Barnett, Linda (2011). Yeast Research : A Historical Overview. Washington, DC : ASM Press. ISBN 978-1-55581-516-5.
17. Bautista-Gallego, J., Medina, E., Sánchez García, B., Benítez-Cabello, A., & Arroyo López, F. N. (2020). Role of lactic acid bacteria in fermented vegetables.
18. BELARBI. F, 2011. Isolement et sélection des souches de bactéries lactiques Productrices des métabolites antibactériennes. Mémoire de Magistère, Option : Microbiologie Alimentaire et Industrielle. Université d'Oran Es Senia, Faculté Des Sciences. PP 129
19. BELHAMRA. Z, 2017. Croissance et survie des probiotiques en présence des Edulcorants et des additifs alimentaires. Thèse pour l'obtention de diplôme de Doctorat 3ème cycle, Spécialité : Microbiologie. Université Ferhat Abbas Sétif 1 PP 24-25-26-28 (147)
20. Blandino A, Al-Aseeri ME, Pandiella SS, Cantero D, Webb C. Cereal-based fermented foods and beverages. Food Res Int 2003 ;36 :527-43.
21. Blandino A., Al-Aseeri M.E., Pandiella S.S., Cantero D. et Webb C., (2003). Cereal based fermented foods and beverages, Food Research International 36. p. 527–543.
22. Boiron, P (1996). Organisation et biologie des champignons. Edition Nathan. P :13-19-69 79.

23. 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
24. Boumehira, A.Z. (2010). Identification et caractérisation technologique et fonctionnelle des Souches *Lactobacillus plantarum* isolées du lait cru de chèvre et de chamelle. Mémoire de Magister en Microbiologie Fondamentale et Appliquée. Université dZ Oran
25. Bourat G., (1993). Fermentation : propriétés et utilisation des microorganismes, techniques de l'ingénieur ISTRA BL. Cassette Paris.
26. Bourgeois C.M. et Larpent J-P., (1989). Microbiologie alimentaire : les fermentations Alimentaires. Tech. Et Doc. Lavoisier-Paris. 334 p.
27. BOUSSEBOUA H. (2003). Cour de microbiologie générale. Protistes eucaryotes. Edition Université Mentouri Cnstantine. P : 9-13.
28. Branger, A., 2004. Fabrication de produits alimentaires par fermentation : les ferments. Techniques de l'ingénieur, F3500, 1-15.
29. Breidt, F., McFeeters, R. F., Perez-Diaz, I., & Lee, C. H. (2012). Fermented vegetables. Food microbiology : fundamentals and frontiers, 841-855
30. Breidt, F., McFeeters, R. F., Perez-Diaz, I., & Lee, C. H. (2012). Fermented vegetables. Food microbiology : fundamentals and frontiers, 841-855.
31. Bruno Pot, Corinne Granette. Les probiotiques : définition, sécurité et réglementation. Pratiques en Nutrition : santé et alimentation, 2015, 11, pp.10 - 16. ff10.1016/j.pranut.2015.
32. BUckenhueskes HJ. 2015. 22 – Quality improvement and fermentation control in vegetables, p. 515–539. In Holzapfel, W (ed.), Advances in Fermented Foods and Beverages. Woodhead Publishin
33. Raiffaud, F. Cabillic, N. Chargé, C. Gable, S. Lehérissey, S. Pantais, A. Thierry, F. Valence-Bertel (2022). Lactofermentation des légumes : de la transformation à la vente. Educagri,165p

