

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة محمد بوضياف/المسيلة
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF DE M'SILA



FACULTEDES SCIENCES
DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE ET BIOCHIMIE
MEMOIRE : MASTER ACADEMIQUE
FILIERE: BIOCHIMIE ET MICROBIOLOGIE
OPTION: NUTRITION ET SCIENCES DES ALIMENTS

Présenté par

Merrad Soufyane et Kaabeche zakaria

Thème :

***État de l'art sur la conservation d'aliments par fermentation:
Focus sur les aliments solides.***

DEVANT LE JURY :

Dr. BELBAHI Amine

Université de M'sila

Encadreur

Dr. AOUN Omar

Université de M'sila

Examineur

Dr. BOUAOUDIA-MADI Nadia

Université de M'sila

Examineur

Promotion : 2019-2020

Remerciement

Tout d'abord, nous exprimons nos remerciements au bon dieu de nous avoir donné le courage et la force d'aller au bout de nos fins pour terminer notre travail et pour sa bienveillance.

*Nos profondes gratitudes vont à notre promoteur **Dr. BELBAHI Amine**, pour l'honneur qui nous a fait de nous encadrer, pour ces précieux conseils, ces orientations et la confiance qu'il nous a fait, dont on garderait les souvenirs de ces qualités profondément humaines.*

Nous exprimons nos estimations et nos remerciements aux membres de jury Dr. Aoun et Dr. Madi qui ont pris sur leur temps et ont bien voulu accepté de juger ce modeste travail.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette année universitaire.

Soufyane et zakaria

Dédicace

À l'aide de DIEU, le Tout-Puissant Je dédie ce travail à : Ma chère mère «Naima» ma source de vie, d'amour et de la tendresse qui est toujours présente et prête à sécher mes larmes.

Mon chère père « Ali » mon sens de l'honneur et de la responsabilité.

Mon frère Nadjib

Ma sœur Ranya

Toute ma famille : Oukal et Merrad

Mes amis chacun par son nom

*Toute la promotion Master (2) NSA qui va vraiment me manquer sans oublier tous les professeurs de l'enseignement supérieur et surtout mon encadreur **Dr BELBAHI Amine***

A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à ce travail.

SOUFYANE

Dédicace

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

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

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

Mon cher frère Mustapha et mes chers sœurs Sihem, Bessma, Nawel, Djihed et Roumaïssa. Ma très chère Houda.

A mes amis de toujours dans les pires et les bons moments, Soufiane, Abd-Elmounaim, El-hadi et surtout Aïssa, vous étiez toujours avec moi je vous dédie mon travail pour nos souvenirs et notre cher amitié.

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

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

ZAKARIA.

RESUMÉ

Les fermentations alimentaires sont des processus utilisés initialement comme système de conservation. Aujourd'hui, une grande part de notre alimentation se constitue d'aliments fermentés : Produits carnés, produits laitiers et matière végétale fermentée (légumes, fruits, céréales...). La fermentation est la transformation de matière organique par des ferments, qui conduit à la modification d'un aliment (propriétés organoleptiques). Les ferments utilisés sont des microorganismes qui possèdent des capacités fermentaires spécifiques menant à des fermentations différentes : lactique, alcoolique, acétique et propionique. Elle permet la conservation des aliments tout en améliorant les qualités nutritionnelles des produits et en augmentant les qualités organoleptiques des aliments. La maîtrise du processus de fermentation consiste à favoriser une flore utile au détriment d'une flore indésirable afin de prévenir les risques sanitaires pouvant survenir chez les consommateurs. L'Algérie a une tradition bien établie sur les produits fermentés, transmise d'une génération à une autre, qui a un aspect important de la culture Algérienne. Cependant, ils sont méconnus du grand public des consommateurs. Bien que les fermentations soient globalement bien maîtrisées en milieu liquide homogène, de nombreuses difficultés subsistent lorsqu'elles sont appliquées aux aliments solides. De plus, on relève peu de travaux de recherche dans ce domaine.

Mots clés: fermentation ; ferments, conservation ; aliments solides.

ABSTRACT

Food fermentation, a process used for thousands of years, was initially used as a preservation system. Today, a large part of our diet consists of fermented foods such as: yogurt, bread, cheese, wine ... Fermentation is the transformation of organic matter by ferments, which leads to the modification of a food (organoleptic properties). The ferments used are three types, bacteria, molds and yeasts. Each and every one has its own fermentation characteristics which result in different types of fermentation like : lactic, alcoholic, acetic, propionic. It allows the preservation of food while improving the nutritional qualities of products and increasing the organoleptic qualities of food . During the process of fermentation, the useful yeast is filtered and kept while the harmful is shaken off in order not to harm the consumer.

Keywords: Fermentation ; ferment ; food preservation; solid food.

ملخص

التخمير الغذائي، هو عملية مستخدمة منذ آلاف السنوات، حيث يستعمل كطريقة لحفظ للأغذية. في يومنا هذا، جزء كبير من نظامنا الغذائي يتكون من الأغذية المخمرة : الياغورت، الخبز، الجبن، النبيذ... التخمير هو عملية تحول للمادة العضوية عن طريق الخمائر، والتي تؤدي إلى تغيير حالة الغذاء (الخصائص الحسية). تتكون الخمائر المستعملة من ثلاثة أنواع : البكتيريا، العفن، الخمائر. كل نوع من هذه الأنواع لديه قدرات تخميرية خاصة به ويعطي لنا أنواع مختلفة : لبنية، كحولية، خلية، بروبيونية. حيث يسمح بحفظ الطعام مع تحسين الصفات الغذائية للمنتجات وزيادة الصفات الحسية للأغذية. يتكون التحكم في عملية التخمير من تفضيل الخمائر المفيدة على حساب الخمائر الغير مرغوب فيها من أجل منع المخاطر الصحية التي قد تنشأ لدى المستهلكين.

الكلمات المفتاحية: التخمير الغذائي، الخمائر، الحفظ، الأغذية الصلبة.

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	IV
SOMMAIRE.....	VII
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I. ALTERATION ET CONSERVATION DES ALIMENTS.....	2
1. Altération	2
1.1. Brunissement non enzymatique	2
1.2. Brunissement enzymatique.....	3
1.3. Altérations microbiologiques.....	3
2. Conservation	4
2.1. Définition.....	4
2.2. Objectifs	4
2.3. Avantages	5
2.4. Techniques de conservation.....	5
CHAPITRE II. FERMENTATION MICROBIENNE	7
1. Définition.....	7
2. Fermentation solide	8
2.1. Définition.....	8
2.2. Les types de supports utilisés	8
2.3. Applications.....	9
2.4. Avantages	9
2.5. Inconvénients	9
3. Fermentation liquide	10
3.1. Définition.....	10
3.2. Applications.....	10
3.3. Avantages	10
3.4. Inconvénients	10
4. Principales fermentations et les microorganismes associés.....	11
4.1. Fermentation lactique.....	11
4.2. Fermentation alcoolique.....	14
4.3. Fermentation acétique	15
4.4. Fermentation propionique	15
4.5. Fermentation butyrique	16

5. Paramètres influençant la fermentation	16
CHAPITRE III. ALIMENTS FERMENTES.....	18
1. Produits carnés	18
1.1. Définition.....	18
1.2. Production.....	18
1.3. Microorganismes impliqués dans la fermentation de la viande.....	19
1.4. Exemple de produits fermentés et de leurs technologies de fabrication	20
1.4.1. Viandes fermentées demi- séchées/séchées.....	20
1.4.2. Autres produits.....	20
1.4.3. Composition, caractéristique physico-chimique et nutritionnelle	23
2. Produits laitiers.....	24
2.1. Fromages	24
2.1.1. Définition.....	24
2.1.2. Production.....	24
2.1.3. Microorganismes impliqués dans la fermentation de la fromage.....	24
2.1.4. Valeur nutritionnelle des fromages.....	25
2.2. Yaourts (yoghourts)	26
2.2.1. Définition.....	26
2.2.2. Fabrication du yaourt	26
2.2.3. Microorganismes impliqués dans la fermentation de la yaourt.....	27
2.2.4. Valeur nutritionnelle des yaourts.....	27
3. Fermentation de la matière végétale.....	28
3.1. Fruits et légumes.....	28
3.2. Pâte et pain.....	28
3.3. Facteurs liés à la fabrication du pain :.....	29
CHAPITRE IV. PRODUITS FERMENTES TRADITIONNELS ALGERIENS.....	31
1. Produits laitiers.....	31
1.1. Rayeb.....	32
1.2. Leben.....	32
1.3. Smen.....	34
1.4. Jben	34
1.5. Kemaria ou Takemarit.....	34
1.6. Bouhezza	35
1.7. Klila.....	35
1.8. Autres préparations	36
1.9. Caractéristiques chimiques microbiologiques.....	36

2. Les céréale.....	37
2.1. Blé fermenté.....	37
2.2. Microorganismes impliqués dans la fermentation de blé.....	38
2.3. Valeur nutritionnelle de blé fermenté.....	38
CONCLUSION.....	40
REFERENCES.....	41

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Principales clostridies impliquées dans la fermentation butyrique (Marie, 2008).	16
Tableau 2. Composition biochimique moyenne de la viande rouge (Rosset et <i>al</i> , 1984).	23
Tableau 3. Durées de conservation des fromages (Silvio, 2009).	24
Tableau 4. Valeur nutritionnelle de quelques yaourts exprimées pour 100 g de produits (Paccalin et Galatier, 1986).	27
Tableau 5. Valeurs moyennes des paramètres chimiques (g/100g) des principaux produits laitiers traditionnels en Algérie.	37
Tableau 6. Principaux microorganismes caractéristiques de quelques produits laitiers fermentés en Algérie et produits similaire.	37

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Principales techniques de conservation des aliments (Gould, 1995).	6
Figure 2. Schéma résumant la dégradation de glucose en acide lactique (Mlouka, 2019).....	11
Figure 3. Schéma résumant la dégradation de glucose en éthanol (Moll, 1991).	14
Figure 4. Diagramme de préparation de Sucuk/ Soudjouk (Kilic, 2009).	22
Figure 5. Surstromming ; aliment fermenté à base de hareng.	23
Figure 6. Schéma des méthodes de fabrication des principaux produits laitiers algérien (Lahsaoui, 2009).	32
Figure 7. Blé fermenté (A) et ouverture du matmor (B) (Bekhouche et al., 2013) et les formes typiques du matmor (C) (Bartali, 1987)	38

INTRODUCTION

La fermentation est un phénomène naturel, se produisant lors de la décomposition de la matière organique. Par ailleurs, l'utilisation de la fermentation par l'homme a débuté de manière empirique. Elle était utilisée initialement pour conserver les denrées, préparer du pain, des boissons alcoolisées...**(Branger, 2007)**.

C'est Pasteur, en 1857 qui établira que la fermentation alcoolique est due à l'activité métabolique de *Saccharomyces cerevisiae* (levure de bière). Il étudiera ensuite les fermentations acétique, butyrique et lactique, et démontrera que la fermentation est une réaction chimique et biologique, en cultivant les bactéries et levures mises en cause **(Mazliak, 2015)**.

L'alimentation est aujourd'hui perçue comme un des facteurs de santé publique. Des altérations physiologiques, des transformations biochimiques et la croissance de microorganismes, peuvent altérer la couleur, la texture, la saveur et la qualité sanitaire des produits **(Djioda T., 2010)**. Dans la plupart des pays, la production de nombreuses denrées est saisonnière, disponibles que pendant une courte partie de l'année, et la production excède les capacités d'absorption du marché, d'où la nécessité de transformer et de conserver l'excédent **(Touzi et al., 2008)**.

Depuis des millénaires, l'homme apprit à exploiter et accroître l'action fermentative des microorganismes. Aujourd'hui l'activité microbienne est assez bien connue. Les aliments et boissons fermentés constituent un secteur très important de l'industrie alimentaire **(Werner al., 2010)**. La fermentation est l'une des méthodes de conservation dont l'un de ses objectifs est de produire des aliments disponibles dans l'espace et dans le temps **(Bernard et Carlier, 1992)**. Elle permet de conservation des aliments, mais également, en améliorant les qualités nutritionnelles et organoleptiques des aliments. La maîtrise du processus de fermentation consiste à favoriser une flore utile au détriment d'une flore indésirable afin de prévenir les risques sanitaires pouvant survenir chez les consommateurs **(Darinmou, 2000)**.

La fermentation est une opération unitaire très présente dans les systèmes de transformation alimentaire. Bien que les fermentations soient globalement bien maîtrisées en milieu liquide homogène, de nombreuses difficultés subsistent lorsqu'elles sont appliquées aux aliments solides. De plus, on relève peu de travaux de recherche dans ce domaine. L'objectif de ce travail est de réaliser un état de l'art sur les fermentations des aliments en tant que opération unitaire de conservation avec un focus sur les aliments solides.

Chapitre I. Altération et conservation des aliments

1. Altération

De tout temps l'homme a cherché à lutter contre l'altération des denrées alimentaires, pour des raisons vitales d'abord ; nécessité de conserver le plus longtemps possible des denrées périssables pour se nourrir. Plus tard se sont ajoutées des raisons psychologiques ; le désir de consommer des aliments de plus en plus variés, pendant des périodes de plus en plus entendues sur l'année. Enfin est apparue la nécessité de la conservation des plats tout préparés (VIERGLING, 2008).

L'altération des aliments se produit lorsque des changements microbiologiques, chimiques ou physiques se produisent, rendant le produit alimentaire inacceptable pour le consommateur. L'altération microbiologique est causée par la croissance de microorganismes qui produisent des enzymes qui conduisent à des sous-produits indésirables dans les aliments. L'altération chimique se produit lorsque différents composants de l'aliment réagissent entre eux ou avec un composant ajouté qui modifie les caractéristiques sensorielles de l'aliment ; on peut citer l'oxydation, le brunissement enzymatique et le brunissement non enzymatique. L'altération physique se produit lorsque les aliments humides sont excessivement déshydratés ou que les aliments séchés absorbent une humidité excessive (Benner, 2014). Les trois grandes classes d'altération des aliments sont :

1.1. Brunissement non enzymatique

Brunissement non enzymatique (BNE) connu sous le nom de la réaction de « Maillard » est un ensemble de réactions ayant pour substrat des acides aminés et des sucres réducteurs, conduisant à des composés bruns, les mélanodines. Autant ces composés sont recherchés dans certains aliments afin de faire apparaître des goûts et des apparences désirables, autant ils sont considérés comme un facteur de dépréciation pour d'autres aliments tels que les fruits et légumes (Machiels et Istasse, 2002). La réaction de Maillard n'affecte pas seulement la couleur de l'aliment, mais sa saveur, son goût et sa qualité nutritionnelle (van Boekel, 2001). Par ailleurs la réaction de Maillard peut se produire à des températures basses de 5-45°C (Bulut et Kilic).

