

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master / Startup en Biotechnologie

Spécialité Biotechnologie Microbienne

Intitulé

Développement du Mix (Bactéries Lactiques + Prébiotiques) en Granulés :
Fabrication d'un Fromage Nutraceutique

Réalisé par : - M^{elle} KACI Chahinez

- M^{elle} KHELILI Roza

Soutenu le 13.07.2023 devant le jury composé de :

Présidente : M^{me} LAKABI L.

Maître de Conférences (A) à l'UMMTO

Promotrice : M^{me} BENAHMED DJILALI A.

Professeure à l'UMMTO

Examineur : Mr SMAIL R.

Maître Assistant (A) à l'UMMTO

Examineur: Mr KADI SA.

Professeur à l'UMMTO

Examinatrice: M^{me} HAMLIL N.

Professeure à l'UMMTO

Examinatrice : M^{me} ZOUAOUI GH.

Cadre Comptable et financier

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Tout d'abord, Nous tenons à remercier le « **BON DIEU** » le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour la réalisation de ce modeste travail.

Sincèrement, c'est un grand honneur pour nous d'avoir eu la chance de travailler avec Mme **BENAHMED DJILALI A**, notre promotrice .Aussi, nous tenons à lui exprimer notre profonde gratitude et nos remerciements les plus chaleureux pour son aide la plus précieuse, son apport constructif, ses encouragements, ses conseils, sa modestie qui est aussi grande que son mérite ;

Pour Mme **LAKABI L**, Maître de conférences (A) à l'université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou, de nous avoir fait l'honneur de présider le jury et d'évaluer notre travail ;

Pour les examinateurs Mr **SMAIL R**, Mr **KADI SA** , Mme **HAMLIL N** et Mme **ZOUAOUI GH** , d'avoir accepté d'être parmi le jury de notre soutenance et d'examiner notre travail ;

Nous tenons à remercier profondément Monsieur **MORSLI** le directeur de l'unité « ATTOUCHE LAIT » et la responsable de production, qui nous a facilité l'accès et surtout, d'avoir mis à notre disposition tout le matériel nécessaire pour réaliser notre étude.

Nous adressons nos reconnaissances aux ingénieures du laboratoire physico-chimiques de l'UMMTO, pour leurs disponibilités et leurs gentillesse ;

Et en fin, nous remercions toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail, qu'ils trouvent ici notre sincère et profonde gratitude.



Dédicace

Avec l'aide de dieu le tout puissant, qui a tracé le chemin de ma vie,

J'ai pu réaliser ce travail que je dédie :

*A mon cher père **Rabeh**,*

Mon support dans ma vie, qui ma dirigé vers la gloire, celui qui m'a donné le courage, d'affronter les obstacles à chaque fois que j'ai l'impression de reculer.

*A ma chère mère **Zahia**,*

qui m'a donné la vie, qui s'est sacrifiée pour me voir heureuse et réussir dans ma vie.

*A mes chères sœurs **Lilia** et **Kamilia**, et mon cher frère **Achour***

Pour leurs encouragements et leur bonté qu'ils m'ont accordé, qui m'ont beaucoup aidé pour la réalisation de ce travail. J'exprime ma profonde reconnaissance et mon grand respect.

*A la mémoire de mon cher oncle **Omar**, que son âme repose en paix.*

A ma grande famille : Mes tantes, mes oncles, ainsi que les cousines et les cousins.

*A ma meilleure amie **Feriel**, pour son soutien et son encouragement.*

*A mes amies **Salha** et **Kamilia**.*

*Ma binôme **Roza** et sa famille.*

A tous ceux qui m'aiment et que j'aime



Chahinez



Dédicace

*Ce modeste travail, achevé avec l'aide de dieu le tout
puissant,*

Je le dédie à toutes les personnes que j'aime :

Mes très chers parents, qui m'ont tout donné tout le long de mes études

*A qui je dois toutes mes réussites. Aucune dédicace ne serait assez suffisant pour exprimer
l'amour, l'estime, le respect que je leur porte.*

*A mon frère **Nadir** qui à tout mis en œuvre pour que je réussisse et mon frère **Ahmed***

*A ma sœur **Razika** et son époux **Tarik**, **Lilia** et son époux **Akli** auxquels je souhaite beaucoup
de bonheur et de joie dans leur vie*

*A mes tantes **fadhila**, **Nora** et **Taous** ainsi que leur familles*

*A ma meilleure amie **Katia** qui a toujours été à mes côtés dans la tristesse et la joie*

*A tous mes chères amies surtout **Kamilia***

*A ma binômes **Chahinez** et sa famille*

A tous ceux que mon cœur porte et que ma plume n'a pas écrits



Liste des abréviations

CPG : Chromatographie Phase Gazeuse

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

MRS : Man, Rogosa et Sharpe

VRBL : Violet Red Bile Lactose Agar

I-R : Infra-Rouge

AFNOR : Association Française de Normalisation

°D : Degré Dornic

E : Échantillon

Liste des figures

Figure 1 : Aspect de <i>Lepidium sativum</i>	3
Figure 2 : Aspect morphologique de <i>Lepidium sativum</i>	5
Figure 3 : Aspect de <i>Linum usitatissimum</i>	6
Figure 4 : Différentes parties de <i>Linum usitatissimum</i>	7
Figure 5 : Aspect de la plante de gombo	9
Figure 6 : Aspect du fromage camembert	13
Figure 7 : Aspect des graines de lin et de cresson utilisées comme prébiotiques.....	18
Figure 8 : Fruit de gombo	18
Figure 9 : Aspect des poudres des graines de lin et des graines de cresson utilisées comme prébiotiques	19
Figure 10 : Aspect du fruit de gombo à l'état congelé et son gel	19
Figure 11 : Caillage du lait par le mix optimisé pro-prébiotiques	25
Figure 12 : Différentes formes du mix optimisé (probiotiques-prébiotiques) séché	25
Figure 13 : Pasteurisation du lait	26
Figure 14 : Etapes d'ensemencement du lait avec le mix pro-prébiotiques	27
Figure 15 : Aspect du caillé obtenu	27
Figure 16 : Tranchage du caillé.....	27
Figure 17 : Moulage des fromages	28
Figure 18 : Egouttage des fromages	28
Figure 19 : Bassin de salage	28
Figure 20 : Immersion des boules de fromage dans le gel de gombo et la saumure	29
Figure 21 : Affinage de fromage	29
Figure 22 : Emballage du fromage	29
Figure 23 : Etapes de dosage des flavonoïdes	31
Figure 24 : Effet du mix (probiotiques et prébiotiques) sur les variables de réponses.....	37
Figure 25 : Aspect du mix (probiotiques et prébiotiques) optimisé sous plusieurs formes.....	38
Figure 26 : Aspect des fromages élaborés	39
Figure 27 : Résultats du pH des fromages élaborés.....	39
Figure 28 : Résultats d'acidité titrable des fromages élaborés	39
Figure 29 : Résultats de taux de sel des fromages élaborés.....	39
Figure 30 : Résultats de taux de flavonoïdes des fromages élaborés.....	39

Liste des tableaux

Tableau I : Classification taxonomique de <i>Lepidium sativum</i>	4
Tableau II : Classification de <i>Linum usitatissimum</i>	7
Tableau III : Classification scientifique d' <i>Abelmoschus esculentus</i>	9
Tableau IV : Valeur nutritionnelle et valeur énergétique de 100g de gousses de gombo	10
Tableau V : Classification des fromages selon le type de la pâte.....	12
Tableau VI : Conditions chromatographiques	24
Tableau VII : Différents germes recherchés et leurs milieux de cultures	32
Tableau VIII : Résultats d'analyse phytochimique de graines de cresson et de lin.....	34
Tableau IX : Résultats d'analyses physico-chimiques et biochimiques de graines de cresson et de lin.....	35
Tableau X : Résultats d'analyses physico-chimiques du lait cru	38
Tableau XI : Résultats d'analyses microbiologiques exprimés en UFC/g de fromage.....	42

Sommaire

Liste d'abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Introduction 1

Chapitre I : Plantes utilisées comme prébiotiques : Aspects théoriques

1.- Généralités sur <i>Lepidium sativum</i>	3
1.1- Classification taxonomique.....	3
1.2- Répartition géographique	4
1.3- Description botanique	4
1.4-Composition biochimique	5
1.5- Bienfaits et utilisation	5
1.6- Effets secondaires	6
2.-Généralités sur <i>Linum usitatissimum</i>	6
2.1- Classification.....	6
2.2- Répartition géographique.....	7
2.3- Description botanique	7
2.4- Composition biochimique	8
2.5- Bienfaits	8
2.6- Effets secondaires	8
3.- Généralités sur le gombo (<i>Abelmoschus esculentus</i>).....	8
3.1- Classification.....	9
3.2- Description botanique	9
3.3- Composition biochimique	10
3.4- Utilisation.....	10
3.5- Avantages.....	11

Chapitre II : Le fromage

1- Définition	12
1.1- Classification.....	12
1.2- Composition nutritionnelle	13
2. Définition du camembert.....	13
2.1- Ingrédients.....	13

