

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique
Université de Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département Agro-alimentaire

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Agro-alimentaire

Spécialité : Agroalimentaire et contrôle de qualité

Filière : Sciences Alimentaire

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

**Essai d'incorporation de la courge poivrée lacto-fermentée
dans un fromage frais.**

Réalisé par

Mme AZZEGAGH NARIMAN

Mme ATOUMI THIZIRI

Devant le jury :

Présidente : Dr. Abdellaoui Z.	MCB	U. de Blida1
Examinatrice : Dr. Hadjadj N.	MCB	U. de Blida1
Promoteur : Dr. Bougherra F.	MCB	U. de Blida1

Année Universitaire : 2019-2020

Remerciements

Le présent mémoire est le fruit d'un long et dure travail de recherches aussi bien théoriques que pratiques (expériences en laboratoire, recherche de bons produits à inclure,...). Un travail, certes ardu, qui nous a valu de longues journées sans pause et d'interminables nuits sans sommeil. Un travail stressant, lorsque plane l'incertitude sur le résultat, d'une expérience, d'un essai qui tarde à venir.

Mais, tout n'est pas si sombre que ça. Nous avons connu, aussi des moments de satisfaction, voire de joie. Un écrit qui nous éclaire sur nos questionnements, l'aboutissement d'une expérience, mainte fois répétée, sur un résultat tant attendu, ou tout simplement une personne que nous croisons et nous ouvre toutes les portes au moment opportun.

Parmi ces personnes, nous avons :

--- **Dr. Bougherra. F** : Promoteur et chef d'option Agroalimentaire et contrôle de qualité.

---**Dr Megalti .S** : chef du département agroalimentaire.

---**Dr Ramdhan S. A**, Responsable de la filière du département agroalimentaire

--- Madame la gérante du laboratoire de contrôle de qualité « laboratoire chelalli » de Rouïba,Alger .

--- **Monsieur Saddok** : directeur de l'unité de recherche en énergies renouvelables en milieu saharien (CDER) de la wilaya d'Adrar ainsi que toute son équipe.

--- Monsieur le directeur de la laiterie « ONALAIT » de Birkhadem, Alger.

Ainsi que aux membres de jury :**Dr. Abdellaoui Z** qui nous a fait l'honneur de présider le jury, qu'elle trouve ici toutes nos expressions respectueuses.

Dr. Hadjadj N. d'avoir accepté d'examiner notre travail, c'est un honneur pour nous et nous vous exprimons notre plus grand respect.

A ceux-là, nous nous leur disons grand merci.

De même que nous tenons à remercier toutes personnes ayant contribué, de près ou de loin, à l'élaboration et à la réussite de ce présent mémoire.

DÉDICACE

Avec l'aide de Dieu, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie À :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Ma sœur Nassima merci beaucoup pour ton soutien et encouragements, tu occupes une place particulière dans mon cœur. Je te dédie ce travail en te souhaitant un avenir radieux, plein de bonheur et de succès.

Nariman .

DÉDICACE

Avec l'aide de Dieu tout puissant, j'ai pu achever ce travail, que je Dédie :

A mes chers parents :

Ma mère qui a été toujours la pour moi, qui m'a soutenue et crue en moi, qui m'a comblé d'amour et de tendresse et pris soin de moi, spécialement durant cette période difficile de ma vie.

à mon père, mon idole, celui qui m'as toujours poussé pour aller de l'avant, qui ma soutenue durant toute ma vie estudiantine , et qui ma également beaucoup aider dans la réalisation et la réussite de ce travail .

puisse dieu, le très haut , vous accordé santé , bonheur et longue vie .

A mes chers et uniques : Ma sœur Nadia et mon frère Massinissa qui étaient présent pour moi dans chaque instant, m'ont encouragé et soutenue.

A mes chers petits neveux : Sami et Nazime

A mes proches et amis : Nariman ma copine et binome , à yacine , nouha et zahra , mes chers cousines , ainsi qu'à mes adorables Manel mehdaoui et tata hakima .

merci de faire partie de ma vie.

Thiziri.

Sommaire

Remerciements	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste d'abréviations	
Résumé	
Introduction	1
Partie bibliographique	
Chapitre I : Les courges	5
1. Généralités sur les cucurbitacées	5
1.1. Biologie florale	5
1.2 Principales espèces de Cucurbitacées	5
2.Les courges.....	9
2.1 Composition nutritionnelle et bienfaits des courges.....	9
a. Vitamines et minéraux.....	9
b. Bêta-carotène	9
c. Lutéine et zéaxanthine :	9
e. Cucurbitacines :	9
f. Fibres :	10
g. Calories:.....	10
h. Propriétés organoleptiques :	11
2.2. Toxicité	11
2.3.Conservation	12
2.4. Différentes méthodes de conservation.....	12
1) Conservation par congélation	12
2) Conservation par déshydratation	13
3) Confitures	13

4) Le saumurage.....	14
3. La Courge poivrée	14
3.1. Classification botanique.....	14
3.2. Les qualités nutritionnels de la courge poivrée (voir tableau 3).....	15
a) Teneur en calories.....	15
b) Teneur en eau.....	15
c) Teneur en fibres	15
d) Teneur en minéraux	16
e) Teneur en caroténoïdes	16
f) Teneur en vitamines.....	17
Chapitre II : La fermentation lactique des légumes	21
1. Généralités	21
2. Les bactéries lactiques	21
3. La fermentation lactique des légumes	22
3.1. Paramètres à maîtriser lors de la fermentation lactique	22
a. La taille des morceaux	22
b. Concentration d'ions hydrogène (pH).....	22
c. Nutriments	23
d. Le sel.....	23
e. La matière première.....	23
f. L'eau.....	24
g. La température et l'oxygène.	24
3.2. Intérêt de la fermentation lactique	24
3.3. Déroulement de la fermentation lactique des légumes :	27
3.4. Processus de la fermentation lactique des légumes :	29
Chapitre III : Le fromage frais	30
1. Généralité.....	30

1.1. Le Fromage frais.....	30
1.2.La consommation de produits laitiers frais	31
1.3.Processus de fabrication du fromage frais.....	31
1.4. Préparation du lait avant la fabrication du fromage	32
1.4.1. Filtration et refroidissement du lait à la réception.....	32
1.4.2. Le chauffage du lait.....	32
1.4.3. Standardisation et écrémage.....	32
1.4.4. Pasteurisation du lait	32
1.4.5. Coagulation du lait	33
1.4.6. Egouttage.....	33
1.4.7. Enrichissement	34
1.5.Organigramme de fabrication des fromages frais	34
1.6.La qualité nutritionnelle des fromages frais	35
1.7.Les colorants des fromages et leur intérêt	36

partie expérimental

Chapitre I : Matériel et Méthodes	40
1. Lieu et objectif du travail	40
2. La préparation des échantillons.....	41
2.1. La fermentation lactique de la courge	41
2.1.1Le Choix de la variété	41
2.2. L'élaboration du fromage frais	44
2.3. Incorporation de la courge poivrée lacto-fermentée dans le fromage frais	47
3. Analyses physico-chimiques	49
a) Détermination de la matière sèche (ISO 1026,1982).....	49
b) Le potentiel Hydrogène (pH) (OIV-MA-BS-13).....	51
c) Mesure de taux de cendres (Protocole RAGT Energie MON-ANA-19 & Norme ISO 18122)	51

d) Dosage des fibres (Norme AOAC, 1993).....	53
e) Dosage de la matière grasse (ISO 659, 1988)	54
f) Dosage des protéines : Méthode de Kjeldahl (Norme AOAC, 1995) :	55
g) Dosage de l'acide lactique (NF V04-349) :.....	60
h) Dosage de la teneur en sucres totaux du fromage (Dubois et <i>al.</i> , 1956).	61
i) Détermination du taux de glucides dans la courge (weende, 1860 -1865).....	62
j) Détermination de la valeur calorique (Atwater , 1902).....	63

Chapitre II : Resultats et discussion..... 64

1. Taux de la matière sèche	64
2. Teneur en fibres	65
3. Taux des cendres	66
4. Taux des protéines	67
6. Potentiel d'hydrogène pH et l'acidité	70
7. Taux des glucides	71

Conclusion et perspectives

Références bibliographique

Liste des figures

Figure 1.Courge musquée de Provence.....	7
Figure 2.La courge butternut.....	7
Figure 3.Courge turban	7
Figure 4.Courge spaghetti	7
Figure 5.Différentes variétés de courges et de potirons	8
Figure 6.Changements de pH, d'acidité et réduction de la teneur en sucre pendant la fermentation du kimchi	28
Figure 7.Diagramme d'élaboration d'un légume laco fermenté	29
Figure 8.organigramme de fabrication du fromage frais.....	35
Figure 9.Procédé de lacto-fermentation adopté pour la courge fermentée.....	43
Figure 10.La courge poivrée	43
Figure 11.La courge poivrée lacto-fermentée.	44
Figure 12.Lait Caillé	44
Figure 13.Coagulum obtenu après chauffage.....	45
Figure 14.Égouttage du caillé.....	45
Figure 15.Caillé après égouttage	46
Figure 16.Fromage frais malaxé.....	46
Figure 17.Étapes de préparation du fromage frais.	47
Figure 18.Purée de courge lacto-fermentée.....	48
Figure 19.Les échantillons de fromage frais à 0% (Témoin) ,15% et 30% d'incorporation....	48
Figure 20.Coupelles placés dans l'étuve	50
Figure 21.Refroidissement des coupelles	50
Figure 22.Coupelle placées dans le four à moufle	52
Figure 23.Échantillons de fromage à analyser	52

Figure 24.Échantillons de fromage refroidissant.	52
Figure 25.Réactifs de digestion des protéines	56
Figure 26.Pesée des réactifs anhydre	56
Figure 27.Matras prêts pour la digestion.....	56
Figure 28.Unité de digestion	57
Figure 29.Distillateur de Kjeldahl.	57
Figure 30.dispositif de titrage.....	58
Figure 31.Agitation des échantillons.....	60
Figure 32.Pesée de la prise d'essais.	61
Figure 33.Préparation des dilutions de fromage.....	61
Figure 34.Titrage de l'acide lactique.....	61
Figure 35.Diagramme de teneur en matière sèche des échantillons analysés	65
Figure 36.Diagramme de la teneur en fibre des échantillons analysés.	66
Figure 37.Diagramme de teneur en cendre des échantillons analysés.	67
Figure 38.Diagramme de teneur en protéines des échantillons analysés.	68
Figure 39.Diagramme de teneur en matière grasse des échantillons analysés.....	69
Figure 40.Diagramme du potentiel hydrogène des échantillons analysés.....	70
Figure 41.Diagramme d'acidité de la courge lacto-fermentée.	71
Figure 42.Diagramme de teneur en glucides des fromages analysés.	72
Figure 43.Diagramme de teneur en glucide des courges analysées.	73
Figure 44.Diagramme des valeurs énergétiques des courges.....	74

Liste des tableaux

Tableau 1.Compositions nutritionnelles de la courge (pour 100g de courge crue).....	10
Tableau 2.Classification botanique de la courge poivrée.....	14
Tableau 3.Valeurs nutritionnelles des micronutriments de la courge poivrée	18
Tableau 4. Composition moyenne pour 100g de fromage frais	36

Liste d'abréviations

BL : bactérie lactique

CF : courge fraîche

C L-F : courge lacto-fermentée

FF : fromage frais

FI 15%: fromage frais enrichi avec 15% de courge lacto-fermentée.

FI 30% : fromage frais enrichi avec 30% de courge lacto-fermentée.

PLF : produit laitier frais

MG : matière grasse

N : normale

MS : matière sèche

Résumé

Ces dernières années, le marché a connu une grande diversité dans les produits alimentaires. Cette diversité revient en premier lieu à la présence d'une multitude de procédés et techniques de transformation, principalement : le procédé de la fermentation lactique. Elle est l'une des plus anciennes techniques de transformation et de conservation des produits laitiers, charcuterie, fruits et légumes.

Justement, notre travail porte sur l'étude des propriétés physico-chimique de ce fromage. Un fromage frais qui a été élaboré et enrichi avec une courge (courge poivrée) lacto-fermentée.

La recherche sur les propriétés de cette courge lacto-fermentée et son influence sur la qualité du fromage frais nous ont conduit aux résultats suivante :

Après lacto-fermentation de la courge, une augmentation en fibres (1,6%) et en cendres (1,46%) a été constatée. On remarque également une stabilité dans la teneur en glucide (2,68%) et une légère diminution en matière grasse (0,56%), et en protéines (1,03%) et une diminution en matière sèche (4,7%) et pH (3,31 %). Cette dernière est la conséquence directe de l'augmentation du taux d'acide lactique dans la courge lacto-fermentée.

L'incorporation de cette courge (lacto-fermenté) dans le fromage frais a causé une diminution de la matière sèche (20,47%) du pH, des protéines (1,18% pour le fromage frais, de 23.85% à 20.47% respectivement pour le taux d'incorporation de 15% et de 30%) une diminution des glucides aussi (5,34% ; 4,39% ; 3,67% respectivement pour un taux d'incorporation de 0%, 15% et 30%) . En revanche, on remarque que, le fromage frais a un taux plus élevé en cendre (6,10%) après ajout de cette courge (lacto-fermentée), preuve d'une augmentation du taux de matières minérales dans notre fromage.

Mots clés : lacto-fermentation, courge , fromage frais

Abstract

In the last few years, the market has seen a great diversity in food products; this diversity comes first of all from the precedence of a multitude of processes and processing techniques, mainly: the processing of lactic fermentation. It is one of the oldest techniques for processing and preserving dairy products, cold meats, vegetables and fruits.

The idea of our present work concerns the study of physio-chemical properties of this cheese. a cottage-cheese which has been elaborated and enriched with a lacto-fermented squash (acorn squash). Research on the properties of this lacto-fermented squash and its influence on the quality of cottage-cheese have led us to the following results:

After the fermentation of the squash, an increase in fiber (1,6%) and ashes (1,46%) were noticed. On the other side, we have noticed also stability in the carbohydrate content (2,68%), and decrease in fat (0,56%), dry matter (4,7%) and proteins (1,03%).

There was also a drop in pH level (3,31%) after the fermentation of squash, which is directly related to the increase of lactic acid level in lacto-fermented squash. The incorporation of this lacto-fermented squash in cottage-cheese caused a decrease in dry matter (20,47%) , pH, protein (1,18% in cottage-cheese, 23.85% and 20.47% for an incorporation rate of 15% and 30%), also a decrease in carbohydrate (5,34% ; 4,39% ;3 ,67% for an incorporation rate of 0%,15% et 30%) . On the other side, we noticed that the cottage-cheese has a higher quantity of ashes (6,10%) after adding this squash (lacto-fermented), this proves the presence of an increased level of the mineral content in our cheese.

Key word : lacto-fermentation , squash , cottage-cheese

المخلص

في الآونة الأخير، شهد السوق تنوعًا كبيرًا في المنتجات الغذائية، ويأتي هذا التنوع أولاً وقبل كل شيء إلى تواجد العديد من العمليات وتقنيات تحويل الغذاء منها: عملية التخمير اللبني. تعتبر هذه التقنية من أقدم التقنيات لمعالجة وحفظ منتجات الألبان و اللحوم النيئة والخضروات والفواكه.

قادتنا الأبحاث حول خصائص هذا القرع المخمر باللبن وتأثيره على جودة الجبن الطازج إلى النتائج التالية:

بعد تخمر القرع لوحظ زيادة في الألياف (1,6%) والرماد (1,46%). من ناحية أخرى ، نلاحظ ان هنالك استقرار في نسبة الكربوهيدرات، (2,68%) و انخفاض في الدهون (0,56%) والمواد الجافة (4,7%) والبروتينات (1,03%). لوحظ أيضًا انخفاض في درجة الحموضة (3,31%) بعد تخمير القرع ، والذي يرتبط ارتباطًا مباشرًا بزيادة مستوى حمض اللاكتيك في القرع المخمر تخمير لبني.

أدى دمج هذا القرع المخمر مع الجبن الطازج إلى انخفاض واضح في المادة الجافة (20,47%)، درجة الحموضة البروتين(1,18% في الجبن الطازج ; 23,85% و 20,47% لنسبة إضافة بالترتيب 15% و 30%) والكربوهيدرات. من ناحية أخرى ، لاحظنا أن الجبن الطازج يحتوي على نسبة أعلى من الرماد (6,10%) بعد إضافة هذا القرع (المخمر تخمير لبني) ، مما يدل على زيادة في المواد المعدنية في الجبن.

الكلمات المفتاحية : القرع , التخمير اللبني, الجبن الطازج.

INTRODUCTION

Introduction

La curiosité de l'homme est sa soif envers la nouveauté. Elle était depuis toujours sa raison d'aller vers l'avant et de chercher des moyens meilleurs pour développer la qualité de sa vie, en particulier dans domaine culinaire et alimentaire. Et, cela s'est fait grâce à la recherche de nouveaux ingrédients au meilleur gout, couleurs et aux bénéfiques nutritionnels importants et aussi par le développement des techniques de leur acquisition et transformation.

Que signifie donc un aliment de bonne qualité ?

De très nombreux produits alimentaires passent par une étape de fermentation lactique avant leur consommation. cette fermentation est assurée par un ensemble de bactéries qui sont toutes regroupées sous la même appellation de « bactéries lactiques » (DeRoissart H et Luquet FM, 1994 ; Novel G, 1993).

Cette fermentation procure pour l'aliment des caractéristiques bien particulières d'arômes et de texture et aussi une protection contre les contaminations par les microorganismes pathogènes. Cette protection est assurée par des acides organiques libérés durant l'opération de fermentation lactique. Ce paramètre rend les aliments fermentés des aliments surs, cela veut dire que le risque de s'intoxiquer avec des aliments fermentés est quasi inexistant (Kroon, 2020).

La fermentation revient au goût du jour. Consommés traditionnellement partout dans le monde et depuis des temps ancestraux, les produits fermentés font un «come-back» très tendance. Alliant le naturel et la tradition, ils séduisent les consommateurs en quête d'authenticité, de qualité et de produits bons pour la santé. Ils représentent, pour les professionnels de l'alimentaire, des opportunités de marché très importantes pour les années à venir.

Les aliments fermentés sont l'une des tendances alimentaires les plus en vogue du moment. Les prévisions pour le marché des aliments fermentés sont à la hausse. Selon une étude de BIS Research, le marché des produits et ingrédients fermentés devrait passer de 636,89 milliards \$ à 888,76 milliards \$ en 2023, soit une progression annuelle moyenne de 4,98 %. Une autre étude de Research and Markets estime même la progression annuelle moyenne des aliments et boissons fermentés à 7% entre 2017 et 2022.

Le fromage est également un aliment fermenté, d'une grande importance nutritionnelle. Il a été prouvé que la consommation des produits laitiers par jour contribue à la couverture

des apports nutritionnels conseillés en plusieurs micronutriments, en particulier en calcium, dont l'apport journalier recommandé est de 800mg pour un adulte (Vissers PA et *al.*, 2011 ; Drewnowski A, 2011). De plus, la majorité des études faites, concernant cette filière, se sont mis d'accord sur le fait que leur consommation permet la prévention contre les syndromes métabolique comme : le diabète, l'hypertension artérielle et les problèmes cardiovasculaires et, d'assurer une meilleure santé osseuse (RiceBH et *al.*, 2013 ; Prentice AM, 2014 ; Da Silva MS, 2014).

De nombreux travaux démontrent l'intérêt particulier des produits laitiers frais PLF. cela revient, initialement, à leur composition en un type de microorganismes très bénéfiques qui leur procure des propriétés médicinales spécifiques que se sont : « les probiotiques » (Donovan SM et Shamir R, 2014).

La qualité sensorielle présente aussi un paramètre essentiel dans le choix d'un fromage . Une étude récente auprès des consommateurs (Speight, Schiano, Harwood et Drake, 2019) a classé la couleur comme étant l'un des principaux attributs influençant le choix du consommateur, avec un score d'utilité plus élevé (plus d'attractivité vers l'attribut) pour la couleur orange par rapport au fromage blanc (Speight et *al.*, 2019).

D'un autre côté, les produits d'origine végétale, on cite initialement les courges qui sont dotées de nombreuses qualités nutritionnelles. Cela revient principalement à leur composition en diverses molécules bénéfiques pour la santé, dont : les alcaloïdes, les flavonoïdes, les acides :linoléique, oléique et palmitique. Ils sont dotés également de propriétés antidiabétiques, anti-cancéreuses et anti-inflammatoires (Céline M, 2017 ; Nishino H, 2002). La fermentation lactique de ces derniers, est considérée comme un moyen pour leur conservation, améliore leur digestibilité et contribue à booster leurs valeurs nutritionnelles.

En effet, les courges lacto-fermentées sont aussi impliquées dans la destruction de certaines substances (phytates, inhibiteurs d'enzymes) qui empêchent la digestion ou l'assimilation des nutriments par le tube digestive. De plus, la lacto-fermentation des courges permet d'augmenter leur valeur en antioxydant principalement en bêta carotène et de leur donner une couleur orangé très spécifique.

Malheureusement, les produits fermentés ont largement disparu du régime alimentaire de nombreux pays ces dernières années, au détriment de notre santé et de notre bien-être (AnonymeIII, 2020).

Le retour en force de la tradition et du sans additif, s'illustre parfaitement avec la fermentation : il suffit d'ajouter un ingrédient tendance, de modifier les usages ou de jouer sur une autre tendance comme le végétal pour en faire un produit à la mode !

Par exemple, un paysan breton, le spécialiste du lait ribiot a lancé deux laits fermentés inspiré du Laban oriental. La Note Bio modernise la choucroute en proposant des raviolis farcis de choucroute et de champignons.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail : faire un essai d'incorporation d'un aliment lacto-fermenté d'origine végétale qui est la courge poivrée, dans un fromage frais. L'objectif principal est l'obtention d'un produit allégé en matière grasse saturée ayant des propriétés nutraceutiques intéressantes.

SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Les courges

1. Généralités sur les cucurbitacées

1.1. Biologie florale

Se sont des plantes généralement monoïque (on trouve des fleurs mâles et femelles sur la même plante). Leur pollinisation est assurée par des insectes, généralement par les abeilles, mais cela peut être effectué aussi par les bourdons. A signaler que cette biologie florale peut être modifiée par le biais d'une pulvérisation de substances de croissance (Blancard et *al.*, 1991).

Les Cucurbitacées sont des plantes annuelles herbacées, rampantes ou grimpantes. Elles sont caractérisées par :

- des fleurs jaunes, plus ou moins de grande taille selon les espèces. Elles sont caractérisées par le fait qu'elles ne donnent pas obligatoirement un fruit et sont généralement comestible.
- Ses feuilles sont grandes et lobées.
- Leur tige présente des poils urticants (André et *al.*, 2020). Elle ne présente pas de différence par rapport au type ordinaire que par son péricycle qui est plus épais. Autrement dit par ses faisceaux plus profondément enfoncés dans le cylindre central (Tieghem et *al.*, 1882).

Les membres de la famille des cucurbitacées sont : la citrouille, la courge, le concombre et la pastèque. Ils comportent une quantité importante de vitamines et de minéraux. La courge musquée (*Cucurbita moschata* Duch) est hautement appréciée pour sa qualité nutritionnelle (forte rétention en vitamine C), prix relativement bas et disponible toute l'année (Lucera et *al.*, 2012).

1.2 Principales espèces de Cucurbitacées

Les Cucurbitacées comptent près de 150 genres ; les quatre variétés les plus cultivées sont (voir figure 5):

- 1) **Cucumis** : on trouve, dans ce groupe, les Cucurbitacées cultivées principalement en été tels : le melon, le concombre et le cornichon. Ce sont des Cucurbitacées grimpantes.

- 2) **Schechium et Citrillus** : ces 2 genres regroupent des espèces tropicales de Cucurbitacées comme la pastèque ou la christophine (également chayotte).
- 3) **Cucurbite** : dans ce groupe, il y a 3 espèces principales qui sont toutes rampantes : (André et *al.*, 2020).
- a. **Courge « Pepo »** : C'est l'espèce la plus répandue, elle englobe toutes les variétés de courgettes et la citrouille ; son pédoncule est marqué par des côtes (au moins 5) et ne s'élargit pas au point d'insertion. On y classe également :
 - b. **Citrouille de Touraine** : utilisée pour nourrir le bétail, sa chair est comestible mais très fibreuse et sans intérêt.
Courge spaghetti ou « **spaghetti végétal** » (voir figure 4) : fruits de couleur blanche prennent une couleur ambrée à maturité. Après cuisson, la chair se défait en filaments rappelant les spaghettis. Chair très peu calorique (Alias, 2012).
 - c. **Maxima** : regroupe les potirons, potimarrons et giraumons. Les feuilles de cette espèce sont striées de blanc (André et *al.*, 2020). C'est une variété de potiron dont le pédoncule est arrondi, d'aspect spongieux et sans côtes marquées. On retrouve dans cette espèce : le Potiron, la Courge de Hubbard, Courge de Hokkaïdo ou potimarron...etc. (voir figure3) (Alias, 2012).
 - d. **Moschata** : Il s'agit essentiellement des courges (André et *al.*, 2020). C'est une plante herbacée annuelle, très ramifiées, grimpant par des vrilles latérales ; tiges anguleuses, s'enracinant souvent aux nœuds. Elle est caractérisée par des Feuilles alternées, simples, sans stipules, souvent avec un limbe au contour largement ovale, profondément cordé à la base et à bord denté, munie de poils doux. Elle peut parfois avoir des taches blanches disparaissant à la sénescence. Les moschatas ont des fleurs solitaires, unisexuées, régulières, de 10-20 cm de diamètre, jaune citron à orange foncé, fleurs males a pédicelle long (voir figure 1 et 2) (Grubben, 2014).