1.2. Brunissement enzymatique

Le brunissement enzymatique (BE) concerne surtout les produits alimentaires d'origine végétale (riche en polyphénols). Le BE chez les végétaux est essentiellement attribué à l'oxydation de composés phénoliques. Les enzymes intervenant sont les polyphénoloxydases (PPO) et les peroxydases (POD). Les PPO sont les plus étudiées. Le BE se déroule en deux étapes : une étape enzymatique catalyse la formation de quinones ; ensuite, une étape non enzymatique aboutit à la formation des mélanines (polymères bruns insolubles) par polymérisation et condensation des quinones (Rivas et Whitaker, 1973). Ces enzymes sont situées principalement dans les membranes des organites cellulaires (mitochondries et chloroplastes), et leurs substrats phénoliques sont situés dans les vacuoles. Lors d'endommagement de la cellule, l'enzyme et les substrats peuvent entrer en contact, conduisant à l'oxydation rapide des phénols (Chisari et al., 2007).

Les réactions du BE entraînent une modification de l'apparence, de la flaveur et de la qualité nutritionnelle du produit. Les pigments qui se forment sont désignés par le terme général de mélanines. Leurs teinte finale est brune ou noire, mais il existe des intermédiaires de couleurs divers rose, rouge, bleu-noir (NOUT et al.2003).

1.3. Altérations microbiologiques

La gamme des microorganismes de détérioration est très large. Les bactéries sont responsables de certains phénomènes de détérioration les plus rapides et les plus évidents des aliments protéinés tels que la viande, la volaille, le poisson, les crustacés, le lait et certains produits laitiers. La croissance des levures et des moisissures est généralement plus lente que celle des bactéries, mais la grande variété de niches écologiques qu'elles peuvent exploiter, la capacité d'utiliser une variété de substrats et la tolérance à des conditions plus extrêmes que les bactéries (végétatives) en font de formidables agents d'altération (Blackburn, 2006).

La flore d'altération est constituée d'une part de la flore naturelle du produit lui-même, qui est principalement influencée par ses conditions environnementales. D'autre part, les micro-organismes seront transférés aux aliments par contamination croisée pendant ou après le traitement via des surfaces, des machines, des humains ou l'atmosphère environnante. La flore microbienne n'est pas statique, la flore initiale diffère de la flore en fin de vie de l'aliment. De plus, seul un petit nombre de microorganismes est souvent responsable de la perte de qualité en fonction des caractéristiques des aliments, des conditions environnementales et des interactions entre les microorganismes. Les microorganismes

principalement responsables de l'altération sont connus sous le nom d'organismes d'altération spécifiques (Kreyenschmidt and Ibal, 2012).

Les nombreux types de micro-organismes qui peuvent se développer sur les aliments ont développé des mécanismes biochimiques pour digérer les composants des aliments, fournissant ainsi des sources d'énergie pour leur propre croissance (Sperber, 2009). La transformation des composés disponibles donne une large gamme de produits finaux qui affectent les propriétés sensorielles, chimiques et physiques de l'aliment (Howell, 2016). L'éventail des composés possibles produits dépend non seulement de la capacité génétique du microorganisme en question, mais aussi des caractéristiques intrinsèques du produit et des caractéristiques extrinsèques de manipulation et de l'environnement de stockage qui peuvent modifier considérablement les voies biochimiques (Benner, 2014).

Une part importante de la perte des aliments consommés par l'homme est due à l'altération par des micro-organismes. Il a été estimé qu'environ 25% de tous les aliments produits dans le monde sont perdus en raison de l'altération microbienne (Bondi et al., 2014). De plus, la préférence des consommateurs modernes pour les aliments frais à durée de conservation prolongée et les produits exempts de pesticides chimiques rendent les aliments plus vulnérables à la détérioration, tout en augmentant la diversité des espèces d'altération (Brandelli, 2015).

2. Conservation

2.1. Définition

La conservation est l'ensemble des procédés de traitement dont le but est de conserver des aliments, préserver leur comestibilité et leur propriété gustative et nutritive. Elle implique notamment d'empêcher la croissance de microorganismes et de retarder l'oxydation des graisses qui provoque le rancissement (Darinmou, 2000).

2.2. Objectifs

Les principales raisons de la conservation des aliments sont de surmonter une mauvaise planification de la production agricole ; de produire des produits à valeur ajoutée et de meilleure qualité en termes de propriétés nutritionnelles, fonctionnelles, pratiques et sensorielles améliorées ; et de fournir une variation du régime alimentaire (Rahman, 1999). Les objectifs de la conservation des aliments sont :

- Préserver la qualité.

- Éliminer les agents pathogènes.
- Éliminer ou réduire les microorganismes responsables de la détérioration.
- Prolonger la durée de conservation des aliments.

2.3. Avantages

Les avantages tirés de la conservation des aliments sont présentés ci-dessous (Noh et al., 2009) :

- *Fabrication et distribution planifiées* : la conservation des aliments permet de planifier la production, la transformation et le mouvement des aliments en fonction des demandes saisonnières, climatiques et de distribution, car les aliments peuvent être produits en masse sans craindre que le surplus ne s'altère.
- *Confinement et distribution économiquement favorables* : l'utilisation de tailles et de types appropriés de contenants alimentaires dans l'industrie alimentaire maximise l'efficacité de la transformation et de la distribution des aliments.
- *Prévention de la perte de qualité des aliments* : Les changements indésirables et la décomposition des aliments sont évités par des processus de conservation appropriés. Ces procédés peuvent préserver la qualité de l'aliment en termes de ses qualités nutritionnelles et organoleptiques, conduisant à des bénéfices économiques plus importants.
- *Stabilisation des prix* : Compte tenu de la nature de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche, certaines variations des approvisionnements alimentaires sont attendues, même avec une planification appropriée. Une récolte ou un transport important entraîne une baisse du prix tandis qu'une mauvaise récolte ou un transport médiocre entraîne le contraire. Ainsi, maintenir les approvisionnements en conserves permet de maintenir le prix stable dans le temps.

La consommation d'aliments frais est toujours préférable car la conservation diminue la valeur nutritive des produits. Autrement dit, les aliments conservés sont moins bons pour la santé que les aliments frais (Corlien, 2005).

2.4. Techniques de conservation

En fonction du mode d'action, les principales techniques de conservation des aliments peuvent être classées comme suit (Singh, 1994) :

1. Ralentir ou inhiber la détérioration chimique et la croissance microbienne.
2. Inactiver directement les bactéries, levures, moisissures ou les enzymes.

3. Éviter la recontamination avant et après traitement.

Un certain nombre de techniques ou de méthodes des catégories ci-dessus sont présentées dans la figure 1. Alors que les techniques de conservation traditionnelles actuellement utilisées se poursuivent, de grands efforts ont récemment été déployés pour améliorer la qualité des produits alimentaires par une combinaison intelligente des techniques de conservation. Ces dernière permet d'éviter l'utilisation extrême d'une seule technique qui causerait la dégradation de la qualité.

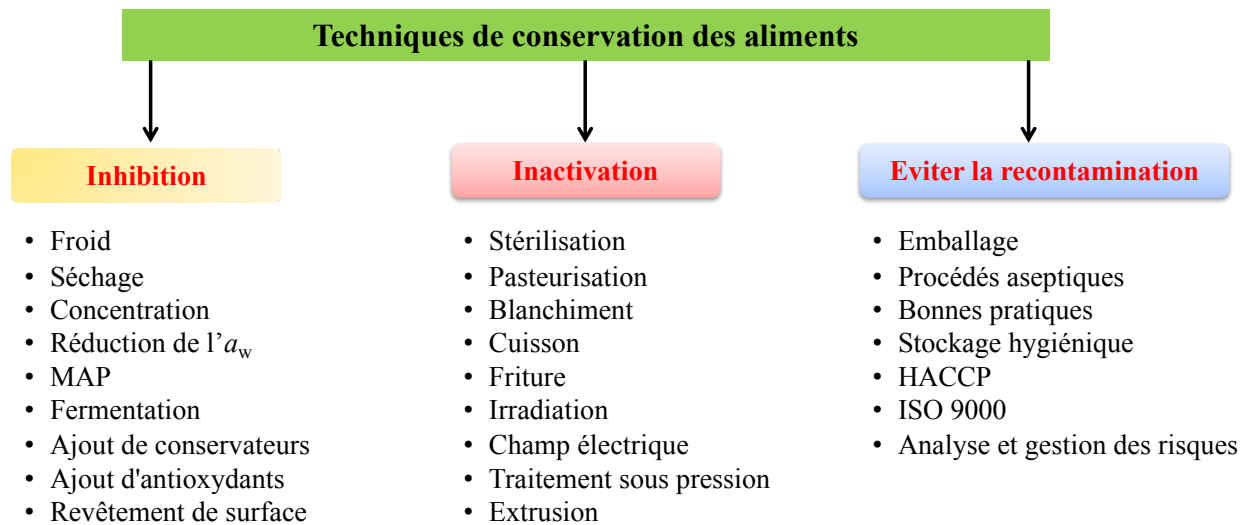


Figure 1. Principales techniques de conservation des aliments (Gould, 1995).

Les méthodes de conservation dépendent de l'origine des aliments - en particulier s'ils sont d'origine végétale ou animale. Des prétraitements, tels que le blanchiment, le sulfitage et d'autres prétraitements physiques et chimiques, sont utilisés avant d'appliquer les principales méthodes de conservation. Le but principal du prétraitement est d'améliorer la qualité du produit et l'efficacité du processus. Ces dernières années, la modification de la stratégie de transformation et du prétraitement a attiré beaucoup d'attention dans l'industrie alimentaire (Cherry, 1999).

Chapitre II. Fermentation microbienne

1. Définition

Il est actuellement difficile de donner une signification précise, du point de vue scientifique, au terme « fermentation », son sens ayant constamment évolué au cours du temps. L'usage du levain pour la fabrication du pain et de boissons fermentées remontent à la période indo-européenne. Ces réactions s'accompagnent le plus souvent d'une émission de bulles de gaz qui fut longtemps considérée comme la manifestation essentielle du phénomène (Lioret, 2012). La notion de fermentation fut ensuite étendue aux transformations de matières organiques n'impliquant pas obligatoirement un dégagement gazeux, comme la formation d'acide lactique dans le lait. Le caractère commun à ces processus est l'accumulation, à partir des matières décomposées, de produits caractéristiques : éthanol, acide lactique, acide propionique, etc. Le goût et l'odeur des produits obtenus étant le plus souvent agréables, la notion de fermentation fut opposée à celle de putréfaction (Lioret, 2012).

Pasteur démontra que toutes ces transformations sont dues à des micro-organismes divers (levures, bactéries, moisissures) qui utilisent pour leur développement la matière et l'énergie produites par la dégradation des substances organiques. La notion de fermentation s'oppose à celle de respiration. En aérobiose, il y a respiration : le déchet carboné est uniquement l'anhydride carbonique émis. En anaérobiose, il y a fermentation : les déchets carbonés sont, en plus, certains produits de fermentation qui s'accumulent. Mais il existe des processus de transformation avec accumulation de produits carbonés, autres que le gaz carbonique, se déroulant en présence d'air et même l'exigeant. Il en est ainsi de la production d'acide acétique lors de la fabrication du vinaigre. Le terme de fermentation oxydative fut alors employé pour définir ce type de transformation (Lioret, 2012).

L'utilisation des micro-organismes comme agents de fabrication industrielle a conduit les techniciens à donner au terme fermentation un sens beaucoup plus large, à savoir « tout processus au cours duquel est utilisé un micro-organisme spécifique pour produire en culture, dans des conditions données, à partir de matières premières (qui sont des produits agricoles bruts ou des sous-produits de l'industrie alimentaire tels que les mélasses), une substance chimique définie, cette substance ne pouvant être synthétisée par voie chimique ou cette synthèse étant d'un prix de revient trop élevé ». Ainsi la fabrication de la pénicilline, à partir

du *Penicillium notatum*, est-elle considérée, du point de vue technologique, comme une fermentation (Dominguez et al., 2003).

Dans ce qui suit, on ne considérera que deux aspects de la notion de fermentation : le processus catabolique des organismes vivant en anaérobiose; la synthèse biologique industrielle. D'ailleurs, ces aspects se superposent, car des processus anaérobies sont utilisés à des fins industrielles.

2. Fermentation solide

2.1. Définition

La fermentation en milieu solide ou « Solid State Fermentation » (SSF) est généralement définie comme une croissance microbienne sur des particules solides humides, qui jouent le rôle d'un support physique et source de nutriments en l'absence d'eau libre. La quantité d'eau dans cette matrice solide doit être suffisante pour la croissance et le métabolisme des micro-organismes (Mitchell et al., 2002).

Les micro-organismes ne se développent pas seulement sur ou à proximité de la surface de la matière solide, mais aussi elles pénètrent profondément dans les espaces intercellulaires et intracellulaires du support, montrant un contact étroit ou associé (Dominguez et al., 2003). Parmi les différents groupes de microorganismes utilisés dans SSF, les champignons filamenteux, qui sont les espèces les mieux adaptées, indiquées dans plusieurs recherches et applications pratiques. Ceci est dû à leur capacité à croître sur des surfaces de substrats variables et de pénétrer dans les espaces inter-particulaires des substrats solides (Vinięra Gonzalez et Favela-Torres, 2006).

Les facteurs pouvant influencer ce type de fermentation sont : la nature du support et de ses propriétés (taille des particules, capacité de rétention d'eau), les microorganismes (type, taille de l'inoculum et période de culture) et les paramètres physiques (température, oxygène, taux de dégagement de dioxyde de carbone) (Salihu et al., 2012).

2.2. Les types de supports utilisés

Une large gamme de matériaux solides est utilisée dans SSF. Ces matériaux peuvent être classés en deux grandes catégories : les matériaux inertes, qui n'agissent que comme un lieu de fixation pour les microorganismes et matériaux non inertes, qui ne fonctionnent pas, seulement, comme un lieu d'attachement, mais fournissent également des nutriments (Pandey et al., 2000).

Les matériaux inertes, en raison de leur double rôle, sont également nommés soutien-substrat. Ils sont généralement des composés agro-industriels et leurs dérivés tels que l'amidon (riz, pomme de terre, etc.), ou les produits agricoles à base de cellulose (déchets de fruits) ou les céréales et leur produits dérivés (Rodriguez-Couto et Sanroman, 2006).

2.3. Applications

Cette technique a été utilisée depuis des milliers d'années dans les pays orientaux pour la préparation d'aliments traditionnels comme le Tempeh, le Shoyu, le Koji et le Miso (Mahadik et al., 2002) et dans les pays occidentaux pour la production du pain, du yogourt et du fromage (Bellon-Maurel et al., 2003). Actuellement, les applications de la fermentation solide concernent : le compostage, l'ensilage, la bio-filtration de gaz malodorants, la production d'aliments riches en protéines pour l'alimentation animale, la production d'enzymes (amylases, cellulases, xylanases, etc.) et de métabolites (éthanol, acides organique, acide citrique, etc.) (Assamoi et al. 2009).

2.4. Avantages

Les avantages de la fermentation solide sont nombreux. Ce bioprocédé a gagné de plus en plus d'attention, au cours des dernières années, en raison de la possibilité d'utiliser les déchets agro-industriels bon marché comme substrats pour produire plusieurs métabolites (Ul-Haq et al., 2002). En outre, plusieurs études ont démontré que SSF peut conduire à des rendements plus élevés avec une productivité importante et de qualité meilleure par rapport à la fermentation submergée (SMF) (Martins et al., 2011).