2.1.1 Lait.....	13
2.1.2 Présure.....	13
2.1.3 Levains lactiques.....	14
2.1.4 Levains fongiques.....	14
2.1.5 Sels.....	14
2.2- Processus de fabrication du fromage à pâte molle.....	15
2.2.1- Pasteurisation du lait.....	15
2.2.2- Ensemencement et maturation.....	15
2.2.3- Emprésurage.....	15
2.2.4- Coagulation.....	15
2.2.4.1- Coagulation enzymatique.....	15
2.2.4.2- Coagulation acide.....	15
2.2.4.3- Coagulation mixte.....	16
2.2.5- Tranchage.....	16
2.2.6- Moulage et égouttage.....	16
2.2.7- Salage.....	16
2.2.8- Affinage.....	16

Chapitre III : Matériel et Méthodes

1- Cadre de l'étude.....	17
2- Présentation de l'entreprise ATTOUCHE LAIT.....	17
3- Matériel et méthodes.....	17
3.1- Matériel.....	17
3.1.1- Matériel biologique.....	17
3.2- Méthodes.....	18
3.2.1- Préparation des poudres des graines de lin et de cresson.....	19
3.2.2- Préparation du gel de gombo.....	19
3.2.3- Analyses physico-chimiques des graines de cresson et de lin.....	19
3.2.3.1- Préparation des infusions des poudres des graines de cresson et de lin.....	19
3.2.3.2- Recherche des tannins.....	20
3.2.3.3- Recherche des tannins galliques.....	20
3.2.3.4- Recherche des quinones libres.....	20
3.2.3.5- Recherche des quinones combinées.....	20
3.2.3.6- Recherche des anthocyanes.....	20
3.2.3.7- Recherche des flavonoïdes.....	20
3.2.3.8- Recherche des saponosides.....	21
3.2.3.9- Recherche des glucosides.....	21

3.2.3.10- Recherche des coumarines	21
3.2.4 -Analyses physico-chimiques et biochimiques des graines de cresson et de lin	21
3.2.4.1- Détermination de l'acidité.....	21
3.2.4.2- Indice de gonflement.....	22
3.2.4.3- Teneur en cendres	22
3.2.4.4- Détermination du potentiel d'hydrogène pH.....	23
3.2.4.5- Détermination de l'humidité	23
3.2.4.6- Extraction et dosage des mucilages.....	23
3.2.5- Détermination des acides gras par CPG (Chromatographie Phase Gazeuse).....	23
3.2.6- Etude de l'optimisation du mix (ferments de fromage –prébiotiques).....	24
3.2.7- Elaboration du mix optimisé (ferments de fromage –prébiotiques).....	25
3.2.7.1.Préparation du caillé à base du mix (ferments de fromage –prébiotiques) optimisé.....	25
3.2.7.2- Séchage et transformation du caillé	25
3.2.7.2.1- Propriétés physiques de pastilles.....	25
3.2.8 - Analyses physico-chimiques du lait cru.....	25
3.2.9 - Etapes de fabrication du fromage camembert nutraceutique à base du mix probiotiques- prébiotique et du gel de gombo	26
3.2.10 Analyses physico-chimiques et biochimiques des fromages et gel de gombo	30
3.2.10.1- Analyse du pH et Acidité	30
3.2.10.2- Dosage de chlorure de sodium des fromages élaborés.....	30
3.2.10.3 - Dosage des flavonoïdes.....	30
3.2.11- Détermination des acides gras par CPG Chromatographie Phase Gazeuse) des fromages	31
3.2.12- Analyses microbiologiques des fromages	31
3.2.12.1- Préparation de dilutions.....	31
3.2.12.2- Dénombrement des coliformes fécaux et totaux	32
3.2.12.3 - Dénombrement des levures et moisissures.....	32
3.2.12.4- Dénombrement des bactéries lactiques flore mésophiles et thermophiles	32
3.2.12.5 - Recherche des <i>Staphylococcus aureus</i>	33

Chapitre IV : Résultats et discussion

1 Résultats d'analyse phytochimique des graines de cresson et de lin.....	34
2- Résultats d'analyses physico-chimiques et biochimiques des graines de cresson et de lin	34
3- Résultats du profil d'acides gras de la poudre des graines de lin et de cresson	36
4- Résultats des réponses choisies (temps de coagulation, pH, taux de flavonoïdes, volume de synérèse).....	37

5 - Résultats du mix (probiotiques et prébiotiques) optimisé sous plusieurs formes	38
5.1 – Résultats des propriétés physiques de pastilles	38
6 - Résultats d'analyses physico-chimiques du lait cru	38
7. Résultats des fromages élaborés	38
8 - Résultats d'analyses physico-chimiques et biochimiques des fromages et du gel de gombo	39
9 - Résultats du profil d'acides gras des fromages	41
10- Résultats d'analyses microbiologiques de fromages.....	42
Conclusion et perspectives.....	44
Références bibliographiques	
Annexes	

Résumé

Ce travail rentre dans le cadre de la valorisation des ressources agricoles locales en vue mettre sur le marché un nouvel agent de coagulation et un fromage nutraceutique. Un mix de probiotiques (ferments lactiques) et poudres de graines de lin et de cresson comme prébiotiques a été optimisé en appliquant le plan d'expériences. Ce mix est utilisé pour fabriquer un fromage camembert. L'effet du gel de gombo sur la durée d'affinage et la saturation en sel a été étudié.

Les tests de coagulation du lait par les prébiotiques (poudres des graines de cresson et de lin) selon la matrice d'optimisation ont montré une meilleure vitesse de coagulation, en comparaison avec celle du lait coagulé par les ferments de fromage de l'unité ATTOUCHE.

Les principaux résultats obtenus montrent que le fromage ATTOUCHE se caractérise par un pH basique, tandis que les autres fromages présentent un pH acide. Le fromage immergé 10min dans le gel de gombo et 10min dans la saumure se caractérise par pH plus acide que les autres fromages analysés.

Les analyses microbiologiques des fromages ATTOUCHE et le fromage préparé à base du mix probiotiques-prébiotiques démontrent une bonne qualité microbiologique des produits, qui sont conformes aux normes établies par le JORA (1998). L'analyse effectuée sur le fromage préparé à base du mix probiotiques-prébiotiques a montré l'effet antimicrobien de prébiotiques utilisés contre l'altération et la charge des germes recherchés, tels que *Staphylococcus aureus*, la flore lactique, coliformes totaux et fécaux, levures et moisissures par rapport au camembert témoin (ATTOUCHE).

Les résultats de cette étude sont promoteurs et encouragent les industries agro-alimentaires à exploiter les plantes médicinales comme alternative naturelle dans la production des aliments.

Mots clés : Camembert, *Lepidium sativum*, *Abelmoschus esculentus*, *Linum usitatissimum*, Mix probiotiques-prébiotiques, Coagulation, substitution.

Summary

This work is related to valorization of the local agricultural resources in order to market a new coagulation agent and nutraceutical cheese by using the optimization approach, a mixture of lactic ferments) and flaxseed and watercress powders as prebiotics. This mixture is used to elaborate camembert cheese. The effect of okra on the length of affinage and sel saturation was studied.

The main results show that the prebiotics mixture demonstrated a faster coagulation rate in comparison to the cheese ferments from the ATTOUCHE unit.

ATTOUCHE cheese is characterized by a basic pH, while the other cheeses have an acidic pH. The pH of the cheese that has been submerged for 10 minutes in okra mucilage and 10 minutes in the brin is higher than that the other analyzed cheeses.

The microbiological analyzes of ATTOUCHE cheeses and cheese made with a mixture of prebiotics and probiotics demonstrates good microbiological quality of the products, which are in compliance with JORA (1998) standards. Also, cheese based on the optimized mixture of probiotics-prebiotics showed an antimicrobial effect against the spoilage and load of the desired germs, such as *Staphylococcus aureus*, lactic flora, total and fecal coliforms, yeasts, and mold compared to the control Camembert (ATTOUCHE).

The favorable findings of this study inspire the agri-food sectors to use medicinal plants as a healthy substitute in food production.

Key words: Camembert, *Lepidium sativum*, *Abelmoschus esculentus*, *Linum usitatissimum*, Probiotic-prebiotic mix, Coagulation, substitution.

Introduction

Depuis l'origine du temps, pendant les périodes de moindres productions et de famine, l'une des préoccupations régulières de l'homme est de chercher à disposer de ressources alimentaires régulières avec une durée de consommation longue allant de quelques jours à plusieurs mois. Le fromage est un aliment de première classe qui est reconnu pour sa richesse en protéines, en lipides, en calcium, en phosphore, en d'autres minéraux et plusieurs vitamines (Kur et *al.* 1997).

Le fromage est un aliment hautement nutritif avec de nombreuses saveurs et textures diverses, sa fabrication correspond à un procédé de conservation et de stockage ancestrale de la matière utile du lait dont la qualité nutritionnelle et organoleptique sont très appréciées.

En Algérie la production locale consiste essentiellement à fabriquer le fromage fondu (8-90000 t/an), le fromage à pâte molle de type camembert -brie (7-8000t/an) et le fromage de type petits suisses nature ou aromatisés (6-7000t/an) (Agroligne, 2015). Le camembert est une grande variété de fromage internationale, fabriqué dans de nombreux pays à travers le monde et lors de la fabrication il passe par plusieurs étapes dont chacune est dépendante de l'étape qui suit, et l'ensemble de ses caractéristiques sont déterminées par un grand nombre de facteurs liés à la nature, l'état du lait, et les ingrédients de fabrication aussi.

Les produits nutraceutiques et les aliments fonctionnels, sont devenus une partie importante de l'alimentation d'aujourd'hui, car permettent aux consommateurs de gérer leur propre santé et leur bien être. Les probiotiques, prébiotiques font partie de ce groupe de produits, dont il a été démontré qu'ils ont des propriétés de moduler les problèmes et améliorer la santé et le bien être en général (Thammarutwasik et *al.* 2009).