Figure 2.Courge musquée de Provence (Padovani, 2020).



Figure 1.La courge butternut (Voisin-Demery, 2020).



Figure 3.Courge turban (Rompu,2020).



Figure 4.Courge spaghetti (Nadon, 2020).



Figure 5. Différentes variétés de courges et de potirons (Bernard, 2020).

Les courges sont des fruits de la famille des cucurbitacées, cultivées depuis des millénaires en Amérique centrale, leur introduction en Europe et en Asie s'est faite suite à la colonisation de cette région. La courge contribue à une bonne nutrition de par ses propriétés : pauvre en calories mais riche en vitamines, fibres et minéraux (Jaquier, 2019). Les plantes de ce genre sont caractérisées par des fleurs monoïques ; les mâles portent sur le bord un réceptacle en forme de coupe. Elles sont composées d'un calice formé de cinq languettes qui ne se touchent pas et présentant la forme d'une cloche. Les étamines se réunissent en trois faisceaux qui se soudent entre eux par la base des filets, elles sont généralement au nombre de cinq. Les Courges sont des plantes annuelles. Leurs ramifications rampent sur le sol ou grimpent au moyen de vrilles, elles sont souvent très longues. Ses feuilles sont disposées dans un ordre alterné, grandes, dépourvues de stipules, caractérisées par des limbes diversement découpés sur les bords (Barral, 1888).

Les courges peuvent être introduites dans plusieurs préparations, selon la variété sélectionnée. Le choix est large, il existe plus de 800 variétés différentes dont environ 500 comestibles à la texture et goût différents et dont la couleur se décline du marron, au poivre ou encore à la noisette.

Les courges sont souvent utilisées dans les préparations culinaires salées : potage, purée, gratin, risotto, quiche, soufflé, salade, spaghetti, rösti, spätzli, gnocchi, farcie... ou sucrée : tarte, mousse, crème, confiture, glace, gaufre, beignet, compote, cake et autres pâtisseries (Jaquier, 2019).

2. Les courges

2.1 Composition nutritionnelle et bienfaits des courges

a. Vitamines et minéraux

Les courges sont en premier lieu une excellente source de potassium et de vitamine A; elles contiennent aussi de la vitamine C, de l'acide folique, de l'acide pantothénique et du cuivre (Monette et *al*,2015).

Elles sont aussi connue pour leur richesse en minéraux (magnésium, calcium et fer), elles contribuent efficacement au bon équilibre minéral de l'alimentation. les plus colorées, à la chair bien orangée, sont particulièrement chargées en provitamine A, aux propriétés vitaminiques et anti-oxydantes très précieuses (Simon,2020).

b. Bêta-carotène :

La courge est caractérisée par une grande richesse en bêta-carotène, soit 3 ,025 g pour 120gde courge. En comparaison, une carotte moyennede120g en contient 2 ,904 g de bêta-carotène. La bêta-carotène sert d'antioxydant qui pourrait améliorer certaines fonctions du système immunitaire. De plus, elle est une source de vitamine A pour l'organisme.

c. Lutéine et zéaxanthine :

La courge contient aussi une bonne quantité de lutéine et de zéaxanthine, deux autres composants antioxydants de la famille des caroténoïdes. 120gde courge cuite renferment au prêt de 1,533 g de lutéine et de zéaxanthine. À titre de comparaison, 120g d'un légume considéré comme très riche en ces caroténoïdes : les épinards crus, en contiennent3 ,867 g. La lutéine et la zéaxanthine servent de protection contre le stress oxydatif dans la macula et la rétine de l'œil, qui pourrait lui causer des dommages s'il s'accumule.

e. Cucurbitacines :

C'est un groupe de composés organiques qui regroupe plusieurs molécules différentes dont certaines se retrouvent dans les courges. Des études ont été faites, *in vitro*, sur les propriétés des cucurbitacines d'une courge de la variété *Cucurbita andreana* (courge vert foncé à raies jaunes) sur des cellules cancéreuses humaines. Il a été constaté que plusieurs de ces composants ont diminué la croissance des cellules cancéreuses, en particulier : la cucurbitacine B. Par ailleurs, une revue de la littérature scientifique portant sur la grande famille des cucurbitacines à souligner que la cucurbitacine B participe également dans

la protection des cellules du foie contre certains composants toxiques, et auraient aussi des effets anti-inflammatoires(Cyr et *al.*2020).

f. Fibres :

Selon les variétés, elles sont plus ou moins riches en fibres (Simon, 2020). Riches en fibres de qualité, les courges sont donc nos alliées en cas de paresse intestinale. Leurs fibres composées de cellulose et d'hémicellulose permettent de stimuler le transit en douceur (Guilloux, 2020).

Elles sont composées de fibres solubles qui représentent 0,7 % du contenu de la courge, tandis que les fibres totales représentent 1,6% (tableau 1) (Spiller, 2007).

Des recherches récentes ont indiqué que les polysaccharides de courge ont des effets bénéfiques sur plusieurs maladies associées au mode de vie, notamment l'obésité, le diabète de type 2 (DT2) et l'hyperlipidémie (Liang et *al.*,2020) .

g. Calories:

Les courges sont caractérisées par leur faible contenu calorique de par leur teneur élevée en eau et leur faible pourcentage en matières grasses (tableau 1), ce qui les rend intéressantes pour le contrôle du poids corporel. En fait, elles ont des effets réducteurs sur les taux de cholestérol et de triglycérides (Armesto et *al*, 2020).Il a été démontré également que les courges d'hiver cuites sont plus calorifiques que les courges d'été car elles renferment plus de glucides (Monette et *al*,2015).

Tableau 1.Compositions nutritionnelles de la courge (pour 100g de courge crue) (Melkonian, 2020)

Nutriments	Quantités
Protéines	1 g
Lipides	0.1 g
Glucides	10.23 g
Eau	86.41 g
Fibres	1.46 g

Vitamine A	4226 µg
Vitamine C	21 mg
Vitamine B2	0.02 mg
Vitamine B6	0.15 mg
Fer	0.7 mg
Cuivre	0.07 mg

h. Propriétés organoleptiques :

Les courges diffèrent d'une variété à une autre de par leur couleur, leur goût et leur texture. Cela revient au lieu, à la saison et période de culture, facteurs qui jouent un rôle essentiel dans leur diversité. Elles se distinguent par la diversité de leur utilisation. De la soupe au gratin, en passant par les tartes, mais aussi comme des pâtes. La courge spaghetti dont la chair filamenteuse évoque les spaghettis.

De nombreuses recettes existantes pour se réconcilier avec ce légume trop souvent vulgarisé en potage, sans oublier aussi les desserts sucrés (Wikipedia ,2020). Selon la variété de courge, chacune d'elles est utilisée dans un produit culinaire qui lui est adéquat. A titre d'exemple, il a été découvert que la saveur et la texture de la courge butternut crue étaient parfaites sans assaisonnement. De même que diverses autres préparations soient aussi délicieuses comme celle qui consiste en un mélange de fromage parmesan et de noix de muscade avec lequel on farcit les pâtes tortelli di zucca. Les courges contiennent de l'amidon mais en quantité beaucoup moins importante que la pomme de terre blanche. Leur goût sucré vient des sucres suivants et en proportions égales : le glucose, le fructose et le saccharose (Spiller, 2007).

2.2.Toxicité

Les courges ne sont pas toutes comestibles. Certaines courges sauvages comme les coloquintes contiennent des substances appelées : cucurbitacines, très irritantes et amères. Elles peuvent être responsables, immédiatement après en avoir mangé, de douleurs digestives, de nausées, de vomissements, d'une diarrhée parfois sanglante, ainsi que d'une déshydratation sévère nécessitant une hospitalisation. Ces substances sont fabriquées par les courges sauvages, dont l'intérêt est de repousser les insectes prédateurs. Le risque de ces substances est d'autant plus grand car elles ne disparaissent pas à la cuisson (Cordonnier, 2019).

Un éventuel risque peut survenir du côté potager. À la suite de croisements de variétés, certaines courges alimentaires cultivées dans les potagers deviennent impropres à la consommation. Ce phénomène se produit généralement lorsque cohabitent des variétés amères et des variétés comestibles dans un même potager ou même dans des potagers voisins. Les courges non comestibles, résultat de cette hybridation, ont exactement la même apparence que les courges comestibles. On devrait donc prendre des mesures de prudence, en évitant de récupérer les graines des récoltes précédentes pour les ressemer, si des courges de variété amères coexistent (Delaby, 2019).

2.3. Conservation

Les courges d'été, peuvent être conservées en essuyant délicatement les fruits avec un chiffon humide, ensuite les placer dans un sac en plastique perforé et les mettre dans un réfrigérateur. Il est conseillé de ne pas conserver la courge d'été au réfrigérateur pendant plus de 4 jours (steve albert ,2020).

Par contre, les courges d'hiver, du fait qu'elles craignent l'humidité, ne doivent pas être mises au réfrigérateur (Richard, 2016). Ces dernières ont surtout besoin de chaleur par contre l'obscurité ne leur est pas nécessaire. Ce qu'il leur faut donc est une chambre sèche, aérée et dont la température oscille entre 15 et 20°C. Il faut éviter de les entreposer les unes sur les autres (ne pas gerber), on risque d'une part de les blesser (sachant que la pourriture d'une courge abîmée se propagera à l'ensemble de la récolte), et d'autre part, l'air aura du mal à circuler. Dans ce cas, il est conseillé de les mettre sur des étagères, ou à même le sol. On peut aussi installer des cagettes solides ou des tasseaux de bois sur lesquels on place les courges, avec grande précaution, espacées et veiller à ce que le pédoncule soit dirigé vers le haut (Isabelle, 2020). Leur durée de conservation dépend de leur qualité. Si elles sont meurtries, si elles n'ont plus de tige ou si elles ont subi une attaque par un insecte, elles se gâteraient plus rapidement. Généralement, Elles se conservent entre un et six mois (Richard, 2016).

2.4. Différentes méthodes de conservation

1) Conservation par congélation

La courge d'hiver est un légume qui ne peut pas se congeler crue. Ainsi, pour sa conservation par congélation, voici la méthode. Commencer d'abord par la laver, puis couper les extrémités. Laisser la courge entière, la râper ou la réduire en tranches ou en dés, puis la cuire à la vapeur avant de la congeler. Elle peut être également congelée sous forme de purée. Sa conservation dure jusqu'à environ 6 mois dans ces conditions. Elle se conserve aussi par

congélation sous la forme de soupe (courge déjà cuite). Dans ce cas, la durée de conservation ne dépasse pas les 3 mois. La préparation de la soupe à congeler doit se faire sans rajout de crème. Elle doit subir un traitement de refroidissement et se faire verser par portions dans des récipients adéquats et la congeler (Lemieux, 2008) à une température qui va de -18 °C jusqu'à -30 °C. Une durée de congélation maximale doit être respectée afin d'éviter tout problème d'intoxication alimentaire (Geoffroy, 2020).

Dans le cas des courges d'été, elles sont souvent mises à dégorger, surtout si elles risquent de déséquilibrer le mets par leur teneur élevée en eau (Lemieux, 2008).

2) Conservation par déshydratation

La déshydratation est l'élimination de l'eau soit par séchage artificiel ou en combinaison avec le séchage solaire. C'est l'une des plus anciennes formes de conservation des aliments. La déshydratation des courges est un moyen idéal pour avoir, à portée de main, la variété de courge dont on a besoin pendant toute l'année. L'utilisation de ce procédé permet la conservation de la courge dans des conditions normales sans qu'elle subisse une détérioration importante soit par des moisissures, des bactéries ou des enzymes.

Avant déshydratation, ce légume peut être présenté en tranches, en dés, en granules ou autres formes (Codex alimentarius, 1995).

Pour un séchage au four, la première chose à faire est de Régler la température du four (Four conventionnel : 71°C (160°F), Four à convection : 67°C (152 °F), couper ensuite finement le légume à déshydrater et le déposer sur une plaque. La porte du four doit être entrouverte à l'aide d'un bloc de bois de 2 cm d'épaisseur .Quant au temps de séchage, il varie selon la variété et la recette (Boréale, 2018).

3) Confitures

Pour la préparation d'une confiture de courge, l'ingrédient principal est le sucre .Le saccharose crée une forte pression osmotique. Il se forme donc un mouvement d'eau passif, qui va du compartiment le moins concentré (milieu intérieur de bactéries) vers le plus concentré (la solution sucrée) tendant vers un équilibrage des concentrations. Le sucre agit donc comme un conservateur naturel au-delà d'une certaine concentration et permet la destruction des microorganismes pathogènes. Il a aussi un rôle texturant, exhausteur de goût et donne à la confiture sa couleur caractéristique grâce au phénomène de caramélisation (Mirabaud, 2011).

4) Le saumurage

La salaison est considérée comme étant l'une des méthodes les plus anciennes de conservation des aliments, sauf les fruits, surtout dans les régions où le sel est abondant. Le sel a pour fonction d'absorber une grande quantité de l'eau des aliments, de ce fait, les micro-organismes auront du mal à survivre. La saumure agit par osmose, c'est-à-dire qu'une partie du sel migre dans l'aliment ce qui va créer un équilibre entre la concentration en sel dans la denrée et celle de la saumure. Il existe deux méthodes de salaison. La première nécessite une grande quantité de sel alors que l'autre n'en utilise que peu. Concernant la première méthode, elle présente comme inconvénient principale le taux de sel élevée qui a un effet très négatif sur la saveur des aliments. Afin d'éviter ce problème, on rince ou on fait tremper les denrées dans de l'eau avant la consommation. L'utilisation du sel en petites quantités présente un risque de développement de bactéries, mais elle favorise le développement d'un certain type de bactéries produisant de l'acide et limitant la croissance des autres bactéries. On rencontre aussi d'autres méthodes de conservation des légumes avec du vinaigre (Ife Fitz et *al.*, 2003).

3. La Courge poivrée

3.1. Classification botanique

La courge poivrée est un type de courge d'hiver qui appartient aux Cucurbitacées ou famille de courges. Ci-dessous la classification botanique des courges poivrée (tableau 2).

Tableau 2. Classification botanique de la courge poivrée (Swarts, 2008)

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Cucurbitales

Famille	Cucurbitaceae
Genre	Cucurbita
Espèce	C. pepo - most pumpkins, acorn squash, summer squash, zucchini

3.2. Les qualités nutritionnelles de la courge poivrée (voir tableau 3)

a) Teneur en calories

Les courges poivrées sont caractérisées par leur faible teneur en calories. De même qu'elles ont un faible indice glycémique. Une demi-tasse (équivalent de 100g) de cette courge présente un indice glycémique de 75 mais une charge glycémique de 8. Cela indique que manger jusqu'à 100g de courge poivrée n'affecterait pas le taux de sucre dans le sang vu le fait que les aliments caractérisés par une charge glycémique inférieure à 10 sont dits « aliments sûrs » pour les diabétiques et bons pour la perte de poids (Vadi, 2018).

b) Teneur en eau

Les courges d'hiver telles les courges poivrées, sont connues par leur richesse en eau, elles sont composées de plus de 92 % d'eau. Les courges sont parmi les aliments conseillés pour les régimes de perte de poids (Marionneau et al., 2018).

c) Teneur en fibres

La courge poivrée est une excellente source de fibres, contrairement aux sources de glucides raffinés comme le riz blanc et les pâtes blanches qui ralentissent la digestion (Kubala, 2020). Cette courge se distingue par sa composition en deux types de fibres : solubles et insolubles (Seema, 2020). Elle est principalement composée de la pectine, un type de fibres soluble qui se trouve principalement au niveau de la chair du fruit. La pectine est caractérisée par son pouvoir à réguler le transit intestinal en douceur sans irriter les intestins. Elle favorise aussi la croissance de la flore intestinale considérée comme bénéfique à la santé du « microbiote » (Daine, 2020).

La pectine est un type de fibre constitué essentiellement par des résidus d'acide galacturonique liés entre eux par des liaisons α -(1-4), partiellement acétylés ou estérifiés par des groupes méthyles (Combo et *al.*, 2011). Les Galacturonanes sont des molécules de type polysaccharide qui entrent dans la structure de la paroi cellulaire de nombreuses plantes. Les principaux types de galacturonanes qui se trouvent dans la pectine sont : l'homogalacturonane, le rhamnogalacturonane, l'arabinogalacturonane et le xylogalacturonane, appelées souvent : «polysaccharides pectiques». Des recherches sur la pectine ont montré qu'elle est caractérisée par des propriétés antidiabétiques et aide à réduire la libération du sucre de nos aliments dans notre tube digestif après un repas (George, 2020).

Cette composition en fibres aide aussi à réguler la glycémie et favorise les sensations de satiété (Kubala, 2019). Aussi, un régime riche en fibres quand il est maintenu, aide à prévenir la constipation et à favoriser un tube digestif sain. Des études récentes ont montré que les fibres alimentaires peuvent réduire l'inflammation et améliorer la fonction immunitaire. Ainsi on limitera le risque de maladies liées à l'inflammation telles que les maladies cardiovasculaire et le cancer. Il a été également démontré qu'une consommation accrue de fibres abaisse la tension artérielle et le taux de cholestérol (Ho Dinh, 2015).

d) Teneur en minéraux

Comme toutes les variétés de courges d'hiver, la courge poivrée contient également une faible quantité de sodium (1 mg / 100 g) mais une quantité importante de potassium (347 mg / 100 g) qui est un important électrolyte intracellulaire. Le potassium présente un bon électrolyte pour le cœur et aide à réduire la pression artérielle et la fréquence cardiaque, cela en contrant les effets pressants du sodium (Rudrappa, 2019).

e) Teneur en caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments fabriqués par les végétaux. Il en existe plus de 600 sortes, parmi eux on trouve principalement : la beta-carotène, l'alpha-carotène, la lutéine, la zéaxanthine et la lycopène. les caroténoïdes sont répandus dans les fruits et légumes, particulièrement abondants chez certaines variétés de Cucurbitacées (Skinner et *al.*, 2013) . Cette composition des caroténoïdes varie en fonction de la variété, de l'état de maturité, de la culture, des conditions de culture, de la manipulation après récolte et de stockage, du climat et de la localisation géographique (González et *al.*, 2001) .Ce sont eux qui procurent aux fruits et légumes cette couleurs orangée , rouge ou jaunâtre . Ils ont comme fonction essentielle la protection des plantes contre les dégâts des radicaux libres

produits lors de l'exposition au soleil. Aussi, dans le cas des êtres humains, les caroténoïdes contribuent à la protection de la peau contre les UV. Ils protègent aussi d'autres organes que la peau : le système cardiovasculaire et la prostate (Causse, 2004).

Selon une étude menée par le département de nutrition de la *Harvard School of Public Health*, les régimes riches en bêta-carotène peuvent jouer un rôle de protection contre le cancer de la prostate chez les hommes plus jeunes (Ho Dinh, 2015).

Une étude faite par (Šlosár et *al.*, 2018) a révélé que la teneur totale en caroténoïdes de tous les cultivars de courge poivrée était significativement plus élevée par rapport aux cultivars de la variété des pâtissons (artichaut d'Espagne) avec une valeur de 10,1 mg.kg⁻¹ pour les courges poivrées et 0.27 mg.kg⁻¹ dans le pâtisson. La courge poivrée est particulièrement riche en alpha-carotène et la bêta-carotène qui sont connues pour leurs effets protecteurs contre le diabète de type 2, le déclin mental, le cancer du poumon, et les troubles oculaires.

Elles sont aussi connues par leur richesse en lutéine et enzéaxanthine, des composés qui ont une capacité de protéger l'œil contre la cataracte et la dégénérescence maculaire (Katzen, Mollie, 1992).

f) Teneur en vitamines

La vitamine C est une vitamine classée parmi les principaux antioxydants et considérée comme un nutriment nécessaire pour des articulations solides (Stein, 2020). En plus, la vitamine C contribue à réduire les problèmes pulmonaires tels que l'asthme (Viljoen et *al.*, 2020). Une tasse (équivalent de 204 g) de courge poivrée fournit à peu près 15 milligrammes de vitamine C, soit 25 % de la valeur quotidienne. 100 grammes de courge poivrée peut également fournir jusqu'à 367 unités internationales de vitamine A, soit 12% de la valeur quotidienne. Cette dernière est nécessaire pour prévenir la cécité nocturne et lutter contre les infections (Stein, 2020).

De plus, la courge poivrée contient des niveaux modestes d'autres groupes de vitamines du complexe B comme l'acide pantothénique (Rudrappa, 2019).

Tableau 3. Valeurs nutritionnelles des micronutriments de la courge poivrée (USDA ,2020)

Nutriments	Quantités
Protéines	1 g
Lipides	0.1 g
Glucides	10.23 g
Eau	86.41 g
Fibres	1.46 g
Vitamine A	4226 µg
Vitamine C	21 mg
Vitamine B2	0.02 mg
Vitamine B6	0.15 mg
Fer	0.7 mg
Cuivre	0.07 mg

Minéraux		
Calcium	33 mg	3%
Fer	0.70 mg	9%
Magnesium, Mg	32 mg	8%
Manganese, Mn	0.167 mg	6%
Phosphorus , P	36 mg	5%
Selenium, Se	0.5 µg	<1%
Zinc	0.13 mg	1%
Phyto-nutrients		
Carotene-β	220 µg	--
Crypto-xanthin-β	0 µg	--
Lutein-zeaxanthin	38 µg	--
Electrolytes		
Sodium	3 mg	<0.5%
Potassium	347 mg	7%

Vitamine	Valeur nutritionnelle	Dosage journalière (%)
Folates	17 µg	4%
Niacine	0.700 mg	4%

acide Pantothénique	0.400 mg	8%
Pyridoxine	0.154 mg	12%
Riboflavine	0.010 mg	<1%
Thiamine	0.140 mg	12%
Vitamin-A	367 IU	12%
Vitamin-C	11 mg	18%

Chapitre II : La fermentation lactique des légumes

1. Généralités

La fermentation lactique était depuis longtemps un procédé traditionnel utilisé pour la conservation des produits alimentaires. Cette technique permet non seulement d'augmenter la disponibilité des denrées alimentaires au cours de l'année mais aussi de créer des produits présentant des caractéristiques originales et des propriétés nutritionnelles intéressantes (Bourgeois et *al.*, 1996).

En plus de leur rôle fondamental dans l'élaboration du goût, de l'odeur et de la texture, les bactéries lactiques agissent contre bactéries indésirables, voire pathogènes comme les *Listeria* ou les entérobactéries. Elles empêchent la croissance de ces dernières, ainsi que la détérioration des aliments par d'autres micro-organismes comme les *Pseudomonas* ou les *clostridium* (INRA, 1998).

La fermentation lactique est un procédé utilisé non seulement pour conserver les produits laitiers mais permet également la conservation de champignons et de légumes de toutes sortes : choux, betterave, carotte, haricot, oignon, courges etc. Cette technique consiste à conserver les légumes tout en favorisant le développement de bactéries lactiques qui acidifient le milieu et inhibent ainsi la croissance des autres organismes indésirables (Burillard et *al.*, 2016).

2. Les bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont des microorganismes susceptibles de fermenter les sucres (principalement le glucose) en acide, principalement l'acide lactique. Elles sont à Gram positif, ne forment pas de spores. Elles sont généralement catalase négative. Elles fermentent différents types de substrats : lait, fruits, légumes, céréales, poisson, viandes etc. On peut les retrouver dans l'estomac et les intestins d'animaux et des êtres humains ou dans l'environnement. Elles sont classées en deux catégories selon leur voie de métabolisation des glucides : homo-fermentaire (ou homolactique) ou hétéro-fermentaire (ou hétéro-lactique) (Fessard, 2017).

La classification des bactéries lactiques est basée sur les formes de ces microorganismes, leurs exigences alimentaires, leurs propriétés physiologiques. Elle dépend non seulement de l'espèce étudiée, mais aussi des conditions de l'expérience : la température, la présence ou l'absence d'air, la nature des sucres, et de l'aliment azoté, la présence d'un autre microbe, ...etc. (Kayser, 1921). Ces bactéries lactiques nécessitent, pour leur croissance, la présence d'acides

aminés, d'acides gras, de vitamines et de minéraux (Fessard, 2017). Leurs caractères généraux sont : microbes immobiles, non sporulés, facultativement anaérobies ; ne poussant qu'au bout de quelques jours dans les milieux gélatinisés ou gélosés et, en général, sous la forme de très petites colonies. Leur forme est tantôt ronde, tantôt plus ou moins allongée. On trouve : des *streptocoques* ou des *streptobacilles*, des *diplocoques* ou *diplobacilles* (Kayser, 1921).

Parmi ces genres, seulement douze sont utilisés dans la biotechnologie alimentaire, il s'agit de : *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* et *Weissella*. Seulement cinq Parmi tous ces genres cités (*Aerococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc* et *Pediococcus*) répondent aux caractéristiques générales d'une bactérie lactique typique (Bedjaoui et al., 2018).

3. La fermentation lactique des légumes

La fermentation naturelle des légumes résulte d'un processus microbiologique très complexe et qui est conditionné par les espèces microbiennes présentes sur les plantes vivantes dont des espèces à gram négatif, bactéries sporulées à gram négatif, des levures et moisissures présente en faible portion. Généralement, les espèces lactiques responsables de la fermentation naturelle sont classées selon l'ordre suivant: *leuconostocmesenteroides*, *lactobacillus brevis*, *pediococcus*, *pentosaceus* et *lactobacillus plantarum* (Bourgeois et al., 1996).