Sur le plan technologique, SSF ne nécessite pas d'équipements sophistiqués pour les contrôles permanents des paramètres environnementaux (facultatifs). L'absence d'eau libre permet de réduire le volume des installations de fermentation et les contaminations bactériennes (Pandey et al., 1999). En plus, la non nécessité de stérilisation préalable du substrat réduit considérablement le cout énergétique de la fermentation (Assamoi et al., 2009).

2.5. Inconvénients

Les inconvénients du SSF sont surtout rencontrés dans le Scale-up. En effet, les limitations de ce bioprocédé sont liées principalement au contrôle et la surveillance, à grande échelle, des paramètres directs (température, pH, débit d'air). De plus, ce contrôle est rendu plus difficile à cause de la nature du solide et l'hétérogénéité des substrats (Rodriguez et al., 2006).

Le SSF comporte d'autres limites telles que le choix restreint de microorganismes, le développement des souches dans des conditions d'humidité réduite, l'estimation délicate de biomasse à cause de la difficulté de séparation des microorganismes du substrat, l'accumulation des produits inhibiteurs lors de la fermentation et la difficulté d'extraction des enzymes lipophiles (Assamoi et al., 2009).

3. Fermentation liquide

3.1. Définition

La fermentation liquide ou « Submerged fermentation » (SmF) est une technique dans laquelle les microorganismes sont en suspension dans un milieu liquide contenant des éléments nutritifs dissous ; il s'agit d'utiliser des substrats liquides libres, tels que les mélasses et les bouillons (Colla et al., 2010). Les substrats sont utilisés rapidement par les microorganismes pour produire différentes molécules bioactives (Salihu et al., 2012). Cette technique est mieux adaptée pour les microorganismes qui nécessitent une haute teneur en humidité tels que les bactéries (Subramaniam et Vimala, 2012).

3.2. Applications

La fermentation liquide est une méthode bien établie pour la production de divers composés bioactifs tels que les antibiotiques, les pigments, les enzymes, les agents hypercholestérolémiques, les antioxydants, les antihypertenseurs, les agents antitumoraux, les biosurfactants et les peptides bioactifs (Subramaniam et Vimala, 2012).

3.3. Avantages

La fermentation liquide a été couramment utilisée dans l'industrie biotechnologique et enzymatique au cours des dernières décennies (Wolski et al., 2009). Elle est avantageuse dans le contrôle des paramètres de la fermentation, la récupération facile des métabolites, des mycéliums ou des spores et fournit de bons rendements en enzymes (extraits enzymatiques plus stable) (Sun et Xu, 2009 ; Colla et al., 2010 ; Subramaniam et Vimala, 2012).

3.4. Inconvénients

La fermentation submergée est un procédé séduisant par ses avantages et son rendement élevé. Cependant, il présente certains inconvénients tels que les contaminations microbiennes et le développement naturel, sous forme mycélien, des microorganismes fongiques. Ce dernier provoque une augmentation de la viscosité préjudiciable à la solubilisation de l'oxygène dans le milieu (Sun et Xu, 2009).

4. Principales fermentations et les microorganismes associés

4.1. Fermentation lactique

La fermentation lactique est un processus catabolique ayant comme point de départ la glycolyse. Cette dernière s'effectue dans le cytosol par des enzymes solubles et en anaérobie. Elle conduit à la formation de 2 ATP et 2 NADH, H⁺ et 2 pyruvate. La suite des réaction conduit à la réoxydation du NADH, H⁺ (régénération du NAD⁺) avec la transformation des deux pyruvates en deux lactates pour les bactéries lactiques homofermentaires. Les souches hétérofermentaires, en plus de l'acide lactique, le CO₂ et l'éthanol (ou l'acide acétique) sont formés également comme produits finaux. La différence entre ces deux groupes est détectable par le dégagement de CO₂ (Strom et al., 2005). Il y a fermentation homolactique quand la quantité d'acide lactique est très supérieure (> 80% des sucres fermentés) à celle des autres produits formés (acide acétique, acide formique, éthanol). Ce métabolisme fermentaire est schématisé dans la figure 2.

Certaines bactéries lactiques sont capables d'accomplir des fermentations homo- ou hétérofermentaires, selon le type de sucre qui à leur disposition comme source d'énergie. Dans les milieux pauvres en hexoses, peuvent fermenter les pentoses pour produire de l'acide lactique et l'acide acétique comme produits finaux. Ces bactéries sont qualifiées d'hétérofermentaires facultatives (Axelsson, 2004).

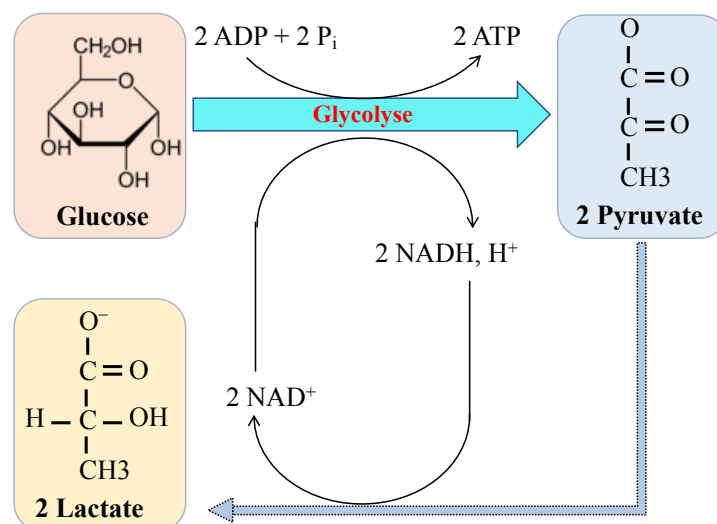


Figure 2. Schéma résumant la dégradation de glucose en acide lactique (Mlouka, 2019)

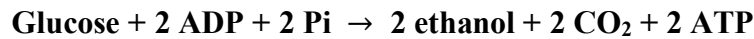
Les principaux genres de bactéries lactiques sont :

- **Lactobacillus** : Principal groupe de la famille des *Lactobacillaceae*, les membres de ce genre sont généralement en forme de bâtonnets (bacilles fines et allongés, parfois incurvés) organisés en chaînettes, bien que des coccobacilles puissent être observés (Siegumfeldt et al., 2000). La température de croissance optimale est principalement entre 30°C et 40°C, bien que la température de croissance globale puisse aller de 2°C à 53°C ; l'intervalle de pH pour la croissance est compris entre 3 et 8 (Givry, 2006).
- **Pediococcus** : Ils sont uniformément sphériques et jamais ovoïdes ou allongées. Ils diffèrent de toutes les autres bactéries lactiques par une division alternée dans deux directions perpendiculaires, ce qui entraîne la formation de tétrades. (Holzapfel and Wood, 2014). Ces bactéries sont facultativement aérobies (microaérophiles) et produisent de l'acide lactique comme principal produit final de la fermentation du glucose par la voie d'Embden-Meyerhof-Parnas. Leur température de croissance optimale, qui dépend de l'espèce, est de 25 à 35 °C (Lahtinen et al., 2012).
- **Enterococcus** : Ce genre comprend des bactéries de forme cocci ou ovoïdes (isolées, en diplocoques ou en courtes chaînes). Certaines souches peuvent révéler un test de catalase positif lorsqu'elles sont cultivées sur des milieux gélosés contenant du sang en raison d'une activité pseudocatalase. Les Entérocoques Chimioorganotrophes avec un métabolisme homofermentaire, ils nécessitent des milieux de culture complexes pour leur croissance. La température optimale de croissance est de 37°C mais de nombreuses espèces peuvent croître à des températures allant de 10°C à 45°C (Al Atya, 2016).
- **Leuconostoc** : Du point de vue morphologique, le groupe est considéré comme composé uniquement d'espèces coccoïdes ou coccobacillaires, disposées en paires ou en chaînes. Leur température optimale de croissance est entre 20°C et 30°C et aucune croissance ne se produit au-dessus de 40°C. Les espèces sont généralement non acidophiles et préfèrent un pH moyen initial entre 6 et 7. Elles sont obligatoirement hétérofermentaires et métabolisent le glucose par la voie des pentoses phosphates, produisant 1 mole d'acide lactique, d'éthanol et de CO₂ et des traces d'acide acétique à partir d'un mole de glucose métabolisé (Endo and Okado, 2008).
- **Oenococcus** : Ce genre est composé de deux espèces, *Oenococcus oeni* et *Oenococcus kitaharae*. *Oenococcus oeni* est l'espèce type du genre, connue pour être un habitant du vin et joue un rôle clé dans la fermentation malolactique (FML). Son isolement dans des habitats autres que le vin n'a pas été signalé (Maitre, 2012).

- **Weissella** : Les espèces de ce genre sont des tiges courtes, avec des extrémités effilées, arrondies ou sous forme ovoïdes. Elles se présentent par paires ou en chaînes courtes et certaines espèces ont tendance au pléomorphisme (capacité à se présenter sous différentes formes). Elles sont hétérofermentaires, les produits finaux de la fermentation du glucose sont l'acide lactique, le CO₂, l'éthanol et/ou l'acétate (Corrieu and Luquet, 2008).
- **Streptococcus** : La seule espèce de streptocoques qui soit utilisée en technologie alimentaire est *Streptococcus thermophilus*. Cette dernière se distingue de la plupart des autres streptocoques par son habitat (lait et produits laitiers), son caractère non pathogène et sa résistance à la température (Guetarni, 2013). Les streptocoques sont sphériques ou ovoïdes, de diamètre inférieur à 2µm, disposées en paires ou en chaînes longues (Boullouf, 2016). Certaines chaînes peuvent contenir 50 unités cellulaires ou plus. Elles sont microaérophiles et homo fermentaires. La teneur molaire en (G + C) de leur ADN varie de 33 % à 46% (Lahtinen et al., 2012).
- **Lactococcus** : Ce genre comprend sept espèces ; *Lactococcus lactis* est l'espèce type car elle est la seule espèce du genre utilisée pour la technologie laitière. Les espèces de ce genre sont des bactéries mésophiles, anaérobies facultatives. Leur température optimale de croissance est de 30°C, et peuvent pousser à 10°C mais pas à 45°C (Bazo, 2011). Morphologiquement les lactocoques sont des cocci de 0.5 à 1.5 µm de diamètre. Retrouvées par paires, en chaînes courtes ou en groupes irréguliers ; la longueur de la chaîne dépend de la souche, et parfois du milieu de croissance utilisé (Tormo, 2010).
- **Bifidobacterium** : Son nom est dérivé du fait que les bactéries apparaissent typiquement comme des tiges bifides, ramifiées ou en forme de Y (Mahmoudi, 2014). La température optimale de développement des souches humaines est comprise entre 36°C et 38°C. En revanche, celle idéale pour les souches animales est légèrement plus élevée, aux environs de 41°C à 43°C et peut atteindre les 46,5°C (Kouame, 2013). Le pH initial optimum de croissance se situe entre 6,5 et 7,0. Aucune croissance ne peut se dérouler en dessous du pH 5,0 et au-delà de pH 8,0 (Euloge, 1992). Les Bifidobactéries sont le plus souvent trouvées dans l'intestin de l'homme et des animaux, au niveau de la cavité buccale et au sein de la flore vaginale (Kouame, 2013).

4.2. Fermentation alcoolique

La fermentation alcoolique est un processus biochimique par lequel des sucres (glucides, principalement le glucose) sont transformés en alcool (éthanol) dans un milieu privé d'air. La fermentation est là pour assurer la continuité de la glycolyse. En effet, de chaque molécule de pyruvate produite par la glycolyse, une molécule de CO_2 est détachée ; on obtient de l'acétylaldéhyde. Ce dernier va être rapidement transformé en éthanol, suite à l'oxydation de NADH , H^+ en NAD^+ (Ousif, 2017). L'équation globale de la transformation du glucose en éthanol peut être résumée ainsi :



Étant donné que la chaîne respiratoire ne fonctionne pas (absence d'oxygène), le pyruvate obtenu par glycolyse est oxydé pour restaurer les accepteurs NAD^+ dans le hyaloplasme. Le passage du pyruvate à l'éthanol se fait en 2 étapes : Le pyruvate est tout d'abord décarboxylé en éthanal puis l'éthanal est réduit en éthanol ce qui permet de réoxyder le NADH , H^+ en NAD^+ . La synthèse d'ATP par couplage ne peut pas se faire ici, seuls les NAD^+ sont régénérés afin que glycolyse et fermentation puissent se poursuivre. Finalement, le bilan en terme d'ATP formé se limite aux 2 ATP issus de la glycolyse, soit un rendement énergétique de 2 % au lieu des 40 % lors de la respiration. Le reste d'énergie se trouve dans les molécules d'éthanol (molécules riche en énergie) (Aubel,1967).

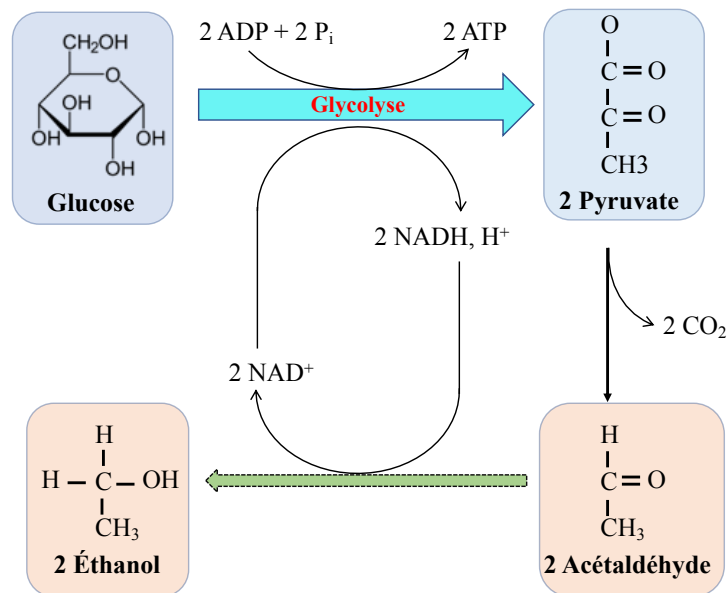
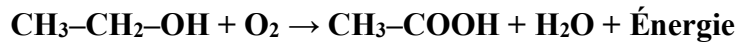


Figure 3. Schéma résumant la dégradation de glucose en éthanol (Moll, 1991).