Dans notre travail nous avons utilisé deux graines (*Lepidium sativum* et *Linum usitatissimum*) comme prébiotiques. En effet, les prébiotiques sont des substrats alimentaires non viables contrairement aux probiotiques. En 2017 l'association scientifique internationale des probiotiques et prébiotiques (ISAPP) a défini les prébiotiques comme étant des substrats sélectivement utilisés par les microorganismes de l'hôte, bénéfiques pour leur santé. Ces substrats contiennent des critères importants par rapport à leur résistance à la digestion, et leur capacité de se fermenter par le microbiote de l'intestin et stimulent la croissance et/ou l'activité des bactéries intestinales bénéfiques pour notre santé. Les prébiotiques peuvent agir de manière systémique dans certains traitements thérapeutiques en plus de leur effet sur l'intestin, peuvent influencer l'organisme de façon directe ou indirecte (Brosseau et *al.* 2019).

Les probiotiques sont la flore microbienne naturelle de tube digestif, qui sont bénéfiques pour la santé de l'hôte, ils aident à maintenir l'équilibre microbien dans l'intestin et résistent aux acides et sels biliaires dans l'intestin. Les probiotiques sont composés principalement des *Lactobacilles* et

Introduction

Bifidobacteries, que l'on trouve dans le tube digestif humain et sont capables de fermenter le lactose en acide lactique (Thammarutwasik et *al.* 2009).

Le présent travail a été réalisé au niveau de la laiterie SARL « ATTOUCHE LAIT » a pour fonction la production d'une large gamme de produits à partir du lait crû située à Makouda de la wilaya de Tizi-Ouzou et au niveau de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Nous nous sommes intéressées à la fabrication d'un camembert au lait cru, ce produit est obtenu par la coagulation du lait par des agents de coagulation (ferments lactiques, la présure et les moisissures). Cette unité importe ces agents avec un prix d'achat très élevé. Ces agents sont des souches lyophilisées qui se conservent au congélateur.

La présente recherche vise l'élaboration d'un nouvel agent de coagulation du fromage en utilisant le mix des ferments de fromage comme probiotiques et les poudres de graines de cresson et de lin comme prébiotiques. Le mix optimisé (ferments de fromage et prébiotiques) en appliquant le plan d'expériences est utilisé pour élaborer un fromage nutraceutique. L'effet d'enrobage des boules de fromage par le gel de gombo sur la réduction de taux de sel et la durée de maturation du fromage a été étudié aussi.

Le document est divisé en 4 chapitres qui consistent dans un premier temps en une synthèse bibliographique très détaillée sur les graines de lin, de cresson et le fruit de gombo utilisés comme prébiotiques et 2^{ème} portera sur le fromage camembert. Le 3^{ème} abordera les différentes méthodologies mises en place pour optimiser et transformer le mix (probiotiques et prébiotiques), le processus de fabrication de camembert par le mix optimisé, et les méthodes d'analyses de caractérisation. Le dernier chapitre regroupe les résultats et interprétations scientifiques. Les quatre chapitres s'achèvent par une conclusion et perspectives en plus des références.

Chapitre I : Plantes utilisées

comme prébiotiques :

Aspects théoriques

1- Généralités sur *Lepidium sativum*

Lepidium sativum (Fig.1), est une plante herbacée annuelle, qui appartient à la famille des *Brassicaceae*, connue sous le nom de cresson alénois d'origine égyptienne, mais elle est cultivée actuellement dans le monde entier (Ahmad et al. 2021). Cette plante à la capacité d'atteindre une hauteur de 60 cm, avec des fleurs blanches qui ne dépassent pas 2mm de diamètre, regroupées en petites grappes ramifiées, est génétiquement liée au cresson à la moutarde, en raison de son arôme et sa saveur poivrés et acidulés (Vazifeh et al. 2022).

Les différentes parties de cette espèce sont consommées par les gens sous forme de salade, d'assaisonnements épicés. L'huile extraite à partir de ses graines est utilisée pour l'assaisonnement. Plusieurs recherches rapportent que ses extraits possèdent diverses activités biologiques telles que antimicrobienne, antidiarrhéique, antidiabétique, anticancéreuse, antioxydante et de nombreux effets bénéfiques pour la santé (Hekmathoar et al. 2022). En outre, ses mucilages, présentent diverses caractéristiques telles que la gélification, et la désintégration qui aident au développement de formes de dosage pharmaceutiques souhaitable (Painuli et al. 2022).



Figure 1 : Aspect de *Lepidium sativum*

1.1- Classification taxonomique

Le tableau ci-dessous présente la classification taxonomique de *Lepidium sativum*

Tableau I : Classification taxonomique de *Lepidium sativum* (Friedel, 1904)

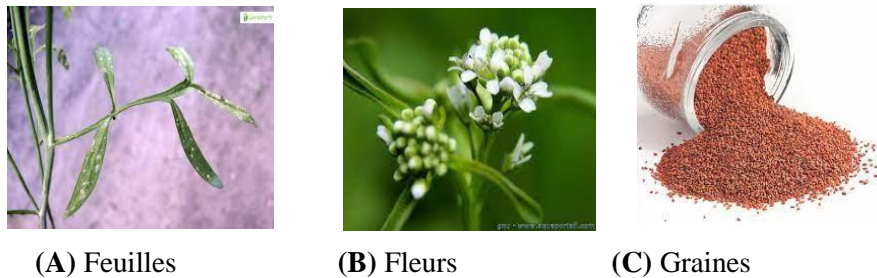
Règne	Plantae (plante)
Sous-règne	Tracheobionta (plante vasculaire)
Divisions	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Dilleniidae
Ordre	<i>Capparales</i>
Famille	<i>Brassicaceae</i>
Genre	<i>Lepidium</i>
Espèce	<i>Lepidium sativum</i>

1.2- Répartition géographique

Lepidium sativum, est une plante annuelle à croissance rapide peut pousser sous des conditions climatiques et pédologiques bien différentes. Sa culture trouve son origine en Egypte et l'ouest de l'Asie (El-Gindy et al. 2022). Cette plante est aujourd'hui cultivée dans le monde entier, dans la majorité des pays africains (Kenya, Algérie, Egypte, Ethiopie), en Europe (Grande-Bretagne, France, Allemagne, Italie), l'Amérique du Nord (Canada et Etats-Unis), l'Amérique du Sud (Argentine et Chili), l'Asie (Koweït, Oman, Chine, Arabie Saoudite, Iran, Inde ...), l'Australie (Australie et Nouvelle-Zélande) (AL-Snafi, 2019). Sa culture à petite échelle dans les jardins familiaux est possible et elle peut pousser dans la nature suite à l'échappement des cultures, mais sa présence à l'état sauvage n'est pas encore informée (Gregory, 2007).

1.3- Description botanique

Lepidium sativum, est une plante herbacée dressée, ramifiée, glabre, d'une hauteur de 60cm, possède des feuilles (Fig 2.A) sont entières ou disséquées, souvent avec des lobes de 0,3-0,6 à 0,7-1,2cm et des segments linéaires de 5-6cm de long, les feuilles supérieures de 2 à 3cm et les feuilles basales ont de longs pétioles et lyrées pinnatipartites, L'inflorescence (Fig 2.B) est en grappes denses, formée des fleurs blanches ou roses, ont des pétales blancs ou légèrement roses, mesurant 2mm (AL-Snafi, 2019), ces tiges sont glabres et peuvent atteindre jusqu'à 50cm de haut, le plus souvent sont ramifiées dans leur partie supérieure et de couleur verte (Eberhard et al. 2005). Les graines (Fig 2.C) sont de petites tailles, pointues et triangulaires, d'une forme ovale à extrémité lisse de 3-4mm de long et d'une largeur de 1-2mm (Doke et Guha, 2014 ; Dixit et al. 2020), elles sont de couleur rouge brunâtre, de tégument représentant 12 à 17% et d'embryon représentant 2 à 3% des graines (El-Gindy et al. 2022).



Figure(02) : Aspect morphologique de *Lepidium sativum*

1.4-Composition biochimique

Les graines de *Lepidium sativum*, apportent des glucides, des fibres, des protéines, des lipides et des minéraux, ainsi que des vitamines (A, D, C, Cobalamine, B6). Elles renferment aussi des substances mucilagineuses (cellulose et polysaccharides contenant de l'acide uronique) (Hekmatshoar et al. 2022). Ces graines apportent une source importante de substances antioxydantes telles que les composés phénoliques (coumarines, flavonoïdes, tanins), les alcaloïdes, et les acides gras essentiels (l'acide linoléique (30,2 %) et l'acide linoléique (12%) (Vazifeh et al. 2022). En plus, des acides aminés, dont l'acide glutamique (19.3%) est le plus abondant et la leucine ($8,21 \pm 0,01\%$) et y compris les acides aminés essentiels, ainsi que les acides aminés non essentiels (AL-Snafi, 2019). Les graines de cresson sont consommées comme ingrédient nutritif alimentaire (Doke et Guha, 2014).

1.5- Bienfaits et utilisation

Dans l'ensemble, les données suggèrent que les plantes médicinales identifiées telles que *Lepidium sativum* peuvent être exploitées comme agents nutritionnels et thérapeutiques pour lutter contre diverses affections (Hekmathoar et al. 2022).