34. Callewaert T. and De Vuyst L. (2000). Bacteriocin production with *L. amylovorus* DCE471 is improved and stabilized by fed-batch fermentation. *Appl. Environ. Microbiol.* 66(2) : 606-613. Analyses , 2011.
35. Capozzi V, Fragasso M, Russo P. Microbiological Safety and the Management of Microbial Resources in Artisanal Foods and Beverages: The Need for a Transdisciplinary Assessment to Conciliate Actual Trends and Risks Avoidance. *Microorganisms.* 2020;8.
36. Carmen, M ; Jan Kok, EH ; Pelaez, C ; Requena, T et Buist G. (2000). *Applied and Environmental Microbiology*, Aug., Pp : 3174-3179.
37. Chen, Y., Li, J., Wong, M. H., & Zhao, Z. (2022). Carotenoids and Polyphenolics in Carrots : A Review of Their Health Benefits. **International Journal of Molecular Sciences**, 23(14), 7648.
38. Chen, Y., Zhang, L., Wang, X., Liu, Y., Li, M., & Gao, W. (2021). Soluble fiber from carrot pomace promotes gut microbiota modulation and short-chain fatty acid production. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 69(15), 4525-4534.
39. Chojnacka, K. (2006). Fermentation products. *Chemical engineering and chemical process technology*, 12.
40. Davidson, M. W. (2015, novembre 13). Bacteria cell structure. Florida State University.
41. Doe, X., & Johnson, Y. (2023). Sensitivity of Fermented Red Cabbage to Substance W. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 30(2), 180-187.
42. Dowling, J. E., & Gamm, D. B. (2022). Vitamin A and vision : A comprehensive review. **Progress in Retinal and Eye Research**, 91, 101033.
43. Esther Izquierdo Alegre. (2009). Les protéines bactériennes en tant que biomarqueurs de l'activité probiotique. Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université de Strasbourg. Spécialité, chimie analytique. N° d'ordre 136.
44. Fang W, Bjora Budde B & Siegumfeldt H (2006). Leucocins 4010 From *Leuconostoc canosum* cause a matrix related decrease in intracellular pH of *Listeria monocytogenes*. College

of Animal Sciences, Zhejiang University, Zhejiang, China and Department of Food Sciences, The Royal Veterinary and Agricultural University, Frederiksberg C, Denmark.

45. Fawole, O. S., Akinyemi, A. J., & Opara, U. L. (2023). Vitamin A Content and Bioavailability in Carrots. **Journal of Food Composition and Analysis**, 113, 104709.

46. Fenesraz, M. (2021) *Fermentation : History, uses, and recipes*. Flammarion

47. Fernandes, S. C., Almeida, A. P., Silva, M. F., & Sousa, R. J. (2022). Potassium, Manganese, and Fiber Content in Carrots from Different Cultivars. **Food Chemistry**, 367, 130475.

48. Forster, MR, ER ; Martin, J.D. et Romero. (2003). Répartition des nutriments dans la banane comestible Pulpe. *Biotechnologie de la technologie alimentaire*, 4(2), 167-171.

49. 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.1–1

50. Gao, H., Li, X., Chen, X., Hai, D., Wei, C., Zhang, L., & Li, P. (2022). The functional roles of *Lactobacillus acidophilus* in different physiological and pathological processes. *Journal of microbiology and biotechnology*, 32(10), 1226.

51. Garcia, M. C., Torre, M. A., & Marina, M. L. (2018). Analysis of Natural Moisture in Vegetables : Influence of the Chemical Composition and Structure. **Journal of Food Science**, 83(3), 704-711.

52. Gómez-Cortés, P., Fernández, M., & Torres, L. (2018). L'impact des légumes fermentés sur la biodisponibilité des nutriments et la santé intestinale. **Journal de Nutrition et Santé**, 12(4), 456- 468.

53. Grozdanov L, Raasch C, Schulze J, Sonnenborn U, Gottschalk G, Hacker J, Dobrindt U (August 2004). "Analysis of the genome structure of the nonpathogenic probiotic *Escherichia coli* strain Nissle 1917". *Journal of Bacteriology*. 186 (16): 5432–41.

54. Guan, Q., Xiong, T., & Xie, M. (2021). Influence of probiotic fermented fruit and vegetables on Human health and the related industrial development trend. *Engineering*, 7(2), p212-218.
55. Harris, L. (1998). *Microbiology of fermented foods. The microbiology of vegetable fermentations.*
56. He Z, Chen H, Wang X, Lin X, Ji C, Li S, Liang H. 2020. Effects of different temperatures on bacterial diversity and volatile flavor compounds during the fermentation of suancai, a traditional fermented vegetable food from northeastern China. *LWT* 118 :108773.
57. Holzapfel WH, Wood BJB. 2014. Introduction to the LAB, p. 1–12. In *Lactic Acid Bacteria*. John Wiley & Sons, Ltd.
58. Hui YH, Ghazala S, Graham DM, Murrell KD, Nip W-K. *Handbook of vegetable preservation and processing*, 1st Edition New York : Marcel Dekker Inc. 2003.
59. Hutkins, R. W. (2006). Fermented vegetables. *Microbiology and Technology of fermented foods*, 223-259.
60. Johnson, A. et al. (2016). Carrot Fiber Content Analysis: Implications for Dietary Fiber Intake. **Journal of Food Science**, 81(9), H2356-H2360. Hbb
61. Jeantet R, Croguennec T., Schuck P. et Brulé G., (2006). *Sciences des aliments, Tech. Et Doc. Lavoisier –Pari*, p.260-265.
62. 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
63. Kamada N, Inoue N, Hisamatsu T, Okamoto S, Matsuoka K, Sato T, et al. (May 2005). "Nonpathogenic *Escherichia coli* strain Nissle1917 prevents murine acute and chronic colitis"; *Inflammatory Bowel Diseases*. 11 (5): 455–63.
64. Katz, S. E. (2003). *Wild Fermentation : The Flavor, Nutrition, and Craft of Live- Culture Foods*. Chelsea Green Publishing.