4.3. Fermentation acétique

La fermentation acétique fait suite à la fermentation alcoolique puisque c'est à partir de l'éthanol qu'on obtient de l'acide acétique. L'acide acétique provient de l'oxydation de l'alcool par l'oxygène de l'air. C'est à Louis Pasteur (1808-1873) que nous devons la découverte de la nature biochimique du processus de la fermentation acétique qui donne de l'acide acétique ou vinaigre. Il a découvert que pour fabriquer un nouveau vinaigre, il suffisait de mélanger du vinaigre à du vin. La réaction de fermentation acétique simplifiée est (Ousif, 2017) :

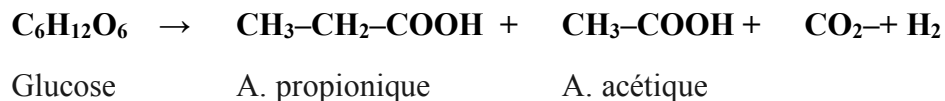


Le processus de fabrication du vinaigre se succède en réalité plusieurs réactions pour former l'acide acétique (Tan, 2005) :

1. Formation de l'acétaldéhyde à partir de l'éthanol catalysé par l'alcool déshydrogénase, formation de 2 protons et 2 électrons.
2. Hydratation de l'acétaldéhyde.
3. Formation de l'acide acétique catalysé par l'aldéhyde déshydrogénase, formation de 2 protons et 2 électrons.
4. Les électrons sont transférés dans la membrane où se trouve un système de transporteur d'électrons (comparable à celui de mitochondries). Le dioxygène est alors réduit en H₂O.

4.4. Fermentation propionique

La fermentation propionique transforme le lactose en acide propanoïque, acide acétique, CO₂ et H₂.



L'acide propanoïque (ou propionique) et l'acide éthanoïque (acétique) sont responsables de la flaveur des fromages à pâte cuite et le gaz carbonique responsable de la formation de trous dans certains fromages (Comté, Gruyère et Emmental). Les bactéries anaérobies qui engendrent ce type de fermentation sont les bactéries propioniques du genre *Propionibacterium*. En cave d'affinage (15 à 24°C), *Propionibacterium freudenreichii* subsp *shermanii* est responsable de la présence d'yeux (trous) caractéristiques des fromages à

- **La chargeensemencé du ferment** : Afin d'obtenir une productivité élevée, c'est à dire accélérer la fermentation, un taux d'ensemencement élevé peut être utilisé (Tome, 1969). **A développer !!!**
- **L'aération** : Une microaération de l'ordre de 0,05 mmHg est nécessaire pour la bonne conduite de la fermentation, elle est utilisée pour la croissance et pour la survie des cellules et pour leurs bonnes conditions physiologiques. Quel que soit la teneur en oxygène, la fermentation peut toujours s'annoncer, en anaérobie total ou en milieu riche en sucre même en excès d'air (Leveau et Bouix ,1982)
- **Le pH** : La fermentation alcoolique s'effectue en milieu acide d'où la nécessité, pour obtenir un bon rendement, d'emmener le moût avant fermentation au pH optimum. Les levures tolèrent des gammes très larges de pH, théoriquement de 2,4 à 8,6. Entre ces valeurs, le pH intracellulaire ne varie que de 5,8 à 6,8 (Manil, 1968).
- **Élimination de l'éthanol** : Bien que d'autres substances puissent être produites en fermentation, l'éthanol constitue le produit majeur ; il est toxique pour les cellules. A partir d'une concentration de 12,50°GL, c'est à dire 100g/l d'alcool, les levures meurent (Weil, 1972).

Chapitre III. Aliments fermentés

1. Produits carnés

1.1. Définition

On appelle « viande » la chair des animaux dont on a coutume de se nourrir, incluant la chair des mammifères, des oiseaux et quelque fois des poissons (Staron, 1979). Selon l'organisation mondiale de la santé animale, la viande désigne toutes les parties comestibles d'un animal et considère le mot « animal », dans ce contexte « tout mammifère ou oiseau ». Dans ce vocabulaire sont incluses la chair des mammifères (Ovin, bovin, caprin, camelin ...) et des oiseaux (poulet, dinde, pintade ...). Mais la qualité de la viande est fonction de l'âge, du sexe, et de la race de l'animal (Fosse, 2003).

1.2. Production

Les techniques de fabrication sont multiples, s'associent parfois et se complètent. Il n'est donc pas facile de classer les viandes fermentées. Le Code des usages de la charcuterie, de la salaison et des conserves de viande définit 16 catégories de produits. La catégorie 2, pièces crues maturées/séchées (ex : jambon cru, de pays), et la catégorie 5, saucisses et saucissons secs, sont celles qui se rapprochent le plus de notre protocole (CTSCCV, 1997).

A la viande, parfois hachée, des sucres, du sel, des nitrates et nitrites sont ajoutés. La fabrication de ces produits s'accompagne d'une maturation qui leur confère leurs qualités sensorielles. Cette étape de fermentation en elle-même a aussi un rôle de stabilisation (préservation) grâce à plusieurs facteurs (Elrammouz, 2005):

- Acidification résultant de la production d'acide lactique par les microorganismes.
- Effet barrière des ferments présents dans la viande qui empêchent d'autres microorganismes, éventuellement pathogènes de se développer.
- Diminution de l'activité de l'eau (A_w) : qui devient limitante en dessous de 0,95 pour certains germes.
- Diminution du potentiel d'oxydoréduction par la consommation d'oxygène par les microorganismes, qui pénalise les microorganismes aérobies.

1.3. Microorganismes impliqués dans la fermentation de la viande

Après l'abattage, le muscle est exempt de microorganismes (la viande d'un animal sain est en principe stérile). On dénombre un germe pour 10 à 100 g de chair ; La contamination bactérienne de la viande a deux origines principales : la flore de l'animal vivant et les contaminations lors de l'abattage ainsi que de la découpe (Bourgeois et Leveau, 1991).

Pour la fermentation des viandes on utilise des starters cultures, ce sont des microorganismes viables ajoutés directement dans la viande et qui améliorent les qualités organoleptiques et hygiéniques. L'ajout de ces starters permet une baisse du pH du produit après fermentation. Le but est de favoriser le développement des microorganismes souhaités, ayant un rôle dans la production d'acides organiques et de composés aromatiques, avec un effet inhibiteur sur les germes indésirables. Les principaux microorganismes de la viande sont (Girard, 1988) :

- **Lactobacilles** : leurs principales caractéristiques sont qu'elles fermentent rapidement les hexoses (voie homofermentaire) et relativement lentement les polyosides, avec un bon effet inhibiteur vis à vis des Gram négatifs principalement et quelques Gram positifs.
- **Microcoques** : nombreux en fin de maturation ; ils participent légèrement à la fermentation (voie homofermentaire), possèdent des capacités protéolytiques et lipolytiques. Ils jouent un rôle primordial dans la formation de la couleur en réduisant les nitrates en nitrites. Le nitrite réagit avec la myoglobine et stabilise les pigments durant la conservation.

On trouve également :

- **Streptocoques** : homofermentaires mais progressivement inhibés par la croissance des lactobacilles lors de la fermentation
- **Entérobactéries** : protéolytiques et acidifiantes, par fermentation « acides-mixtes » donnant naissance à un grand nombre d'acides organiques courts tels que l'acide formique, acétique, lactique, succinique. Elles sont présentes en quantité relativement importante en début de fermentation. Elles disparaissent progressivement au cours de l'étuvage (inhibées par les lactobacilles)
- **Pseudomonas** : protéolytiques et inhibés par les lactobacilles.
- **Levures** : presque toujours présentes en surfaces, elles sont avant tout lipolytiques et conduisent à la formation de composés aromatiques.

- **Moisissures** : leur développement est souvent la conséquence d'accidents de séchage. Pour le saucisson sec, parmi tous les microorganismes présents, les plus dominants sont les lactobacilles et microcoques.

1.4. Exemple de produits fermentés et de leurs technologies de fabrication

1.4.1. Viandes fermentées demi- séchées/séchées

La fermentation est l'une des technologies les plus anciennes utilisées pour la conservation des aliments. Au cours des siècles, elle s'est affinée et diversifiée. Les viandes fermentées peuvent être classées en deux catégories selon leur degré de séchage et leur pH final : les viandes fermentées demi- séchées ou séchées (Vignolo et *al.*, 2010). Quels que soient les produits, il se déroule une fermentation naturelle due au développement d'une flore microbienne qui est fonction de la contamination initiale et des conditions de préparation (Pearson et Gillett, 1999).

- **Les viandes fermentées demi-sèches**

se caractérisent par une fermentation rapide (de plus ou moins 18 heure selon le diamètre du produit) à des températures relativement élevées (entre 32,5 C° et 38,1 C°), et avec une humidité relative (HR) d'environ 90 %. Leur pH final est souvent en dessous de 4,7. Cette valeur peut s'étendre de 4,7 à 5,3 selon le type de produit et les spécifications des fabricants (Girard et *al.*, 1990 ; Baracco et *al.*, 1999).

- **Les viandes fermentées séchées** subissent une fermentation lente de plusieurs jours à des températures relativement élevée (37,8 – 43,3 C°) avec une durée dépassant 24 heure. avant d'être séchées pendant plusieurs semaines. L'activité de l'eau (a_w) du produit passe initialement de 0,96 à 0,51 en fin du séchage (Getty, 2005).

1.4.2. Autres produits

On peut citer certains d'autres produits qui sont également largement consommés :

a. Pastirma

Pastirma ou *basturma* est un produit traditionnel à base de viande, à humidité intermédiaire, fréquemment consommée en Turquie, en Égypte, en Arménie, en Grèce et d'autres pays de la Méditerranée (Öksüztepe et *al.*, 2006). En fait, le terme "*bastirma*" signifie "la viande pressée". En Turquie, la pression est une étape cruciale dans la préparation du produit (Obuz et *al.*, 2012). N'importe quelle partie de la carcasse peut être utilisée pour la préparation de

Pastirma. Cependant, la qualité du produit fini dépend des morceaux utilisés (Aktas et *al.*, 2005).

La méthode traditionnelle de la préparation du *Pastirma* est un long processus qui dure plusieurs semaines. La viande est découpée en longues bandes (5 à 6 cm de longueur et 5 cm d'épaisseur), incisée, puis frottée et recouverte de sel et de nitrate à raison de 2 g de nitrate pour 10 kg de viande. Les bandes sont disposées en tas d'environ 1 m de haut et conservées pendant une journée à une température ambiante. Retournées, salées à nouveau, elles sont remises en tas pour un jour encore. Puis elles sont lavées et séchées à l'air pendant deux à trois jours en été et quinze à vingt jours en hiver. Une fois sèches, elles sont empilées sur une hauteur de 30 cm et pressées avec des poids lourds d'environ une tonne pendant 12 heures. Après une autre période de séchage de deux à trois jours, elles sont à nouveau compressées pendant 12 heures puis remises à sécher à l'air pendant 5 à 10 jours. Toute la surface de la viande est ensuite recouverte d'une couche (3 à 5 mm d'épaisseur) de *çemen*, une pâte composée de 35 % d'ail fraîchement moulu, 20 % de fenugrec, 6 % de paprika rouge, 2 % de moutarde, et 37 % d'eau (Leistner, 2000b ; Obuz et *al.*, 2012).

La viande repose en piles pendant une journée, puis séchée de 5 à 12 jours dans un local bien aéré. La production de *Pastirma* nécessite donc plusieurs semaines mais le produit reste exempt de moisissures pendant des mois à température ambiante, même en été (Bechtel, 2001).

b. *Sucuk/Soudjouk*

Sucuk/ Soudjouk est un produit carné séché, fermenté, très populaire en Turquie et en Egypte (Hwang et *al.*, 2009). Kayaardi et Gok (2003), Kilic (2009) et Kabak ont étudié les nombreux aspects de *Sucuk* traditionnel et les méthodes de fabrication modernes, qui se résument comme décrit dans la figure 4.

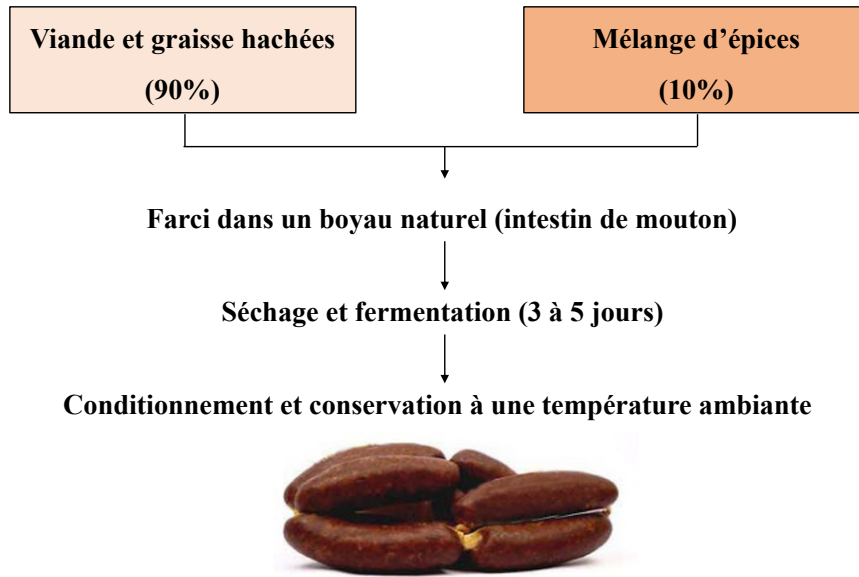


Figure 4. Diagramme de préparation de Sucuk/ Soudjouk (Kilic, 2009).

c. Plats traditionnels à base de poisson ou de crustacés fermentés

Le poisson est un aliment riche en protéines, mais pauvre en glucides. Pour que les fermentations lactiques puissent y avoir lieu, il est donc nécessaire d’y ajouter des sources de glucides, provenant généralement de céréales entières ou sous forme de farine (riz, mil), ou bien de sirop de sucre. Ces préparations sont modérément salées afin de ne pas inhiber la croissance des bactéries lactiques. Comme pour d’autres produits fermentés, les bactéries lactiques induisent une acidification du pH et jouent un rôle dans les arômes développés. Les bactéries proviennent de la flore naturelle présente sur le poisson ou dans les sources de glucides ajoutées, essentiellement *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus sakei*, et *Leuconostic mesenteroides*. Par exemple, le sikhæ est un plat Coréen de colin d’Alaska fermenté additionné de riz ; le balao-balao indonésien se cuisine à partir de crevettes fermentées avec du riz, et se consomme accompagné de salade et d’aubergines (Girard et *al.*, 1990).

À noter que les poissons conservés dans la saumure (anchois, harengs) ou fermentés dans la saumure (nuoc-mam) contiennent des concentrations en sels trop élevées pour le développement de la majorité des bactéries lactiques. Certaines bactéries lactiques halotolérantes (résistant à une concentration élevée en NaCl) peuvent s’y développer, mais leur rôle dans les fermentations n’est pas démontré.

Peu répandus dans les pays occidentaux, il existe toutefois des recettes traditionnelles dans certains pays scandinaves. C’est le cas notamment du surstromming (Figure 5), une

spécialité suédoise à base de hareng fermenté, ou du hakarl, un plat islandais fait de requin fermenté. Dans les pays asiatiques, en revanche, les poissons fermentés sont très répandus et très consommés.



Figure 5. Surströmming ; aliment fermenté à base de hareng.