La pâte des graines de cresson est utilisée pour traiter les problèmes de peau et les coups de soleil. La consommation des graines germées peut aider à améliorer la digestion et limiter par conséquent les risques de constipation (Painuli et al. 2022). Les graines de cresson ont été utilisées aussi comme agent abortif, galactagogue, et pour traiter les maux de gorge, de tête, la syphilis, la toux et l'asthme (Paranjape et Mehta, 2006 ; Mali et al. 2008). Elles présentent aussi des effets antioxydants et anti-inflammatoires qui sont dus à la présence de coumarines, de flavonoïdes, d'alcaloïdes et de tanins (Vazifeh et al. 2022). Ces graines ont un rôle spécifique dans la régulation du cycle menstruel, en raison de la présence de sentiers oestrogéniques (Singh et al. 2015). Elles sont riches en protéines, en fibres et en fer et peuvent être utilisées pour augmenter la sécrétion du lait maternel (Pattnaik, 2003), et pour traiter l'anémie en augmentant les niveaux d'hémoglobine dans le sang (Paranjape et Mehta, 2006). En outre, elles présentent une bonne source d'acide α -linoléique, d'acide gras oméga-3 et oméga-6 et d'autres composés phytochimiques (composés phénoliques, alcaloïdes, trapénoïdes) qui aident à la prévention du cancer du sein (Khan et al. 2008), et contre le diabète (Parajapati et Dave,

2018). Ces graines exercent de nombreuses activités biologiques notamment les activités de détoxification biocolique, l'apoptose, antimorale, anticoïdale, anti-déphalaire, anti-cardiogénique, anti-agride, diurétique et anti-inflammatoire (Singh et *al.* 2022).

1.6- Effets secondaires

La consommation de grande quantité de graines de *Lepidium sativum*, peut causer des difficultés digestives chez certaines personnes. Par contre, la dose 1g de graines de cresson en poudre testée trois (3) fois par jour pendant 4 semaines sur des patients asthmatiques, n'a produit aucun effet indésirable chez tous les patients traités. Les graines de cresson possèdent des goitrigènes, qui empêchent l'absorption d'iode dans la thyroïde et peuvent entraîner l'hypothyroïdie. Chez la femme enceinte, elles peuvent induire un avortement spontané et des contractions utérines (Al-Snafi, 2019).

2-Généralités sur *Linum usitatissimum*

Le lin est une plante herbacée annuelle, appartient à la famille des *Linaceae* (Beard et Comstok, 1980). Son nom botanique est *Linum usitatissimum* donné par Linaeus (Jhalla et Hall, 2010). Il a été découvert sur le site archéologique de Tell Abu Hureya, en Syrie. Cette plante est classée comme la troisième plus grande culture de fibres naturelles et l'une des cinq principales cultures oléagineuses au monde, cultivées dans plus de 50 pays (Chataine et *al.* 2016). Il existe deux familles de lin, le lin oléagineux et le lin textile (Weil et Mairesse, 2010).

L'espèce *Linum usitatissimum* (Fig. 3) est constituée d'une tige non ramifiée au sommet de laquelle se développent les fleurs, puis les capsules de graines. Toutes ses parties sont utiles à la fois pour les industries (textile, chimique), et pour l'alimentation (Beroual et *al.* 2013).



Figure 3 : Aspect de *Linum usitatissimum*

2.1- Classification

La famille des *Linaceae* est géographiquement répandue avec environ 300 espèces dans le monde entier. Elle est positionnée dans le royaume des plantes comme suit (Tableau II).

Tableau II : Classification de *Linum usitatissimum* (Guignard, 2015)

Division	Magnoliophyta (Angiospermes)
Classe	Magnoliopsida (Dicotylédones)
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Linales
Famille	<i>Linaceae</i>
Genre	<i>Linum</i>
Espèce	<i>Linum usitatissimum</i>

2.2- Répartition géographique

Le Canada est le plus grand producteur de lin au monde (environ 38% de la production totale qui est de 3.06 millions de tonnes, suivie de l'Inde, la Chine, les Etats-Unis et l'Ethiopie (Gutte et al. 2015).

2.3- Description botanique

Le lin peut se cultiver partout dans le monde, dans les régions tempérées et proches de la mer ou de l'océan grâce à son système racinaire peu profond qui nécessite une humidité suffisante durant la culture (Hocking et al. 1997). Cette plante annuelle dont la tige est unique atteint 0,8 et 12 m de hauteur pour un diamètre au collet de 1 à 2 mm. Les fleurs (Fig 4. A) sont composées de cinq pétales bleu clair, rouge. Les graines (Fig 4. B) sont de couleur brune (parfois jaune clair), lisses, plates, petites, légères (poids moyen varie de 3 à 13 mg), leur texture est croquante et moelleuse possédant un goût agréable de noisette (Carter, 1996). Ces graines sont riches en huile. Ses feuilles (Fig 4. C) sont allongées et sessiles (80 à 100 feuilles par tige).



(A) Fleurs

(B) Graines

(C) Feuilles

Figure 4 : Différentes parties de *Linum usitatissimum*

2.4- Composition biochimique

La graine de lin est composée de 55 à 57% d'acides gras essentiels oméga-3, d'acide alpha-linolénique (ALA), environ 28%, de fibres alimentaires (solubles et insolubles). En effet, 42% de son huile est constituée d'acides gras polyinsaturés bénéfiques pour la santé (Malcolmson, 2014). En outre, elle contient des composés phénoliques tels que les polyphénols (Nesbitt et al. 1999), les flavonoïdes (anthocyanes, flavonols, flavones, et flavanones) sous forme des pigments responsables de la coloration des graines (Oomah et al. 1996). Elle constitue aussi une source précieuse de lignanes bénéfiques pour la santé (Bambagiotti et al. 1994 ; Cardoso et al. 2012), des mucilages, des tanins, des protéines, de lécithine et des sels minéraux comme le magnésium et le potassium (Cecchini et Ticli, 2008).

2.5- Bienfaits

Les graines de lin sont riches en fibres solubles et insolubles qui permettent de faciliter le transit et l'irritation du colon et elles constituent un laxatif naturel efficace contre la constipation grâce à leur richesse en mucilage (Botrel, 2007).

Le lin est un laxatif, émollient, résolutif, nutritif, adoucissants et antioxydant qui accélère le transit intestinal, traite les douleurs abdominales, les colites et utile pour les inflammations douloureuses de la peau, réduit le taux de glycémie et du cholestérol (Beloued, 2014).

En outre la graine de lin montre un effet calmant des douleurs pulmonaires, de l'irritation urinaire et anti inflammatoire et l'irritation du colon. Elle est efficace contre la toux chronique ou aigue, la bronchite et les troubles urinaires comme la cystite chronique (Botrel, 2007).

2.6- Effets secondaires

En excès, les graines de lin s'accumulent dans le tube digestif et si elles ne sont pas consommées de la bonne manière, des effets indésirables gastro-intestinaux sont engendrés tels que ballonnements, inflammation des parois des intestins, diarrhée. Il est nécessaire de limiter la consommation des graines de lin pour ne pas accentuer le côté laxatif (Camille, 2023).

3- Généralités sur le gombo (*Abelmoschus esculentus*)

Le gombo (*Abelmoschus esculentus*), est une culture légumière végétale importante de la famille des *Malvaceae*, originaire d'Ethiopie, des pays d'Afrique du Nord-est et de Soudan. Est une plante potagère, cultivée dans toutes les régions subtropicales et tropicales (Lescuyer, 2005). La culture de gombo est possible dans les jardins populaires et à grande échelle avec une production annuelle de six millions de tonnes (Lock et al. 2004). Toutes les parties de gombo (graines, feuilles...) sont comestibles (Liu et al. 2021). Le fruit de gombo contient une substance mucilagineuse utile pour épaissir les ragoûts et les sauces (Lescuyer, 2005).



Figure 5 : Aspect de la plante de gombo (Kumar et al. 2013)

3.1- Classification

Le tableau (III) présente la classification de gombo telle donnée par (Das et al. 2019).

Tableau III : Classification scientifique d'*Abelmoschus esculentus*

Royaume	Plantae
Sous-royaume	Viridiplantae
Division	Tracheophyta (tracheophytes ou plantes vasculaires)
Sous-division	Spermatophytina03 (spermatophytes ou plantes de graines)
Classe	Magnoliopsida
Ordre	<i>Malvales</i>
Famille	<i>Malvaceae (Mallows)</i>
Genre	<i>Abelmoschus (okra)</i>
Espèce	<i>Abelmoschus esculentus</i>

3.2- Description botanique

Le gombo, est une plante composée de fleurs, des graines, des tiges, des feuilles fraîches, des gousses et des bourgeons (Yonas et al. 2014). La tige, les feuilles et les fruits sont recouverts de minuscules structures molles et poilues (Elkhalifa et al. 2021). Les fruits sont de couleur verte, ressemblent à une capsule en forme de pyramide et d'une longueur environ de 10cm (Lescuyer, 2005). La tige et les feuilles sont recouvertes des poils désagréables au toucher, (tandis que les pétioles mesurent environ 15cm de long. Les fleurs ont une couleur légère jaunâtre avec un centre cramoisi (Elkhalifa et al. 2021).