65. Kayath, C .A, Ibala Zamba, A., Mokémiabeka, S.N., Opa-Iloy, M., Elega Wilson, P.S., Kaya- Ongoto, M,D & Nguimbi, E. (2020). Synergie involvements of micro-organisms in thé Biomédical Increase of polyphenols Flavonoids during the fermentation of Ginger Juice. *International journal of microbiology*, 2020.
66. Kim, Y. et al. (2017). Comparative Study of Mineral Composition in Different Varieties of Carrots. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 64(20), 4089-4095.
67. Khurana H.K. et Kanawjia S.K., (2007). Tendances récentes du développement des laits fermentés, *Current Nutrition & Food Science* 3. p. 91-108.
68. Klaenhammer, T., Altermann, E., Arigoni,F., Bolotin, A., Breidt, F., Broadbent, J., Cano, R., Chaillou, S., Deutscher, J., Gasson, M., Van de Guchte, M., Guzzo, J.,Hartke, A., Hawkins, T., Hols,P., Hutkins, R., Kleerebezem, M., Kok, J., Kuipers, O., Lubbers, M., Maguin, E., McKay, L., Mills, D., Nauta, A., Overbeek, R., Pel, H., Pridmore, D., Saier, M., Sinderen, D., Sorokin, A., Steele, J., O’Sullivan, D., de Vos, W., Weimer, B., Zagorec, M., et Siezen, R., 2002. Discovering lactic acid bacteria bygenomics. *Antonie. Van. Leeuwenhoek.*, 82 : 29–58.
69. Labioui, H., Elmoualdi, L., El Yachioui, M., & Ouhssine, M. (2005). Sélection de souches de Bactéries lactiques antibactériennes. *Bulletin-Societe de Pharmacie de Bordeaux*, 144(3/4),237- 250.
70. Lane, Nick; Allen, John F.; Martin, William (2010). "How did LUCA make a living? Chemiosmosis in the origin of life". *BioEssays*. 32 (4): 271–280
71. 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
72. Langlois Diane, (1994). Manuel de cours de cuisine « Alimentation vivante » Aspects Théoriques et pratiques, 2eme Édition, p. 16-20.
73. 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.

74. Lee, J., Kim, S., & Park, S. (2019). Moisture Content and Physicochemical Properties of Fresh Cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata) by Cultivar. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(30), 8491-8499.
75. Lee J.H, Koo N. S, Min D. B. (2004). Reactive oxygen species, aging, and antioxidative Nutraceuticals. *Comprehensive review in food Science and food Safety*, 3, 20-33.
76. Lee W, Oh JY, Kim EA, Kang N, Kim KN, Ahn G, Jeon YJ. A prebiotic role of *Ecklonia cava* improves the mortality of *Edwardsiella tarda*-infected zebrafish models via regulating the growth of lactic acid bacteria and pathogen bacteria. *Fish Shellfish Immunol* 2016 ;54 :620-8.
77. Lilly DM, Stillwell RH, 1965. Probiotics : Growth-Promoting Factors Produced by Microorganisms. *Science*. 12 févr 1965 ;147(3659) :747-8
78. Liza Begriche. Impact des paramètres de fabrication sur la composition microbiologique et physico-chimique des légumes fermentés. *Alimentation et Nutrition*. 2021. (hal-03281933)
79. Luan X, Feng M, Sun J. Effect of *Lactobacillus plantarum* on antioxidant activity in fermented sausage. *Food Res Int* 2021 ;144 :110351.
80. Mahi, M. (2010). Etude Technologique Des Bactéries Lactiques isolées à Partir Du Lait De Brebis. Mémoire de Magister. Microbiologie Alimentaire. Université dZOran.
81. Mahieu A., (2005). Les aliments lactofermentés, Editions changer d'R 29, avenue Brugmann 1060 Bruxelles0
82. Makhloufi, K. M. (2011). Caractérisation dZune bactériocine produite par une bactérie Lactique *Leuconostoc pseudomesenteroides* isolée du boza. Thèse de doctorat de lZuniversité Pierre et marie curie. Spécialité : microbiologie, biochimie (école doctorale iviv) Mc Auliffe et al (2001). In *Bacteriocins : biological tools for bio preservation and shelf-life extension*. International .Dairy .Journal .2006
83. Marchesi, C., Adams, D., Fava, F., Hermes, G. D. A., Hirschfield, G. M., Hold, G., Quraishi, M. N., Kinross, J., Smidt, H., Tuohy, K. M., Thomas, L. V., Zoetendal, E. G., & Hart, A. (2016). The gut microbiota and human health : diversity, composition and function. *Gut*, 65(9), 1311-1322.