1.4.3. Composition, caractéristique physico-chimique et nutritionnelle

La composition des viandes fermentées dépend de la matière première. La viande, dont la composition biochimique moyenne est donnée dans la tableau 1, est une denrée alimentaire de haute qualité nutritionnelle (Pearson & Gillet, 1999; Higgs, 2000) pour trois raisons principales :

- son contenu en acides aminés essentiels ;
- sa richesse en vitamines du groupe B et particulièrement la vitamine B12 dont les produits animaux sont la seule source alimentaire ;
- sa richesse en fer héminique, mieux assimilé par l'organisme humain que le fer non héminique présent dans les végétaux.

La composition du muscle est variable entre les animaux et chez un même animal d'un muscle à l'autre (Stetzer et *al.*, 2006).

Tableau 2. Composition biochimique moyenne de la viande rouge (Rosset et *al.*, 1984).

Composants	Eau	Protéines	Lipides	Substances azotées non protéiques	glucides et catabolites	Composés minéraux
Moyennes	75%	15.5%	3%	1.5%	1%	1%

2. Produits laitiers

2.1. Fromages

2.1.1. Définition

La définition «fromages» est préservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenue à partir des matières d'origine exclusivement laitières (lait, lait partiellement ou totalement écrémé, babeurre) (Romain et *al.*, 2007). Les premiers fromages ont été fabriqués dans le but de conserver plus longtemps le lait et de constituer des réserves alimentaires. (Emilie, 2009)

2.1.2. Production

Dans le circuit de fabrication du fromage, après pasteurisation du lait, de la même façon que pour la fabrication de yaourts, celui-ci est caillé par ajout de présure et de ferments lactiques. Il est transféré dans des moules qui diffèrent selon le type de fromage. Le lait, une fois caillé, est séparé du petit lait (c'est la partie liquide issue de la coagulation du lait) ce qui permet de prolonger sa conservation (étape non obligatoire qui se réalise suivant le type de fromage) (Carole, 2002)

Le fromage est un produit sensible qui, lorsqu'il est mal conservé, s'altère prématurément. Emballez toujours le fromage avant de le mettre au réfrigérateur afin qu'il ne dessèche pas. Pour le fromage en morceau, ne coupez pas la croûte, qui constitue une protection efficace contre la moisissure. La meilleure façon de préserver la qualité des fromages à croûte fleurie est de les envelopper dans un film alimentaire ou de les conserver dans une boîte à provisions. Dans le cas des fromages à croûte fleurie comme le camembert ou le roquefort, les moisissures ayant servi à l'affinage ne présentent aucun danger pour la santé. Vous pouvez donc les consommer, même si la face coupée en est recouverte (Silvio, 2009).

Tableau 3. Durées de conservation des fromages (Silvio, 2009)

Le type de fromage	La durée de conservation
fromage à pâte fraîche	quelques jours à deux semaines
fromage à pâte molle	une à trois semaines
fromage à pâte ferme	cinq à sept semaines
fromage à pâte dure	quatre à dix mois

2.1.3. Microorganismes impliqués dans la fermentation de la fromage

Les bactéries lactiques utilisées dans l'industrie fromagère regroupent plusieurs genres dont les principaux sont :

a. *Lactococcus*

Lactococcus est représenté par six espèces (*Lc. garviae*, *Lc. lactis*, *Lc. piscium*, *Lc. plantarum*, *Lc. raffinolacti* et *Lc. xylosus*), trois sous-espèces (*Lc. lactis* ssp. *lactis*, *Lc. lactis* ssp. *cremoris* et *Lc. lactis* ssp. *hordniae*) et un biovar (*Lc. lactis* ssp. *lactis* biovar *diacetylactis*) (Raynaud, 2006). Ces espèces présentent un métabolisme homolactique et sont mésophiles puisque leur température optimale de croissance est aux alentours de 30°C (Casalta et Montel, 2008).

Les souches de *Lactococcus lactis* sont fréquemment utilisées dans la fabrication de produits laitiers et ont pour intérêt une acidification correcte et une génération de saveurs et d'arômes. En fermentant le lait, elles donnent ainsi au produit fini des caractéristiques organoleptiques particulières et permettent une conservation plus longue (Drouault *et al.*, 1999).

b. *Lactobacillus*

Les bactéries appartenant à ce genre sont, des bacilles longs et fins (parfois incurvés) souvent groupés en chaînes, se développant à un optimum de température situé entre 30 et 40°C. Les lactobacilles ont des exigences nutritionnelles très complexes en acides aminés, vitamines, acides gras, nucléotides, en glucides et en minéraux (Khalid et Marth, 1990).

2.1.4. Valeur nutritionnelle des fromages

Le fromage est à la fois un aliment protecteur pour l'adulte et un aliment de croissance pour le jeune, du fait de la présence de protéides de valeur biologique élevée, et du complexe phosphore calcium vitamine. Il est généralement beaucoup mieux accepté que le lait et sa digestion est plus facile (Tremolière *et al.*, 1984). La teneur calorique des différents fromages varie de 100 kcal pour 100 g de fromage frais à 350 kcal environ pour 100 g de fromage à pâte pressée. Avec une teneur en lactose faible, l'essentiel des calories provient des lipides (Dillon et Berthier, 1997).

- **Lipides.** L'onctuosité de la pâte du fromage est de sa teneur en lipides. Lors de la maturation, sous l'influence des lipases microbiennes se forment des acides gras libres par lipolyse. Les lipides du lait (triglycérides, phosphoglycérides, sphingosides) se trouvent dans le fromage sous forme émulsionnée, ce qui les rend digestibles (ECK, 1997).

- **Calcium.** Les plus riches sont les fromages à pâte pressée cuite dans lesquels le rapport Ca/P = 1, les fromages à pâte molle apportent moins de calcium Ca/P = 5 ; Les fromages frais sont les moins minéralisés (Tremoliere *et al.*, 1984).
- **Protéines.** La teneur en acides aminés des protéines des fromages confère à ces produits une valeur biologique extrêmement élevée. De ce fait, ils conviennent tout particulièrement aux sujets en croissance dont les besoins en acides aminés sont élevés que ceux d'adulte (Dillon et Berthier, 2007).
- **Vitamines.** La valeur vitaminique des fromages est différente de celle du lait. Une partie des vitamines hydrosolubles se retrouve au cours de l'égouttage entraînée dans le lactosérum. Le taux de rétention du caillé est de 25 %, celui de la vitamine « C » est de 0 %, en compensation, la microflore bactérienne et fongique réalise la synthèse de plusieurs vitamines du groupe « B » (Tremoliere *et al.*, 1984).

2.2. Yaourts (yoghourts)

2.2.1. Définition

D'après le *Codex Alimentaires*, le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus delbrueckii* sous-espèce *bulgaricus* (*L. Bulgaricus*) et de *Streptococcus salivarius*, sous-espèce *thermophilus* (*S. Thermophilus*) à partir du lait frais ainsi que du lait pasteurisé avec ou sans addition de substances. Les micro-organismes du produit final doivent être viables et abondants.

2.2.2. Fabrication du yaourt

Le yaourt est un lait fermenté, préparé avec des laits écrémés ou stérilisés, éventuellement additionnés de poudre de lait etensemencés avec les deux bactéries lactiques spécifiques citées précédemment. Au terme de la fermentation (à 45°C pendant environ 2 heures), le lait coagulé est devenu un yaourt contenant 100 millions de bactéries vivantes par gramme. C'est l'activité bactérienne qui confère au yaourt son arôme et son goût caractéristiques ainsi que ses qualités nutritionnelles spécifiques (Seydi, 2002)

La date limite de consommation (DLC) de maximum 30 jours après sa fabrication, car il doit rester, au moins, 100 millions (10^7) bactéries vivantes/yaourt (Alain, 2010). Au cours de leur conservation, il y a augmentation de l'acidité et développement possible de moisissures. Une fois ouverts, les yaourts à boire peuvent être consommés dans les trois jours (Emilie, 2009).

2.2.3. Microorganismes impliqués dans la fermentation de la yaourt

a. *Streptococcus thermophilus*

S. thermophilus est un coque à Gram positif, anaérobie facultatif, non mobile. On le trouve dans les laits fermentés et les fromages C'est une bactérie dépourvue d'antigène du groupe D, thermorésistante, sensible au bleu de méthylène (0,1%) et aux antibiotiques. Elle est aussi résistante au chauffage à 60°C pendant 30 minutes. Elle est isolée exclusivement du lait et des produits laitiers sous forme de coques disposés en chaînes de longueurs variables ou par paires. Sa température optimale de croissance varie entre 40 et 50°C et son métabolisme est du type homofermentaire (Alain, 2010).

b. *Lactobacillus bulgaricus*.

L. Bulgaricus est un bacille Gram positif, immobile, aspérule, microaérophile. Il est isolé sous forme de bâtonnets ou de chaînettes. Il possède un métabolisme strictement fermentaire avec production exclusive d'acide lactique comme principal produit final à partir des hexoses de sucres par voie d'Embden Meyerhof. Il est incapable de fermenter les pentoses. *L. bulgaricus* est une bactérie thermophile, très exigeante en calcium et en Magnésium et sa température optimale de croissance est d'environ de 42°C. Cette bactérie a un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptiques et hygiéniques du yaourt (Alain, 2010).

2.2.4. Valeur nutritionnelle des yaourts

Les valeurs nutritionnelles des yaourts sont tout à fait transposables à celles des laits fermentés. En effet, c'est la nature du lait utilisé (entier, demi écrémé ou écrémé) et l'ajout éventuel d'ingrédients qui interviennent sur la composition des produits et non pas le type de ferments (Paccalin J, Galatier, 1986).

Tableau 4. Valeur nutritionnelle de quelques yaourts exprimées pour 100 g de produits (Paccalin et Galatier, 1986).

	Protides (g)	Lipides (g)	Glucides (g)	Calcium (mg)	Apport calorique (kcal)
Yaourt nature au lait entier	4.1	3.5	4.7	151	70
Yaourt aromatisé au lait entier	3.2	3.2	14	130	100
Yaourt aux fruits au lait entier	3.5	2.7	18	130	113
Yaourt nature	4.3	1.1	4.8	173	50
Yaourt Sucré	3.9	0.9	13.4	154	80
Yaourt nature 0% de MG	4.5	0	4.9	150	44
Yaourt sucré 0% de MG	4	0	13.8	151	75
Yaourt à boire sucré	2.9	1.2	12.8	110	72

3. Fermentation de la matière végétale

3.1. Fruits et légumes

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

Pour que la fermentation ait lieu, il faut que toutes les conditions de développement des bactéries lactiques soient réunies. Ainsi, les légumes doivent fournir du sucre, des vitamines du groupe B et des sels minéraux. La fermentation se déroulant en milieu anaérobie, l'oxygène doit être chassé du milieu, pour cela, les légumes sont le plus souvent recouverts d'eau salée. Enfin, la température doit se trouver entre 18 et 22°C en début de fermentation. La fermentation se déroule ensuite en 3 phases :

1. La pré-fermentation, d'une durée de 2-3 jours où de nombreuses espèces de microorganismes se développent, entraînant la décomposition et le ramollissement des légumes.
2. La fermentation, qui débute lorsque les bactéries lactiques prennent le dessus sur les autres microorganismes.
3. Le stockage, lorsque le pH descend en dessous de 4. Les microorganismes indésirables ne sont plus capables de se développer et de nouveaux arômes se révèlent.

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

3.2. Pâte et pain

Le mot pain est défini comme un aliment fait d'une pâte composée essentiellement de farine, d'eau, de sel et de levure de boulanger (ou de levain), pétrie et fermentée puis cuite au four (Larousse, 2007). La panification passe par deux techniques essentielles qui sont la préparation de la pâte et la fermentation panaire.

a. Préparation de la pâte : La pâte est obtenue en mélangeant la farine, l'eau, le sel et la levure. Après pétrissage (20 à 25 minutes) on a une pâte lisse et homogène. Celle-ci est un mélange complexe de plusieurs phases, dont deux sont continues et deux autres discontinues (Alais et Linden, 1987).

b. Fermentation panaire. Lorsqu'elle est incorporée dans une pâte, en premier lieu, la levure (*Saccharomyces cerevisiae*) va assimiler le saccharose, en second lieu, elle fermente le maltose qui provient de l'hydrolyse de l'amidon. Par la suite, maltose est transformé en glucose sous l'action de la maltase (enzyme de la levure). Celui-ci est transformé en alcool puis en gaz carbonique. L'action des enzymes va s'accélérer et il y aura une forte production de gaz carbonique, le pâton va très rapidement prendre du volume. Aux alentours de 50-60°C, la levure va être détruite par la chaleur et va cesser toute activité. Le gaz carbonique va réussir à passer au travers des mailles de la charpente. Celle-ci, composée essentiellement de protéines, va commencer à coaguler, l'empêchant de s'écrouler (Assiedu, 1991)

La principale source de levure (Godon et Guinet 1994) :

- **Fermentation panaire au levain de pâte :** Ce procédé de fermentation panaire, indirect, consiste à ensemercer la pâte d'une fournée avec un morceau de pâte issue de la fournée précédente et que l'on a préalablement fait fermenter. Comme nous l'avons déjà vu, la fermentation panaire au levain est provoquée par des levures de la famille *Saccharomyces cerevisiae* et quelques autres assez mal définies. Ces levures sont aussi appelées levures "sauvages".
- **Fermentation panaire à la levure :** Cette fermentation est réalisée par les levures de la famille *Saccharomyces cerevisiae*, livrées à la boulangerie sous forme industrielle pressée. On distingue le travail sur *Poolish* avec une pré-fermentation (méthode indirecte), le travail direct (incorporation des levures au moment du pétrissage), et le travail mixte.
- **Fermentation panaire au levain et à la levure :** Cette dernière méthode, qu'il ne faut pas confondre avec la méthode au levain de pâte, n'est pratiquement plus utilisée en panification courante. En revanche, elle continue d'être employée pour la fabrication de produits viennois, brioches notamment, ainsi qu'en pâtisserie et de tous les produits à base de pâte fermentée sucrée.

3.3. Facteurs liés à la fabrication du pain :

Facteurs liés à la fabrication du pain peuvent être résumés (Bombal et Chalmin, 1980):

- pH : l'acidité élevée dans la pâte, propre aux fermentations lentes et de longue durée, augmente la dispersion du gluten. Ce qui améliore la conservation,
- Agents de fermentation : le pain obtenu par travail indirect se conserve mieux que le pain obtenu par un travail direct. Mais l'emploi de doses massives de levure favorise le rassissement,
- Étapes de la fabrication : l'emploi d'une eau de coulage trop chaude accélère l'apparition du rassissement. On constatera le même phénomène, lorsque le boulanger omet l'apprêt des pâtons,
- Taille des pains : le rassissement des gros pains est plus lent que celui des pains de petite taille.

Chapitre IV. Produits fermentés traditionnels Algériens

1. Produits laitiers

L'Algérie a une tradition bien établie sur les produits laitiers, transmise d'une génération à une autre, qui a un aspect important de la culture Algérienne. Le lait, abondant durant certains moments de l'année, est facilement périssable et difficile à conserver, surtout dans les zones à climat très chaud. Dans n'importe quelle culture, il a été toujours traité pour augmenter la durabilité et la valeur nutritive pour une consommation domestique et au même temps de permettre la commercialisation du surplus (Bencharif, 2001).