3.3- Composition biochimique

Le gombo, est un légume nutritif qui est faible en calories et riche en fibres alimentaires, en minéraux, en protéines et en vitamines. Les graines constituent une teneur importante en protéines qui est relativement élevée par rapport aux autres légumes frais. Des études montrent que, l'acide aspartique constitue l'acide aminé majoritaire des protéines, est l'acide aminé principal de sa protéine et les acides aminés testés comprennent 11 acides aminés essentiels, il fait partie des légumes les plus riches en vitamines essentielles pour le corps humain tel que la vitamine A et C. En effet, selon une étude récente, 100g des gousses de gombo contiennent environ 20% de la vitamine C de l'apport quotidien recommandé. Il est riche aussi en fibres en particulier les fibres alimentaires solubles, qui gonflent en présence de l'eau. Ses fibres aident à augmenter la viscosité des aliments gastriques, à réduire le poids et à stabiliser la glycémie. Il est riche aussi en carotène et en minéraux tels que le fer et le zinc (Liu et al. 2021).

Le tableau ci-dessous présente la valeur nutritionnelle et énergétique de gombo.

Tableau IV : Valeur nutritionnelle et valeur énergétique de 100g de gousses de gombo (Liu et al. 2021).

Composition	Quantité	Composition	Quantité
Energies brutes	197.26–245.55 kcal	Cendres brutes	5.37–11.30 g
Humidité	9.63–13.33 g	Ca	111.11–311.95 mg
Protéines brutes	10.25–26.16 g	K	122.59–318.20 mg
Glucides utilisables	36.66–50.97 g	P	25.62–59.72 mg
Graisses brutes	0.56–2.49 g	Fe	18.30–36.68 mg
Fibres brutes	11.97–29.93 g	Zn	3.83–6.31 mg
Vitamine A	14.00–20.00 RAE	Vitamine E	0.05–0.251 mg
Vitamine C	16.00–29.00 mg	β-carotène	15.00–317.00 μg
Folate	46.00–88.00 μg		

3.4- Utilisation

Les fruits (*Abelmoschus esculentus*), sont généralement commercialisés en frais ou en conserve (États-Unis, Grèce), utilisés comme condiment ou comme liant dans les sauces, ont une valeur nutritionnelle intéressante pour compléter une alimentation déséquilibrée (Hamon et Charrier, 1997) et peuvent être bouillis, frits, cuits (Akintoye et al. 2011). Le fruit a une autre application est son

utilisation dans l'industrie du cornichon (Elkhalifa et *al.* 2021). Ces feuilles peuvent également être utilisées comme légumes verts et comme le pissenlit pour la cuisson (Liu et *al.* 2021).

3.5- Avantages

Le gombo (*Abelmoschus esculentus*) possède plusieurs activités qui sont bénéfiques pour la santé telles que l'activité antioxydante, antifatique, antidiabétique, hypolipémie, antibactérienne, immunomodulateurs et anti-tumeur (Liu et *al.* 2021). Il protège contre l'anémie en raison de sa composition en fer, en vitamine C, et en folate, qui aident dans la formation d'hémoglobine et de production de globules rouges et la coagulation sanguine (Das et *al.* 2019).

Chapitre II :

Le fromage

1-Définition

L'appellation « fromage », est réservé au produit fermenté ou non, affiné ou non obtenu à partir des matières purement laitières (lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème) (Romain et *al.* 2008).

Le fromage, peut être de consistance molle ou dure, semi- dure ou extra- dure, dans lequel le rapport protéines du lait dépasse celui du lactosérum /caséines. Il est constitué d'eau et d'extrait sec complémentaire qui renferme des lipides, des glucides, des protéines, des minéraux, des vitamines et d'oligoéléments (sodium, phosphore, calcium).

La transformation du lait en fromage repend au besoin de conservation de cet aliment par coagulation complète ou partielle du lait grâce à l'action des agents coagulants adaptés ou de la présure et par égouttage partiel du lactosérum résultant de la coagulation (Carole et *al.* 2002).

1.1- Classification

Il existe plusieurs variétés de fromages, les différentes variétés dépendent de l'origine du lait utilisé, des méthodes et procédures utilisées pour sa fabrication. Andre et Gillis, (1997), ont pu classer les fromages selon le type de la pâte selon le tableau ci-dessous.

Tableau V : Classification des fromages selon le type de la pâte

Type de pâte	Type de fromage
Fromages à pâte fraîche	Fromages blancs, Petits-suisse, Double crème, Demi-sel.
Fromages à pâte pressée	Cuites : Gruyères, Emmental, Comté, Beaufort Non cuite : Morbier, Raclette, Gouda, Edam, Cantal, Cheddar, Tomme.
Fromages à pâte dure	Parmesan, Asiago, Grana
Fromages à pâte persillée	Bleus forts (bleus d'Auvergne de Laqueuille, Roquefort) Bleus Doux (Bleu de Gex, de Bresse, Fourmes, Gorgonzola).
Fromages à pâte filées	Provolone, Mozzarella
Fromages de lactosérum	Fromages de lactosérum
Fromages salés conservés en saumure	Feta
Fromages à pâte molle	Croûte fleurie : camembert, Brie et coulommiers, carré de l'est. croûte lavée :(Munster, Maroilles, Livarot, Mont d'Or....

1.2- Composition nutritionnelle

Les constituants du fromage tels que les protéines, la matière grasse, le sel, et les minéraux ont un impact majeur sur sa structure. La composition est principalement contrôlée par celle du lait de fromagerie et par plusieurs autres paramètres de fabrication, comme le pH à l'emprésurage et l'égouttage, la température de cuisson et la méthode de salage (Guinée et *al.* 2002).

2. Définition du camembert

Le camembert appartient à la catégorie des fromages à pâte molle d'origine de France, il est à caillé non divisé, affiné en surface avec une couche blanche développée par le champignon *Penicillium candidum* (Show, 1981). Le camembert (Fig. 6) est d'un diamètre de 10 à 11 cm et d'une épaisseur de 3cm. Ce fromage renferme 40% au moins de matière grasse et 110g de matière sèche. La pâte est d'une couleur allant du blanc cassé au jaune pâle (Veisserys, 1975). Ce type de fromage mûrit rapidement en raison de leur forte teneur en humidité, généralement vieillis à l'air libre jusqu'à deux semaines pour favoriser la croissance fongique à la surface du fromage (Danton et *al.* 2019).



Figure 6 : Aspect du fromage camembert

2.1- Ingrédients

Le camembert est un fromage à pâte molle et croûte fleurie, élaboré à partir d'ingrédients simples mais essentiels, tels que le lait, présure, levains lactiques et fongiques, sel.

2.1.1)- Lait

Le lait est un liquide blanc, opaque de saveur faiblement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré (Aboutayeb, 2009). Est un produit de sécrétion des glandes mammaires des mammifères, comme la chèvre, la vache, la brebis qui est adressé au jeune animal naissant pour la nutrition (Vignola, 2002).

2.1.2)- Présure

La présure, ou chymosine est une enzyme extraite de la quatrième poche de l'estomac de jeunes animaux permettant la coagulation du lait (transforme la solution de caséine du lait en un gel volumineux solide, colloïdal sans addition d'acide) (Beau, 1941).

2.1.3)- Levains lactiques

Les levains lactiques sont des cultures pures avec des doses définies de différentes bactéries lactiques, qui se multiplient dans le lait et dans les fromages, assurant deux fonctions importantes :

- Modification des caractères organoleptiques des fromages par la libération des systèmes enzymatiques qui participent aux phénomènes de l'affinage des caillés.
- Diminution du pH du milieu par la transformation du lactose en acide lactique (André, 1987).

2.1.4)- Levains fongiques

Dans les technologies de transformation des produits alimentaires la présence des moisissures du genre *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor* ... jouent un rôle très important avec des effets bénéfiques lors de la production de fromage. Les espèces *Penicillium candidum*, et *Penicillium roqueforti* sont responsables de la dégradation des constituants du lait et du développement d'arômes et de texture (Dasmasures, 2014).

- *Penicillium camemberti* : est une moisissure utilisée pour la préparation des fromages à pâte molle et croûte fleurie (Camembert, brie, etc.), elle apporte au camembert une texture crémeuse grâce à son activité réactionnelle (Frisvad, 2014 ; Jackson et al. 2016b). Cette moisissure est responsable de la désacidification des caillés au cours de l'affinage et de la libération des enzymes qui modifient l'évolution des saveurs et des arômes des différents fromages (Bourgeois et Larpent, 1989).

- *Geotricum candidum* : Nommée *Oidium lactis* ou *Oospora lactis* (Bourgeois et Larpent, 1989). Cette espèce intervient dans la fabrication de nombreux fromages tels que le camembert et le brie (Dasmasures, 2014 ; Jackson et al. 2016b). Cette moisissure est responsable du revêtement du fromage par une couche blanchâtre, gluante, grasseuse comme et elle peut altérer la saveur du produit fini lors de son développement excessif par l'apparition d'un goût amer indésirable. Occasionnellement, elle est utilisée pour détoxifier et rendre plus digestes les protéines destinées à l'alimentation animale, voire humaine (Bourgeois et Larpent, 1989).

2.1.5)- Sels

L'amélioration de la coagulation et l'équilibre salin du lait s'effectue par l'addition d'une quantité de 0,2g/l de chlorure de calcium et de phosphate mono- calcique. Ainsi l'enrichissement de la pâte en chlorure de sodium (NaCl) à raison 1,7 à 2,5 % crée le goût caractéristique du fromage et agit sur l'activité de l'eau superficielle (Michel et al. 2000).