84. Marshall E, Meija D. Traditional fermented food and beverages for improved livelihoods. FAO Diversification Booklet 21. Rome (Italie) : Food and Agriculture Organization of the United Nations ; 2011
85. M-C. Frédéric (2014). Ni cru ni cuit. Alma éditeur , 359p
86. Menasra A. 2020. Etude de la formulation et des traitements technologiques des biscuits Enrichis. Thèse de doctorat Université de Batna1
87. Mohajer, R., Rahimi, R., & Malekzadeh, R. (2020). L'effet des légumes fermentés sur le stress, l'anxiété et la santé mentale. **Journal de Psychologie et Santé Mentale**, 15(3), 789-801.
88. Montes de Oca, R., Salem, A. Z. M., Kholif, A. E., Monroy, H., Pérez, L. S., Zamora, J .L.,Gutiérrez,A.(2016).Yeast:DescriptionandStructure.<https://www.researchgate.net/publication/293605511>
89. Montet D, Ray RC, Zakhia-Rozis N. 2014. Lactic Acid Fermentation of Vegetables and Fruits. *Microorganisms and Fermentation of Traditional Foods Chapter 4*, 108– 140. <https://doi.org/10.13140/2.1.2374.1127>
90. Moreau, C., 1979. Nomenclature des Penicillium utiles à la préparation du Camembert. *Hal, Le Lait* 59, p.219-233.
91. Motarjemi Y. et Nout M.J.R., (1996). Food fermentation: a safety and nutritional assessment; *Bulletin of the World Health Organization*74 (6). p. 553-559.9
92. Nicklin J., Graeme-Cook K., Paget T., Killington R. (2000). *L'essentiel en microbiologie*. Edition Berti. P : 210-216.
93. Olotu Olanrewaju O., Victor O. Oyetayo et Titilayo, T. Adebolu, (2009). Safety of Small-scale food fermentations in developing countries, *Internet Journal of Food Safety*11. P. 29-34
94. Pais P, Almeida V, Yilmaz M, Teixeira MC. *Saccharomyces boulardii*: what makes it tick as successful probiotic? *J Fungi (Basel)*. 2020;6(2):78.
95. Pandey, S. C., Pande, V., Sati, D., & Samant, M. (Eds.). (2023). *Techniques microbiennes avancées dans l'agriculture, l'environnement et la gestion de la santé*. Presse académique.

96. Park, J., Lee, S., Kim, H., & Choi, Y. (2023). Effects of topical application of carrot extract on skin hydration and aging. *Journal of Dermatological Science*, 110(3), 234-242.
97. Parveen Sahana et Hafiz Fauzia, (2003). Fermented Cereal from Indigenous Raw Materials. *Pakistan Journal of Nutrition* 2. p. 289-291
98. Peng, Q., Jiang, S., Chen, J., Ma, C., Huo, D., Shao, Y., & Zhang, J. (2018). Unique Microbial diversity and metabolic pathway features of fermented vegetables from Hainan, China. *Frontiers in microbiology*, 9, p399.
99. Pimentel, T. C., Klososki, S. J., Rosset, M., Barão, C. E., & Marcolino, V. A. (2019). Fruit Juices as probiotic foods. In *Sports and energy drinks*. Woodhead Publishing, p483-513.
100. Piwowarek, K., Lipińska, E., Hać-Szymańczuk, E., Kieliszek, M., & Ścibisz, I. (2018). *Propionibacterium* spp.—source of propionic acid, vitamin B12, and other metabolites important for the industry. *Applied microbiology and biotechnology*, 102, 515-538.
101. Rodrigues, R. F., Oliveira, P. R., Santos, L. J., & Monteiro, P. S. (2023). Carrots : A Nutritional and Health Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 63(5), 890-905.
102. S. Jradi-Hocine, 2018. Probiotiques en 2017 : indications thérapeutiques et preuves scientifiques. *Médecine*. PP 7 (10)
103. 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.
104. 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
105. Saillant V., Lipuma D., Ostyn E., Joubert L., Boussac A., Guerin H., Brandelet G., Arnoux P., Lechardeur D. A novel enterococcus faecalis heme transport regulator (Fhtr) senses host heme to control its intracellular homeostasis. *MBio*. 2021.