Les femmes algériennes, comme chez toutes les cultures pastorales, s'occupent des travaux ménagers, en plus des activités agricoles et pastorales qui se déroulent à l'intérieur et à l'extérieur de l'habitat rural, comme la collecte et la transformation du lait (Medouni *et al.*, 2005). Comme dans d'autres pays, notamment européens, les fromages, fruits de la culture pastorale, sont l'objet d'une découverte pendant ces dernières années, par les consommateurs. La recherche des saveurs moins standardisées, plus riches et variées contribue à la redécouverte des produits traditionnels, les résultats de technologies basées sur l'expérience du fromager et les conditions environnementales. Les produits qui représentent mieux la culture du fromage algérien sont : *Lben*, *Klila* et *Bouhezza*.

Les méthodes de fabrication sont illustrées dans la figure 2 et le tableau VI montre les valeurs moyennes de quelques paramètres physico-chimiques.

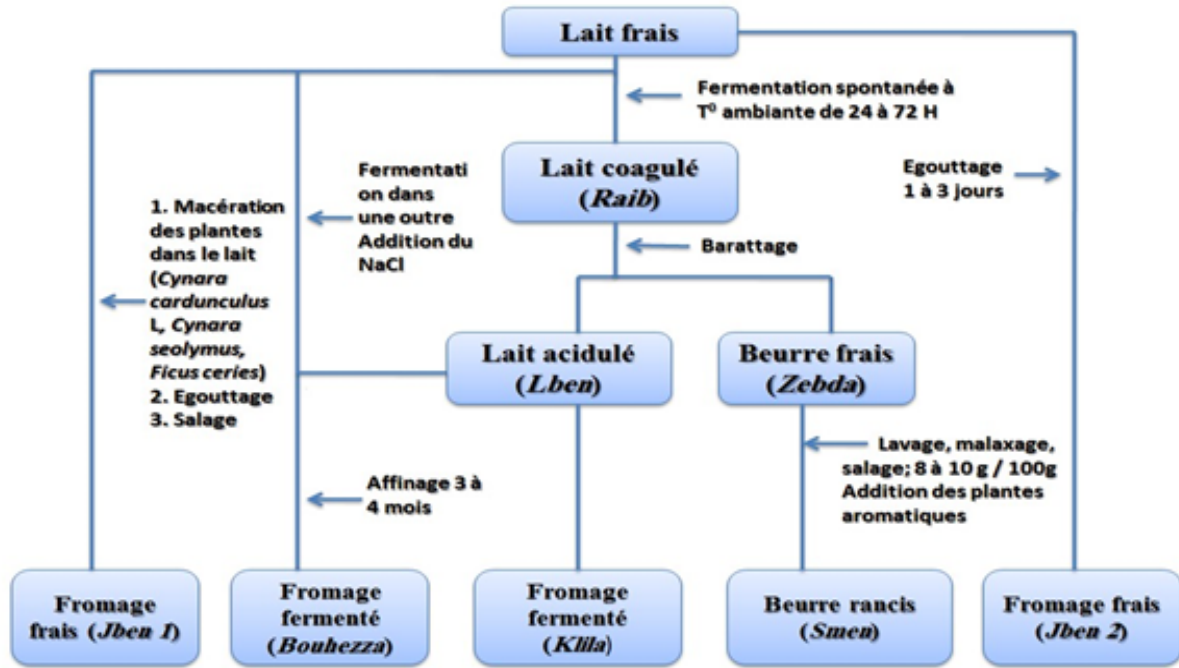


Figure 6. Schéma des méthodes de fabrication des principaux produits laitiers algériens (Lahsaoui, 2009).

1.1. Rayeb

Le Rayeb (ou Raïb) est du lait caillé, traditionnellement obtenu après acidification spontanée à température ambiante de lait cru durant une période variant de 24h à 72h selon la saison. Le Rayeb est consommé tel quel ou transformé, comme montré la figure 2 (Mechai et al., 2014 ; Bendimerad, 2013).

Traditionnellement, la fermentation est associée à des bactéries lactiques mésophiles appartenant aux leuconostocs et aux lactocoques présents naturellement dans les laits crus mis en œuvre. De nos jours, dans les zones urbaines et industriellement, la fermentation spontanée, lente, est remplacée par une fermentation plus rapide par des bactéries lactiques thermophiles apportées sous forme de levains, comme décrit au Moyen-Orient par Guizani et al. (2001) et au Maroc par Benkerroum (2004).

1.2. Leben

Le Leben est l'un des produits très connus de la transformation artisanale du lait en Algérie (Benkerroum et Tammime, 2004). La préparation du Leben débute par la coagulation en Rayeb (pendant 24h à 72h selon la saison), il peut être consommé tel qu'il est ou subir un barattage et un écrémage dans une peau de chèvre ou de brebis appelé "Chekoua" ou "Kerba"

en égypt. La peau de l'animal non fondue est tannée puis confectionnée sous forme de sac imperméable par nouaison des différentes ouvertures, l'ouverture du cou de l'animal constituera le col ou la bouche de la Chekoua (Mechai et al., 2014 ; Aissaoui et al., 2006).

L'écémage est réalisé généralement le matin ; la Chekoua est remplie à moitié puis tendue par gonflement. Ensuite, la Chekoua est bien nouée et secouée vigoureusement durant une demi-heure. La formation des globules gras (beurre) est jugée par le changement du son qui se produit à l'intérieur de la Chekoua pour aider l'agglomération des particules du beurre, L'eau est habituellement ajoutée, chaude ou froide en fonction de la température du lait. Le beurre frais est retiré manuellement en une seule motte appelé Zebda, Zebda baladi ou semnah dans autres pays Le petit lait restant selon ce procédés est appelé Lben. Le même produit est fabriqué dans autres pays est connu sous le nom de Leben Ou Lben (pays du nord d'Afrique et Laban (moyen-orient) (Benkerroum et Tammime, 2004).

Actuellement le barattage traditionnel est remplacé par l'utilisation des mixeurs électriques équipés par des agitateurs et de moteurs, ils prennent l'avantage de la réduction de l'activité physique lors du barattage, ainsi, la facilité du nettoyage Pendant le stockage et après 2 à 3 jours, le Lben s'altère et son acidité augmente, pour éviter son perte ; le produit est chauffé jusqu'à la séparation du lactosérum, La phase aqueuse est séparé et le coagulum séparé, est appelé Klila qui est consommé comme un fromage frais, ou utilisé comme un ingrédient dans les préparations culinaire après découpage et séchage. Au moyen orient le Jameed est un fromage fermenté séché sous forme de boules solides ou autres formes, produit par l'égouttage du petit lait (Lben) préalablement chauffé sur un mousseline, salage et séchage au soleil (Mazahreh et al., 2008).

Le beurre frais est obtenu après barattage du lait fermenté. Occasionnellement, une quantité d'eau tiède (40-50°C) est ajoutée (environ 10%) à la fin du barattage pour favoriser l'agglomération des globules gras et l'augmentation du rendement en Zebda. Lors du barattage mécanisé, les globules gras flottent sur la surface du Lben et sont séparées par une cuillère perforée. Ainsi le beurre frais obtenu a une forte odeur de diacétyle possédant une consistance molle à cause de la forte teneur en eau. L'excès du beurre produit est transformé en beurre rancie (Smen) pour la préservation ; il est lavé dans une eau tiède, puis cette dernière est remplacée par une saumure. Ainsi l'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'une eau claire ; ce qui indique que le beurre est dépourvu du Leben résiduel, pour être salé (8-10g/100g) puis conditionné (Tantaoui-Elaraki et EL-Marrakchi, 1987).

1.3. Smen

Le Smen est un produit laitier fermenté, fabriqué à partir du lait cru entier par des méthodes empiriques basées sur des expériences de l'ancien temps. Le beurre fermier obtenu par barattage du lait fermenté est lavé, salé, malaxé puis conditionné dans des pots en terre cuite fermés hermétiquement et entreposés dans un endroit frais et obscur à température ambiante.

Ce produit très apprécié par les consommateurs pour ses qualités gustatives et diététiques, est utilisé comme additif des produits alimentaires pour remonter le goût et l'arôme de certaines recettes traditionnelles (couscous, poulet ...). Sa propriété d'aliment de forte énergie est exploitée en médecine traditionnelle pour atténuer les douleurs de la sensation du froid qui accompagne la toux, le rhumatisme et le traumatisme osseux (voie orale et massage) (Lahsaoui, 2009).

1.4. Jben

C'est un fromage frais, traditionnel dans l'Algérie. Cette dénomination regroupe des trajectoires technologiques très différentes, aboutissant à des produits aux caractéristiques très variées. Traditionnellement, il y a une étape d'acidification spontanée, à température ambiante, pendant 24 h à 72 h selon la température, comme celle conduisant au Rayeb, comme le montre la figure 02. Traditionnellement, le fromage Jben est fabriqué avec du lait cru de brebis ou de chèvre, acidifié spontanément et coagulé par des enzymes coagulantes d'origine végétale issues des fleurs de cardon (*Cynara cardunculus* L), d'une plante épineuse sauvage (*Cynara humilis*) ou d'artichaut (*Cynara scolymus*), ou du latex de figuier (*Ficus carica*) ou des graines de citrouille (coagulation par voie enzymatique) (Nouani, 2009). Les fleurs entières sont mises à macérer dans le lait. Le végétal est utilisé pour accélérer la coagulation et pour donner un certain goût au fromage. La variété végétale utilisée varie d'une région à l'autre ; elle donne un goût et une texture appréciés par les gens de la région concernée. Le caillé est ensuite égoutté et salé ou non (Bendimerad, 2013).

1.5. Kemaria ou Takemarit

Fromage traditionnel à base de lait de chèvre, la Kemariya ou Takemarit (Berbère) est fabriqué par les femmes selon des procédés traditionnels dans les régions du Sud algérien notamment dans les Wilaya de Ghardaïa et Naâma. Le Kemariya est un fromage utilisé à des fins festives et souvent servi avec du thé. Il est coagulé par des présures végétales et est aussi fabriqué à partir de lait de vache et de chamelle (Nouani et al., 2009).

Il est à noter que le fait de la forte demande de ce fromage, il est de plus en plus produit par des populations maghrébines, selon des processus semi-industriels pour être commercialisé aussi bien sur les marchés traditionnels qu'au niveau de certaines grandes surfaces du Nord algérien (Bendimerad, 2013).

1.6. Bouhezza

En générale une Chekoua est remplie avec du Leben de vache salé (sel de table). Après égouttage de la Chekoua, des ajouts successifs du Leben sont effectués. La fréquence de ces ajouts dépend essentiellement de la disponibilité du Leben et de la vitesse de l'égouttage. A la fin de la fabrication, des quantités du lait cru de vache sont ajoutés, puis le fromage est récupéré. Avant la consommation, Bouhezza peut être assaisonné par l'addition de piment rouge (connu sous le nom de "kalb el serdouk") (Saoudi, 2012).

Bouhezza a un taux d'extrait sec proche de 36 % et un taux de Gras/Sec d'environ 30%. Selon la classification du codex alimentaire, la teneur en eau dans le fromage dégraissé donne une valeur de 71,9 %, ce qui le classe dans la catégorie des pâtes molles. De ce fait, le fromage est mi- gras. Le fromage Bouhezza a un bas pH, une acidité lactique de 2 % et une teneur en sel de 2.3 % dans la matière humide. Le taux de maturation du fromage est assez important, alors c'est un fromage affiné (Aissaoui et al., 2006).

1.7. Klila

En Algérie, la Klila est un fromage traditionnel populaire à la campagne, il est fabriqué à partir du lait cru de vache ou de brebis non pasteurisé. Ce fromage est fabriqué par la conservation du lait dans des pots propres non stériles à la température ambiante (généralement à 2 jours) pour avoir après un gout acide. Le lait acide appelé "Raib", est baraté dans une peau de chèvre spéciale durant 2 à 3 heures, puis l'eau est additionnée pour séparer le beurre qui va être après collectée. Après chauffage du lait écrémé appelé "Lben" pendant 15 min à 40-50 C0, le petit-lait est séparé du fromage par filtration à travers d'une mousseline "Chache". Le fromage est consommé sous cette forme ou bien séché sous le soleil pour une longue conservation (Mahamedi et al., 2015 ; Mechai et al., 2014 ; Boubekri et Ohta, 1996).

La fermentation de la Klila, comme beaucoup de processus de fermentation de produits traditionnels, est spontanée, non contrôlée et implique beaucoup de micro-organismes d'aliments qui sont influencés par les conditions environnementales de l'endroit où le fromage est fabriqué (Boubekri et Ohta, 1996).

1.8. Autres préparations

À côté des produits cités précédemment, il existe des préparations locales moins connues au grand qui sont circonscrites à certaines régions de l'Algérie (Kabylie, Hoggar, Aurèsetc) :

1. **Ighounane** : un fromage fabriqué en Kabylie à partir du colostrum (premier lait de vache venant de mettre bas), la préparation d'Ighounane se fait dans des ustensiles en terre cuite enduits d'huile d'olive dans lesquels est versée une petite quantité d'eau salée, puis le lait est chauffé et coagulé. Le caillé formé est découpé puis consommé tel quel.
2. **Takammart** : littéralement "Fromage" en langue Tamahaq (Touareg), le Takammart est un fromage de la région désertique du Hoggar (Tamanrasset) il est produit par l'introduction d'un morceau de caillette de jeunes chevreaux dans le lait de chèvre. Le caillé obtenu est retiré à l'aide d'une louche et déposé en petits tas sur une natte, il est ensuite pétri pour évacuer le sérum puis déposé sur une natte à base de tiges de fenouil qui lui transmet un arôme particulier. Les nattes sont, par la suite, exposées au soleil durant deux jours puis placées à l'ombre jusqu'au durcissement du fromage.
3. **Ibakhbakhane** : Originaire de la région des Aurès, l'Ibakhbakhane est produit à partir d'une mixture de Frik d'orge (Marmaz) et de L'ben soumis à une fermentation à des températures inférieures à 20 °C par immersion dans un puits pendant 2 à 5 jours.
4. **Imadhghass** : Produit dans la région des Aurès, l'Imadhghass est produit à partir d'une mixture de Klila fraîche et de lait frais. Le produit est consommé comme un dessert.
5. **Adhghass** : Produit dans la région des Aurès, l'Adhghass est fabriqué à partir d'un mélange de colostrum et d'œufs qui est ensuite cuit.
6. **Aghoughlou** : Fromage fabriqué en Kabylie, il est obtenu à partir de lait frais de vache ou de chèvre coagulé par la sève du figuier.

1.9. Caractéristiques chimiques microbiologiques

Le tableau suivant montre quelques paramètres physico-chimiques de quelques produits traditionnels algériens.

Tableau VI.