3.1. Paramètres à maîtriser lors de la fermentation lactique

a. La taille des morceaux

Dans le processus de la fermentation lactique, réduire la taille du légume destiné à la fermentation est une étape primordiale. Cette opération s'effectue tout en tenant compte de la forme (cube ou lamelle) et de la taille idéale pour le bon déroulement de la lacto-fermentation ,cela va influencer sur la quantité de sucre libéré lors de la fermentation et donc sur l'acidité du produit final. Il a été constaté que des légumes entiers ou degros morceaux libèreront peu de sucre, seront moins acides (Arum, 2003).

b. Concentration d'ions hydrogène (pH)

L'accumulation d'acide lactique entraine le développement des bactéries lactiques et donc une baisse du pH, ce qui est un paramètre de base de pour la conservation des aliments

fermentés. Ainsi, ils peuvent être gardés à température ambiante pendant plusieurs mois. Elle procure également le goût aigre de certains aliments fermentés (Carré-Mlouka, 2019).

Il est à signaler que les bactéries lactiques dont principalement *Lactobacillus* et *Streptococcus* (qui jouent un rôle indispensable dans la fermentation des produits laitiers et végétaux) sont caractérisées par leurs résistances aux acides et survivront à des niveaux de pH réduits contrairement à la plupart des bactéries dont généralement le pH optimale est proche du point neutre (pH 7,0) (Azam-Ali et al., 1998).

c. Nutriments

Pendant la fermentation lactique, des éléments nutritifs indispensables doivent être fournis aux bactéries lactiques exclusivement par le légume mis en fermentation. Ses nutriments sont essentiellement du sucre (sous forme d'amidon dans les céréales, de fructose ou de saccharose dans les fruits, de lactose dans le lait), des vitamines du groupe B et des sels minéraux. Tous ses éléments sont présents dans les végétaux sains, cultivés naturellement sans pesticide ni engrais de synthèse (Arum, 2003).

d. Le sel

Il a la particularité de favoriser les bactéries lactiques au détriment des autres organismes. La teneur en sel est connue par sa grande influence sur l'activité des micro-organismes aérobies lors de la phase de fermentation primaire. Ces micro-organismes sont responsables du ramollissement des légumes. Des légumes croquants nécessitent plus de sel, si l'on veut les amollir, on en mettra moins. Le type de sel le plus recommandé est le sel marin, vu sa teneur en minéraux et en oligo-éléments.

En générale, La quantité de sel nécessaire dépend de la qualité de légumes. En cas de manque de sel, l'opération va virer vers des fermentations alcooliques et au pourrissement des légumes (Schöneck, 1990).

e. La matière première

La qualité de la matière première varie considérablement en fonction des saisons, de la provenance et de la manière dont ces matières ont été traitées avant leur transformation (hygiène lors de la récolte, temps de stockage, chaîne du froid...) (Renault, 1998).

f. L'eau

L'eau est un ingrédient indispensable dans le processus de la fermentation lactique des légumes. Il est donc recommandé d'utiliser une eau de source (éviter l'eau en bouteille). L'utilisation de l'eau de robinet doit être accompagnée par une suppression du chlore. Ce dernier empêche les bactéries de se développer. Pour cela, on peut laisser l'eau reposer une nuit où procéder à son élimination par évaporation, en le faisant bouillir quelques minutes afin que le chlore s'évapore. On peut utiliser également une filtration qui enlève le chlore ainsi que d'autres produits (André, 2018).

g. La température et l'oxygène.

La première phase de fermentation doit se dérouler rapidement, ce qui est favorisé par un environnement plutôt chaud. Elle se poursuit beaucoup plus lentement si la température environnante est basse. Au bout d'un certain temps, il devient indispensable de ralentir ce processus pour que le légume ne devienne pas trop acide.

Au cours du stockage, si la température est un peu trop élevée, lorsque de l'oxygène parvient jusqu'aux légumes, on constate souvent la prolifération de bactéries, il ya apparition de ce que l'on appelle un « mycoderme ». Ce phénomène est fréquent dans le cas où on laisse fermenter les produits dans des récipients ouverts. Celui-ci est dû à une levure qui apparaît sous la forme d'une légère couche blanchâtre qui se développe souvent à la surface des légumes mais ne présente aucun danger. Il est conseillé de l'éliminer à intervalles réguliers, car il participe à la modification du goût du légume fermenté. Dans le cas d'une fermentation dans des bocaux clos hermétiquement ou dans des pots spécialement conçus pour la fermentation et munis d'un joint d'eau, l'oxygène qui se trouve dans le récipient est en revanche rapidement utilisé. Il en résulte, au-dessus de la saumure, du dioxyde de carbone qui a comme rôle de stopper le développement du mycoderme. Cela permet d'éviter, au processus de fermentation, de s'interrompre avant son terme (Lorenz-Ladener, 2020).

3.2. Intérêt de la fermentation lactique

Les légumes lacto-fermentés ont plus d'arômes et sont plus savoureux. Ils sont excellents pendant l'hiver. A titre d'exemple, le chou une fois fermenté contient le double de vitamine C. (Frappier, 2010).

Les fruits et légumes fermentés à l'acide lactique ont plusieurs attributs nutritionnels dont :

a. Conservation des aliments

Pendant des millénaires, les aliments étaient conservés traditionnellement grâce à des fermentations naturelles sous l'action des bactéries lactiques. Ces micro-organismes ont la capacité de produire une grande variété de métabolites primaires et secondaires antagonistes tels, les acides organiques, du diacétyle, du CO₂ et même des antibiotiques comme la reutérocycline produite par *Lactobacillus reuteri*. En effet une large gamme de bactériocines est produite par les bactéries lactiques dont certaines ont une activité contre les agents pathogènes alimentaires tels que *Listeria monocytogenes* et *Clostridium botulinum*(vadi 2018).

b. Elimination du caractère antinutritionnel

La lacto-fermentation possède la faculté de détoxifier les aliments, comme par exemple décomposer partiellement les nitrates et les nitrites de certains aliments. (Saget, 2018).

La plupart des légumes et fruits contiennent des toxines et des composés antinutritionnels à l'origine. Ainsi, les racines de manioc qui contiennent deux glucosides cyanogènes : la linamarine et lotaustraline, elles arrivent grâce à la fermentation naturelle par la population mixte de levures (*Saccharomyces cerevisiae* et *Candida spp.*) et le lactobacilles (*Lactobacillus*, *Leuconostoc* et *Pediococcus*) à atteindre un niveau de cyanogène considérablement réduit. Pareille avec les fèves et les feuilles de manioc obtusifolia pendant la préparation de kawal (un aliment soudanais), les bactéries lactiques participent dans la réduction de leur toxicité (Didier et *al.*, 2014).

c. Préservation des minéraux et des vitamines

La disponibilité des micronutriments dans les légumes est améliorée lorsqu'ils subissent une fermentation lactique, cela est dû à la réduction significative des phytates. Il a été signalé également que la biodisponibilité du fer est plus élevée dans les carottes, la betterave et la patate douce après une fermentation lactique. (Montet, 2014).

d. Atouts nutritionnels

- Les fruits et légumes fermentés sont souvent prescrits par les diététiciens en raison de leur faible teneur en calories, car ils contiennent des quantités de sucres considérablement plus faibles que leurs contreparties crues.
- Les légumes fermentés sont aussi une source de fibres alimentaires qui ont un rôle majeur dans l'assimilation des graisses et la régularisation du péristaltisme dans les

intestins. Ils sont également classés parmi les principales et les plus précieuses sources de vitamine C et de vitamines du groupe B avec des quantités plus élevées comparativement aux légumes à l'état brut.

- Les légumes lacto-fermentés sont aussi riches en substances phénoliques et de nombreux autres nutriments présents à la base dans la matière première. L'acide lactique résultant de la fermentation de ces fruits et légumes peut également abaisser le pH de l'intestin, ainsi il inhibe le développement des bactéries putréfactives (Urbonaviciene et *al.*, 2015). Les légumes lacto-fermentés permettent également l'amélioration de notre digestion, en particulier lorsqu'ils sont consommés en début des repas. Ils ont la capacité à soulager les inconforts digestifs en rééquilibrant l'acidité gastrique. Aussi, la fermentation lactique à la particularité d'améliorer l'absorption des nutriments, des vitamines et des minéraux et aide à l'équilibre de la flore intestinale (Majcher, 2020), sans ignorer, par ailleurs, l'effet probiotique de certains lactobacilles. En raison des multiples effets bénéfiques sur la santé, associés aux probiotiques, la consommation des légumes fermentés contenant des bactéries vivantes a un rôle incontournable sur le corps humain (Edward, 2008).
- La composition, de certains fruits et légumes fermentés, en pigments colorés tels que les flavonoïdes, le lycopène, l'anthocyane, le β -carotène et les glucosinolates, agissent comme antioxydants dans le corps en éliminant les radicaux libres nocifs impliqués généralement dans les maladies dégénératives comme le cancer, l'arthrite et le vieillissement (Anandharaj et *al.*, 2014).

e. Effets aromatisants

Grace à L'acidité et à la teneur en sucre simple des légumes lacto-fermentés, de nombreux bactéries lactiques naturelles croissent, y compris *Streptococcus faecalis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*, *Pediococcus*, *spp.* Et *Leuconostoc mesenteroides*, produisant ainsi une gamme de petits composés aromatisants tels : l'acide lactique, l'acide acétique, l'éthanol, également le glucose (Edward, 2008).

f. Effets texturants

Les aliments fermentés ont comme caractéristique communes en plus du goût singulier, une consistance spécifique dont la particularité revient aux bactéries vivantes (au même titre que la levure du pain ou la moisissure du roquefort).

La fermentation lactique a pour effet, d'assouplir les aliments pour certains, tel le chou utilisé pour le kimchi, ou, pour d'autres de gagner en consistance.

Les effets de la fermentation peuvent différer selon : la chaleur, la durée et la nature du processus utilisé. Cela a un impact à la fois sur la texture et le goût (Laure Maire, 2019).

j. Absorption des nutriments

La lacto-fermentation procure une meilleure valeur nutritionnelle pour les aliments, de même qu'elle permet une meilleure absorption de ces nutriments. Le fer, à titre d'exemple, est plus facilement assimilé lors de la consommation des légumes lacto-fermentés. Il en est de même avec les vitamines (Scheers, 2016).

3.3. Déroulement de la fermentation lactique des légumes :

a. La phase initiale

Au début, les bactéries lactiques (BLA) ne représentent qu'environ 1% de la microflore totale) (Fahrasmane et *al.*, 1963), sachent qu'il en résulte au fur et à mesure une disparition des germes gram négatif (bactéries non lactique), cela provoque une diminution de la teneur en nitrate.

Deux jours plus tard, les BLA représentent plus de 90% de la microflore totale (swati et *al.*, 2020). Pendant la phase de fermentation primaire, les bactéries lactiques contribuent à la production de l'acide lactique, suite à une fermentation des sucres fermentescibles (principalement le glucose) (Fessard, 2017) ; ce qui provoque l'acidification du milieu par réduction du pH. De nouvelles substances sont produites, à l'écart de l'acide lactique, on a aussi des vitamines et d'autres composés (voir figure 6) (Arum, 2003).

Au fur et à mesure que la production des acides, acétique et lactique, augmente on a inhibition des bactéries lactiques. Le pouvoir tampon du milieu est un facteur important pour leur survie. La concentration en sel et le contenu en sucre fermentescible du matériel végétal sont les principaux éléments influant sur l'intensité de la fermentation lactique.

Dans ce genre de fermentation, les bactéries lactiques responsables sont des bactéries micro aérophiles (*LeuconostocPediococcus*, *Lactobacillus*) (Fahrasmane et *al.*, 1963).

b. La fermentation secondaire

Cette étape est réalisée grâce aux fermenteurs secondaires, *Lactobacillus brevis* et *Lactobacillus plantarum*, qui peuvent résister aux conditions acides élevées. Ils prennent donc le relais pendant la phase secondaire (Joell A. Eifert, 2009).

Lorsque le pH du milieu atteint une valeur inférieure à 4,1 (au bout de 2 ou 3 semaines), il en résulte une interruption du développement des micro-organismes indésirables (Aubert, 1990).

Les populations microbiennes, au cours de la fermentation, sont affectées par le type d'organismes présents au stade de l'initiation, la quantité de sel et la température.

Contrairement aux autres fermentations alimentaires, les levures et les moisissures participent le moins à la fermentation végétale et sont considérées comme des sources de problèmes de détérioration dans de nombreux cas (Joell A. Eifert, 2009).

Cette étape est caractérisée initialement par l'arrêt de l'acidification et la formation de nouveaux arômes. On procède à la fin à l'entreposage des légumes à une température qui va de 0°C à 10°C (Shöneck, 1990). Ainsi, les légumes lacto-fermentés peuvent se conserver plus d'une année (Aubert, 2020).

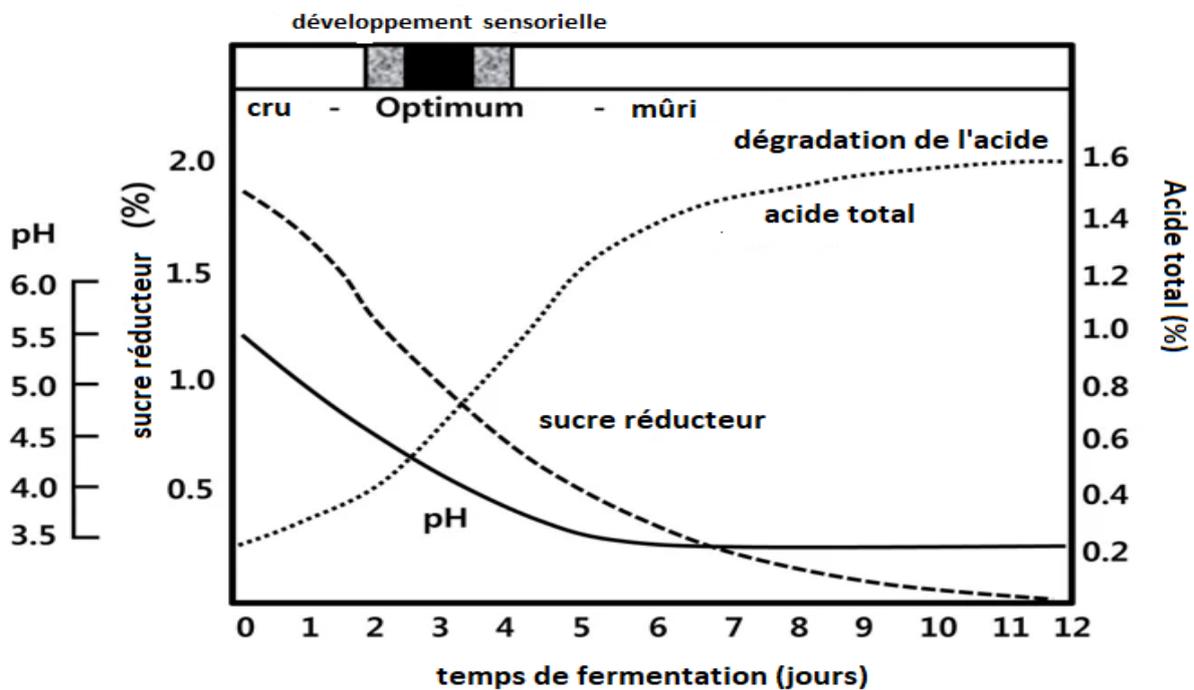


Figure 6. Changements de pH, d'acidité et réduction de la teneur en sucre pendant la fermentation du kimchi (Lee, 2001).

3.4. Processus de la fermentation lactique des légumes :

L'élaboration d'un légume lacto-fermenté nécessite généralement deux ingrédients principaux : une eau de source non chlorée et du gros sel non iodé .La réalisation de cette opération passe par plusieurs étapes, chacune de ces étapes influent de façon direct sur le résultat final de la lacto-fermentation. Ci-dessous se résume les principales étapes de préparation de légumes lacto-fermentés (voir figure 7).

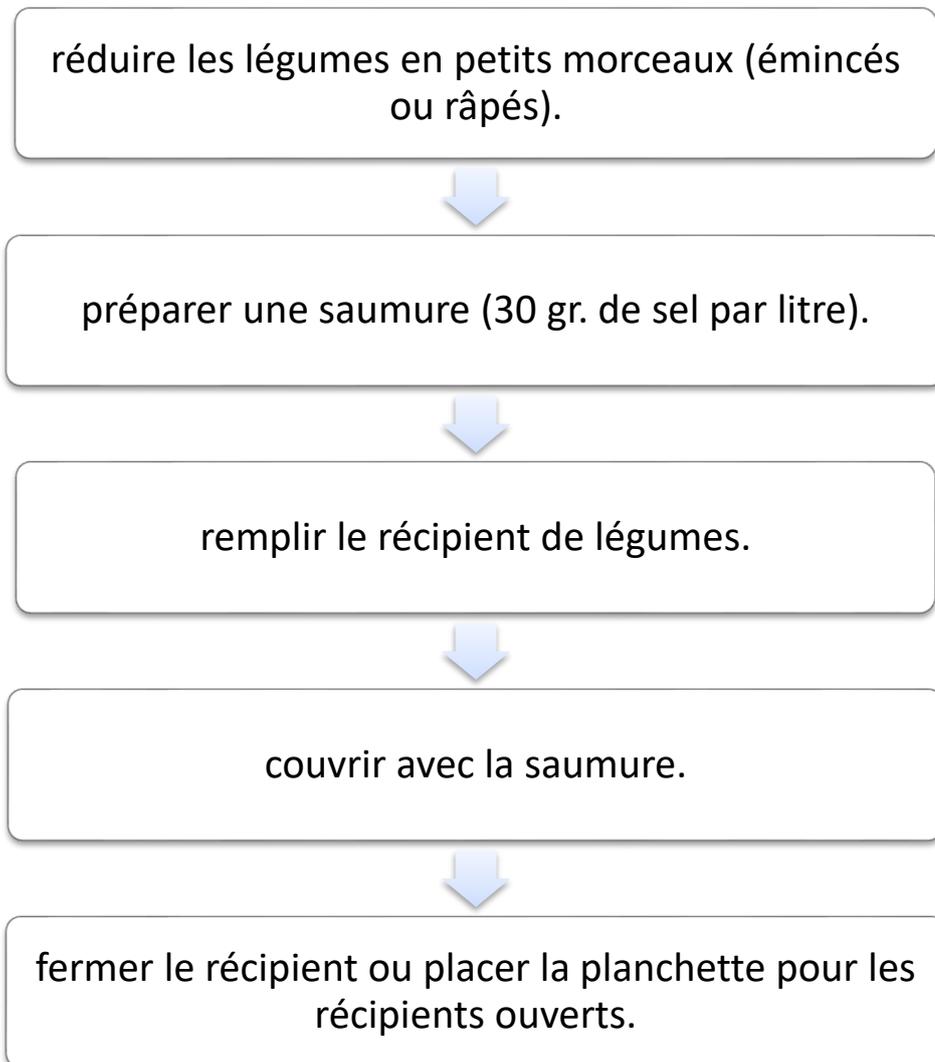


Figure 7.Diagramme d'élaboration d'un légume lacto fermenté (Arum , 2020)

Chapitre III : Le fromage frais

1. Généralité

Au sens du règlement européen CCE n°1898/87, concernant la protection de la dénomination du lait et des produits laitiers lors de la commercialisation, les produits laitiers sont définis comme : « les produits dérivés exclusivement du lait, étant entendu que des substances nécessaires pour leur fabrication peuvent être ajoutées, pourvu que ces substances ne soient pas utilisées en vue de remplacer, en tout ou partie, l'un des quelconques constituants du lait ». Le terme « frais » concerne les produits qui ont une date limite de conservation DLC inférieure ou égale 30 jours (avis de 1988 du Centre national de la consommation sur l'utilisation du terme « frais »).

Les produits laitiers frais regroupent une large variété de produits qui se distinguent par leur procédés de fabrication, leur présentation et leur qualité organoleptique.// Ils sont fabriqués en générale à base de lait de vache, vu sa disponibilité et sa grande consommation (Malek et *al.*,2001), auquel peuvent être ajoutés d'autres ingrédients, laitiers ou non. Ces produits regroupent principalement les yoghourts et les laits fermentés, les fromages frais, les desserts lactés frais ainsi que les crèmes et les beurres. La dénomination de ces produits n'est pas réglementée au niveau international. Pour les laits fermentés, ils sont seulement définis au niveau national et au niveau européen pour les beurres. On se contente dans ce chapitre à la description des fromages frais.

1.1. Le Fromage frais

Selon la norme de *codex alimentarius* (norme CODEX STAN 221-2001 pour les fromages non affinés y compris les fromages frais) et la norme internationale FAO/OMS A-6 (1978, modifiée en 1990), le fromage frais ou non affiné est un fromage prêt à la consommation peu de temps après sa fabrication. Au terme de la réglementation française (décret de 30 décembre 1988, ayant abrogé et remplacé le décret du 26 octobre 1953), la dénomination « fromage » est réservée à un produit fermenté ou non, obtenu par coagulation du lait, de la crème ou de leur mélange, suivie d'une opération d'égouttage. Tous les fromages frais ont une DLC de 24 jours.

Les fromages frais traditionnels subissent généralement un égouttage lent. Ils sont fabriqués à partir de lait ou de crème propre à la consommation humaine (Boutonnier et Dunant, 1990). Ils résultent de la coagulation à prédominance lactique du lait, combinant toujours l'action des ferments lactiques et celle de la présure.

Les fromages non affinés, aux caractéristiques organoleptiques variés (nature, aux fruits, aromatisés) (Syndifrais, 1984) regroupent :

- Les fromages blancs battus (texture lisse) ou de « type campagne » (texture hétérogène micellaire, fréquemment égoutté en faisselle).
- Les « petits-suisse » nature ; les fromages frais pulvé
- Les « demi sel », souvent aromatisés (ail, fines herbes...).

En France, les fromages blancs fermentés et commercialisés avec le qualificatif « frais » doivent renfermer une flore vivante au moment de leur mise à la consommation.

1.2.La consommation de produits laitiers frais

Il est établi que la consommation de produits laitiers frais contribue fortement à la couverture des apports nutritionnels conseillés en plusieurs micronutriments (Vissers PA, 2011 ; Drewnowski A, 2011). En effet, Le Programme national nutrition santé (PNNS) recommande la consommation quotidienne de plusieurs produits laitiers chez l'enfant et l'adulte (PNNS, 2011). Cette recommandation est basée sur la composition de ces aliments, qui contiennent également du calcium, protéines, vitamines et autres minéraux pour un apport énergétique modéré (Ginder Coupez V et al., 2017). De plus, De nombreux travaux montrent un intérêt nutritionnel particulier des PLF. Ces produits lacto-fermentés contiennent une flore vivante qui sont des probiotiques (Donovan SM, 2014 ; El-Abbadi NH, 2014).

La consommation de ces produits laitiers frais est associée dans la grande majorité des études à une diminution du risque de survenue du syndrome métabolique, du diabète, d'hypertension artérielle, d'évènements cardiovasculaires, et à une meilleure santé osseuse (RiceBH, 2013 ; Prentice AM, 2014 ; Da Silva MS, 2014).

1.3.Processus de fabrication du fromage frais

La fabrication du fromage peut être considérée comme un phénomène d'agglomération, correspondant à une synérèse, liée à un phénomène d'écoulement. Il s'agit de l'agglomération des particules protéiques du lait, de la caséine principalement, plus ou moins modifiées qui emprisonnent les autres constituants et, ensuite, de l'agglomération des morceaux de caillé moulés. Ce phénomène d'agglomération est associé au phénomène d'écoulement de la phase liquide, composée de l'eau du lait et de particule soluble emprisonnée dans des pores, puis libérée (Luquet, 1990).

La fabrication du fromage frais se résume en 03 phases principales:

- La préparation du lait;
- Le caillage ou la coagulation du lait;
- L'égouttage du caillé.

Les étapes de la fabrication du fromage frais sont détaillées ci-dessous

1.4. Préparation du lait avant la fabrication du fromage

Dès la traite, le lait est refroidi dans des cuves réfrigérées. Généralement, les traites de 2 à 3 jours y sont accumulées et conservées à 3-4°C. Afin de préparer le lait sur le plan microbiologique et physicochimique, plusieurs opérations sont effectuées (Sindicetal, 2006).

1.4.1. Filtration et refroidissement du lait à la réception

La filtration est effectuée au moyen de filtres qui permettent de retenir les impuretés du lait (Dossou et al., 2006). Le lait subit ensuite un refroidissement à environ 4°C, dans le but de conserver ses qualités et de ralentir la prolifération des espèces bactériennes présentes, essentiellement la flore mésophile lactique, responsables de l'acidification du lait et la flore pathogène (Goudédranche et Camier-Ca, 2001). Le lait est stocké, après le refroidissement à l'usine pendant 18 à 24h, à 4°C pour empêcher sa détérioration hygiénique et nutritionnelle.

1.4.2. Le chauffage du lait

En fabrication fromagère, le lait subit une thermisation au moyen d'un échangeur à plaques à une température de 60 à 65°C, afin de réduire le nombre des germes totaux (Vignola, 2002).