2.2- Processus de fabrication du fromage à pâte molle

La transformation du lait en fromage du type camembert comporte plusieurs étapes clés, depuis la collecte du lait jusqu'à l'affinage. Ce processus commence par la pasteurisation du lait, puis l'ensemencement et maturation, emprésurage, coagulation, tranchage, moulage, égouttage, salage, et affinage.

2.2.1- Pasteurisation du lait

La pasteurisation est un traitement thermique qui a pour principal objectif d'améliorer la qualité hygiénique en détruisant les micro-organismes pathogènes présents naturellement dans le lait pour faciliter l'action des ferments lactiques ajoutés lors de l'ensemencement (Patrick et *al.* 2002). Le lait subit un chauffage à 80°C pendant 30s à 90°C pendant quelques minutes.

2.2.2- Ensemencement et maturation

Cette étape consiste à produire des acides lactiques, les levains lactiques sont ajoutés au lait, dans le but d'augmenter l'acidité de ce dernier, suivie de l'ajout du phosphate mono- calcique et de calcium pour faciliter l'égouttage et rétablir le temps de prise de coagulation (Lenior et *al.* 1983).

2.2.3- Emprésurage

La maturation d'un lait, est l'opération d'ajout d'agent coagulant pour obtenir du caillé. Le coagulant utilisé peut être d'origine animale (présure), d'origine végétale ou issu de fermentation des micro-organismes. La présure modifiera la texture du lait par son activité protéolytique (André, 1987).

2.2.4- Coagulation

La coagulation du lait (ou caillage) est une déstabilisation, gélification du lait en fromage, suite à un ensemble de modifications physico-chimiques des micelles de caséines, sous l'action protéolytique et/ou d'acide lactique, qui conduit à la formation d'un réseau protéique nommé coagulum ou gel (André, 1987). On distingue trois types de coagulation :

2.2.4.1- Coagulation enzymatique : est la transformation du lait de l'état liquide à l'état de gel par d'enzymes protéolytiques, les plus souvent d'origine animale. On distingue trois phases : phase primaire, secondaire et tertiaire ou réticulation (Romain et *al.* 2008).

2.2.4.2- Coagulation acide : résulte de l'action des bactéries, ou de l'addition d'un agent chimique (injection de CO₂), ou d'un agent acidogène tel que la GDL (Glucono-Delta-Lactone) et où de l'ajout d'une protéine sérique à pH acide (Michel et *al.* 2000).

La coagulation acide du lait s'effectue par la dénaturation de la caséine du lait à leur point isoélectrique (pH=4,6) sous l'action des bactéries lactiques qui transforment le lactose en acide lactique ou par acidification.

2.2.4.3- Coagulation mixte : est provoquée par les bactéries lactiques et par la présure. De nombreuses combinaisons conduisant à différents états d'équilibres spécifiques sont à l'origine de la grande variété de fromages à pâte molle, à pâte pressée et non cuite (Romain et *al.* 2008).

2.2.5- Tranchage

Le tranchage est une opération qui consiste à découper le caillé en grain à l'aide d'une tranche caillée en libérant le lactosérum (Michel et *al.* 2000).

2.2.6- Moulage et égouttage

Le moulage permet d'éliminer les dernières portions du sérum inter- granulaire sous la pression des moules, et de donner au fromage sa future forme (Vignola, 2002). Le moulage est réalisé à la louche dans les moules individuels ou en bloc-moules.

L'égouttage : c'est l'étape où l'état du gel est physiquement instable. L'égouttage permet la séparation spontanée du coagulum sous forme de lactosérum (Ramet, 1993).

2.2.7- Salage

Après démoulage, le fromage est salé soit au sel fin, soit par immersion dans la saumure (eau salée). Cette étape est complémentaire à l'égouttage, elle facilite le drainage du lactosérum et apporte un goût caractéristique au fromage et agit sur l'activité de l'eau (Eck et Gillis, 2006). Le salage est un acte d'enrichissement de la pâte en chlorure de sodium (NaCl) (Eck, 1987).

2.2.8- Affinage

L'affinage permet la digestion enzymatique et la modification profonde du caillé et ses éléments, sous l'action de nombreux agents qui lui accorde sa saveur, son arôme et sa texture (Jean et André, 1997).

Chapitre III:

Matériel & Méthodes

1- Cadre de l'étude

Ce travail a été réalisé au niveau des laboratoires physico-chimiques (I et II) et de microbiologie de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou et au niveau de l'unité ATTOUCHE de Makouda. La période de réalisation s'étale du 14 Mars 2023 jusqu'au 27 juin 2023.

2- Présentation de l'entreprise ATTOUCHE LAIT

L'entreprise ATTOUCHE LAIT a été créée en 2018, mais ses origines remontent à 2012 dans le cadre de l'activité de l'élevage de bovins. Cette entreprise occupe une superficie de 500 m² et se situe dans le village Maachera Makouda de la wilaya de Tizi-Ouzou à 19 km au nord de Tizi-Ouzou et 21 km au sud de Tizirt, elle peut traiter 54000L/jour de lait, la laiterie comptait un effectif de 150 employés.

La particularité de cette entreprise devenant ensuite une SARL depuis le 16/12/2021 réside dans le fait qu'elle adhère totalement au programme national de développement de la filière lait son rôle d'une part d'accroître le niveau de production de lait crû, et d'autre part de participer pleinement aux orientations des instances gouvernementales dans l'intégration de lait de vache pasteurisé conditionné en sachet afin de satisfaire un peu les besoins des populations. Entre autre, la SARL a participé dans la création du <<GIC>>groupement d'intérêt commun dont Mr SAIDANI Youcef et lui-même gérant et ce pour assurer et assister les éleveurs dans l'approvisionnement en aliment de bétail.

La laiterie a pour fonction de produire une large gamme de produits à partir du lait crû, pour ce faire environ de 54000 L/jour sont transformés pour fabriquer les différents produits suivants : -lait de vache en sachet

-l'ben

-fromages à pâtes molles

3- Matériel et méthodes

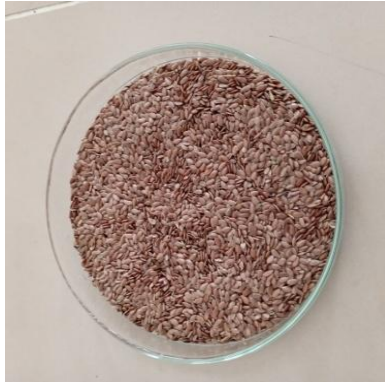
3.1- Matériel

L'ensemble de matériel et de produits utilisés dans les laboratoires et dans l'unité de fabrication du fromage, est résumé dans les Annexes 1 et 2.

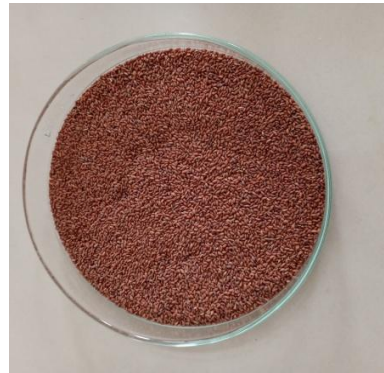
3.1.1- Matériel biologique

Dans le présent travail, une collection de levains de fromage a été utilisée pour fabriquer le fromage camembert qui sont délivrés par l'unité ATTOUCHE-Lait et sont indiqués comme suit :

1. **Ferments lactiques** : deux types de cultures des bactéries lactiques lyophilisées sont utilisées (**ST B01** et **CHN 11**) achetées de Danemark.
2. **Moisissures** : deux types de moisissures de *Penicillium* ont été utilisées (**PC SAM 3** et **PC Neige**) elles sont originaires de France.
3. **Levures** : la levure **GEO 17** a été utilisée, elle est originaire de France.
4. **La présure** : est un coagulant du lait d'origine animale ou végétale, fabriquée en France.
5. **Les graines de lin (*Linum usitatissimum*) et de cresson (*Lepidium sativum*)** (Fig. 7) ont été utilisées dans notre étude. Ces graines ont été achetées chez un herboriste au super marché RAHMA de la ville de Tizi-Ouzou.



Graines de lin



Graines de cresson

Figure 7 : aspect des graines de lin et de cresson utilisées comme prébiotiques

Le gombo (*Abelmoschus esculentus*) (Fig. 8), a été utilisé dans notre étude est de provenance de Turquie.



Figure 8 : Fruit de gombo

3.2- Méthodes

Les principales expérimentations réalisées au cours de notre étude sont les suivantes :

- 1- Elaboration d'un camembert au lait cru à base du mix (probiotiques et prébiotiques) optimisé ;
- 2- Etude de l'effet d'enrobage des boules de fromage camembert par le gel de gombo ;
- 3- Analyses biochimiques et microbiologiques des produits élaborés.

3.2.1- Préparation des poudres des graines de lin et de cresson

Les graines de lin et de cresson, ont été broyées à l'aide d'un broyeur électrique. Les poudres obtenues (Figure 9) ont été tamisées à l'aide d'un tamis afin d'avoir une poudre fine.



a) : Poudre des graines de lin



b) : Poudre des graines de cresson

Figure 9 : Aspect des poudres des graines de lin et de cresson en poudres

3.2.2- Préparation du gel de gombo

Les mucilages du fruit de gombo ont été utilisés dans cette étude (Fig.10).



a) Fruit de gombo



b) Morceaux de gombo



c) Gel de gombo

Figure 10 : Aspect de fruit de gombo à l'état congelé et son gel

3.2.3- Analyse physico-chimiques des graines de cresson et des graines de lin

L'objectif de cette analyse, est d'identifier et de chercher les substances chimiques et les métabolites qui existent dans une matière végétale et dans le but de savoir leurs propriétés intrinsèques, ou leurs aptitudes de réagir avec des réactifs particuliers.