Tableau 5. Valeurs moyennes des paramètres chimiques (g/100g) des principaux produits laitiers traditionnels en Algérie

	Leben	Bouhezza	Klila	Smen
Humidité	90.80	64.24	12.53	14
PH	4.20	4.00	4.71	ND
Acidité (°D)	60	20.80	42.24	ND
NaCL	0.08	3.00	0.51	1.5
Lactose	2.14	ND	ND	1.2
Protéines	1.93	0.08	53.85	3.2
Matière grasse	0.20	30.20	13.84	81
Références	Boubekri et <i>al.</i> 1984	Aissaoui et <i>al.</i> 2006	Boubekri et Ohta, 1996	Boubekri et <i>al.</i> 1984

ND - non déterminé

Le tableau 6 illustre quelques données sur les microorganismes existant dans quelques produits laitiers algériens et dans d'autres similaires.

Tableau 6. Principaux microorganismes caractéristiques de quelques produits laitiers fermentés en Algérie et produits similaire.

		Lben	Klila	Bouhezza
Bactéries lactiques	<i>Lactococcus</i>	<i>L. lactis, ssp cremoris et diacetyllactis</i>	(+)	(+)
	<i>Leuconotoc</i>	<i>L. mesenteroïdes</i>	(+) <i>P. acidilactisi</i>	ND
	<i>Lactobacillus</i>	(-)	<i>L. confusus</i>	(+)
	<i>Enterococcus</i>	ND	<i>E. faecalis, E. faecum</i>	ND
Levure		ND	ND	(+)
Références		Harrati (1974)	Boubekri et Ohta (1996)	Aissaoui <i>et al.</i> (2006)

ND - non déterminé

2. Les céréales

2.1. Blé fermenté

En Algérie, le blé était historiquement conservé dans des silos souterrains appelés matmor (figure 7 C). Suite à l'infiltration accidentelle des eaux de précipitation dans le

matmor, les grains de blé humidifiés ou inondés, en périphérie et en profondeur du silo, subissent une fermentation spontanée. La présence d'humidité, de température non contrôlée et l'absence d'air crée dans le matmor, engendrent les phénomènes de fermentation d'origine microbienne qui peuvent durer plusieurs années (\leq neuf années). Le goût du blé fermenté est alors découvert et entré dans les habitudes alimentaires pour la fabrication de pain de blé fermenté ou de couscous lemzeiet, elmechroub ou encore hamoum (Mokhtari, 2012). Ce blé est caractérisé par une variété de saveurs, de textures et d'arômes particuliers très convoités par les consommateurs des régions spécifiques (Bekhouche et al., 2013).

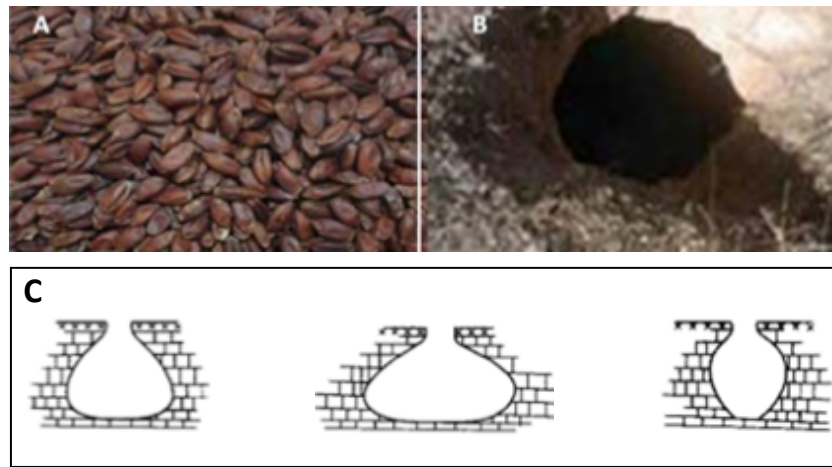


Figure 7. Blé fermenté (A) et ouverture du matmor (B) (Bekhouche et al., 2013) et les formes typiques du matmor (C) (Bartali, 1987)

2.2. Microorganismes impliqués dans la fermentation de blé

Divers composés sont formés dans la fermentation des céréales par la dégradation de l'amidon, des protéines et des lipides. Les métabolites générés par les activités enzymatiques d'origine endogène et microbienne, affectent les propriétés organoleptiques des produits finaux. La majorité de la littérature s'est intéressée au rôle des BL dans cette transformation compte tenu de leur prédominance dans les aliments fermentés à base de céréales (Mehta et al., 2012).

2.3. Valeur nutritionnelle de blé fermenté

Le microbiote des céréales fermentées est en mesure d'améliorer le contenu et la biodisponibilité d'un certain nombre de vitamines, notamment les vitamines du groupe B ; thiamine (B1), riboflavine (B2), acide pantothénique (B5), pyridoxal (B6), biotine (B7) et cyanocobalamine (B12). En effet, Ekıncı, (2005) a rapporté une augmentation significative des vitamines B2, niacin, B5, acides ascorbique et folique dans le tarhana, un aliment

fermenté à base de céréales d'origine turque. La fermentation fournit aussi des conditions de pH optimales pour la dégradation enzymatique des phytates présentes dans les céréales et formant des complexes avec les protéines et les cations tels que le fer polyvalent, le zinc, le calcium, le magnésium. Une telle réduction des phytates peut augmenter les quantités de fer soluble, de zinc et de calcium de façon significative (Kamal-Eldin, 2012b).

CONCLUSION

Il nous semble important de préciser que ce travail a été suite d'une modification d'une thématique qu'a été définie par notre promoteur sur « Contrôle de l'efficacité des nettoyage des équipements de production au sein de Tchén-Lait Candia de Sétif ». Tchén-Lait Candia de Sétif, comme d'autres entreprises, a subi les conséquences de la pandémie du corona virus (COVID-19). Cette situation inattendue nous a empêché d'accéder à l'entreprise et d'entamer notre stage sur la thématique de départ. Cette situation délicate nous a poussé à réaliser thème sur « état l'art sur la fermentation » en l'occurrence le présent travail. Ce dernier a été commencé qu'à la deuxième semaine du mois de septembre.

Les conclusions du présent état de l'art :

- La fermentation est l'une des méthodes de conservation les plus efficace ; elle a pour objectif de produire des aliments disponibles dans l'espace et dans le temps pour rendre possible la consommation du frais à tout moment et hors de leur saison.
- La plus part des produits fermentés sont préparés à l'artisanat ou bien traditionnellement à partir d'un matière première (lait, viandes ,céréales , fruits et légumes) parfois utilisés à l'état frais, parfois on ajoute du sel, de l'ail, du persil....soit pour améliorer le gout ou bien pour la conservation.
- Malheureusement les produits alimentaires fermentés traditionnels algérienne ne sont pas très connu chez le grand public des consommateurs et la plus part ne sont pas commercialisés au marché national, malgré que le marché algérienne a besoin de ce type nouveau de produits.
- Enfin, nous avons dû acquérir un bagage scientifique complet sur la conservation des aliments par la fermentation. Par ailleurs, il a fallu faire face à une problématique imposée ; nous n'avons pas beaucoup d'informations précises ou bien on a pas trouvé assez de travaux de recherches sur ce sujet. L'une des raison suspectées est que la production de la majorité de ces produits restent jusqu'à maintenant à l'échelle artisanal ou traditionnel.

RÉFÉRENCES

- Aissaoui, O., Zitoun, M., & Zidoune, N. (2006).** Le fromage traditionnel algérien «Bouhezza». *Séminaire d'animation régional. Technologie douce et procédés de séparation au service de la qualité et de l'innocuité des aliments. INSAT-Tunis, Tunisie.*
- Aktas N., Aksu M.I. & Kaya M., (2005).** Changes in myofibrillar proteins during processing of *Pastirma* (Turkish dry meat product) produced with commercial starter cultures. *Food Chemistry* 90, 649–654.
- Al Atya, A., Kh. (2016).** Recherche et caractérisation de nouveaux peptides antimicrobiens à partir de bactéries lactiques isolées de méconium, Thèse de Doctorat, Spécialité : Ingénierie des fonctions biologiques, Université de Lille 1, p.12, 14.
- Alais, C et Linden, G., (1987).** Biochimie alimentaire, Ed. Masson, Paris : 120 pp.
- Alexandra L., (2001).** La conservation des aliments tout on jeu. Savoir scientifique.
- Angont J., (2010)** durée de vie microbiologique des aliments .
- Anonyme., (2012).** La fabrication du pain, <http://fairesonpain.free.fr>, 32 pp. Consulté le 11/08/ 2020.
- Assamoi, A.A., Destain, J. et Thonart, P. (2009).** Aspects microbiologiques de la production par fermentation solide des endo- β -1,4-xylanases de moisissures : le cas de *Penicillium canescens*. *Biotech. Agron. Soc. Env.* 13 (2): 271-280.
- Assamoi A.A., Destain J., Thonart P., (2009).** Aspects microbiologiques de la production par fermentation solide des endo- β -1,4-xylanases de moisissures : le cas de *Penicillium canescens*. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 13(2); 281–294.
- Assamoi, A.A., Destain, J. et Thonart, P. (2009).** Aspects microbiologiques de la production par fermentation solide des endo- β -1,4-xylanases de moisissures : le cas de *Penicillium canescens*. *Biotech. Agron. Soc. Env.* 13 (2): 271-280.
- Assiedu, JJ.,(1991).** Les transformations des produits agricoles en zone tropicale, approche technologique, France : 335pp.
- Bazo, M. (2011).** Recherche des Effets de l'Activité Antibactérienne des Bactéries Lactiques sur le *Staphylococcus aureus* Résistant à la Méthicilline (SARM), Mémoire Présenté comme Exigence Partielle de la Maîtrise en Biologie, Université du Québec, Montréal, p.6.
- Bellon-Maurel, V., Orliac, O. et Christen, P. (2003).** Sensors and measurements in solid state fermentation: a review. *Proc. Bioch.* 38: 881–896.

- Benner Jr., R.A., 2014.** Organisms of concern but not foodborne or confirmed foodborne: spoilage microorganisms. Volume 2: hazards and diseases. In: Motarjemi, Y., Moy, J., Todd, E. (Eds.), *Encyclopedia of Food Safety*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 245-250.
- Bernard A. ; Carlier H. (1992)** - *Aspects nutritionnels des constituants des aliments. Influence des technologies*. Les cahiers de l'ENSBANA - 1992. Tec Doc LAVOISIER, PARIS.
- Berlinet C., 2006.** Etude de l'influence de l'emballage et de la matrice sur la qualité du jus d'orange. Thèse de DOCTORAT. Agro Paris Tech. P224.
- Beldjoudi Y., Hamoudi M. (2006).** Essai de formulation d'un nectar à base de concentré de jus d'orange ,de carotte ,de tomate et de concombre .Mémoire d'ingénieur, INA, Alger. PP34.
- Bechtel P.J., (2001).** Snack foods of animal origin. In: Lusas EW, Rooney LW, editors. *Snack food processing*. Boca Raton, Fla.: CRC. p 421–38.
- Blackburn, Cde W., 2006.** Introduction. In: Blackburn, C. de W. (Ed.), *Food Spoilage Microorganisms*. Woodhead, Cambridge, pp. xvii-xxiii.
- Bombal J., Chalmin P., (1980).** Que sais-je ? L'agro-alimentaire Paris : Presse Universitaire de France,1980 - 127 p.
- Bondi, M., Messi, P., Halami, P.M., Papadopoulou, C., de Niederhausern, S., 2014.** Emerging microbial concerns in food safety and new control measures. *Biomed. Res. Int.* 2014, Article ID 251512.
- Boubekri, K., & Ohta, Y. (1996).** Identification of lactic acid bacteria from Algerian traditional cheese, El-Klila. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 70(4), 501-505.
- Bourgeois C.M. et Leveau J.Y. (1991).** Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires, collection sciences et techniques agroalimentaire, volume 3.
- Brandelli, A., 2015.** Nanobiotechnology strategies for delivery of antimicrobials in agriculture and food. In: Rai, M., Ribeiro, C., Mattoso, L., Duran, N. (Eds.), *Nanotechnologies in Food and Agriculture*. Springer, New York, NY, pp. 119-139.
- Branger A., 2007.** *Microbiochimie et alimentation*. Educagri éditions. Chapitre 3 : Dynamique et flux cellulaire, 52-53.

- Blog Agroalimentaire, (2015).** Les aliments fermentés [en ligne]. Disponible sur : <http://www.blogagroalimentaire.com/aliments-fermentes/>. [Consulté le 03/11/15].
- Bulut, L., and Kilic, M. (2009).** Kinetics of hydroxymethylfurfural accumulation and color change in honey during storage in relation to moisture content. *Journal of Food Processing and Preservation* **33**, 22-32.
- Carole L.,(2007).** Les ensilages butyriques dans mon silo. 31 e Symposium sur les bovins laitiers 13 Pages.
- Casalta E et Montel MC. (2008).** Safety assessment of dairy microorganisms : The *Lactococcus* genus. *International Journal of Food Microbiology*. 126, 271-273.
- Centre Technique de la Salaison de la Charcuterie et des Conserves de Viande (CTSCCV) ,(1997).** Code des usages de la charcuterie, de la salaison et des conserves de viande. 2, 6-8.
- Cherry, J. P. 1999.** Improving the safety of fresh produced with anti-microbials. *Food Technol.* 53(11): 54–59.
- Chisari, M., Barbagallo, R. N., and Spagna, G. (2007).** Characterization and role of polyphenol oxidase and peroxidase in browning of fresh-cut melon. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56**, 132-138.
- Colla, L., Rizzardi, J., Pinto, M., Reinehr, C., Bertolin, T. et Vieira- Costa, J. (2010).** Simultaneous production of lipases and biosurfactants by submerged and solid-state bioprocesses. *Bioresour. Tech.* 101: 8308–14.
- Corrieu, G., Luquet, F., M. (2008).** Bactéries Lactiques, de la Génétique aux Ferments, Collection « Sciences et Techniques Agroalimentaires », 2ème éditions, p.83.
- Corlien H. , (2005).** La conservation du poisson et de la viande. *FonctionAgromisa*. WageningenAgrodok 12.ISBN :90-9573-033-3.P6-8-14-15.
- Corrieu G, François-Marie LUQUET., (2008),** *Bactéries lactiques : De la génétique aux ferments*. Eds. TEC et DOC, Paris. P 872.
- Dominguez, A., Costas, M., Longo, M. A. et Sanromán, A. (2003).** A novel application of solid state culture: production of lipases by *Yarrowia lipolytica*. *Biotech. Lett.* 25: 1225-1229.
- Darinmou, (2000).** Conseil pour le consommateur. Laboratoire darinmoub. Site [darinmoub.com /conseils.pdf](http://darinmoub.com/conseils.pdf). Consulté le 03/08/2020.