1.4.3. Standardisation et écrémage

En industrie laitière, la standardisation est une opération qui sert à produire du lait avec une teneur en matière grasse définie. Elle se fait en deux étapes. Dans la première, il y a séparation de la crème et du lait écrémé par une centrifugeuse à disque (écrémeuse). La force centrifuge permet, en même temps, la clarification du lait. Il y aura ainsi un circuit lait écrémé et un circuit crème qui vont être mélangés ensemble à nouveau (Vignola, 2002).

1.4.4. Pasteurisation du lait

Le lait standardisé en matière grasse subit un traitement thermique intense à l'aide des pasteurisateurs à plaques, à 95 °C pendant 1 à 5 mn, dans le but d'améliorer la qualité technologique du produit fini par destruction des germes hétéro fermentaires indésirables ainsi que la qualité hygiénique par élimination des pathogènes (Mahaut et al., 2000).

1.4.5. Coagulation du lait

La coagulation du lait résulte de l'agglomération des micelles de caséine plus au moins modifiées. Cette association mène à la formation d'un gel dont le volume est égal à celui du lait mis en œuvre. Ces modifications physico-chimiques des caséines sont induites soit par voie acide ou enzymatique (Gastaldi bouabid, 1994).

L'acidification du lait est obtenue soit par les produits de fermentation de bactéries acidifiantes ou par des composés chimiques d'action acidifiante directe ou indirecte. La régression ionisante des fonctions acides des caséines induit au déplacement progressif du calcium et du phosphate inorganique de la micelle vers la phase aqueuse lors de la diminution concomitante du pH de milieu. Ceci induit à la désorganisation des micelles et une réorganisation des sous unités micellaires (Brule et *al.*, 1997). L'acidification bactérienne du lait est un processus progressif, lent et uniforme. Il est caractérisé par des difficultés liées à la maîtrise du développement bactérienne (facteurs de croissance, cinétique de multiplication, état physiologique, produits de métabolismes et autres). Le coagulum édifié est un ensemble de flocons caséiniques emboîtés les uns sur les autres (Attia et *al.*, 2000). La texture du gel est influencée par le taux et l'importance de l'acidification en contrôlant son taux de déminéralisation (Mc Sweeny et *al.*, 2004). Le gel acide obtenu est friable, lisse et homogène.

Dans la coagulation enzymatique, on utilise plusieurs enzymes protéolytiques, soit d'origine animale (veau, taurillon, porc et poulet), végétale (artichaut, chardon) ou microbienne (*Kluyvermyces*, *Mucor miehi*, *MucorpusillsetEndothiaparasitica*) (Dalgeish, 1982 ; Ramet, 1985 ; Ramet, 1987 et Alais et Linden 1997). La présure est l'enzyme la plus fréquente en fromagerie, sécrétée dans la caillette des jeunes ruminants non sevré. Son mécanisme d'action fait apparaître trois étapes (Alais et Linden, 1997 ; Brule et *al.*, 1997) : hydrolyse enzymatique de la liaison peptidique phe105-Met106 de la caséine k, ensuite association des micelles de caséines déstabilisées et puis développement d'un réseau par réticulation et formation d'un gel. Les gels obtenus sont élastiques et peu friables. Leur raffermissement est rapide et important par rapport au gel lactique. Leur porosité est bonne, mais leur imperméabilité est forte (Ramet, 1985).

1.4.6. Egouttage

L'égouttage est considéré comme un phénomène dynamique qui se caractérise par la quantité de lactosérum expulsé durant le temps. En effet, il fixe les caractéristiques physiques (pH et *a_w*) et chimiques du caillé et par conséquent l'affinage du fromage (Weber, 1997).

Le processus d'égouttage est associé à des facteurs directs correspondant à des traitements de types mécanique et thermique, des facteurs indirects (acidification et coagulation enzymatique) et des facteurs liés à la matière première (richesse en caséine laitière, en protéines solubles et en matière grasse) (Ramet 1986 et 1997).

1.4.7. Enrichissement

L'enrichissement est défini comme étant l'addition à un aliment d'un ou plusieurs nutriments essentiels, normalement ou non contenus dans l'aliment, avec pour objectif la prévention ou la correction d'une carence en un ou plusieurs nutriments, au sein d'une population ou de groupes de population spécifiquement vulnérables (FAO/WHO, 1994). Les stratégies d'enrichissement utilisent des aliments vecteurs facilement accessibles et largement consommés (Berger, 2004).

Le choix de chaque micronutriment à ajouter dépend de sa biodisponibilité dans l'aliment et de sa stabilité au cours du procédé de préparation et au cours du stockage. Pour fonctionner et être efficace à long terme, le procédé d'enrichissement doit être simple et l'aliment enrichi possède des propriétés organoleptiques et nutritionnelles acceptables par le consommateur (Stekel et *al.*, 1985).

Les courges lacto-fermentées introduites dans le fromage frais renferment une quantité importante de minéraux, oligoéléments et vitamines, ce qui les rend utiles pour la stimulation des défenses immunitaire de l'organisme et limite les risques des carences alimentaires.

1.5. Organigramme de fabrication des fromages frais

Pour réussir son fromage frais, plusieurs paramètres sont pris en considération: la qualité du lait utilisé, l'ajout ou pas de ferment, le type de ferment utilisé, le temps et température de fermentation Un procédé bien défini est suivi pour élaborer ce fromage. Ci-dessous les principales étapes de sa fabrication (voir figure 8).

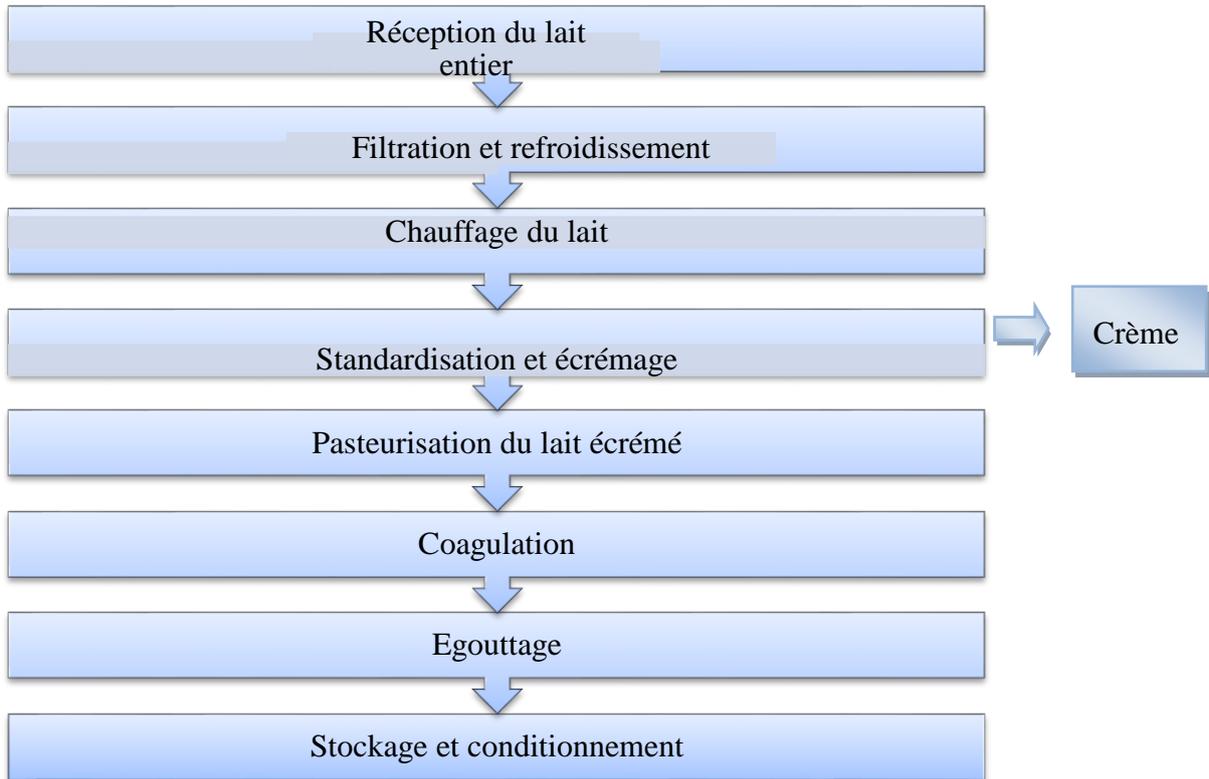


Figure 8.organigramme de fabrication du fromage frais

1.6.La qualité nutritionnelle des fromages frais

Les fromages frais présentent des qualités nutritionnelles importantes. Il est caractérisé par une teneur élevée en protéines et une teneur en calcium assez importante. Quelle que soit le type de fromage, la teneur en glucides reste sensiblement identique (Mahaut *et al.*, 2000). Le tableau -I- nous renseigne sur la composition d'un fromage frais type « petit suisse » pour 100g de produits frais (voir tableau 4).

Tableau 4. Composition moyenne pour 100g de fromage frais (Eck, 1978).

Composition	Valeurs nutritionnelles pour 100g de fromage frais
Eau	79g
Energie	118 Kcal
Glucides	4 g
Lipides	7,5 g
Protéines	8,5 g
Calcium	100 mg
Phosphore	140 mg
Magnésium	10 mg
Potassium	130 mg
Sodium	40 mg
Zinc	0,5 mg
Vitamines A	170 UI
Thiamine	0,03 mg
Riboflavine	0,15 mg
Niacine	0,15 mg
Vitamine pp	0,2 mg
Acide ascorbique	00 mg

1.7.Les colorants des fromages et leur intérêt

La couleur est un caractère sensoriel important, qui influe sur les préférences des consommateurs, la perception du goût et, par conséquent, le choix d'achat (Sukkwai et *al.*, 2018). Les pigments qui colorent les aliments sont généralement instables et sont modifiés au

cours du traitement (examinés dans Schoefs, 2002, 2005). Pour maintenir ou restaurer l'uniformité de la couleur des produits, des colorants, considérés dans le monde entier comme des additifs alimentaires, sont intentionnellement ajoutés aux produits alimentaires (Commission européenne et Conseil, 2008). Le marché des additifs alimentaires naturels a connu une forte croissance depuis le siècle dernier en raison des dangers potentiels des additifs alimentaires artificiels et des avantages potentiels des composés biologiquement actifs (Hutchings, 2003).

Traditionnellement, les colorants ont été utilisés comme additifs alimentaires pour rendre les aliments plus attrayants et paraître plus sains. Et, même aujourd'hui de nombreux produits disponibles sur le marché alimentaire, tels que les collations, les pâtisseries, les puddings, les liqueurs, les sauces, les produits laitiers, les aliments prêts à manger, et les boissons prêtes à boire, contiennent des couleurs ajoutées, produites naturellement ou chimiquement. Des études ont montré que les couleurs naturelles sont aussi efficaces que les colorants dérivés de la synthèse chimique ; de plus, ils sont sûrs et sains et peuvent conférer des propriétés fonctionnelles supplémentaires. Par exemple, des antioxydants, des antimicrobiens ... (Carocho, Barreiro, Morales et Ferreira, 2014; Delgado-Vargas & Paredes-Lopez, 2003; Rodriguez-Amaya, 2016).

Sur le marché mondial du fromage, de nombreuses variétés de fromages ont différentes nuances de couleur, en particulier des teintes orange, blanche, bleue et jaune. Ces couleurs sont obtenues à partir de différentes sources. Malgré le nombre élevé de variétés de fromages, seules quelques-unes ont une distribution de couleur uniforme et homogène; (Fox, Guinee, Cogan et McSweeney, 2017). Cependant, les fromages dont la couleur est orange, y compris le cheddar rouge, le gouda, le prato et la mimolette, recueillent cette apparence du colorant alimentaire « rocou ajouté » ajouté dans le lait au début du processus de fabrication du fromage. De plus, selon les pays de commercialisation de ce fromage, les nuances peuvent aller du jaune vif à l'orange foncé (E4526.....). Une récente étude auprès des consommateurs (Speight, Schiano, Harwood et Drake, 2019) a identifié la couleur comme l'un des principaux attributs influençant le choix du consommateur, avec un score d'utilité plus élevé (plus d'attractivité vers l'attribut) pour la couleur orange par rapport au fromage blanc (Speight et al., 2019).

Cependant, les fromages blancs sont considérés comme plus "naturels" en raison de l'absence de rocou. Contrairement au lait de caprine, le lait de vache contient de bêta carotène.

Le bêta-carotène se dissout dans les réserves de graisse de l'animal et se retrouve dans les globules gras de son lait. Cependant, les amas de protéines et les membranes qui entourent les globules gras dans le lait cachent la couleur du pigment, reflétant la lumière d'une manière qui donne au lait un aspect blanc et opaque. Mais pendant le processus de fabrication du fromage, le pigment est libéré après l'ajout de la culture bactérienne et la présure au lait. A la cuisson du mélange coagulé, les membranes graisseuses se dissolvent et les grappes de protéines se desserrent afin qu'elles ne puissent plus refléter la lumière. Le bêta-carotène redevient visible et plus concentré, cela revient au drainage du composant liquide maigre du lait, appelé lactosérum, cela implique l'obtention de fromages gras. En plus de ça, la façon dont les vaches sont traitées influence aussi sur la qualité du lait. En effet, des vaches broutées dans des pâturages ouverts produisent un lait d'une couleur naturelle la plus profonde (Arumugam N, 2020). Il est à savoir aussi qu'en hiver, lorsque les vaches sont nourries de foin (herbe séchée) ou de fourrage ensilé (herbe stockée, verte), le lait est plus blanc, tandis qu'au printemps et en été, lorsque le lait est riche en bêta-carotène vu la consommation de la vache de l'herbe fraîche, le lait devient plus jaune, plus riche en matières grasses et d'une saveur meilleure, cela implique un lait de meilleure qualité gustative.

Les fabricants ont donc décidé de standardiser le produit toute l'année en rendant chaque lot de fromage de la même couleur. La couleur qui est devenue la norme était un ton encore plus vibrant de cette nuance jaune, croyant qu'ils pouvaient en quelque sorte transmettre un haut niveau de qualité avec une couleur qui véhiculait de tels attributs positifs (Singley N, 2020).

PARTIE EXPÉRIMENTALE

Chapitre I : Matériel et Méthodes

1. Lieu et objectif du travail

Ce présent travail a été réalisé principalement au niveau de deux entreprises. L'élaboration et les analyses de la courge poivrée (fraîche et lacto-fermentée) ont été effectuées au niveau du laboratoire de contrôle de qualité « laboratoire chellali » situé au sein de la commune de Rouïba, wilaya d'Alger du 10-03-2020 au 20-03-2020. La deuxième partie qui consiste en l'élaboration et l'analyse du fromage frais était prévu se réaliser au niveau de la laiterie « ONALAIT » située au niveau de la commune de Birkhadem, wilaya d'Alger. A cause de la conjoncture que traverse notre pays, lié à la pandémie du covid-19, l'accès à l'unité a été interdit. Malgré cette situation difficile et compliquée nous avons pu trouver un laboratoire pour achever notre travail. Finalement, les analyses du fromage frais nature ont été réalisées dans le sud algérien, à l'unité de recherche en énergies renouvelables en milieu saharien « CDER » d'Adrar du 23/06/2020 au 02/07/2020.

L'objectif du présent travail est l'obtention d'un aliment ayant des qualités nutritionnelles, organoleptiques et fonctionnelles plus intéressantes. Ceci, en améliorant le produit de base qui est le fromage frais, considéré comme produit de large consommation, par l'incorporation d'une courge poivrée lacto-fermentée à différentes doses. La courge poivrée est connue pour ses qualités nutritionnelles et diététiques, et tout particulièrement pour sa richesse en fibres. Ces dernières vont certainement améliorer la qualité du fromage frais, surtout sur le plan organoleptique (la texture et la couleur), après incorporation de cette courge. S'ajoute à cela, les bienfaits de la lacto-fermentation qui vont, sans doute, apporter au produit d'autres améliorations sur les plans : nutritionnelle, organoleptique, fonctionnelle et de santé.

Une démarche expérimentale a été entreprise pour réaliser ce travail préliminaire. Nous avons opté dans cette étude à la détermination de quelques paramètres physico-chimiques essentiellement (pH, acidité, glucides, lipides, protéines, fibres) sur la citrouille fraîche, la citrouille lacto-fermentée, le fromage frais nature et fromage frais enrichis.

2. La préparation des échantillons

2.1. La fermentation lactique de la courge

2.1.1. Le Choix de la variété

Afin d'arriver à la variété de courge qui convient le mieux à notre étude, des critères bien définis ont été pris en considération.

La variété : diverses variétés ont été le sujet de cette sélection. La variété «courge poivrée » (figure 10) a donné le meilleur résultat, comparé aux autres variétés testées.

- La disponibilité de ce produit sur le marché est un paramètre important voire indispensable. Cette courge, par rapport aux autres variétés, était plus disponible et mieux distribuée à l'échelle nationale.
- La durée de la lacto-fermentation : une durée de 9 jours a été fixée pour la fermentation de ces courges. Dans le cas de la courge poivrée, cette durée était suffisante pour obtenir un produits lacto-fermenté aux caractéristiques organoleptiques agréables (texture finale du produit « ramollissement », dégagement d'arômes et odeurs agréables) ainsi qu'un dégagement du CO₂, signe du bon déroulement de la fermentation.
- Le dernier paramètre est la qualité organoleptique ou sensorielle. Dans le cas de la courge poivrée, après fermentation, nous avons remarqué le dégagement d'un arôme plus agréable. De même, la texture est aussi bien meilleure, plus molle et moins fibreuse ; elle forme avec le fromage un mélange bien homogène. Pour le paramètre couleur, nous avons constaté une couleur plus attirante dans le cas de la courge poivrée. Celle-ci va d'un orange claire parfois jaunâtre à une couleur orange foncé après fermentation, cela donne au fromage une belle pigmentation (orange).

➤ **Ingrédients :**

Les ingrédients utilisés sont : une eau potable (non chlorée), le sel marin.

➤ **Déroulement de la fermentation**

Conditions de préparation :

- ✓ La lacto-fermentation a été faite dans des bocaux en verre d'une capacité de 700 ml, munis de couvercles, équipés d'un joint se fermant hermétiquement.

- ✓ La courge utilisée est la « courge poivrée » (figure 10) Elle a été cueillie pendant la saison hivernale (décembre- janvier) dans la région de Tipaza. Sa peau est de couleur verdâtre avec des parties oranges et sa chaire de couleur orange claire, parfois allant vers le jaune, d'un aspect ferme, pas trop fibreuse.
- ✓ la courge était stockée en entier dans un endroit sec à l'extérieur à une température ambiante. Les étapes de préparation de la courge lacto-fermentée sont décrites ci-dessous :

- 2- l'élaboration de l'échantillon a commencé par la préparation d'une saumure. Utilisation d'une eau de source, non chlorée de la région de « Gouraya » (Tipaza) et d'un sel non iodé (sel de mer).

La préparation débute par un blanchiment dans un litre d'eau portée à ébullition pendant 2 à 3min. Ensuite, on ajoute 30 g de sel marin, on homogénéise bien jusqu'à dissolution total du sel et on entame un deuxième blanchiment par ébullition pendant 2 à 3 min.

Le récipient contenant la saumure est ensuite couvert et mis dans un endroit sec, à température ambiante jusqu'à refroidissement.

- 3- Préparation de la courge : avant son utilisation, elle a été rincée légèrement avec de l'eau propre, épluchée, et découpée en bâtonnet de 1cm² .
- 4- Les bâtonnets de courge sont ensuite placés dans le bocal, décrit préalablement, en les rapprochant de façon à ne pas laisser s'installer l'air.
- 5- Les bâtonnets sont ensuite recouverts par la saumure, préparée et refroidie auparavant. Le remplissage avec la saumure se fait de façon à couvrir toute la quantité de courge présente dans le bocal en laissant environ 2 cm d'espace libre au-dessous du couvercle pour éviter le débordement.
- 6- Le bocal est ensuite fermé hermétiquement pour éviter la pénétration de l'air
- 7- Le récipient est placé dans un endroit sec, à l'abri de la lumière et à température ambiante (25 - 30°C) pendant la période de 9 jours (figure 11).
- 8- Le pot est ouvert le 10ème jour pour vérifier que la fermentation a eu lieu sans problèmes.
- 9- Ce dernier est ensuite placé dans le réfrigérateur à température de 4 à 6 °C

L'organigramme ci-dessous résume les étapes précédentes (figure 9) :

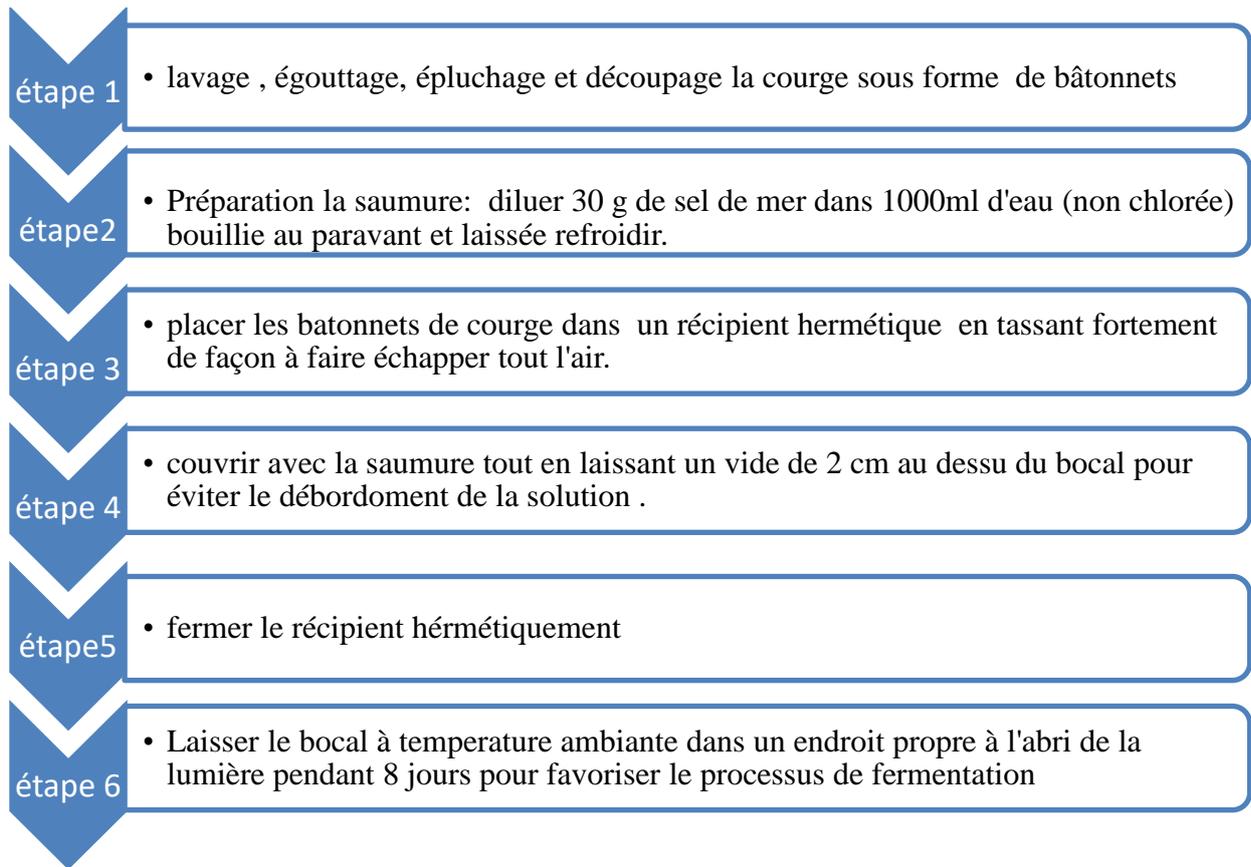


Figure 9.Procédé de lacto-fermentation adopté pour la courge fermentée



Figure 10.La courge poivrée



Figure 11.La courge poivrée lacto-fermentée.

2.2. L'élaboration du fromage frais

Le fromage frais a été élaboré en utilisant le processus de la fermentation lactique spontanée à température ambiante sans ajout de bactéries lactique ou de présure. Vu la circonstance, citée préalablement, et l'absence de moyens de travail nécessaires, le processus de fabrication du fromage frais à était réadapté de façon à pouvoir le réaliser à l'échelle laboratoire.

Les étapes de la fabrication du fromage frais sont décrites et illustrées dans ce qui suit (Figure n° 18):

- 1- La coagulation :** 3 litres du lait de sachet reconstitué, partiellement écrémé, est mis dans un récipient et laissé fermenter à une température ambiante de 30 à 35°C (en été) pour une durée allant de 24 à 36 h (figure 12).



Figure 12.Lait Caillé

- 2- **Le chauffage** : Le caillé obtenu est ensuite chauffé à feu doux pendant 20 min pour favoriser la synérèse et faciliter la séparation de notre caillé du lactosérum (figure 13).



Figure 13.Coagulum obtenu après chauffage.

- 3- **Egouttage** : le coagulum est ensuite récupéré délicatement et mis dans un tissu en mousseline afin d'éliminer le lactosérum résiduel (figure 14 et 15).



Figure 14.Égouttage du caillé.



Figure 15.Caillé après égouttage

- 4- Malaxage :** Le caillé obtenu précédemment est ensuite malaxé avec un bras malaxeur afin de donner une texture lisse au fromage (figure 16).