Nous avons suivi les méthodes standards de screening phytochimique (Dahou et *al.* 2003 ; Kumar et *al.* 2010) afin d'identifier ces métabolites.

3.2.3.1- Préparation des infusions des poudres de graines de cresson et de lin

Dans un bécher, nous avons mis 20g de la poudre de graines de cresson et dans un autre bécher 20g de la poudre de graines de lin, puis 100 ml d'eau distillée sont ajoutés aux deux béchers, chauffer les

mélanges jusqu'à l'ébullition. Après refroidissement, filtrer puis compléter avec l'eau distillée jusqu'à 100ml.

3.2.3.2- Recherche des tannins

De chaque infusion préparée on prélève 5ml qu'on mélange avec quelques gouttes de la solution $FeCl_3$ (5%). La présence des tannins dans nos poudres, est révélée par l'apparition d'une coloration bleue noire.

3.2.3.3- Recherche des tannins galliques

On additionne une petite quantité d'acétate de sodium (CH_3COONa) à 5ml de chaque filtrat afin de les saturer, ensuite quelques gouttes de $FeCl_3$ sont additionnées aux mélanges. L'apparition de la couleur bleu foncé indique la présence des tannins galliques.

3.2.3.4- Recherche des quinones libres

On prend 2g de chaque poudre que on mélange avec 2ml d' HCl (1N) et 20ml de chloroforme, puis laisser reposer pendant 3h, suivie d'une filtration à l'aide d'un papier filtre. 5ml d'ammoniaque (1/2V : V) sont ajoutés aux filtrats. La réaction est dite positive, au moment où une coloration violette apparaît.

3.2.3.5- Recherche des quinones combinées

Chaque 2g des poudres sont mélangés avec 5ml d' H_2SO_4 , puis les mélanges ont subi un chauffage dans un chauffe ballon pendant 1 heure. Après refroidissement, 20ml de chloroforme sont additionnés suivi d'une évaporation à sec. Ensuite la solution est reconstituée par l'ammoniaque. La coloration rouge se manifeste lorsque le test est positif.

3.2.3.6- Recherche des anthocyanes

Dans deux béccher, ajouter 5ml de l'infusion des graines de lin et de l'infusion des graines de cresson séparément et quelque gouttes d' HCl pour chaque 'un et laisser réagir. La coloration rouge indique la présence des anthocyanes dans les graines étudiées.

3.2.3.7- Recherche des flavonoïdes

Dans deux bécchers séparés, 5ml de chaque infusion sont mélangés avec une pincée de magnésium (Mg), 1ml d'alcool 2-butanol, laissé le tout réagir. Le changement de la coloration des mélanges vers rouge orange révèle la présence des flavonoïdes.

3.2.3.8- Recherche des saponosides

Nous avons effectué une comparaison entre le volume de la mousse obtenue dans deux tubes contenant de l'infusion préparée à base des graines de lin et deux autres tubes contenant l'infusion préparée à base des graines de cresson soit avec une base (NaOH) ou un acide (HCl) pour démontrer et identifier le type des saponines (Annexe 05). L'identification des saponines s'effectue selon le volume de la mousse formée. Si dans les 2 tubes de chaque infusion le volume de la mousse est le même, donc il s'agit des saponines stéroïdiennes. Par contre, si le volume de la mousse dans le 1^{er} tube est supérieur à celui du deuxième tube, on dit que la poudre contient des saponines tri-terpéniques.

3.2.3.9- Recherche des glucosides

Quelques gouttes d'H₂SO₄ sont ajoutées à 2g de chaque poudre. En premier lieu, une coloration rouge se manifeste puis change soudainement en violet, cette coloration apparait en raison de la présence des glucosides dans nos poudres.

3.2.3.10- Recherche des coumarines

Pour 2g de chaque poudre, on additionne 20ml du mélange éthanol / eau distillée (V : V). La solution obtenue est portée à l'ébullition pendant 15 min suivie d'une filtration et refroidissement. Dans un bêcher, on met 5ml du filtrat obtenu, et quelques gouttes d'HCl (10%) et 10 gouttes de la solution KOH (10%). L'apparition d'un trouble signifie la présence des coumarines.

3.2.4 -Analyses physico-chimiques et biochimiques des graines de cresson et de lin

Nous avons réalisé des analyses physico-chimiques et biochimiques des poudres afin de déterminer (l'acidité, pH, indice de gonflement, humidité, teneur en cendres) et des analyses sur le gel de gombo et les fromages élaborés.

3.2.4.1- Détermination de l'acidité

La détermination de l'acidité s'effectue par le titrage des solutions des poudres de graines de cresson et de lin par la solution d'hydroxyde de sodium NaOH (0.1N), en présence de phénolphtaléine comme indicateur de couleur (Nf v 05-101 , 1974). Chaque 70ml d'eau distillée bouillie et refroidie, sont ajoutés à 10g des échantillons à l'intérieur d'une fiole. Les mélanges sont homogénéisés et chauffés au bain marie pendant 30 minutes, après refroidissement sont transversés dans des fioles jugées de 100ml, puis compléter avec l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, mélanger et filtrer. Dans un bêcher, on mélange 10ml d'eau distillée avec 10ml du filtrat et trois gouttes de phénolphtaléine toute en agitant. Le contenu du bêcher est titré par la solution d'hydroxyde de sodium NaOH (0.1N). Jusqu'à une couleur rose apparait et persiste pendant 30 secondes. Le résultat de l'acidité est exprimé par la formule suivante :

$$A(\%) = \frac{175 \times V1}{V0 \times M}$$

Soit :

A(%) : Pourcentage d'acidité.

M : Masse prélevée.

V0 : Volume en ml de la prise d'essai.

V1 : Volume en ml de la solution NaOH (0.1N).

3.2.4.2- Indice de gonflement

L'indice de gonflement, il exprime le volume en (ml) occupé par 1g de poudre, ainsi le mucilage qui adhère et qui se gonfle dans un liquide aqueux après 4h (Paris, 1976). Le résultat de l'indice de gonflement est déterminé selon l'équation suivante :

$$IG = \frac{(V1+V2+V3)}{3}$$

Soit :

V1, V2, V3 : les 3 volumes occupés par les poudres dans les éprouvettes.

3.2.4.3- Teneur en cendres

Dans un four à moufle à 550°C, une calcination des poudres des graines de cresson et de lin à été réalisée jusqu'à l'obtention d'un poids constant des cendres blanchâtres avec une augmentation progressive de la T°, afin d'éviter une calcination mauvaise (NF V05-113, 1972). La détermination de la quantité de la matière organique, est calculée selon l'équation suivante :

$$MO (\%) = \frac{M1-M2}{P} \times 100$$

Soit :

Mo : Matière organique en (g).

M1 : Masse de creuset + la prise d'essai en (g).

M2 : Masse de creuset après incinération en (g).

P : Masse de la prise d'essai.

La teneur de cendres a été calculée par la formule suivante :

$$Tc (\%) = 100 - MO \%$$

3.2.4.4- Détermination du potentiel d'hydrogène pH

Suivant la méthode potentiométrique (NFV 05-108, 1997), et à l'aide d'un pH mètre la mesure du pH des échantillons (graines de cresson et de lin) a été réalisée (trois mesures ont été effectuées pour chaque échantillon).

3.2.4.5- Détermination de l'humidité

Un séchage des deux poudres des graines (lin et cresson) a été réalisé, dans l'étuve à $105 \pm 3^\circ\text{C}$, jusqu'à la stabilité du poids. Cette opération est répétée jusqu'à avoir un poids constant. Le résultat de l'humidité est déterminé par la formule suivante :

$$H (\%) = \frac{M_1 - M_2}{P} \times 100$$

Soit :

H(%) : pourcentage de l'humidité ;

M_1 : Masse de la capsule vide + matière fraîche avant séchage (g) ;

M_2 : Masse de la capsule + la matière après séchage (g) ;

P : Masse de la prise d'essai (g).

La matière sèche est calculée par la formule suivante :

$$\text{Matière sèche (\%)} = 100 - H$$

3.2.4.6- Extraction et dosage des mucilages

On pèse 30g de chaque poudre et on mélange avec 100ml d'eau distillée, les gels obtenus sont séparés et séchés dans des cristallisoirs à 40°C pendant quelques jours jusqu'à l'évaporation totale de l'eau. Les mucilages séchés ont été pesés afin de calculer les rendements selon l'équation (1).

$$\text{Rendement \%} = \frac{Mm}{Mv \times 100} \dots(1)$$

Soit :

Mm : Masse des mucilages obtenus (g).

Mv : Masse initiale de poudre

3.2.5- Détermination des acides gras par CPG Chromatographie Phase Gazeuse)

➤ Principe

Les esters méthyliques de graines de cresson et de lin sont obtenus par la réaction de transestérification (point 5 de la méthode ISO 5509 :2000 ; point 5 de la méthode IUPAC 2.301).

Le tableau (VI) indique l'ensemble des conditions chromatographiques.