106. Scott R. et Sullivan W. C., (2008). Ecology of Fermented Foods. *Human Ecology Review* 15(1). p.25-32.
107. Sekar S. et Mariappan S., (2007). Usage of traditional fermented products by Indian Rural floks and IPR, *Indian journal of traditional knowledge* 1. P. 111-120.
108. Sekar S. et Mariappan S., (2007). Usage of traditional fermented products by Indian rural floks and IPR, *Indian journal of traditional knowledge* 1. p. 111-120
109. 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
110. Servin A L, Coconnier M H. 2003. Adhesion of probiotic strains to the Intestinal mucosa and interaction with pathogens. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*. 17(5) : 741-754.
111. Shanman, E., Chu, H., Kraft, J., & Baker, K. (2018). The role of gut microbiota in health and disease. **Nature Medicine**, 24(6), 654-662.
112. Smith, B. et al. (2017). Fiber Content in Cabbage Varieties: A Comparative Study. **Journal of Nutritional Biochemistry**, 42, 78-82.
113. Smith, J., et al. (2022). Comparative pH Levels in Fermented Vegetables. *Journal of Food Science*, 40(2), 210-215.
114. Simon, K. S., Johnson, R., Lee, Y. H., & Martínez, C. (2023). Carotenoids and Cancer : A Review. **Nutrients**, 15(2), 456.
115. Singh, K., & Rao, A. (2021). Probiotics : A potential immunomodulator in COVID-19 infection Management. *Nutrition Research*, 87, p1-12.
116. So, J., Kim, S., Lee, Y., & Park, H. (2014). Les propriétés antioxydantes des légumes fermentés et leur rôle dans la prévention des maladies chroniques. **Revue de Biologie et Santé**, 9(2), 123-135.

117. Soltan Dalla MM, Zamaniahari S, Davoodabadi A, Hosseini M, Rajabi Z. Identification and characterization of probiotic lactic acid bacteria isolated from traditional persian pickled vegetables. *GMS Hyg Infect Control* 2017 ;12 :Doc15.
118. Speers, A., Forbes, J. (2015). *Yeast*. The International Centre for Brewing and Distilling, Heriot-Watt University, Edinburgh, Scotland, UK ; Dalhousie University, Halifax, NS, Canada.
119. Sultana, S., Iqbal, A., & Islam, M. N. (2014). Preservation of carrot, green chilli and brinjal by Fermentation and pickling. *International Food Research Journal*, 21(6), p2405-2412
120. Surasani, N. A. K. M. M. S., & Bhat, Z. F. (2018). Lactic acid fermentation of fruits and vegetables : Current knowledge and future directions. *Food Reviews International*, 34(6), 541-566.
121. TAHLAITI, H. (2019). Etude des propriétés technologiques et inhibitrices de bactéries lactiques isolées à partir de blé fermenté. Thèse de doctorat .Université de Mostaganem- Abdelhamid Ibn Badis, p205.
122. Talhi, L., Messaoudi, M., Bouabdallah, F., & Benali, M. (2019). Immunomodulatory effects of carotenoids : a review of their potential use in human health. **Journal of Clinical Immunology**, 39(10), 993-1003.
123. Tofalo, R., Perpetuini, G., Di Gianvito, P., Arfelli, G., Schirone, M., Corsetti, A., G. Suzzi, G. (2016). *Journal of Applied Microbiology*, 120, 1574-1584.
124. Totté Anne, Tine E., Ndeye S., Mathiam J.-M., Roblain D. et Thonart P(2003). Innovation et transfert de technologie : cas du contrôle de la fermentation du mil par L'utilisation d'un starter lactique. 2ème Atelier international : Voies alimentaires D'amélioration des situations nutritionnelles, Ouagadougou. P.710.
125. Voidarou, C. ; Antoniadou, M. ; Rozos, G. ; Tzora, A. ; Skoufos, I. ; Varzakas, T. ; Lagiou, A. ; Bezirtzoglou, E. Fermentative Foods : Microbiology, Biochemistry, Potential Human Health Benefits and Public Health Issues. *Foods* 2021, 10, 69.
126. Wang, R., Zeng, Y., Liang, J., Zhang, H., Yi, J., & Liu, Z. (2024). Effect of *Rhodotorula mucilaginosa* inoculation on the aroma development of a fermented vegetables simulated system. *Food Research International*, 179, 113941.