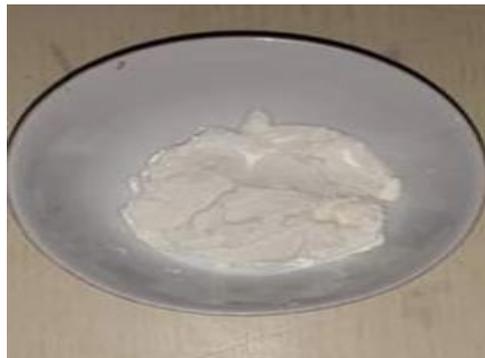


Figure 16.Fromage frais malaxé.

Les étapes de préparation du fromage frais sont résumées ci-dessous (voir figure 17) :

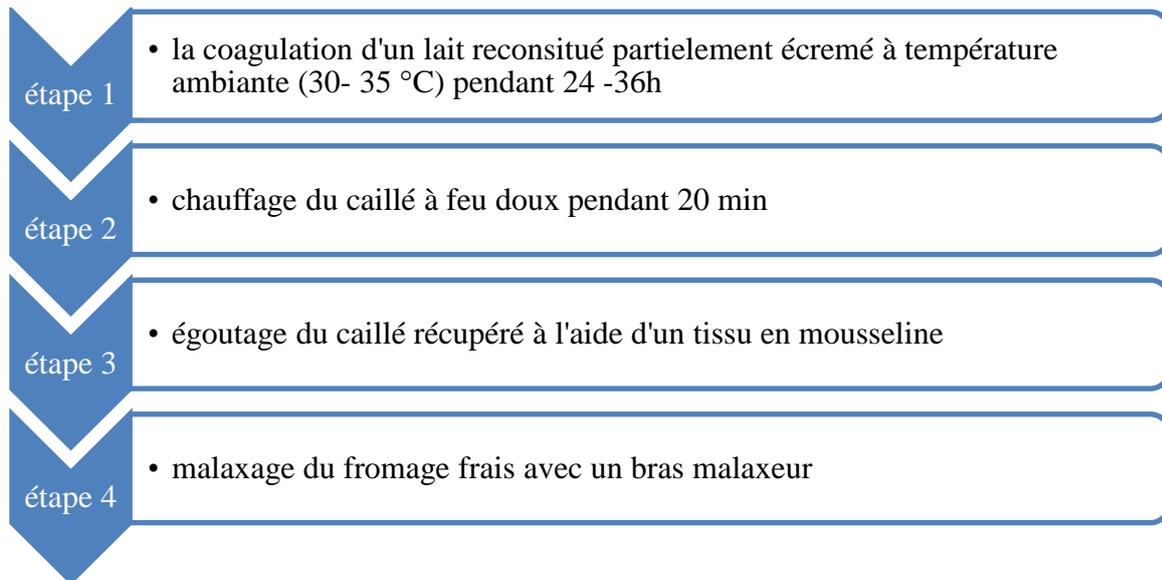


Figure 17.Étapes de préparation du fromage frais.

2.3. Incorporation de la courge poivrée lacto-fermentée dans le fromage frais

D’après le décret du 26 octobre 1953 qui a été modifié et remplacé par le décret du 19 juin 1970, le taux d’incorporation des fruits dans les fromages frais ne doit pas dépasser les 30% du poids totale du produit final.

Nous avons opté dans notre travail pour deux différentes concentrations d’incorporation : la première est de 15%, la seconde de 30%. La variation dans le taux d’incorporation est faite dans le but de pouvoir établir une comparaison entre les propriétés d’un fromage frais non enrichis et un fromage frais enrichis avec une courge lacto-fermenté, à différentes concentrations d’incorporation.

2.3.1. Le Procédé d’incorporation

1-Préparation de la purée

Après l’opération de lacto-fermentation, les bâtonnets de la courge sont retirés soigneusement de la saumure en ouvrant le bocal à l’aide d’une pince. On les laisse ensuite s’égoutter dans une passoire de façon à pouvoir éliminer le maximum de saumure. Le rinçage des bâtonnets n’est pas obligatoire puisqu’il ne va pas influencer la qualité du produit fini après incorporation.

Pour faciliter le mélange et l’incorporation de la courge fermentée dans le fromage frais, un broyage a été effectué en utilisant un mixeur de cuisine (figure 18).



Figure 18. Purée de courge lacto-fermentée.

2- l'incorporation :

L'étude a été effectuée sur deux taux d'incorporation, 15% et 30% (Figure 19).

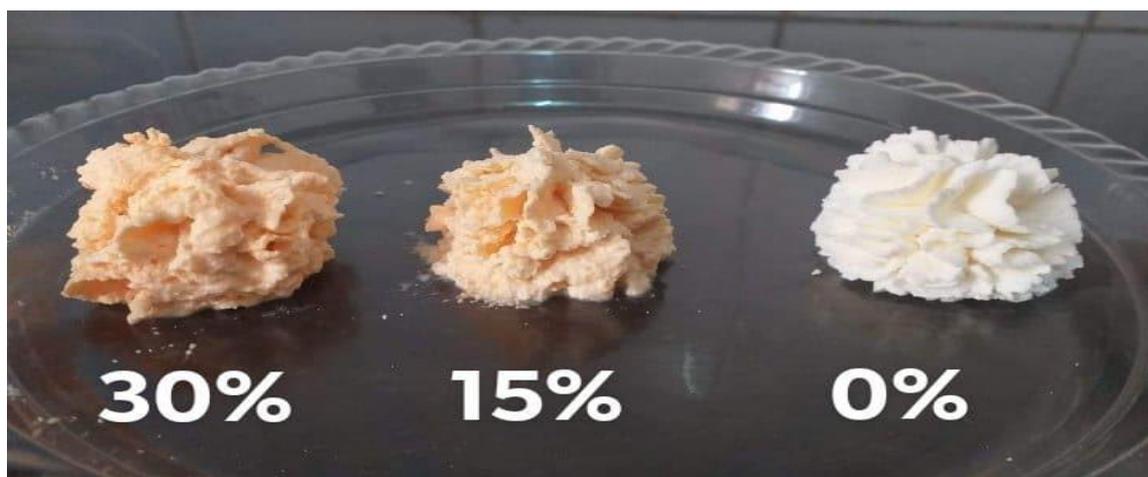


Figure 19. Les échantillons de fromage frais à 0% (Témoin), 15% et 30% d'incorporation.

Remarque :

Vu les circonstances citées préalablement (la crise de la covid-19), on a été obligé d'utiliser de nouveaux échantillons de courge lacto-fermentée pour l'élaboration du fromage frais aromatisé. Ceux-ci sont différents des échantillons utilisés pour les premières analyses sur les points suivants :

- La variété est la même mais le lieu de culture de la courge diffère. dans ce dernier cas, la culture est faite au niveau du sud de l'Algérie (wilaya d'Adrar).
- La lacto-fermentation était faite à température ambiante mais pendant la saison estivale au niveau de la wilaya d'Adrar, donc à environs 30 à 35 °C.

3. Analyses physico-chimiques

a) Détermination de la matière sèche (ISO 1026,1982)

- **principe :**

La détermination de la matière sèche d'un produit consiste, en principe à une élimination de la totalité de l'eau du produit alimentaire sans entraîner les substances volatiles initialement présentes ou formées au cours du séchage par la dégradation de composés labiles (Fatianoff et *al.*1969).

- **Mode opératoire :**

Note : L'eau utilisée doit être de l'eau distillée ou de l'eau dont la pureté est au moins équivalente.

Préparation de l'échantillon pour essai :

- Rendre bien homogène l'échantillon pour laboratoire.
- Introduire, dans la capsule, 2 à 5 g de l'échantillon pour essai et peser à 0,000 2 g près.
- introduire la capsule contenant la prise d'essai dans l'étuve réglée à 70 °C (figure20).
- Sécher durant 3 h .
- après 3h de temps, retirer les capsules et laisser refroidir dans le dessiccateur (figure 21), le couvercle étant posé sur la capsule avant qu'elle ne soit retirée de l'étuve, puis peser à 0,000 2 g près.
- Sécher à nouveau jusqu'à ce que la différence entre les résultats de deux pesées, effectuées à 1 h d'intervalle, ne dépasse pas 0,001 g.



Figure 20.Coupelles placés dans l'étuve



Figure 21.Refroidissement des coupelles

Expression des résultats

La teneur en matière sèche, exprimée en pourcentage en masse, est donnée par la formule :

$$\text{Matièresèche (\%)} = (P_f - P_v) \times 100 / (P_e)$$

P_v : la masse, en grammes, de la capsule vide

P_e : la masse, en grammes, de la prise d'essai avant dessiccation.

P_f : la masse, en grammes, de la capsule + prise d'essais après dessiccation.

100 pour 100 g de l'échantillon

b) Le potentiel Hydrogène (pH) (OIV-MA-BS-13)

• Principe

Le pH ou potentiel hydrogène désigne la mesure quantitative de l'acidité ou de basicité d'une solution. Ce paramètre permet de mesurer la concentration en ions H⁺ dans une solution. Il s'agit d'une grandeur sans unité (Idir et *al.*,2018) .

• protocole expérimental

- Prendre 1g d'échantillon dilué dans 10ml d'eau distillé et bien homogénéisé
 - Allumer le pH mètre préalablement étalonné
 - Rincer les électrodes du ph mètre avec de l'eau distillé
 - Plonger les électrodes du ph mètre dans le récipient contenant la dilution à analyser
- Agiter légèrement la solution d'essai.

Attendre jusqu'à stabilisation de l'indication donnée par le pH-mètre, prendre la valeur affichée sur l'écran de l'appareil.

c) Mesure de taux de cendres (Protocole RAGT Energie MON-ANA-19 & Norme ISO 18122)

• Principe :

Le principe de cette méthode réside en une destruction des matières organiques par chauffage de l'échantillon à une température de 550 °C ± 25 °C et ce, jusqu'à obtention d'une masse constante (Benmeradi, 2017).

• Mode opératoire

- Prendre une coupelle en porcelaine propre, dépourvue d'humidité et à température ambiante
- Peser le plus précisément possible (ex: à 0,001g près) la nacelle vide et noter la masse.
- Placer environ 5 g de broyat (si possible, un broyat à 1 mm) dans la nacelle et l'étaler en une couche uniforme (figure 22).
- 0Peser les coupelles+ le broyat et noter la masse.
- Placer les coupelles dans le four (figure23).
- Retirer les coupelles du four pour la laisser refroidir pendant 10 min. Puis la transférer dans un dessiccateur et laisser refroidir (figure24).
- Une fois les coupelles refroidies, peser et noter la masse.



Figure 23.Échantillons de fromage à analyser



Figure 22.Coupelle placées dans le four à moufle



Figure 24.Échantillons de fromage refroidissant.

- **Expression des résultats :**

La teneur en cendre est exprimée par la formule suivante :

$$\text{Cendre (\%)} = (P_i - P_v) \times 100 / P_e$$

P_f : poids final obtenu en gramme

P_v : poids de la coupelle vide en gramme

P_e : la prise d'essais en gramme

d) **Dosage des fibres (Norme AOAC, 1993)**

- **Principe :**

Le principe de cette méthode repose sur une décarbonatation de l'échantillon, dégraissé et traité successivement par des solutions bouillantes d'acide sulfurique et d'hydroxyde de sodium, de concentrations déterminées. Le résidu est séparé par filtration, à travers un filtre en verre, lavé, séché, pesé puis calciné à 500° C. La perte de poids résultant de la calcination correspond au taux de fibres présentes dans l'échantillon d'essai (Aubry, 2012).

- **Mode opératoire :**

Cette analyse est réalisée par la méthode de « **Henneberg et Stohmann. (1860)** » appelée aussi « **méthode Weende** »

La procédure analytique appliquée est la suivante :

- Dans un une fiole filtrante ajouter : 2g de l'échantillon à analyser avec 200ml H₂SO₄ (12.5g/l) et faire bouillir pendant 30min à 200 °C. Ajouter 50ml d'eau distillée froide et filtrer avec un papier filtre.
- Laver le résidu sur le filtre avec eau distillé bouillante.
- Introduire le résidu dans la fiole sans le papier filtre et ajouter 200ml de NaOH (25g/ l) et laisser bouillir pendant 30min, puis filtrer sur papiers filtre sans cendre et laver avec eau distillée bouillante.
- Sécher le papier filtre à l'étuve à 105°C.
- mettre le papier filtre dans un creuset à incinération, et faite une incinération.

- **Expression des résultats :**

La teneur en fibre est exprimé par la formule suivante :

$$\text{Fibre (\%)} = (\text{P}_i - \text{P}_v) \times 100 / \text{P}_e$$

P_f : poids final obtenue en gramme

P_v : poids de la capsule vide en gramme

P_e : la prise d'essais en gramme

e) **Dosage de la matière grasse (ISO 659, 1988)**

Principe :

L'extraction de la matière grasse total (MGT) effectuée par les solvants organiques (Hexane, éther de pétrole, chloroforme) a été réalisée en trois temps d'extraction (4h, 6h et 8h) par un appareil de type Soxhlet. Après évaporation du solvant, le taux de matière grasse brute est déterminé gravimétriquement selon la méthode directe, qui consiste à peser l'huile obtenue directement après évaporation du solvant organique (Nouria, 2013).

• **Mode opératoire**

- Placer 5 à 10 g de l'échantillon à analyser dans une cartouche à extraction ;
- Un ballon préalablement séché dans une étuve puis refroidi dans un dessiccateur est pesé à 1 mg près (m_i) ;
- placer la cartouche contenant la prise d'essai dans l'appareil à extraction, puis versée la quantité nécessaire du solvant dans le ballon ;
- Le ballon est placé sur un chauffe ballon adapté et le chauffage est conduit dans des conditions tel que le débit du reflux soit d'au moins 3 gouttes par seconde (ébullition modérée, non tumultueuse).
- L'extraction est répartie sur 3 temps. Les durées stipulées pour les trois extractions peuvent varier légèrement (± 10 min), mais ne peuvent en aucun cas être étendues (comme par exemple pendant toute une nuit).
- Après une extraction d'une durée de 8 h, 6h ou 4h, éteindre l'appareil et laisser refroidir.
- Eliminer le solvant par évaporation dans un rotavapeur et peser le ballon contenant le résidu huileux.

• **Expression des résultats**

La teneur en matière grasse, exprimée en pourcentage de masse du produit est déterminée par la formule suivante :

$$\text{Teneur en MG (\%)} = [(m_f - m_i) / m_e] \times 100$$

M_f : la masse finale du ballon

Mi : la masse du ballon vide

Me: la masse initiale de l'échantillon à analyser.

MG : matière grasse

100: pour 100 g d'échantillon à analyser

f) **Dosage des protéines : Méthode de Kjeldahl (Norme AOAC, 1995) :**

- **Principe**

La méthode consiste en une destruction de la matière organique par l'acide sulfurique concentré et chaud, qui fait passer quantitativement l'azote à l'état de sulfate d'ammonium. L'ammoniac est ensuite déplacé par de la soude et recueilli dans un excès d'acide borique de concentration connue. La quantité d'ammoniac formée est détruite par un titrage en retour en utilisant de l'acide chlorhydrique (HCl) de concentration connue, donc on aura la teneur en protéine brute de l'échantillon (Nani, 2011).

- **Mode opératoire**

- **Echantillon** : environs 1.5g de l'échantillon à analyser broyé, est introduit dans un tube de digestion.
- **Réactifs pour la digestion (les courges)** : Pour la digestion de chaque échantillon, nous avons ajouté dans le matras :
 - 3.5 g de sulfate de potassium anhydre K_2SO_4 ;
 - 13 ml d'acide sulfurique H_2SO_4 ;

Pour l'analyse des protéines du fromage on a utilisé :

- 1 g de sulfate de potassium anhydre K_2SO_4 + 6g de potassium (figure25)
- 10 ml d'acide sulfurique H_2SO_4 à 98%(figure25) ;
(Pour 1 g d'échantillon) (figure 26).
- **Digestion :**
 - Les matras sont placés dans une unité de digestion à 420°C pendant 60min (figure27 et 28).
 - Les gaz d'échappement sont aspirés à l'aide d'une trempe à vide. La minéralisation est lancée et poursuivie jusqu'à l'obtention d'une couleur limpide du mélange qui indique que tout l'azote organique contenu dans l'échantillon est transformé en azote minérale : T°, catalyseurs.

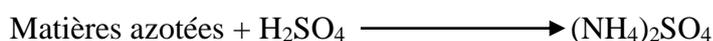




Figure 25.Réactifs de digestion des protéines



Figure 26.Pesée des réactifs anhydre



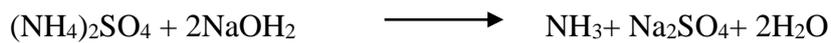
Figure 27.Matras prêts pour la digestion.



Figure 28.Unité de digestion

- **Distillation**

Introduire dans le matras de l'unité de distillation (figure29) 75 mL d'eau distillée et 50 mL de la soude caustique (NaOH), cette dernière va réagir avec le $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ comme suite :



Le mélange est chauffé pendant 5 min de façon à recueillir le distillat. . Ce dernier est ensuite recueilli dans un flacon de réception qui contient 30 mL de solution d'acide borique additionné de 10 gouttes d'indicateur de Tashiro (il est de couleur rose violette en présence d'un milieu acide et vert dans le cas d'un milieu alcalin), et l'interaction entre l'ammoniac et l'acide borique engendre la libération des anions de borate selon la réaction suivante :



Figure 29.Distillateur de Kjeldahl.

- **Titration**

L'excès des anions de borate est titré avec une solution d'HCl à 0,2N jusqu'à changement de la coloration du vert au rose-violet (figure30) selon la réaction suivante :

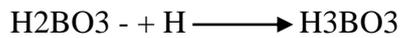


Figure 30.dispositif de titrage (Nani, 2011).

- **Expression des résultats (dans le cas de course)**

Le nombre de mole d'HCl nécessaire pour neutraliser l'excès d'anions de borate présents dans l'échantillon à analyser est égal au nombre de mole d'NH₃ et au nombre de mole d'azote (N) dans l'échantillon. Le pourcentage d'azote total est calculé par la formule suivante:

$$\text{Azote total (\%)} = \text{N (\%)} = (\text{V}_e - \text{V}_b) \times \text{N} \times 0,014 \times 100/\text{m}$$

V_e: Volume en ml de la solution de HCl à 0,2N nécessaire pour neutraliser l'excès des anions de borate présents dans l'échantillon à analyser.

6.25 : Facteur

Vb: Volume en ml de la solution de HCl à 0,2 N nécessaire pour neutraliser l'excès des anions de borate présents dans l'essai à blanc.

N: normalité de HCl utilisée pour titrage (0,2N).

0,014: la masse atomique de l'azote

m: masse en g de la prise d'essai.

Conversion du taux d'azote en taux de protéines

100 g de protéines correspond à 16 g d'azote dans la majorité des cas. On utilise un facteur de conversion basé sur le taux moyen d'azote des protéines: $F=100/16 = 6.25$

$$\text{Protéines brutes (\%)} = \text{PB\%} = \text{N \%} \times 6.25$$

- **Expression des résultats (dans le cas du fromage)**

Le pourcentage d'azote total est calculé par la formule suivante:

$$\text{N \%} = \frac{V}{V'} \times (n - n') \times N \times 1,4 \times 100 / m$$

V : Solution minéralisée (10 ml) ;

V' : Volume de la soude ajoutée (50 ml) ;

n : Volume en ml de la solution de H₂SO₄ à 0,05 N nécessaire pour neutraliser l'excès d'anions de borate présents dans l'échantillon à analyser ;

n' : Volume en ml de la solution de H₂SO₄ à 0,05 N nécessaire pour neutraliser l'excès d'anions de borate présents dans l'essai à blanc (0,05 ml) ;

N : Normalité d'acide sulfurique pour titration (0,05 N) ;

m : Masse de la prise d'échantillon (g).

Conversion du taux d'azote en taux de protéines :

$$\% \text{Protéines} = \% \text{N} \times 6.38$$

g) Dosage de l'acide lactique (NF V04-349) :

Principe :

Le principe est basé sur un titrage de l'acidité par l'hydroxyde de sodium (NaOH 0,111 N) en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré (Gherbi, 2017).

Protocole expérimental :

- Elaboration d'une dilution : 10g d'échantillon est dilué dans 100 ml d'eau distillée et bien homogénéisée jusqu'à dilution totale de l'échantillon (figure 31, 32 et 33).
- Prendre 10 ml de la dilution et ajouter quelques gouttes de phénol phtaléine à 1%.
- Titrer avec une solution Noah à 0,1% jusqu'au virage de la couleur en rose (figure 34).
- Mentionner le volume versé (Veq) qui est exprimé en degrés Dornic.

Sachent que :

10 degré Dornic = 0,1%



Figure 31.Agitation des échantillons.



Figure 32. Pesée de la prise d'essais.



Figure 33. Préparation des dilutions de fromage.



Figure 34. Titrage de l'acide lactique.

h) Dosage de la teneur en sucres totaux du fromage (**Dubois et al., 1956**).

- **Principe :**

La méthode de DUBOIS et al (1956) permet de doser les oses en utilisant le bicarbonate de calcium (CaCO_3) et l'acétate de plomb. En présence de ces deux réactifs, les

oses donnent une couleur jaune-orange dont l'intensité est proportionnelle à la concentration des glucides. La densité optique est déterminée entre 450 à 550 nm (Nielsen, 1997).

- **Protocole expérimental**

- Mélanger 1 g de produit (fractionné) avec 300ml d'eau distillée et 3g de bicarbonate de calcium (CaCO_3) .
- Chauffer pendant 30 min jusqu'à ébullition avec le maintien de l'agitation .
- Après refroidissement, on complète avec l'acétate de plomb jusqu'à 1 litre et on continue l'agitation.
- effectuer une **1^{ère} filtration** sur papier de filtration whatman
- Ajouter une quantité d'oxalate de potassium avec agitation .
- effectuer une **2^{ème} filtration.**

- **Dosage des sucres totaux**

- A 1 ml de l'extrait obtenu après filtration, on ajoute 1 ml de phénol à 5 % et 5 ml d'acide sulfurique concentré avec maintien d'agitation rapide.
- Chauffer les tubes pendant 5 min à 100°C
- laisser refroidir à obscurité pendant 30 min à température ambiante L'apparition du complexe jaune orange est suivi de la mesure de la densité optique à 492 nm.
- Le taux de sucre est calculé par référence à une courbe d'étalonnage préalablement établie avec une solution mère de glucose.

- **Expression des résultats :**

La teneur en sucres totaux est calculée à partir des densités optiques obtenues de l'échantillon analysé, en comparant avec la courbe d'étalonnage.

i) **Détermination du taux de glucides dans la courge (weende, 1860 -1865)**

Méthode par différence :

- **Principe**

C'est la méthode la plus ancienne pour le calcul la quantité de glucides par la différence entre la quantité totale de matière organique sèche d'une part et la somme des protides et des lipides d'autre part (Rerat, 1956).

- **Expression des résultats :**

$$\text{Glucides} = 100 - (\text{H}_2\text{O} + \text{cendres} + \text{protéines} + \text{lipides})$$

j) Détermination de la valeur calorique (Atwater , 1902)

Pour la détermination de la valeur énergétique, il faut :

Multiplier les teneurs de chaque composant en g par les valeurs caloriques moyennes et faire la somme.

La valeur calorique est donnée en kcal/100 g ou 100 ml de denrées ou en kJ/100 g ou 100 ml (1 kcal = 4,18 kJ).

Chapitre II : Resultats et discussion

1. Taux de la matière sèche

Les données résumées par la figure ci-dessous (figure 35), montrent que la teneur en matière sèche des courges poivrées fraîches est estimée à 6.43%. Un taux inférieur à celui trouvé par : « USDA ,2020 » qui a été de l'ordre de 12.22%. Cette différence peut être liée à la région et aux conditions de culture des courges poivrées. Par contre, pour la courge lacto-fermentée le taux de la matière sèche a été estimé à 4.7%.

Lors de la fermentation, les bactéries lactiques essentiellement et les levures fermentent les sucres simples en premier lieu puis les sucres complexes, en particulier les pectines à l'aide des pectinases. Ceci se traduit par une augmentation de la tendreté, rendant le produit plus digest après fermentation.

L'évaluation du taux de la matière sèche dans le fromage frais est estimée à 28.91%. Un taux supérieur à celui trouvé par (Eck, 1978).qui été de l'ordre de 21%. Cette différence est liée aux facteurs influençant la composition du lait (variation de la composition au stade de l'animal en particulier, la conduite d'élevage et son état sanitaire et la variation au stade traitement technologie du lait).

L'incorporation de la courge lacto-fermentée induit une baisse de matière sèche, elle passe de 23.85% à 20.47% respectivement pour le taux d'incorporation de 15% et de 30%. Cette diminution est due principalement à la différence de composition entre la courge lacto-fermentée et le fromage frais (environ 4.7g de matière sèche dans 100g de courge fermentée face à 28.91g de matière sèche dans 100g de fromage frais). En effet, La proportion du fromage frais substituée est remplacée par la même quantité de courge fermentée lors de l'incorporation. Donc, plus la quantité de courge fermentée ajoutée augmente plus le taux de matière sèche du fromage frais après incorporation diminue.