- Djiouda T., (2010)** Amélioration de la conservation de la mangue 4^{ème} gamme par application de traitement . thermiques et utilisation d'une conservation sous atmosphère modifiée . thèse présentée pour obtenir le grade de docteur de l'université d'Avignon et des pays de vaucluse . spécialité :sciences agronomiques . Montpellier .Université d'Avignon .
- Drouault S, Corthier G, Ehrlich DS et Renault P. (1999).** Survival physiology and lysis of *Lactococcus lactis* in the digestive tract. *Applied and Environmental Microbiology*. 65,4881-4886.
- Endo, A. & Okada, S. (2008).** Reclassification of the genus *Leuconostoc* and proposals of *Fructobacillus fructosus* gen. nov., comb. nov., *Fructobacillus durionis* comb. nov., *Fructobacillus ficulneus* comb. nov. and *Fructobacillus pseudoficulneus* comb. nov. *Int.J. Syst. Evol. Microbiol* 58: 2195–205.
- Fosse J.A.S., (2003).** Les dangers pour l'homme liés à la consommation des viandes. Evaluation de l'utilisation des moyens de maîtrise en abattoir. Thèse de l'Ecole nationale vétérinaire de NANTES. p24-46.
- Getty K.K., (2005).** Dry and Semi-Dry Fermented and Direct Acidified Sausage Validation. Pork Information Gateway, p7.
- Girard J.P. (1988).** Technologie de la viande et des produits carnés. Technique et documentation – Lavoisier, Paris, 280p.
- Givry S., (2006).** Optimisation de Procédés de Fermentation Lactique sur Sirop de Son de Blé, Thèse de Doctorat, Spécialité : Microbiologie Industrielle, Université de Reims Champagne.
- Godon B., Guinet R.,(1994).** La panification française Paris : Tec & Doc - Lavoisier, 1994 - 521 p.
- Gould, G. W. 1995.** In: *New Methods of Food Preservation*. Gould, G. W., Ed. Blackie Academic and Professional, Glasgow).
- Guetarni, H. (2013).** Effets Antibactériens des Bactéries Lactiques Isolées à Partir des Laites Crus Algériens sur la Croissance de *Helicobacter pylori*, Thèse de Doctorat en Microbiologie Alimentaire et Industrielle, Université d'Oran Es-Sénia, p.39.
- Guiraud J. P. (2003)** Microbiologie alimentaire. ed., Dunod, Paris.
- Guy L Elizabeth V., (2007).** Microbiologie et toxicologie des aliments. Hygiène et sécurité alimentaires. Doin éditeur, Centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine, 4^{ème} édition.

- Holzappel, W.H., Wood, B. J. B. (2014).** Lactic Acid Bacteria, Biodiversity and taxonomy, whiley blackwell, 632p.
- Howell, K., 2016.** Spoilage: yeast spoilage of food and beverages. In: Caballero, B., Finglas, P.M., Toldra, F. (Eds.), *Encyclopedia of Food and Health*, vol. 5. Academic Press, Oxford, pp. 113-117.
- Hwang C.A, Porto-Fett A.C.S., Juneja V.K., Ingham S.C., Ingham B.H. & Luchansky J.B., (2009).** Modeling the survival of *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella* Typhimurium during fermentation, drying, and storage of *Soudjouk* -style fermented sausage. *Int J Food Microbiol* 129:244–52.
- Jean-Pierre D., (2000)** .La conservation des aliments. Lycée de Métiers de l'hôtellerie et du Tourisme. Alexandre Dumas Strasbourg-Illich.
- Kabak B. & Dobson A.D.W., (2011).** An introduction to the traditional fermented foods and beverages of Turkey. *Critical Reviews in FoodScience and Nutrition* 51, 248–260.
- Kayaardı S. & Gok V., (2003).** Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish soudjouk (sucuk). *Meat Sci* 66:249–57. Kayser FH. 2003. Safety aspects of enterococci from the medical point of view. *Int J Food Microbiol* 88:255–62.
- Kilic B., (2009).** Current trends in traditional Turkish meat products and cuisine. *Food Science and Technology* 42, 1581–1589.
- Kouame, S. S. M. (2013).** Contribution à la gestion des risques de contamination microbienne et diversité génotypique des espèces du genre *Bifidobacterium* isolées de la chaîne de production du lait local d'Abidjan, Thèse de Doctorat en Sciences et Technologie des Aliments, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, p.31 – 36.
- Kreyenschmidt, J., Ibal, R., 2012.** Modeling shelf life using microbial indicators. In: Nicoli, M.C. (Ed.), *Shelf Life Assessment of Food*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 127-168.
- Lioret, C.,(2012).** « Fermentations », *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 4 septembre 2020. URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/fermentations/>
- Lahtinen, S., Ouwehand, A. C., Salminen, S., Vonwright, A. (2012).** Lactic Acid Bacteria, Microbiological and Functionnal Aspects, Fourth edition, p. 18-33, 77.
- Lahtinen, S., Ouwehand, A. C., Salminen, S., Vonwright, A. (2012).** Lactic Acid Bacteria, Microbiological and Functionnal Aspects, Fourth edition, p. 18-33, 77.

- Euloge, P., B. (1992).** Action Comparée sur la Flore Intestinale de Trois Laits Fermentés au Bifidobacterium. Evaluation des Propriétés Probiotiques et du Comportement de la Souche BB 536 de Bifidobacterium longum chez l'homme, Thèse de Doctorat, Université Nancy I, France, p.5.
- Leveau J.X et Bouix M. (1982).** "Cinétique microbienne" In Scriban R. Biotechnologie; PARIS techniques et documentation LAVOISIER.
- Lahsaoui, S. (2009).** Étude du procédé de fabrication d'un produit laitier traditionnel Algérien (Kilila)' (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat: Science Agronomie, université de Batna (Algérie)).
- Nouani, A. (2009).** Recherche de succédanés de la présure traditionnelle utilisés dans la coagulation du lait (Doctoral dissertation).
- Nout R., Honnhoniganj D., Boekelt V. (2003)** Les aliments: Transformation. Conservation et Qualité. ed., CTA, Germany, pp 37-42, 109-119, 134-261.
- Nout R., Honnhonigan J-D., Boekel T-V. (2003).** Les aliments :Transformation,
- Larousse (2007).** Dictionnaire du français vivant. Eds TEC et DOC, Paris. 950 pp.
- Leistner L., (2000).** Use of combined preservative factors in food of developing countries. In: Lund BM, Baird-Parker TC, Gould GW, editors. The microbiological safety and food quality. Gaithersburg, MD: Aspen Publication. p 294–314.
- Machiels, D., and Istasse, L. (2002).** La réaction de Maillard: importance et applications en chimie des aliments. *Ann. Méd. Vét* 146, 347-352.
- Mahadik, N.D., Puntambekar, U. S., Bastawde, K. B., Khire, J. M. et Gokhale, D. V. (2002)** Production of acidic lipase by *Aspergillus niger* in solid state Fermentation. *Proc. Bioch.* 38: 715-721.
- Mahmoudi, F. (2014).** Les substances antimicrobiennes produites par les Bifidobacterium et leurs effets sur les bactéries entéropathogènes, Thèse de Doctorat, option : Contrôle microbiologique et hygiène alimentaire, Université d'Oran, p. 29, 32.
- Manil, P. (1968).** "L'utilisation des microbes" Collection QSJ N°1322.Presse universitaire de France.
- Maitre, M. (2012).** Le Chaperon Moléculaire Lo18 de *Oenococcus oeni* : Caractérisation de ses Activités en lien avec sa Plasticité Oligomérique, Thèse de Doctorat, Spécialité : Microbiologie, Université de Bourgogne, p.10.

- Marie C.J., (2008).** Origine et diversité des clostridies dans la chaîne de production du lait. Mémoire UNIVERSITÉ LAVAL QUÉBEC, CANADA 108 Pages.
- Martins, S., Mussatto, S.I., Martínez-Avila, G., Montañez-Saenz, J., Aguilar, C.N. et Teixeira, J.A. (2011).** Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by solid-state fermentation. *Biotech. Adv.* 29: 365–373.
- Mazahreh, Ayman & Al-Shawabkeh, Ali & Quasem, Jihad. (2008).** Evaluation of the Chemical and Sensory Attributes of Solar and Freeze-Dried Jameed Produced from Cow and Sheep Milk with the Addition of Carrageenan Mix to the Jameed Paste. *American Journal of Agricultural and Biological Science.* 3. 10.3844/ajabssp.2008.627.632.
- Mazliak, P.,(2015).** Encyclopædia Universalis : « FERMENTATIONS - (repères chronologiques)», [en ligne]. Disponible sur : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/fermentations-reperes-chronologiques/>. [Consulté le 20/09/20].
- Mitchell, D.A., Berovic, M. et Krieger, N. (2002).** Overview of solid state bioprocessing. *Biotech. Annu. Rev.* 8: 183–225.
- Moll M. (1991).** Bières et coolers. Eds. Lavoisier Tec. Et doc. P1991.
- Oucif, K .(2017),** Mise en valeur des dérivés de dattes de la région d'Oued Souf pour la production de bioéthanol-, Université Kasdi Merbah Ouargla-, Faculté des Mathématiques et des Sciences de la Matière Département de chimie-, 2017.
- Obuz E., Akkaya L. & Gö k V., (2012).** Turkish *Pastirma*: a dry-cured beef product. In: Hui YH, Evranuz O` E, editors. *Handbook of animal-based fermented food and beverage technology.* 2nd ed. Boca Raton, Fl.: CRC Press, p 637- 46.
- Pandey A., Selvakumar P., Soccol C.R., Nigam P., 1999.** Solid-state fermentation for the production of industrial enzymes. *Curr. Sci.*, 77; 149–62.
- Pandey, A., Soccol, C.R. et Mitchell, D. (2000).** New developments in solid state fermentation: I-bioprocesses and products. *Proc. Bioch.* 35: 1153–1169.
- Paccalin J, Galatier M., (1986).** Valeur nutritionnelle du lait et des produits laitiers technique et documentation- LAVOISIER, Tome 3, pp 93- 124.
- Pasteur, L., (1864).** Mémoire sur la fermentation alcoolique. *Annales scientifiques de l'E.N.S.* 1ère série, tome 1, 113-158.
- Pearson A.M. & Gillett T.A., (1999).** *Processed Meats*, 3rd edn. Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, Maryland.

- Pessione E, Cirrincione S (2016):** “Bioactive Molecules Released in Food by Lactic Acid Bacteria : Encrypted Peptides and Biogenic Amines” *Front Microbiol*, 2016 Juin 9;7:876. doi: 10.3389/fmicb.2016.00876. eCollection 2016.
- Rahman, M. S. 1999.** Purpose of food preservation and processing. In: *Handbook of Food Preservation*. Rahman, M. S., Ed. Marcel Dekker, New York. pp. 1–9.
- Ramet, J.P, (1985) :** fabrication et caractérisation d’un fromage traditionnel Algérien « Bouhezza ».
- Raynaud S. (2006).** Régulation métabolique et transcriptionnelle de l’autoacidification chez *Lactococcus lactis*. Thèse de Doctorat de Microbiologie et Biocatalyse Industrielle. Université de Toulouse. Institut national des sciences appliquées. France. 272p.
- Rivas, N. J., and Whitaker, J. R. (1973).** Purification and some properties of two polyphenol oxidases from Bartlett pears. *Plant physiology* **52**, 501-507.
- Rodriguez, J.A., Mateos, J.C., Nungaray, J., Gonzalez-Bhagnagar, V.T., Roussos, S., Cordova J. et Baratti, J. (2006).** Improving lipase production by nutrient source modification using *Rhizopus homothallicus* cultured in solid state fermentation. *Proc. Bioch.*41: 2264–2269.
- Rodríguez Couto S., Sanromán M.Á., 2006.** Application of solid-state fermentation to food industry- A review. *J. Food Eng.*, 76; 291–302.
- Salihu, A., Alam, Md. Z., Abdulkarim, M. I. et Salleh, H. (2012).** Lipase production: An insight in the utilization of renewable agricultural residues. *Res. Cons. Recy.* 58: 36-44.
- Sperber, W.H., 2009.** Introduction to the microbiological spoilage of foods and beverages. In: Sperber, W.H., Doyle, M.P. (Eds.), *Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages*. Springer, New York, NY, pp. 1-40.
- Siegumfeldt, H., Rechinger, K.B., Jakobsen, M., (2000).** Dynamic changes of intracellular pH in individual lactic acid bacterium cells in response to a rapid drop in extracellular pH. *Appl Environ Microbiol*, 66: 2330-2335.
- Singh, R. P. 1994.** Scientific principles of shelf life evaluation. In: *Shelf Life Evaluation of Foods*. Man, C. M. D., Jones, A. A., Eds. Blackie Academic and Professional, Glasgow. pp. 3–24.
- Staron T., (1979).** La viande dans l'alimentation humaine. Eds. APRIA, Paris, p110.

- Subramaniyam, R. et Vimala, R. (2012).** Solid state and submerged fermentation for the production of bioactive substances: a comparative study. *Int. J. Sci. Nature.* 3(3): 480-486.
- Sun, S.Y. et Xu Y. (2009).** Membrane-bound ‘synthetic lipase’ specifically cultured under solid-state fermentation and submerged fermentation by *Rhizopus chinensis*: A comparative.
- Tan, S., C., (2005).** Vinegar fermentation [en ligne]. Disponible sur : <http://ucfoodsafety.ucdavis.edu/files/192137.pdf> , Consulté le 08/09/20.
- Tormo, H. (2010).** Diversité des Flores Microbiennes des Laits Crus de Chèvre et Facteurs de Variabilité, Thèse de Doctorat, Spécialité : Pathologie, Toxicologie, Génétique et Nutrition, Université Paul Sabatier, Toulouse, p.28, 31.
- Tome I.(1959),** Technique ,. “Traité d’oenologie maturation du raisin, fermentation alcoolique vinification” PARIS.
- Touzi A., Merzaia-Blama A., (2008) :** la conservation des denrées agro alimentaires par séchage dans les régions sahariennes.
- Ul-Haq, I., Idrees, S.et Rajoka, I. (2002).** Production of lipases by *Rhizopus oligosporous* by solid-state fermentation. *Proc. Bioch.* 37: 637–641.
- van Boekel, M. A. J. S. (2001).** Kinetic aspects of the Maillard reaction: a critical review. *Food / Nahrung* 45, 150-159.
- Vierling E. (2008)** .Science des aliment, 3e édition .Ed .Centre régional de documentation pédagogique d’Aquitaine .Bordeaux .PP 236-237.
- Vignolo G., Fontana C. & Fadda S., (2010).** Semi-dry and dry fermented sausages. In: Toldra, F. (ed.) *Handbook of Meat Processing*. Wiley- Blackwell, Ames, Iowa, pp. 379-398
- Girard J.P., (1990).** Technologie de la viande et des produits carnés. Lavoisier - Paris., 280.
- Viniegra-Gonzalez, G. et Favela-Torres, E. (2006).** Why solid-state fermentation seems to be resistant to catabolite repression? *Food Tech. Biotech.*44:397–406 conservation et qualité. Ed. CTA, Germany. PP 37 -42, 134-261, 109-119.
- Werner j., Bauer, Raphael B., Jurg L., (2010).** Science et technologie des aliments . 1ér Edition presses polytechniques et universitaires romandes. ISBN : 987-2-88074-754-1.P423-448-560-565-60.

Wolski, E., Menusi, E., Remonato, D., Vardanega, R., Arbter, F., Rigo, E., Ninowb, J., Mazutti, M.A., Luccio, M.D., Oliveira, D. et Treichel, H. (2009). Partial characterization of lipases produced by a newly isolated *Penicillium* sp. in solid state and submerged fermentation: A comparative study. *Food Sci. Tech.* 42: 1557–1560.