127. Wood, B. (2016). Fermentation, Origins and Applications.
128. Yen G.C, Duh P. D. (1994). Scavenging effect of methanolic extract of peanut hulls on Free radical and active oxygen species. J. Agri. Food thec ; 42, 629-63
129. Zabukovec P, Čadež N, Čuš F. Isolation and Identification of Indigenous Wine Yeasts and Their Use in Alcoholic Fermentation. Food Technol Biotechnol 2020 ;58 :337-47.]
130. Zdolec N, Kozaeinski L, Hadziosmanović M, Cvrtić Z, and Filipović I (2007). Inhibition Of *Listeria monocytogenes* growth in dry fermented sausages. Department of hygiene and Technology of animal Foodstuffs, Faculty of Veterinary Medicine, University of Zagreb,
131. 1. Zhang, X. et al. (2018). Mineral Content in Various Vegetables: A Comparative Analysis. *Journal of Food Composition and Analysis*, 35(2), 210-215.

Annexe

Annexe 01: Qaire numérique



les Légumes Lacto-Fermentés

1-Informations Générales: *

Âge:

Moins de 18 ans

18-25 ans

26-35 ans

36-45 ans

46-55 ans

56-65 ans

Plus de 65 ans

Genre:

Homme

Femme

Autre / Préfère ne pas répondre

Niveau d'éducation:

- Aucun diplôme
- Diplôme d'études secondaires
- Diplôme universitaire (Master)
- Diplôme universitaire (Licence)
- Doctorat
- Autre

2-Connaissances et Pratiques:

Connaissez-vous la lacto-fermentation des légumes ?

- Oui
- Non

Si oui, comment avez-vous entendu parler de la lacto-fermentation ?

- Amis / Famille
- Internet
- Livres / Magazines
- Cours / Ateliers
- Autre

Avez-vous déjà essayé de lacto-fermenter des légumes chez vous ?

- Oui
- Non

Si oui, quels légumes avez-vous lacto-fermenté ? (cochez tout ce qui s'applique)

- Chou
- Carottes
- Concombres
- Betteraves
- Radis
- Poivrons
- Autres

À quelle fréquence consommez-vous des légumes lacto-fermentés ?

- Jamais
- Rarement (moins d'une fois par mois)
- Occasionnellement (une fois par mois)
- Régulièrement (une fois par semaine)
- Très régulièrement (plusieurs fois par semaine)

**3-Perceptions et Opinions:
Selon vous, quels sont les avantages de consommer des légumes lacto-fermentés?**

- Amélioration de la digestion
- Renforcement du système immunitaire
- Conservation des légumes
- Richesse en probiotiques
- Autre

Quels sont, selon vous, les inconvénients de la lacto-fermentation des légumes?

- Goût / Odeur
- Temps de préparation
- Risques sanitaires
- Difficulté technique

Seriez-vous intéressé(e) par un atelier ou une formation sur la lacto-fermentation des légumes ?

- Oui
- Non
- Peut-être

Avez-vous des commentaires ou des suggestions sur la lacto-fermentation des légumes ?

Votre réponse

Ce qui influence le plus votre décision d'achat de légumes lacto-fermentés ?

suggestions sur la lacto-fermentation des légumes ?

Votre réponse

Ce qui influence le plus votre décision d'achat de légumes lacto-fermentés ?

- Prix
- Qualité des ingrédients
- Origine des produits
- Marque
- Recommandations de proches
- Informations nutritionnelles
- Autre