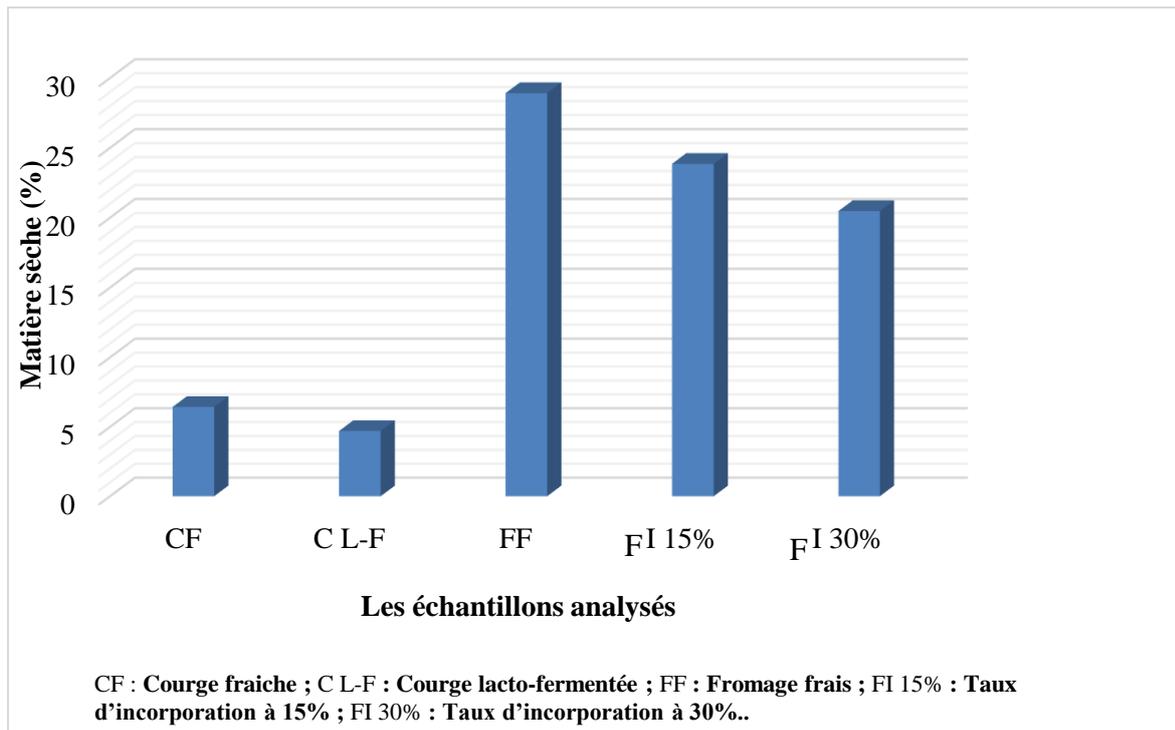


Figure 35. Diagramme de teneur en matière sèche des échantillons analysés

2. Teneur en fibres

L'évaluation du taux de fibres de la courge fraîche a donné un taux estimé à 2.63%. Le résultat trouvé est supérieur à celui trouvé par (USDA,2020) qui est de l'ordre de 1.5%. Cette différence peut être expliquée par l'effet de la variété, la saison et les techniques culturales.

De même, Le dosage en fibres effectué sur la courge lacto-fermentée a permis d'obtenir un taux plus élevé estimé à 6.1% (voir figure 36).

L'augmentation de la teneur en fibres dans la courge lacto-fermentée, revient principalement à la biosynthèse d'exopolysaccharides (qui font partie de la classe des fibres alimentaire) par les bactéries lactique, essentiellement du genre *Leuconostoc*. L'espèce *Leuconostoc mesenteroides* (parmi les espèces prédominant le milieu de fermentation) est connue par sa capacité à produire des expolysaccharides de type *Dextrane* (RUCA,2020).

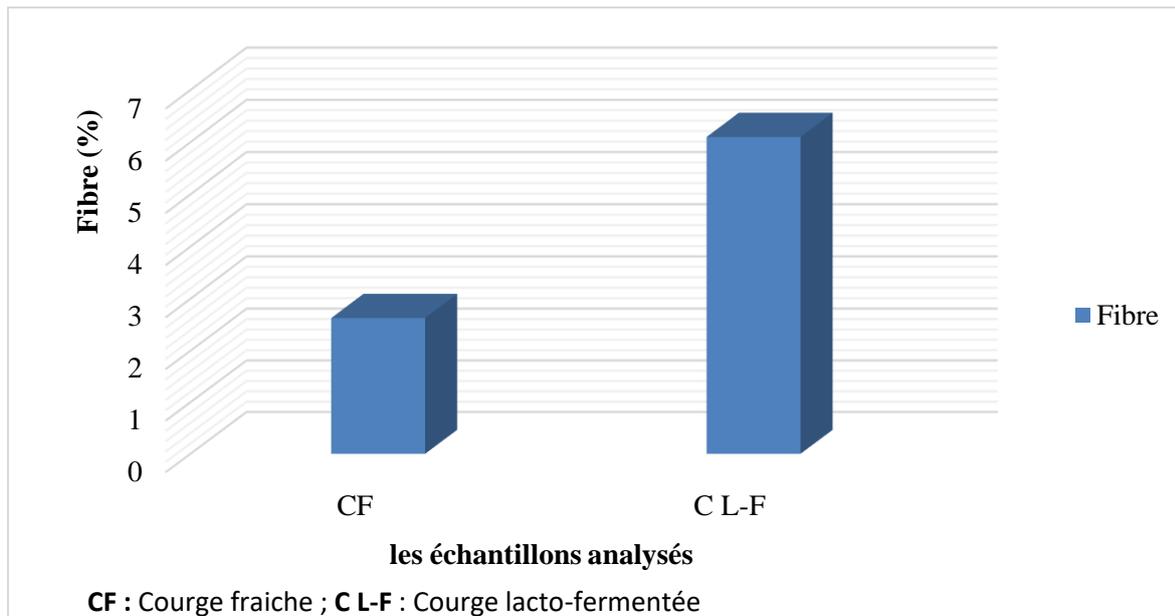


Figure 36.Diagramme de la teneur en fibre des échantillons analysés.

3. Taux des cendres

Les résultats de la figure n° 37 montrent un taux de cendres dans la courge fraîche de 0.43%, taux inférieur à celui trouvé dans la courge lacto-fermentée qui est estimé à 1.46%.

L'incorporation de la courge lacto-fermentée dans le fromage frais induit une augmentation des cendres. Elle est de 0.65% pour le fromage frais, puis elle augmente après ajout de la courge fermentée, ou elle passe à 0.86% et 0.98% respectivement pour un taux d'incorporation de 15 % et 30%.

Le taux de cendres dans un aliment reflète la concentration en minéraux qui, par définition, sont les éléments qui ne brûlent pas (Kaeffer et al 2020). La fermentation lactique a été réalisée en utilisant du sel marin, ce dernier est connu pour sa teneur en minéraux et en oligo-éléments. Durant la fermentation, la courge va s'imprégner en sel et par conséquent on aura une augmentation de la matière minérale (les cendres) au niveau du produit après sa fermentation.

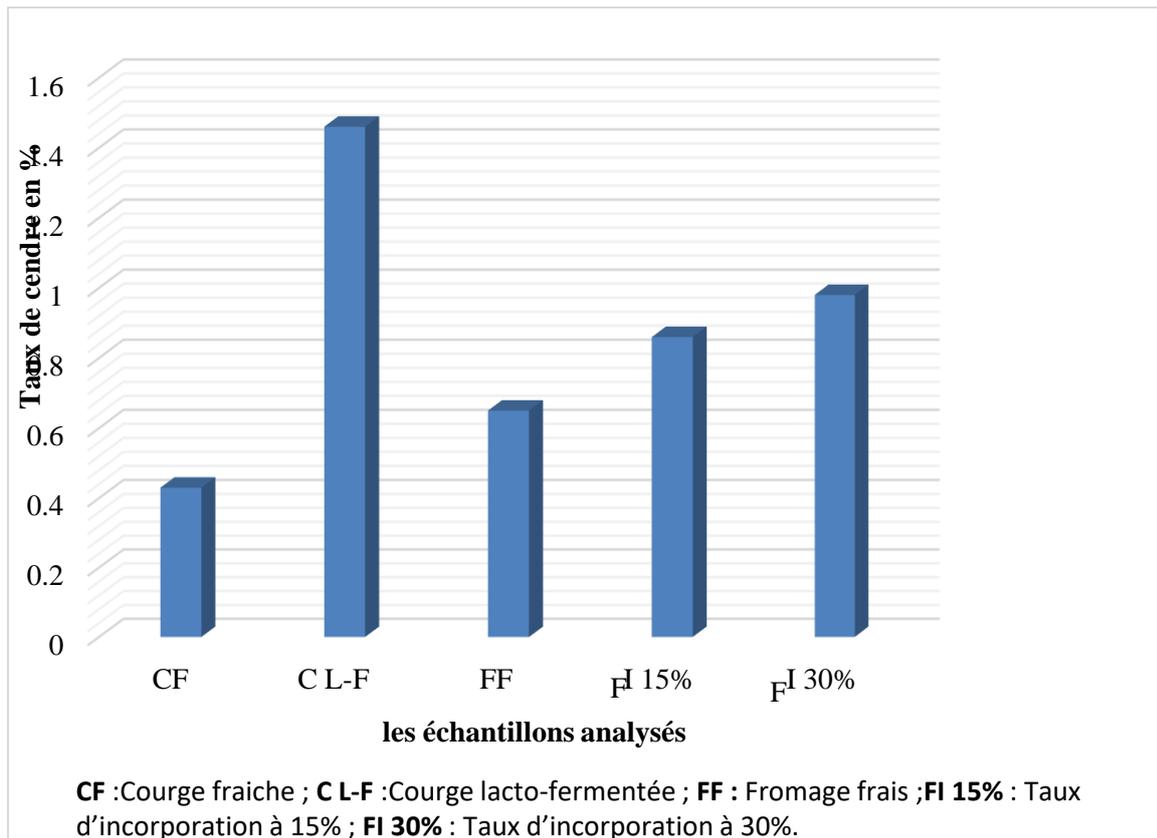


Figure 37.Diagramme de teneur en cendre des échantillons analysés.

4. Taux des protéines

Vu les circonstances évoquées précédemment, l'analyse du fromage frais enrichi avec 30% de courge lacto-fermentée n'as pas pu être effectué. On se contentera de faire une étude comparative entre le fromage frais et le fromage frais à 15% d'incorporation.

La figure ci-dessous (figure 38), illustre les résultats d'analyses de la teneur en protéines. Cette dernière est estimée à 1.14% dans la courge fraîche, valeur légèrement supérieure à celle trouvé par (USDA ,2020) qui est de l'ordre de 0.8%. Ceci peut être expliqué par l'utilisation de fertilisants organiques ou minéraux pendant le stade de développement et de maturation de la courge. L'addition de fertilisants a un impact direct sur les réserves protéiques (Pomernaz, 1981).Selon (Nagy *et al.*, 1978) cette différence peut être due aussi, à l'espèce, aux conditions pédoclimatiques de la région de culture et au stade de développement des courges.

Le dosage des protéines effectué sur la courge lacto-fermentée révèle une valeur de 1.03%, légèrement faible par rapport à la courge fraîche. Cette légère diminution est due tout simplement à la teneur en MS qui est plus faible dans la courge fermentée. Donc, pour la

même quantité à analyser, le taux de matière sèche de la courge fraîche est supérieur à celui de la courge fermentée, ce qui va influencer sur la teneur en protéine.

La teneur en protéines dans le fromage frais a été estimée à 6.5%. Un taux inférieur à celui trouvé par (Eck, 1978) qui est de l'ordre de 8.5%. Cette différence peut être liée à la composition initiale du lait.

L'incorporation de la courge lacto-fermentée dans le fromage frais induit une diminution de taux de protéines, les valeurs passent de 6.5% dans le fromage frais à 3.03% dans le fromage frais enrichi avec 15% de courge fermentée. On suppose que cette diminution est due principalement à la différence de composition entre la courge lacto-fermentée et le fromage frais (environ 1.03g de protéine dans 100g de courge fermentée face à 1.18g de protéine dans 100g de fromage frais). En effet, La proportion du fromage frais substituée est remplacée par la même quantité de courge fermentée lors de l'incorporation. Donc, plus la quantité de courge fermentée ajoutée augmente plus le taux de protéines du fromage frais après incorporation diminue.

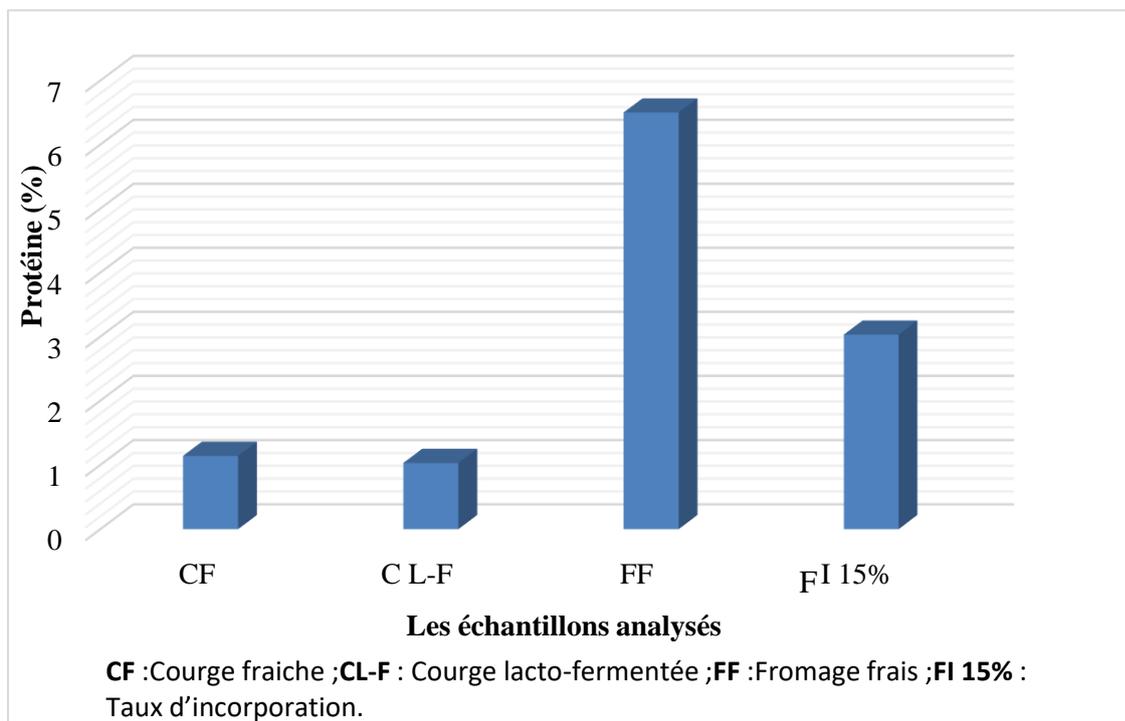


Figure 38.Diagramme de teneur en protéines des échantillons analysés.

5. La matière grasse

Vu les circonstances citées précédemment, les analyses de la matière grasse ont été effectuées uniquement sur la courge (fraîche et lacto-fermentée).

La figure 39, ci-dessous, représente la teneur en matière grasse dans la courge fraîche qui est estimée à 1.38%. Un taux supérieur à celui trouvé par (USDA ,2020) lequel est de l'ordre de 0,1%. Cette différence de teneur en matière grasse dans notre courge, peut être due à divers paramètres en particulier : la provenance géographique de la variété, les facteurs climatiques, la date de récolte des courges, ainsi que la durée et les conditions d'entreposage (Lai et Varriano-Marston, 1980).

Le dosage de la matière grasse effectué sur la courge lacto-fermentée a révélé une valeur plus faible (estimé à 0.56%) que celle de la courge fraîche, qui est de l'ordre de 1,38%.

La diminution de taux de matière grasse dans la courge lacto-fermentée est expliquée comme suite: les microorganismes (bactéries lactiques, champignons, levures) sont la source essentielle de production des enzymes lipolytique (Kowalewska J et *al.*, 1971). Ses enzymes coupent les liaisons esters des triacylglycérols , produisent des acides gras libres , des mono et diacylglycérols. Les acides gras sont des précurseurs importants des réactions cataboliques, qui produisent des composés volatils, et contribuent donc à la flaveur des légumes lacto-fermentés .

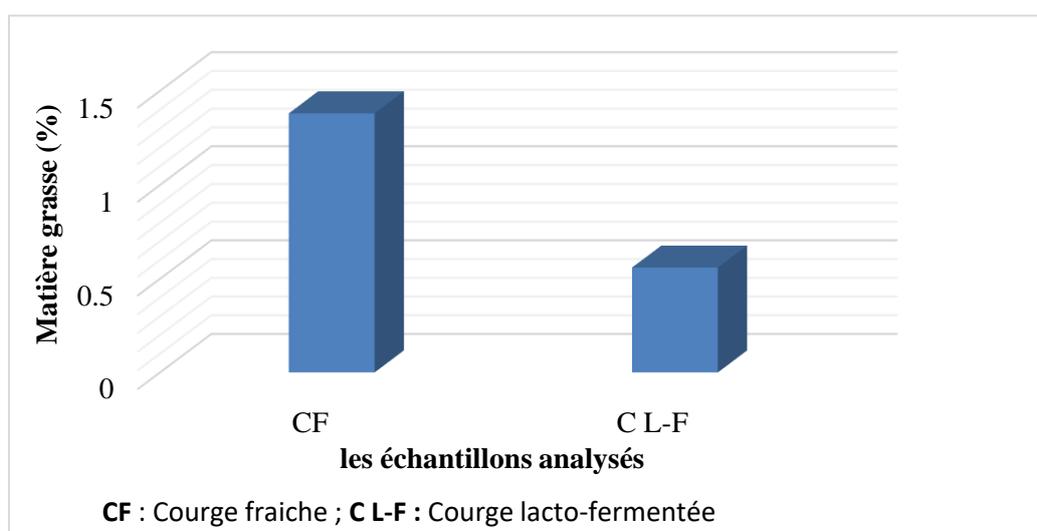


Figure 39. Diagramme de teneur en matière grasse des échantillons analysés.

6. Potentiel d'hydrogène pH et l'acidité

L'analyse de l'acidité a été effectuée uniquement sur la courge lacto-fermentée et ce, pour les mêmes causes que celles citées plus haut.

Les résultats présentés dans la figure 40 donnent une valeur du pH de la courge fraîche égale à 6.6. Un pH supérieur à celui trouvé dans la courge lacto-fermentée (3.31).

Le dosage d'acide lactique (voir Figure 41) effectué sur la courge lacto-fermentée a permis d'obtenir un taux estimé à 102°D.

L'incorporation de courge lacto-fermentée dans le fromage frais cause une diminution significative du pH. Il est de 5.05 pour le témoin, de 4.87 pour le fromage à 15% de courge et 4.7 pour le fromage avec 30% de courge.

D'après les figures 40 et 41, on estime que la diminution du potentiel d'hydrogène dans la courge lacto-fermentée est due principalement à une production importante en acide lactique par les bactéries lactiques au cours de la fermentation lactique (Carré-Mlouka, 2020).

La diminution du potentiel d'hydrogène dans le fromage enrichi avec la courge lacto-fermentée est due à l'augmentation des substances acidifiantes comme : l'acide lactique, acide acétique... présentes dans la courge lacto-fermentée et qui ont pris part dans le fromage frais après l'incorporation de la courge lacto-fermentée

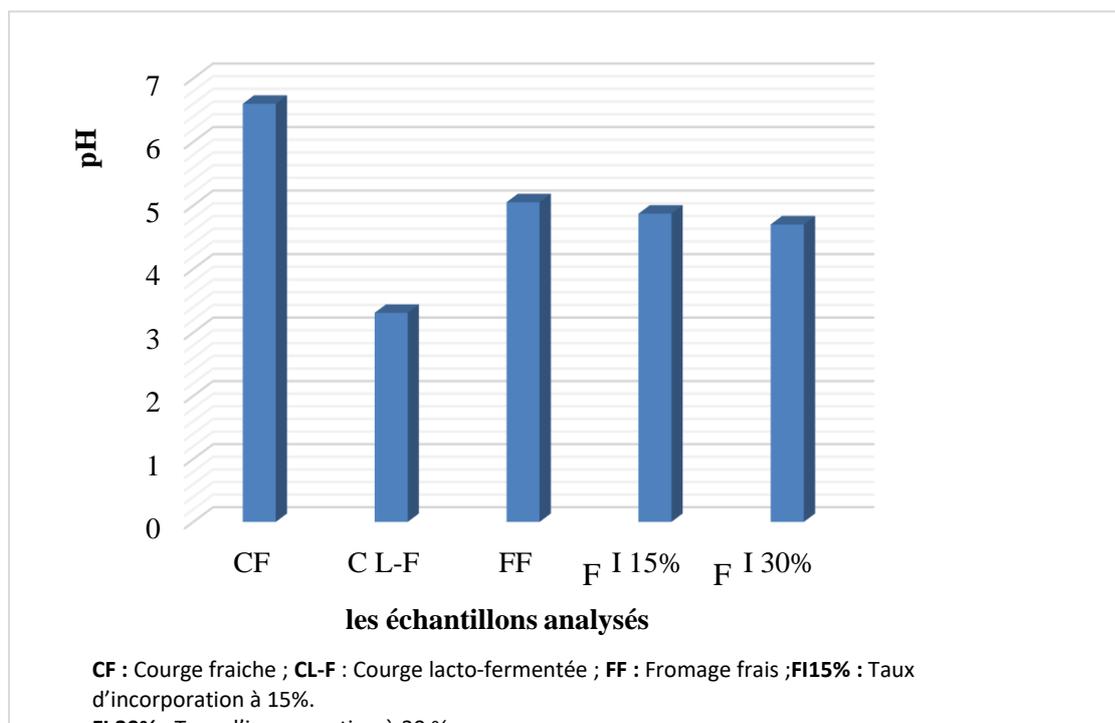


Figure 40. Diagramme du potentiel hydrogène des échantillons analysés.

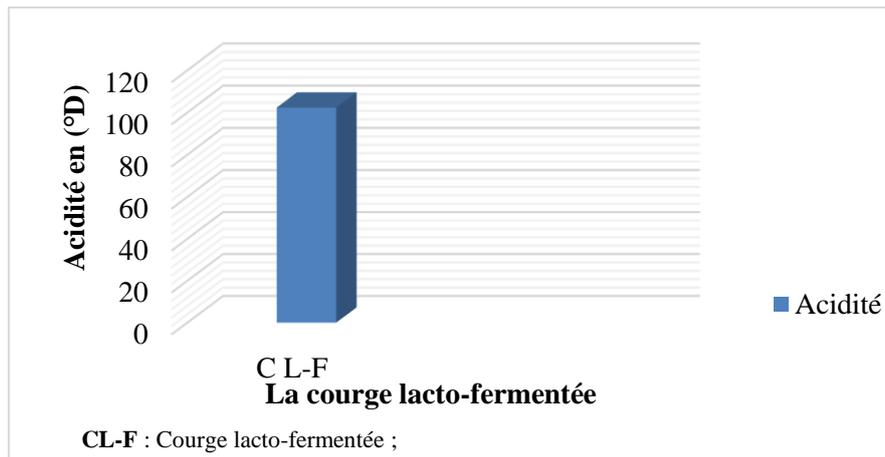


Figure 41.Diagramme d'acidité de la courge lacto-fermentée.

7. Taux des glucides

Les analyses des glucides ont été réalisées uniquement sur le fromage frais, et les fromages frais enrichi avec 15% et 30% de courge lacto-fermentée pour les mêmes raisons citées précédemment

La figure 42 représente le taux de glucides dans le fromage frais, estimé de 5.34%, une valeur supérieure à celle trouvée par (Eck, 1978) qui est de l'ordre de 4%. L'écart est faible, liée à la différence au niveau de la composition des laits (déjà expliquée).

L'incorporation de la courge lacto-fermentée dans le fromage frais induit une diminution des glucides. Il est de 5.34% pour le fromage frais, 4.39% pour le fromage à 15% du taux d'incorporation et de 3.67% pour le fromage avec 30% du taux d'incorporation.

Dans le cas des fromages frais enrichis avec la courge lacto-fermentée, on suppose que la diminution de la teneur en glucide est due principalement à la différence de concentration en glucides dans la courge lacto-fermentée et dans le fromage frais (environ 2.45g de glucide dans 100g de courge fermentée face à 5.34g dans 100g de fromage frais).

En effet, la quantité de fromage frais retirée est remplacée par la même quantité de courge fermentée lors de l'incorporation. Ce qui a provoqué une baisse de la teneur en glucide dans le fromage, car ce dernier est plus riche en glucide par rapport à la courge lacto-fermentée.

La teneur en glucides de la courge fraîche et lacto-fermentée est déterminée par la méthode weende (méthode par différence) :

D'après (Rerat ,1956), cette méthode est très critiquable car elle supporte toutes les erreurs du dosage des protides et des lipides : ces erreurs sont inhérentes aux choix du coefficient de conversion pour les premiers, aux fautes de technique opératoire pour les seconds. De plus, elle n'établit aucune distinction entre glucides assimilables et indigestible glucidique.

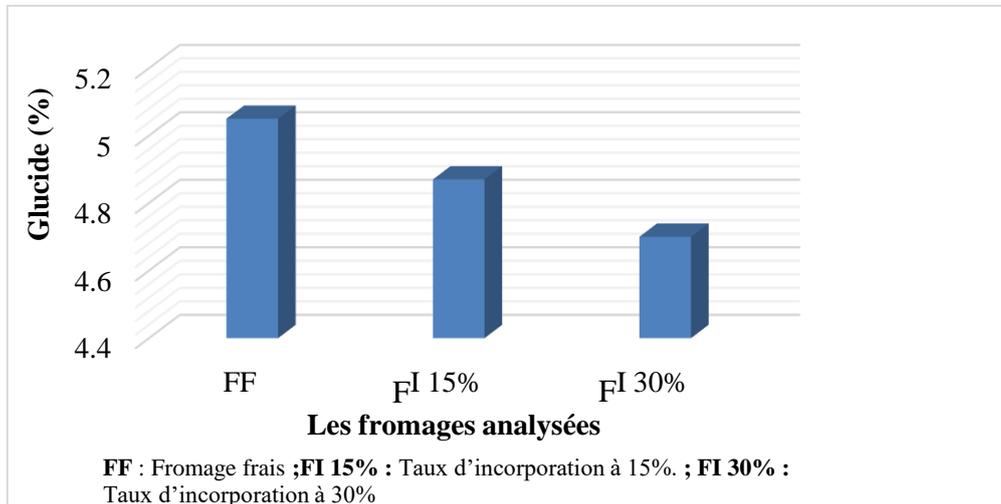


Figure 42.Diagramme de teneur en glucides des fromages analysés.

La figure 43, ci-dessous, illustre le taux de glucide dans la courge fraîche qui est estimé à 2.45%, taux inférieur à celui trouvé par (USDA ,2020) qui est de l'ordre de 10.4%. Cette différence est due à l'utilisation de la méthode par différence dans la détermination des glucides (expliqué déjà).

Le dosage des sucres totaux effectué sur la courge lacto-fermentée a permis d'obtenir un taux estimé à 2.68% proche de celui trouvé dans la courge fraîche (2.45%). On explique cette stabilité principalement par la biosynthèse d'exopolysaccharides, qui a compensé l'écart qu'a causé la dégradation des glucides causée par les bactéries lactiques.

Les exopolysaccharides, sont définis comme étant des macromolécules (formées de l'enchainement de motifs similaires en l'occurrence de glucides), synthétisées par les bactéries lactiques, essentiellement : *Leuconostoc*, *Lactobacilles*, *Lactococcus...*, cela induit une augmentation de la teneur en polysaccharides ainsi que celle des glucides (Courtois A et Guezennec J, 2018).

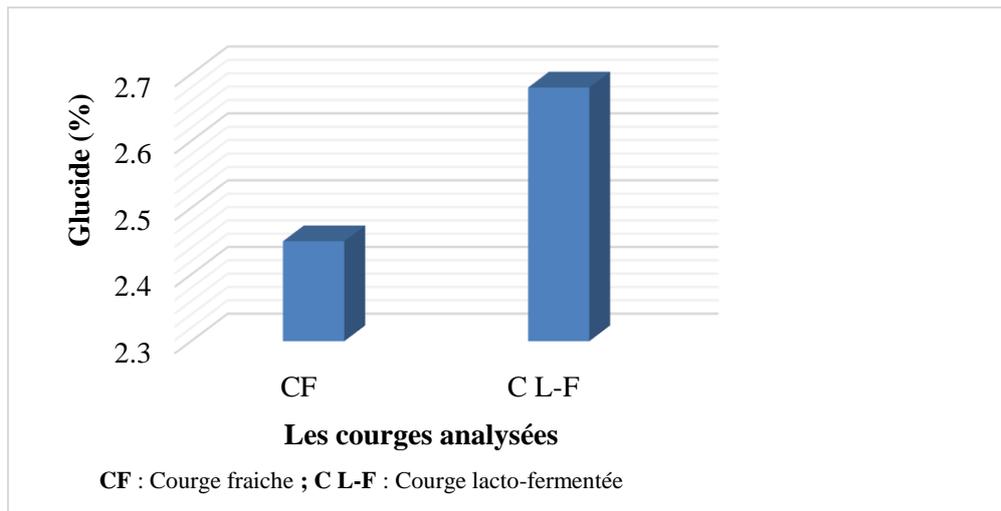


Figure 43.Diagramme de teneur en glucide des courges analysées.

k) Valeur énergétique

D'après la figure 44, la valeur calorique de la courge poivrée fraîche trouvée (26,78 kcal) est plus basse que la valeur trouvée par (Rudrappa, 2019) qui est de l'ordre de 40kcal. Cette différence est liée au lieu de provenance des échantillons et par conséquent à la variation du facteur climatique. Le stade de maturation de la courge lors de la cueillette, qui est un facteur déterminant de la qualité d'un légume. Ainsi que la possibilité d'utilisation des fertilisants lors de la période de culture.

Une baisse de la valeur énergétique a été constatée après lacto-fermentation de la courge. La valeur passe de 26.78 kcal pour la courge fraîche à 19,88 kcal pour la courge lacto-fermentée.

En prenant en compte les valeurs des nutriments trouvées précédemment, cette baisse de calories est très logique. Après lacto-fermentation de la courge, nous avons enregistré une baisse en protéines (de 6.5% à 3,03%) ainsi qu'une baisse en matière grasse (de 1,38% à 0,56%). Etant donné que les nutriments (protéines, lipides, glucides) sont de nutriments énergétiques, ils influent de manière directe sur le taux de calories dans un aliment. C'est pour cela que l'on remarque cette baisse de valeur énergétique dans la courge après sa fermentation.

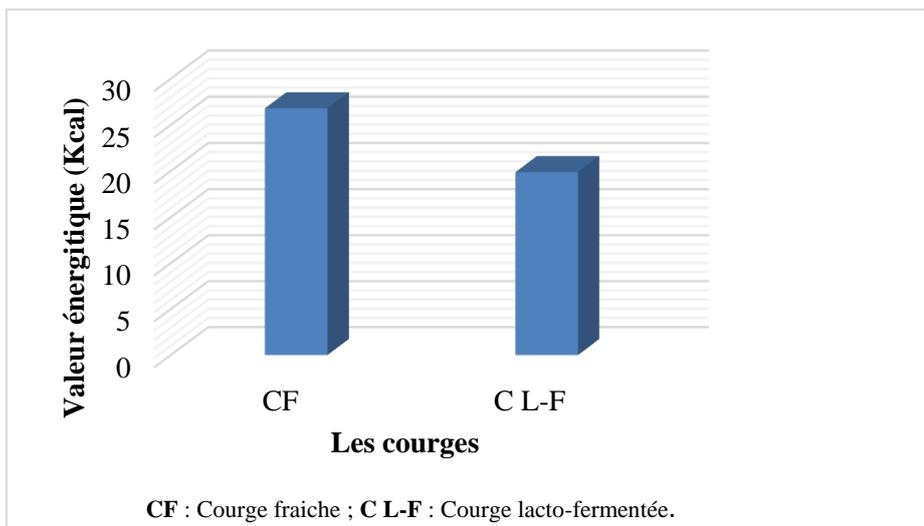


Figure 44.Diagramme des valeurs énergétiques des courges.

Conclusion et perspectives

Le présent travail a fait l'objet d'une étude des propriétés du fromage frais après incorporation d'une variété de courge appelée : «courge poivrée ». Cette dernière passe par une fermentation lactique auparavant. Le choix de cette courge est dicté par paramètres, suivants : la couleur de la pulpe, l'aspect de la pulpe, le goût, la durée nécessaire pour la fermentation et bien évidemment la disponibilité de la courge sur le marché.

Le but de ce travail est l'obtention d'un fromage aux propriétés d'un alicament, un produit ami à la flore intestinale de l'homme : facile à digérer et riche en nutriments. C'est aussi, pour lui donner un aspect visuel meilleur en remplaçant la coloration de la matière grasse par la couleur caractéristique naturelle de la courge poivrée (jaune –orange). Ce qui permet par conséquent d'alléger la composition du fromage frais en matière grasse saturée.

Notre étude a révélé une amélioration de la qualité digestive des macronutriments du produit fini. On a abouti à des résultats indiquant globalement une stabilité dans la composition en macronutriments.

Pour la courge lacto-fermentée, une légère diminution a été constatée : protéines (1,03%) et de la matière grasse (0,56%). Pour les fibres et les cendres, une augmentation a été mentionnée. Les valeurs sont respectivement : 1,6% et 1,46%, ainsi qu'une légère augmentation des sucres totaux (2,68%). Par contre, une baisse a été signalée dans le cas de la matière sèche (4,7%) et du pH (3,31).

Concernant le fromage frais incorporé, on a remarqué une diminution des protéines (1,18%), de la matière sèche, qui passe de 23.85% à 20.47% respectivement pour le taux d'incorporation de 15% et de 30%, ainsi qu'une baisse de pH due à la synthèse d'acides organique par les bactéries lactiques. Par ailleurs, une diminution du taux de glucides a été observée, elle est de 5.34% pour le fromage frais, 4.39% pour le fromage à 15% du taux d'incorporation et de 3.67% pour le fromage avec 30% du taux d'incorporation.

Dans le cas des micronutriments, une augmentation du taux de cendre a été constatée au niveau de la courge lacto-fermenté (6,10%) ainsi que dans le fromage contenant la courge lacto-fermentée (0,65%) pour le témoin, 0,86% pour le fromage à 15% de courge, 0,98 % pour le fromage à 30% de courge). Preuve d'une augmentation en minéraux.

Ces résultats méritent d'être poursuivis et approfondis pour avoir une idée claire et précise sur les caractéristiques et la composition des courges lacto-fermentées ainsi que leur influence sur la qualité du fromage frais dont elles seront incorporées. Des études supplémentaires seraient nécessaires, tels :

- Etude sur la possibilité d'alléger la matière grasse saturée du fromage par celle de la courge lacto-fermentée.
- Une Etude sur la quantité et la qualité des vitamines contenue dans la courge après processus de la lacto-fermentation, ainsi que dans le fromage après son incorporation.
- Poursuivre le développement qualitatif et quantitatif des micromolécules (les polyphénols, les molécules antioxydants, minéraux ..) avant et après fermentation de la courge ainsi qu'aux changements au niveau du fromage frais contenant cette courge.
- Etudier et développer d'avantage les paramètres sensoriels du fromage, essentiellement le goût et la coloration naturelle du fromage par utilisation des pigments caroténoïdes présents dans la courge.
- Possibilité d'incorporer cette courge lacto-fermentée dans d'autres types de fromages (fromage à pâte dure par exemple) dans le but de lui donner la couleur (jaune-orange) recherchée du fromage et l'enrichir d'avantage en nutriments ou d'autres aliments.
- Possibilité d'augmenter la durée de conservation des fromages, par la lacto-fermentation.
- Etudier la durée optimale de lacto-fermentation des courges ainsi que les changements qui surviennent lors de différentes périodes.
- Etudier le microbiote intervenant dans la fermentation afin d'orienter le cours de la fermentation au profit des espèces ayant le pouvoir de générer des métabolites à propriétés bioactives.

Références bibliographique

(A)

Alais C. et Linden G. (1997). Abrégé de biochimie alimentaire. 4ième éd. , Masson, 248 p.

Anandharaj, M., Chandra Ray, R., Parveen Rani, R. (2014).“ Fermented Fruits and Vegetables of Asia: A Potential Source of Probiotics”, *Biotechnology Research International*, pp.19 ..

André. (2020). <https://jardinage.ooreka.fr/astuce/voir/554557/cucurbitacees>
(Cucurbitacée).consulté le 20.02.2020.

André. (2018). <https://www.resiway.org/article/22/lacto-fermentation> (Lacto-fermentation) ,consulté le 21.03.2020.

Anonyme I. (2020). <https://fr.wikipedia.org/wiki/Courge> (courge). consulter le 14.08.2020

Anonyme II. (2020). <https://www.nutrition-and-you.com/acorn-squash.html> (Health benefits of acorn squash), consulté le 26.03.2020.

Anonyme III. (2020).

https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=courge_n
u (Courge, un légume riche en fibres). Consulter le 13.08.2020.

Anonyme IV. (2020) file:///C:/Users/gouraya/Desktop/Fiche_Lactofermentation.pdf
consultée le 18.08.2020

Armesto O., Rocchetti G., Senizza B.,Pateiro M.,J. Barba F.,Domínguez R.,Lucini L.,M.

Arum, (2003). [Http://nimasadi.kiosq.info/spip.php?page=print_article&id_article=163](http://nimasadi.kiosq.info/spip.php?page=print_article&id_article=163) (La lacto-fermentation des légumes, Comprendre et affiner la préparation des légumes lacto-fermentés), consulté le 04.03.2020.

Arum. (2020). [Http://nimasadi.kiosq.info/La-lacto-fermentation-des-legumes](http://nimasadi.kiosq.info/La-lacto-fermentation-des-legumes) ,La lacto-fermentation des légumes. consulter le 13.08.2020.

Attia H., Kheronatou N et Ayadi J. (2000). Acidification chimique directe du lait. Corrélations entre la mobilité du matériel micellaire et micro et macrostructure des laits acidifiés. *Sci. des aliments*, 20, 289-307.

Aubert C. (1990). La lacto-fermentation des légumes Comprendre et affiner la préparation des légumes lacto-fermentés, Les aliments fermentés traditionnel, *Terre Vivante*, 95p.

Aubry M (2012). Détermination de la teneur en cellulose brute dans les aliments pour animaux. rapport de recherche . Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire ,Laboratoires de Liège.8p.

Azam-Ali S., Battcock M. (1998). Fermented fruits and vegetables, a global perspective, fao agricultural services bulletin, no. 134.

(B)

Barral, J.A.(1888). Dictionnaire d'agriculture: encyclopedie agricole complete. Tome 2,Encyclopedies. Hachette Livre, France .1136p.

Bedjaoui, T., Djerroud, F. (2018). Optimisation de l'activité antibactérienne de quelques souches de bactéries lactiques. Mémoire de Fin de Cycle En vue de l'obtention du diplôme master .Université A. Mira, Bejaia .32p.

Benmeradi, M (2017). « Methode de determination des cendres totales dans les epices », Arrêté du 3 Safar 1439 correspondant au 24 octobre rendant obligatoire la méthode de détermination des cendres totales dans les épices.

Bennai T., Temine S. (2017). Isolement de souches de lactobacilles performantes. Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme master.Université A. Mira – Bejaia.40p.).

Berger J. (2004). "Enrichissement des aliments en micronutriments: élément d'une stratégie intégrée de lutte contre les carences en micronutriments, en particulier en fer, dans les pays en développement." Presses Universitaires de Ouagadougou ; IRD, 2004, p. 563-575.

Bernard (2020). <http://www.leblogadupdup.org/2014/12/14/varietes-de-courges-et-de-potirons-1/> (Variétés de courges et de potirons) .consulté le 13.08.2020.

Blancard D., Lecoq H., Bitrat M. (1991). Maladies des cucurbitacées . Paris : revue horticole, INRA. 320p.

Boréale Z (2018). conservation par élimination d'eau, guide des bonnes pratiques de conservation et de transformation des aliments, 27p, Québec.

Bourgeois C.M et Larpent J.P. (1996). Microbiologie alimentaire: tome 2 -Aliments fermentés et fermentations alimentaires, Volume 2 de Microbiologie alimentaire, *Tec & Doc Lavoisier*, 523p, paris.

Boutonnier JL et Dunant C (1990). Crèmes, beurres et autres produits issus de la matière grasse. In : Luquet FM, *laits et produits laitiers. Vache. Brebis. Chèvre.* Vol 2. Tec & Doc Lavoisier, Paris, 443-504.

Brule G., Lenoir J et Ramet F. (1997). Les mécanismes généraux de la transformation du lait en fromage Chapitre 1 : La micelle de caséine et la coagulation du lait. Dans *Le fromage* (coord. ECK A. et GILLIS J.C.) p. 7, 3ème ed. Tec et Doc. Lavoisier.

Brusetti L., Malkhazova I., Mora D., Borin S., Merabishvili M., Zaccaria A., Colnago D., Chanishvili N. et Daffonchio D., (2008).Fluorescent- Box-PCR, an improved tool for resolving bacterial genetic diversity and biogeography studies. *BMC Microbiol.*, 8:220-232.

Burillard L., Daumas., Glaz V., Kouyoumdjian, M., Lobrot S.D. L., Logier N., Mallot C. (2016).Marchand : « Les légumes lacto-fermentés ». université de lorraine, lorraine . Synthèse bibliographique. 25p.

(C)

Carminati D., Giraffa G., Quiberoni A., Binetti A., Suárez V. et Reinheimer J., (2010). Advances and trends in starter cultures for dairy fermentations, in *mozzi f. biotechnology of lactic acid bacteria novel applications*, Wiley-Blackwell Publishing, USA, 393 p.

Carré-Mlouka (2020). Bactéries lactiques et métabolismes fermentaires. Consulté le 20-08-2020 <http://edu.mnhu.fr/mod/page/view.php?id=8038>

Carré-Mlouka. (2019).<http://edu.mnhn.fr/mod/page/view.php?id=8038> (bactéries lactiques et métabolismes fermentaires), consulté le 20/03/2020.

Causs, C. (2004).Les secrets de santé des antioxydants: plus jeune, plus longtemps avec les antioxydants,*Alpen Editions s.a.m* , 95p, france .

Céline M (2017). La nutrition. Les vertus santé de la courge

Chamba J. F. (2008). Applications des bactéries lactiques lors des fabrications fromagères. In : Corrieu, G. and Luquet, F.M. (Eds.), Bactéries lactiques - De la génétique aux ferments. Lavoisier, Paris, p. 787-815.

Charby J. Hébel P et Vaudaine S. (2017). Les produits laitiers en France : évolution du marché et place dans la diète. Dairy products in France: market evolution and role in the diet. ScienceDirect. ELSEVIER. 75013 Paris, Franc. P 2.

Cniel. (1999). L'économie laitière en chiffres. Centre National Interprofessionnel de

CNIEL. Enquête CCAF 2016 – Rapport sur « La place des produits laitiers dans l'alimentation des Français ».

Coderre, L-C (2020).<https://viecommunautaire.umontreal.ca/2014/09/connaissez-vous-la-courge-poivree/>. (connaissez-vous : la courge poivrée?) . Consulter le 25.08.2020.

Codex alimentarius. (1995). Code d'usages international recommande en matiere d'hygiene pour les fruits et legumes deshydrates, y compris les champignons comestibles (cacmcp s-1971) Food & Agriculture Org. Codex alimentarius: Fruits et légumes traités et surgelés, Volume 5A, Volume 5, 1995, 518p.

Codex alimentarius. (2004). avant-projet de norme codex pour les confitures, gelées et marmelades, Vingt-deuxième session, 16p, D.C. (zone métropolitaine), États-Unis d'Amérique Washington.

Combo A., Aguedo M., Paquot M (2011). Les oligosaccharides pectiques : production et applications possibles. BASE,1 ,15, 153-164.

Cordonnier. (2019). <https://www.topsante.com/nutrition-et-recettes/risques-sante/intoxication-alimentaire/on-peut-s-intoxiquer-avec-des-courges-633717> (On peut s'intoxiquer avec des courges !), consulté le 13.02.2020.

Corrieu G. et Luquet F-M., (2008). Bactéries lactiques, de la génétique aux ferments, édition Tec. et Doc. Lavoisier, Paris France, 849 p.

Courtois A et Guezennec J (2018). Obtention d'exopolysaccharides bactériens et applications en cosmétique. <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/ressources-marines-et-biotechnologies-bleues-42834210/obtention-d-exopolysaccharides-bacteriens-et-applications-en-cosmetique-bio4300/>

Cyr.

(2020).http://healthmedicinet.com/ency/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche0c64.html?d oc=courge_nu (courge) .consulté le 14.08.2020

(D)

Da Silva MS et Rudkowska I. (2014).Dairy products on metabolic health: current research and clinical implications. *Maturitas* 77:221-8.

Daine. (2020).<https://www.notretemps.com/sante/dietetique/sacrees-curcubitacees,i201970> (Les bienfaits santé des cucurbitacées!) consulter le 8.06.2020.

Dalgleishd G. (1982). The enzymatique coagulation of milk. In developments in dairy chemistry - 1- Proteins (Coord. Fox P.F.) A.S. Publishers, pp.157-188, 410 p.

De Roissart H, Luquet FM. (1994). Bactéries lactiques. Aspects fondamentaux et technologiques. Uriage : Lorica, 605 p et 614 p.

Delaby. (2019).<https://www.quechoisir.org/actualite-alimentation-gare-aux-courges-toxiques-n72495/> (Gare aux courges toxiques !), consulté le 13/02/2020.

Di Cagno R. Coda M., De Angelis and Gobbetti M. (2013). Exploitation of vegetables and fruits through lactic acid fermentation. *Food Microbiology* 33: 1-10.

Didier M., Ray R et Zakhia-Rozis N. (2014).Lactic Acid Fermentation of Vegetables and Fruits, *CRC Press*, 390p.

Donovan SM et Shamir R. (2014). Introduction to the yogurt in nutrition initiative and the first global summit on the health effects of yogurt. *Am J Clin Nutr* 99(Suppl. 5):S1209-11.

Dossou J, Hounzangbe A.S et SOULE H (2006). Production et transformation du lait frais en fromage peulh au Benin, guide de bonnes pratiques, Manuel de transformation du lait.330 p

Drewnowski A. (2011). The contribution of milk and milk products to micronutrient density and affordability of the US diet. *J Am Coll Nutr* 30(Suppl. 5):S422-8.

Dureau G. (2020).<https://panier-legumes.bio/courge-butternut-curry/> (Courge butternut au curry). Consulté le 23/07/2020.

(E)

Eck A. (1978).Le fromage. Ed 2. Lavoisier, Paris.876p.

Edward R et Farnworth T. (2008). Handbook of Fermented Functional Foods Functional Foods and Nutraceuticals , *Taylor & Francis*, New York, 600p.

El-Abbadi NH, Dao MC, Meydani SN. (2014).Yogurt: role in healthy and active aging. *Am J Clin Nutr*99(Suppl. 5):S1263-70.

(F)

Fahrasmane L., Ganou-parfait B., Parfait A. (1963). lacto-fermentation du gombo, fruit de l'hibiscus esculentus. Document de conférence / Présentation. Amadepa Association Martiniquaise pour le Développement des Plantes Alimentaire 29ème congrès annuel, Martinique. 253p.

FAO. (1995). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Ed. Food and agriculture org. 271p

FAO/WHO. (1994).Codex Alimentarius, Vol 4, 2ème édition

Fatianoff N et Gouet P.H. (1969). « relation permettant de corriger rapidement et avec précision la matière sèche des ensilages séchés a l'étuve » .ann. zootech , 18 (4),pp.408.

Fessard A. (2017). Recherche de bactéries lactiques autochtones capables de mener la fermentation de fruits tropicaux avec une augmentation de l'activité antioxydante. Thèse Pour l'obtention du titre de Docteur, Université de La Réunion, 174p et 192p.

Frappier. (2010).<http://www.mangersantebio.org/58/reussir-ses-propres-lacto-fermentations#> (Réussir ses propres lacto-fermentations), consulté le 03.03.2020.

(G)

Gastaldi-bouabid E. (1994). Etude de l'évolution des micelles de caséine au cours de l'acidification : mise en évidence d'un état de transition entre pH 5.5 et pH 5.0 - Thèse Doctorat Académie de Montpellier. Université de Montpellier II.

Geoffroy (2020).<https://www.marieclaire.fr/cuisine/comment-congeler-une-courge,1221029.asp#:~:text=avant%20de%20congeler%20une%20courge,temp%3%a9rature%20de%20%2d18%20%c2%b0c> . (Comment congeler une courge). Consulté le 05/05/2020

George. (2020). <http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=63> (What's New and Beneficial about Winter Squash) consulter le 26.07.2020.

Gherbi D. (2017). Qualité du lait et produits laitiers de la laiterie HAMMADITES. Mémoire de Fin de Cycle En vue de l'obtention du diplôme master. Université A. MIRA , Bejaia. P 57.

Ginder Coupez V et Hébel P. (2017). Le yaourt, un marqueur « universel » de la qualité de la diète. CahNutr Diététique 52S:S35-47.

González E., Montenegr M., Nazareno M., López de Mishima B. (2001). Carotenoid composition and vitamin A value of an Argentinian squash (*Cucurbita moschata*). Rapport de recherche , République d'Argentine (Archivoslatinoamericanos de nutrición).15p

Gouedrancheh et Benedicte C. (2001). Filière de production: produits d'origine animale, procédés de transformation fromagère. Disponible sur le site: <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/filierede-production-produits-d-origine-animale-42432210/procedes-de-transformation-fromagerepartie-1-f-6305/>

Grubben G.J.H. (2014). légumes , *fondation Prota*, 736p , Wageningen pays bas .

Guilloux. (2020).[http://naturopathe-annecy.com/les-cucurbitacees-cest-la-panacee/\(Les-Cucurbitacées,c'est-la-panacée!\)](http://naturopathe-annecy.com/les-cucurbitacees-cest-la-panacee/(Les-Cucurbitacées,c'est-la-panacée!)) .consulter le 12.08.2020

(H)

Haddab I. Ghedjghoudj C. (2013). Analyses physico-chimiques et microbiologiques de quelques boissons non réglementées. Mémoire de fin de cycle En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biotechnologie Agro-ressource Aliment et Nutrition. Bejaïa, Université Abderrahmane Mira, P20.

Ho Dinh. (2015). <https://www.lanutrition.fr/bien-dans-son-assiette/aliments/legumes/citrouille/la-citrouille-contre-le-cancer> consulté le 18.08.2020

<http://gourmandisesansfrontieres.fr/> (courges : potiron, potimarron, citrouille ... on s'embrouille) consulté le 1.02.2020.

HylckamaVliega J. E. T. et Hugenholtzb van J. (2007). Mining natural diversity of lactic acid bacteria for flavour and health benefits, *International Dairy Journal*, 17:290–1297.

(I)

Idir,F et IKKENE L. (2018). « Contrôle de la qualité physico- chimiques, microbiologiques et organoleptiques des préparations de fruits après la durée limite d'utilisation optimale (DLUO) de l'industrie ELAFRUITES ». Mémoire de Fin de Cycle En vue de l'obtention du diplôme Master, bejaia . université a. mira. pp23.

Ife FITZ J. (2003). Conservation des légumes dans du sel et/ou du vinaigre. la conservation des fruits et des légumes, *k.Bas*, 94p, Wageningen, Pays Bas.

Institut national de la recherche (INRA). (1998). Organismes génétiquement modifiés à l'INRA: environnement, agriculture et alimentation, que peut apporter la modification génétique des bactéries lactiques ?, *Editions Quae*,150p, France.

Isabelle. (2020).<https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/courges-recolte-conservation.php> (Récolter et conserver les courges) , consulté le 14.02.2020.

ISO 1026:1982(fr) , Produits dérivés des fruits et légumes — Détermination de la teneur en matière sèche par dessiccation sous pression réduite et détermination de la teneur en eau par distillation azéotropique.consulter le 25.08.2020.

(J)

Jaquier.(2019).<https://www.lematin.ch/bien-manger/courges-citrouilles-compagnie/story/25796398> (chronique courges : citrouilles et compagnie) consulté le 13/02/2020.

Joell A., Robert R., Williams C et Susan S. (2009). The Fermenters , Vegetable Fermentation . USDA Complete Guide to Home Canning. p18.

(K)

Kadri N et Kellou H. (2014). Effet de température et durée de conservation sur la qualité, les teneurs en composés phénoliques et l'activité antioxydante de deux confitures traditionnelles de figue sèche et de jujube. Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme de Master. Université Abderrahmane Mira (Bejaia).

Kaeffer (2020).[Http://www.techniquesdelevage.fr](http://www.techniquesdelevage.fr) (Cendres, vous avez dit cendres ?). Consulter le 22.08.2020.

Katzen, Mollie. (1992). Moosewood Cookbook, Ten Speed Press, Berkeley, 15p.

Kayser, E.(1921). Le Lait, *INRA Editions*, 1 (4), 184-191.

Kowalewska J., Poznanski S., Jaworsk J. (1971). Production des acides gras libres par des bactéries de la fermentation lactique et des moisissures sur le milieu de caséine. *INRA Editions*, 1971, 51 (507), pp.421-430.

Kroon J. (2020).<https://www.aufouraumoulin.com/carottes-fermentees-et-5-bonnes-raisons-daimer-les-legumes-fermentes/> (Carottes fermentées – 5 bonnes raisons d'aimer les légumes fermentés). Consulter le 19.08.2020.

Kubala. (2020).<https://www.healthline.com/nutrition/acorn-squash> (Acorn Squash: Nutrition, Benefits, and How to Cook It), consulté le 24.03.2020.

(L)

Lai CC, &Varriano-Marston E. (1980).Lipid content and fatty acid composition of free and bound lipids in pearl millet. *CerealChemistry*, 57: 271–274.

Laure Maire, (2019).<https://www.aufeminin.com/pratique/aliments-fermentes-et-gouts2385333.html> (Comment consommer les légumes lacto-fermentés), consulté le 09.03.2020.

Lee CH. (2001). Technologie de fermentation en Corée. KoreaUniversityPress, corée.

Leroy F et De Vuyst L. (2004).Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends Food Science and Technology*, 15:67–78.

Liang L., Liu G., Zhang F., Quanhong L., J. Linhardt R. (2020).Digestibility of squash polysaccharide under simulated salivary, gastric and intestinal conditions and its impact on short-chain fatty acid production in type-2 diabetic rats, *Elsevier*,Volume 235, 1-7.

Lorenz-Ladener C. (2020). Ces ferments qui nous veulent du bien ces ferments qui nous veulent du bien ; petit manuel de lacto-fermentation, *ed.Rouergu* , 127p.

Lucera A., Simsek F., Conte A., Del Nobile M.A. (2012).Minimally processed butternut squash shelf life. *Journal of Food Engineering*, No 113, 328p.

Luquet F.M. (1990). Lait et produits laitiers : vache, brebis chèvre. Tome II, Tech. Et Doc., 2ième édition, Lavoisier, Paris.

Lorenzo J. (2020).Nutritional characterization of Butternut squash (*Cucurbita moschata* D.): Effect of variety (Ariel vs. Pluto) and farming type (conventional vs. organic), *Elsevier*, Volume 132 ,1-9.

(M)

Mahaut M., Jeantet R et Brule G (2000). Initiation à la technologie fromagère. 1 éd,Paris,TEC&DOC, P.154-160 page.ISBN 2-7430-0408-8.

Mahaut M, Jeantet R et Brule G. (2000). Initiation à la technologie fromagère : Technique et documentation. EN6636.

Majcher.(2020).<https://docteurbonnebouffe.com/fermentation-bienfaits-sante/> (Fermentation : 6 bienfaits à découvrir). Consulter le 07.08.2020

- Makarova K., Slesarev A., Wolf Y., Sorokin A., Mirkin B. et Koonin E. (2006).** Comparative genomics of the lactic acid bacteria. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 429(103) :15611–15616.
- Malek A., Shadarevain S et Toufeili I (2001).** Sensory properties and consumer acceptance of concentrated yogurt made from cow's, goat's and sheep's milk. *Milchwissenschaft*, 56(12) : 687-690.
- Marie claire. (2020)** <https://www.marieclaire.fr/la-butternut-une-courge-aux-nombreuses-proprietes-nutritionnelles.724922.asp>(La butternut, la courge qui a tout bon), consulté le 15.02.2020.
- Marionneau C et Charretier F. (2018).** livret nutrition, *satim*, 31p ,le Mans .
- Marth E. H et Steele J. M. (2001).** Applied dairy microbiology, 2nd Edition, Marcel Dekker, Inc, New York, USA, 744 p.
- Mc Sweeney P.L.H., Ottogalli G. and Fox P.F. (2004).** Diversity of Cheese Varieties: An Overview. Pp. 1-22. In *Cheese Chemistry, Physics and Microbiology. Volume 2 Major Cheese Groups*. Third edition, Ed. P.F. Fox, P.L.H. Mcsweeney, T M. Cogan and T.P. Guinee. Amsterdam. 434p.
- Melkonian.(2020)**
https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=courge_nu (Courge, un légume riche en fibres). Consulté le 13.08.2020.
- Merouane. A (2009).** Essai de prévision de la valeur nutritive des feuilles et la pulpe d'arganier .rapport de recherche. Université Hassiba Ben Bouali, Chlef.
- Mirabaud J. (2011).** Conservation des aliments par le sucre .académie de Versailles .
<http://www.lyc-mansart-st-cyr.ac-versailles.fr/spip.php?article286> (consulté le 24/02/2020).
- Monette S ., Fortin I. (2015).**L'encyclopédie visuelle des aliments.*Chariot D'or Eds*, 690p, québec .
- Montet D., Ray R.C., Zakhia-Rozis N. (2014).** “Lactic Acid Fermentation of Vegetables and Fruits”,H. C. Ray, M.Didier ,*Microorganisms and Fermentation of Traditional Foods*,(ed) illustrée, CRC Press, pp.133
- Mozzi F., Raya R. R. et Vignolo G. M. (2010).***Biotechnology of Lactic Acid Bacteria Novel Applications*, Wiley-Blackwell Publishing, USA. 393 p.

(N)

Nadon J (2020).<https://www.flickr.com/photos/> (courges). Consulter le 15.08.2020.

Nadon J.(2020).<https://www.flickr.com/photos-bernard> (2020)
<http://www.leblogadupdup.org/2014/12/14/varietes-de-courges-et-de-potirons-1/> (Variétés de courges et de potirons) .consulté le 13.08.2020.

Nagy S., Telek L., Hall NT & Berry RE. (1978). Potential food uses for protein from tropical and subtropical plant leaves. *Journal of Agricultural Chemistry*, 26(5):1016-1028.

Nani A. (2011). Etude de quelques effets métaboliques du millet « Pennisetum Glaucum » chez les rats diabétiques. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Agronomie. Université de Tlemcen. p96.

Nishino H (2002). “Carotenoids in cancer chemoprevention”. *Cancer Metastasis Rev.*;21(3-4):257-64.

Nouria H (2013). Contribution à l'étude de l'optimisation de l'extraction solide-liquide des lipides par Soxhlet du caroubier (*Ceratonia siliqua*) de la région de Tlemcen. Thèse En vue de l'obtention du diplôme de master en biologie. Université aboubakkrbelkaid, Tlemcen. 74p.

Novel G. (1993). Les bactéries lactiques. In : Leveau JY, Bouix M, éd. *Microbiologie industrielle. Les micro-organismes d'intérêt industriel*. Paris : Tec & Doc, 169-374.

(P)

Padovani R (2020).<https://www.flickr.com/photos/>(courge). Consulter 14.08.2020

Parente E et Cogan T. M. (2004). Starter cultures: general aspects. In: Fox, P. F., McSweeney P. L. H., Cogan T. M. et Guinee, T. P. (Eds.), *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Vol. I. Chapman and Hall, London, p.123-148.

PNNS.(2011). Produits laitiers | Manger Bouger. Accès le 16 août 2020 www.mangerbouger.fr/Les-9-reperes/Les-9-reperes-a-laloupe/Produits-laitiers

Prentice AM. (2014). Dairyproducts in global public health. Am J Clin Nutr 2014;99(Suppl. 5):S1212-6.

(Q)

Lemieux J. (2008). La mini-encyclopédie des aliments, encyclopédie, Amerique, 59p.

(R)

Ramet J.P. (1985). La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéens. Ed. Etude FAO. Production et santé animale, 187 P.

Ramet J.P. (1997). L'égouttage du coagulum. Dans Le fromage (Coord. ECK A. et GILLIS J.C.). 3ème édition, ed. tec et doc. lavoisier. p. 43.

Renault, P. (1998). que peut apporter la modification génétique des bactéries lactique ?. Organismes génétiquement modifiés à l'INRA: environnement, agriculture et alimentation, *Editions Quae*, 150p .

Rerat R (1956). Méthodes de dosage des glucides en vue du calcul de leur valeur énergétique .Annales de zootechnie. INRA/EDP Sciences, pp.213-236.

Rice BH., Quann EE, Miller GD. (2013). Meeting and exceeding dairy recommendations: effects of dairy consumption on nutrient intakes and risk of chronic disease. *Nutr Rev* ;71:209-23.

Richard A. (2016). courge (cucurbitaspp), Nos légumes: Les connaître, les cuisiner, les conserver, *Éditions la Caboché* , 146p, France.

Robinson R. K. (2002). Dairy Microbiology Handbook, third Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York USA, 764 p.

Rompu H (2020). <https://www.flickr.com/photos/huronrompu> t (courges turban). Consulter le 14.08.2020

Rerat,A (1956). Annales de zootechnie. INRA/EDP Sciences, 213-236. France.

RUCA. (2020).

http://uel.unisciel.fr/biologie/biochimie1/biochimie1_ch03/co/apprendre_ch3_01.html

(classification des polysaccharides).consulter le 26.08.2020.

(S)

Saget. (2018).<https://www.plantes-et-sante.fr/articles/aliments-sains/1913-vegetaux-lacto-fermentes-des-conserves-de-vitamines-et-de-probiotiques> (Végétaux lacto-fermentés : des conserves de vitamines et de probiotiques), consulté le 15.04.2020.

Saithong P., Panthavee W., Boonyaratanakornkit M. et Sikkhamondhol Ch. (2010). Use of a starter culture of lactic acid bacteria in plaa-som, a Thai fermented fish, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 110(5):553– 557.

Scheers N., Rossander-Hulthen L., Torsdottir I., Sandberg AS. (2016). “Increased iron bioavailability from lactic-fermented vegetables is likely an effect of promoting the formation of ferric iron (Fe(3+))”, *European Journal of Nutrition*, PMC4737790 , 373–382.

Schöneck A. (1990). La lacto-fermentation des légumes Comprendre et affiner la préparation des légumes lacto-fermentés, *éd. Terre Vivante*, 95p.

Seema. (2020).<https://www.medicaldaily.com/acorn-squash-health-benefits-will-surprise-442347>, (Acorn Squash Health Benefits That Will Surprise You) consulté le 01/06/2020.

Shöneck A. (1990). Des Crudités toute l'année - Les légumes lacto-fermentés. *Terre Vivante Editions* ,89 p, France.

Shurkhno, R.A., R.G. Gareev, A.G. Abul’khanov, S.Z. Validov, A.M. Boronin and R.P. Naumova. (2005). Fermentation of a high-protein plant biomass by introduction of lactic acid bacteria. *Prikladnaia Biohimia I Mikrobiologiya* 41(1): 79-89.

Simon. (2020).<https://chefsimon.com/articles/produits-les-courges> (les courges) .consulter le 14.08.2020 .

Sindic M., Belleflamme C., Tanna S. Di (2006).Le risque *Listeria monocytogenes* pour la transformation laitière fermière, filièreOvine et Caprine n°18, 08 p.

Skinner M et Hunter D. (2013).Bioactives in Fruit: Health Benefits and Functional Foods, *Margot Skinner ; Denise Hunter*,517p.

Šlosár M., Mezeyová I., Hegedúsová A et Hegedús O. (2018). quantitative and qualitative parameters in acorn squash cultivar in the conditions of the slovak republic, *PotravinárstvoSlovak Journal of Food Sciences*,01, 12, 91-98.

Solieri L et Giudici P. (2009). Vinegars of the World Springer-Verlag Italia, 297 p.

Spiller G . Spiller M (2007). Tout savoir sur les fibres. *Les Éditions le mieux-être*, 307p , Québec .

Stein.(2020). <http://healthyeating.sfgate.com/nutritional-composition-acorn-squash-1233.html> (Nutritional Composition of Acorn Squash.), consulté le 24/03/ 2020.

Stekel, A., Olivares, M., Pizzaro, F., Amar, M., Chadud, P., Cayazzo, M., Llaguno, S.,

Steve albert.(2020). <https://harvesttotable.com/harvest-store-summer-squash/> (How to harvest and store summer squash). Consulter le 31.05.2020

Swarts R .(2008). New World Encyclopedia contributors 'Squash (plant)', New World Encyclopedia.

Swati et al., 2020.<Http://www.biologydiscussion.com/food-microbiology/fermentation-of-vegetables-by-lactic-acid-microbiology/59387> (Fermentation des légumes par l'acide lactique), consulté le 21.04.2020.

Syndrifrais. (1984). Biotechnologie des fromages frais. Cahier technologie, 3.

Tieghem, Van., Ph, M., (1882).sur quelques points de l'anatomie des cucurbitacées. Bulletin de la Société Botanique de France, vol.29 ,284p.

(U)

Uchida K., Urashima T., Chanishvilli N., Arai I. et Motoshima H. (2007).Major microbiota of lactic acid bacteria from Matsoni, a traditional fermented milk in Georgia. *Anim. Sci. J.* 78:85-91.

Urbonaviciene D., Viskelis P., Bartkiene E., Juodeikiene G et Vidmantiene D. (2015). The Use of Lactic Acid Bacteria in the Fermentation of Fruits and Vegetables Technological and Functional Properties, *Books on Demand*, Croatia, 242p.

USDA. (2020) .<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168472/nutrients> (Squash, winter, acorn, raw). Consulter le 14.08.2020.

(V)

Vadi. (2018),<https://www.instagram.com/diet/health-benefits-of-acorn-squash/> (10 meilleurs avantages pour la santé de la courge poivrée), consulter le 28.04.2020.

Vega V., Hertrampf E. (1985). The role of ascorbic acid in the bioavailability of iron from infant foods. International Journal for Vitamin and Nutrition Research 27, 167-175.

Vignola L.C (2002).Science et technologie du lait. 1 éd,Canada, International polytechnique,600 p.

Vissers PA, Streppel MT, Feskens M, de Groot LC. (2011). The contribution of dairyproducts to micronutrientintake in the Netherlands. J Am CollNutr 30(Suppl. 5):S415-21.

Voisin-Demery F (2020).<https://chefsimon.com/recettes/tag/butternut> (Le butternut c'est de saison, profitons des recettes mettant à l'honneur ce légume aux saveurs automnales),Consulter 14.08.2020.

(W)

Weber F. (1987). L'égouttage du coagulum. Dans le fromage (coord. ECK A), 2eme édition. p122.

(Y)

Yıldız F., (2010). Developpement and manufacture of yougurt and other dairy products, CRC Press Taylor & Francis Group, USA, 435 p.

(Z)

Zigzagmtart.2020.ID image :16442422.<http://gourmetpedia.org/produits/legumes/courge-poivree/> consulté le 12.05.2020.

ANNEXES

I. Résultats d'analyses physico-chimiques de la courge (fraiche et lacto-fermentée)

Tableau I. Analyse de taux de protéines.

Taux de protéines						
Essais	Courge Lacto-fermentée			Courge fraiche		
	pi (g)	V eq (ml)	protéines (%)	pi (g)	V eq (g)	protéines(%)
1	1,53	1,2	1.25	1.51	0,9	0.92
2	1,5	0,8	0.81	1,54	1,2	1 ,25
3	1,5	1	1.05	1,53	1,2	1.25
		moyenne	1 ,03		moyenne	1 ,14

Tableau II. Analyse de potentiel hydrogène (pH)

Potentiel hydrogène (pH)	
Courge fraiche	Courge lacto-fermentée
pH= 6,60	pH=3,31

Tableau III. Analyse de taux d'acide lactique

Acide lactique		
Courge lacto-fermentée		
	Veq (ml)	acide lactique (degré dornic)
essais 1	10,1	101
essais 2	10,8	108
essais3	9,8	98
	moyenne	102,33

Tableau V. Valeurs énergétique

Valeur énergétique	
Courge fraiche	Courge lacto-fermentée
26,78 kcal	19,88 kcal

Tableau IV. Analyse de taux de glucides

Glucides	
Courge fraiche	Courge lacto-fermentée
2,45 %	2,68%

Tableau VI. Taux de fibre.

Fibres								
essais	Courge lacto-fermentée				Courge fraiche			
	pf (g)	pv (g)	pi (g)	fibres (%)	pf (g)	pv (g)	pi (g)	fibres (%)
1	34,09	33,99	2,014	4,9652433	34,16	34,09	2,0205	3,46448899
2	31,65	31,47	2,0267	8,88143287	32,52	32,47	2,0324	2,46014564
3	36,03	35,94	2,0169	4,46229362	31,15	31,11	2,0351	1,96550538
			moyenne	6,10298993			moyenne	2,63004667

Tableau VII. Taux de matière sèche.

analyses de la matière sèche										
Essais	Courge fraîche					Courge lactofermentée				
	Pf (g)	Pv (g)	Pi (g)	H2O(%)	MS(%)	Pf (g)	Pv (g)	Pi (g)	MS(%)	H2O (%)
1	23,29	22,97	5,04	93 ,66	6.34	23,65	23,42	5,02	4,58	95,42
2	22,47	22,16	5,02	93.83	6.17	22,42	22,18	5,02	4,78	95,22
3	22,09	21,75	5,01	93 ,22	6.78	23,98	23,74	5,08	4,72	95,28
			moyenne	93,57	6,43			moyenne	4,70	95,30

Tableau VIII. Taux de matière grasse.

Matière grasse								
	Courge fraîche				Courge lacto-fermentée			
	Pf (g)	Pv (g)	Pe (g)	MG (%)	Pf (g)	Pv (g)	Pe (g)	MG (%)
essais 1	173,44	173,37	5,04	1,38%	172,58	172,35	5,1	4,50%
essais2					172,54	172,51	5,3	0,56%
essais 3					173,41	173,38	5,9	0,54%

Tableau IX. Taux de cendre.

Cendres								
essais	Courge fraîche				Courge lacto-fermentée			
	pf (g)	Pv (g)	Pi (g)	cendres (%)	pf (g)	Pv (g)	Pi (g)	cendres (%)
1	35,97	35,94	2,05	1,46	32,48	32,47	2,03	0,49
2	34,12	34,09	2,05	1,46	34,0071	34,0007	2,04	0,31
3	31,14	31,11	2,06	1.45	31,48	31,47	2,06	0.48
			moyenne	1,46			moyenne	0,43

II. Analyses physico-chimiques du fromage (fromage frais, fromage frais avec 15% et 30% de Citrouille)

Tableau X. Taux de protéine.

Protéines		
Fromage frais 0% courge		
Pe (g)	Ve _q (ml)	taux de protéines (%)
1,03	0,8	6.5
Fromage frais 15% courge		
Pe (g)	V _e q (ml)	taux de protéines (%)
1,06	0,4	3.03

Tableau XII. Taux de matière sèche et H₂O.

Matière sèche / H ₂ O					
échantillon A	Fromage frais (0% courge)				
	Pf (g)	Pv (g)	Pe (g)	MS (%)	H ₂ O (%)
essais 1	19,02	18,14	3,05	28,85%	71,15%
essais 2	21,17	20,30	3	29%	71%
essais 3	20,85	19,98	3,01	28,90%	71,10%
			moyenne	28,91%	71,08%
échantillon B	Fromage frais (15% courge)				
	Pf (g)	Pv (g)	Pe(g)	MS (%)	H ₂ O (%)
essais 1	21,13	20,42	3,07	23,12%	76,88%
essais 2	19,86	19,13	3,04	24,01%	75,99%
essais3	20,33	19,58	3,07	24,42%	75,58%
			moyenne	23,85%	76,15%
échantillon C	Fromage frais (30% courge)				
	Pf (g)	Pv (g)	Pe (g)	MS (%)	H ₂ O (%)
essais 1	19,92	19,31	3	20,33%	79,67%
essais 2	16,65	18,03	3,07	20,19%	79,81%
essais 3	19,81	19,81	3,06	20,91%	79,09%

Tableau XIII. Potentiel d'hydrogène

Potentiel hydrogène (pH)		
Fromage frais (0% courge)	Fromage frais (15% courge)	Fromage frais (30% courge)
pH=5,05	pH=4,87	pH=4,70

Réalisation de la courbe d'étalonnage :

Pour tracer cette courbe, on a pris le glucose comme étalon, dans le but d'être une référence pour le dosage des sucres totaux.

La gamme d'étalonnage est effectuée de la façon suivante :

- Une solution mère (SM) de α D+ Glucose de concentration est préparée en dissolvant 1 g de glucose dans 300 mL d'eau distillée.
- A partir de cette solution mère, préparer des dilutions de différentes concentrations 5g /l et 7,5 g/l .
- Prendre 1 ml de chaque concentration (3 essais pour chaque concentration) et ajouter 1 ml de phénol à 5 % et 5 ml d'acide sulfurique à 98% à l'aide d'une burette ;
- Agiter pendant 5 minutes à 100°C
- Maintenir les tubes à l'obscurité pendant 30 minutes ;
- Lire la densité optique, de chaque concentration, à 492 nm, après on trace la courbe d'étalonnage. Courbe d'étalonnage du glucose pour le dosage des sucres totaux

$DO=f(C) \rightarrow DO= \epsilon \times C$

C mg/l	do
0	0

5	0,32
7,5	0,46

Tableau XIII. Valeurs de la concentration du glucose par rapport à la densité optique

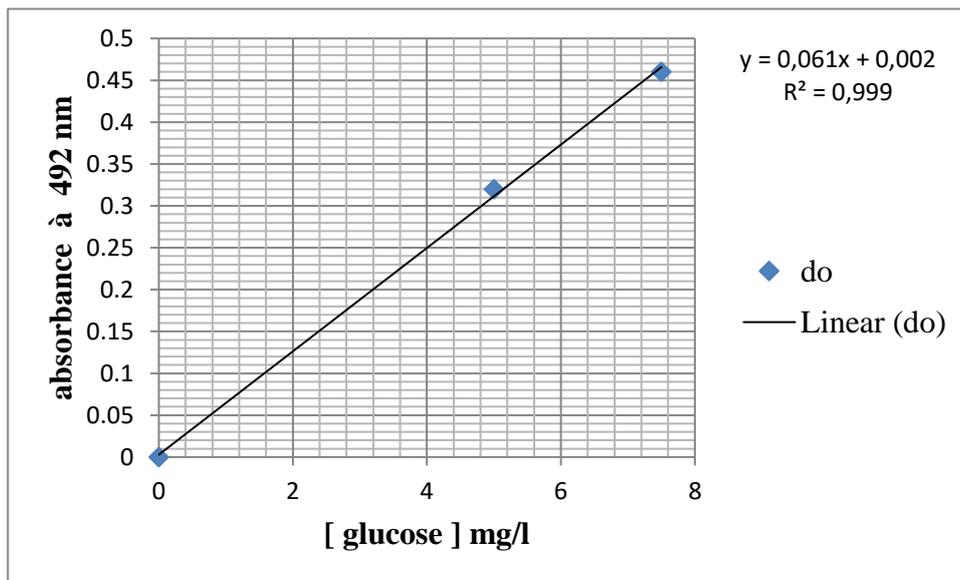


Figure I. Courbe d'étalonnage du glucose (DO/C).

Tableau XIII. Taux des sucres totaux.

sucres totaux			
échantillon	fromage frais	fromage frais à 15% de citrouille	fromage frais à 30% de citrouille
densité optique (DO)	0,328	0,27	0,226
concentration (mg/l)	5,34	4,39	3,67