Tableau(VI) : Conditions chromatographiques

Conditions Chromatographiques pour esters méthyliques des huiles			
Chromatographe	Chrompack CP 9002	Epaisseur	0,25 µm
Détecteur	FID (260°)	Injecteur	250°C
Injecteur	SPLIT 1/100 (250°C)	Détecteur	260°C
Gaz vecteur	Azote	Four	150°C – 4°C / mn ---- 230°C
Colonne capillaire	CpSil 8 CB (5% Phenyl+95% dimethylpolysiloxane)	Quantité injectée	0,8µl
Longueur	30 m	Vitesse du papier	0,5 cm/ mn
Diamètre intérieur	0,32 mm *0,25 UM		

3.2.6- Etude de l'optimisation du mix

Tous les tests effectués pour optimiser les conditions de préparation du fromage nutraceutique, nécessitent un matériel stérile (Entonnoirs, Bêchers, tubes, verre de montre, pince ...etc.) et des gants stériles afin d'éviter toute contamination. Les tests d'optimisation du mix probiotiques et prébiotiques pour minimiser le temps de coagulation du lait ont été effectués dans des tubes en verre stériles dans un bain marie. La méthodologie de surface de réponse a été utilisée pour l'optimisation du mix (ferments de fromage, poudres de graines de cresson et de lin comme prébiotiques).

3.2.7- Elaboration du mix optimisé (ferments de fromage –prébiotiques)

3.2.7-1.Préparation du caillé à base de mix (ferments de fromage –prébiotiques) optimisé

En premier temps nous avons réalisé des pesés de nos poudres de prébiotiques et de ferments de fromage (probiotiques) selon notre optimum pour coaguler une quantité de 500ml du lait. Le lait préchauffé jusqu'à l'ébullition est refroidi à une température de 37°C dans le bain marie, ensuite le mix optimisé a été ajouté puis on incube le mélange à la même température jusqu'à avoir un caillé (Fig 11).



Figure 11 : Caillage du lait par le mix (probiotiques-prébiotiques) optimisé

3.2.7.2- Séchage et transformation du caillé

Afin de maintenir la stabilité du mix optimisé, trois formes du mix optimisé séché on été élaborées (poudre, spaghetti, pastilles) (Fig. 12).



Mix optimisé séché
couche fine

Mix optimisé lyophilisé

Mix optimisé sous forme spaghetti

Figure 12: Différentes formes du mix optimisé (probiotiques- prébiotiques) séché

3.2.7.2.1- Propriétés physiques de pastilles

Nous avons effectuée des analyses sur les pastilles afin de déterminer leur propriétés physiques telles que : le diamètre (Cm), l'épaisseur (cm) et le poids (g)

3.2.8 - Analyses physico-chimiques du lait cru

Nous avons réalisés des analyses physico-chimiques du lait cru, utilisé dans la production des fromages camemberts tel que le pH, la densité, l'acidité titrable (%), test à l'alcool et la recherche des antibiotiques.

3. 2.9 - Etapes de fabrication du fromage camembert nutraceutique à base du mix probiotiques-prébiotique et du gel de gombo

Deux types de fromages ont été élaborés en vue de réduire le temps du caillage et la maturation et la teneur en sel.

1/ Fromage nutraceutique élaboré à base du mix (probiotiques et prébiotiques) optimisé,

2/ Fromage de l'unité ATTOUCHE enrobé avec le gel de gombo

Les étapes suivies de fabrication sont les suivantes : réception et préparation du lait de vache ; pasteurisation du lait de vache ; ensemencement et maturation ; emprésurage et coagulation ; tranchage et brassage ; moulage ; égouttage et retournement ; démoulage ; salage ; ressuage ; affinage et conditionnement.

1) Réception et préparation du lait de vache

Avant de commencer la fabrication, le lait passe par plusieurs analyses pour contrôler sa composition et ses propriétés. Parmi ces analyses, nous avons les analyses physico-chimiques qui se réalisent, au niveau du laboratoire des analyses physico-chimiques de l'unité, ainsi que des analyses microbiologiques qui se réalisent au niveau d'un laboratoire de prestation, dans le cas où le lait n'est pas de bonne qualité, il sera renvoyé vers la ferme.

2) Pasteurisation du lait de vache

Le lait de vache stocké dans les tanks a été pasteurisé à 72°C pendant 15 à 20 secondes, suivi d'un refroidissement immédiat. A la fin de la pasteurisation le lait sort du pasteurisateur à une température de 42°C vers des conduites jusqu'à son arrivée à la salle de production à une Température de 37°C maximum, afin de ne pas inactiver l'action des ferments. Le lait est versé dans des bassins de 145 L



Figure 13: Pasteurisation du lait

3) Ensemencement et maturation

Dans chaque bassin du lait de vache, une quantité de chlorure de calcium qui convient est additionnée et mélangée bien, laisser reposer pendant 5 min. Le lait utilisé pour la fabrication des

fromages de l'unité ATTOUCHE et celui enrobé par le gel de gombo a été fermenté par les ferments lactiques, puis laisser reposer pendant 40 min.

Le fromage nutraceutique a été élaboré à base de 20L du laitensemencés par le mix optimisé probiotiques et prébiotiques puis fermentés.



Figure 14: étape d'ensemencement du lait avec le mix probiotiques-prébiotiques

4) emprésurage et coagulation

Après la maturation, la présure a été diluée dans l'eau, puis additionnée au lait, bien mélanger, jusqu'à l'obtention d'un caillé (le lait passe de l'état liquide à l'état de gel), une fois le lait est caillé, le lactosérum remonte (Fig. 16).



Figure 15 : aspect du caillé obtenu

5) Tranchage et brassage

Le caillé est découpé en petits cubes manuellement, avec deux trancheurs (verticale et horizontale), pour un meilleur égouttage du caillé, suivi d'un brassage successif pour faciliter la remonte du sérum lequel sera par la suite soutiré.



Figure 16 : Tranchage du caillé

6) Moulage

Les moules en plastiques sont remplis avec le caillé et déposés sur les stores placés sur des plateaux en aluminium perforés qui permettent l'écoulement de sérum.



Moulage de fromage camembert préparé à base du mix pro-prébiotiques



Moulage de fromage camembert ATTOUCHE

Figure 17 : Moulage des fromages

7) Egouttage et retournement

Une fois le moulage est terminé, le fromage est déplacé vers la chambre d'égouttage, laisser pendant 1h puis retourner de l'autre côté, puis un deuxième retournement a lieu 2h après le 1^{er} retournement et le retourner pour la troisième fois, après 1h sur la 1^{er} face jusqu'au lendemain.



Figure 18 : Egouttage des fromages

8) Démoulage

Une journée après l'égouttage, les boules de fromage ont été démoulées puis placées sur des grilles appelées claies.

9) Salage

Les fromages (ATTOUCHE, préparé à base du mix) ont été transférés vers la saumure (Fig.20).



Figure 19 : Bassin de salage

Cas du camembert enrobé par le gel de gombo

Nous avons étudié l'effet de l'enrobage des boules de fromage de l'unité par le gel de gombo sur la durée d'affinage et la saturation en sel.

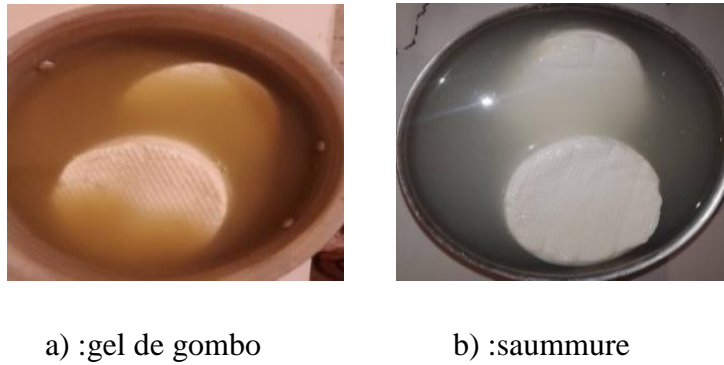


Figure 20 : Immersion des boules de fromage dans le gel de gombo et la saumure

10) Ressuage

Les fromages récupérés après le salage, sont déposés sur des claies et transférés vers la chambre de ressuage inclinée, pour l'élimination de reste du liquide.

11) Affinage

Les fromages sont placés dans le premier hâloir, pour le développement de l'arôme et la croûte blanche, puis sont retournés afin que la croûte puisse se développer également sur l'autre côté. Ils sont ensuite placés dans le hâloir 2 à 14°C pour continuer l'affinage.



Figure 21 : Affinage de fromage

12) Conditionnement

Lorsque la moisissure s'est développée sur la surface du fromage, l'emballage du fromage camembert se fait manuellement, il est placé dans un papier et enrobé à l'intérieur, ensuite placé dans des boîtes rondes prêt à la commercialisation.



Figure 22 : Emballage du fromage

3.2.10 Analyses physico-chimiques et biochimiques des fromages et du gel de gombo

3.2.10.1- Analyse du pH et Acidité

L'analyse du pH et l'acidité effectuée sur les fromages et gel de gombo est similaires à celle des poudres des graines de Cresson et lin

3.2.10.2- Dosage de chlorure de sodium dans les fromages élaborés

La méthode argénométrique d'après Mohr est basée sur le titrage des chlorures dans l'extrait aqueux après sa neutralisation avec NaOH (0,1N) en présence du phénol-phtaléine.

Il est possible d'utiliser l'extrait restant après détermination de l'acidité titrable. Au filtrat neutralisé, ajouter 1ml de la solution de K_2CrO_4 (1M) et titrer avec $AgNO_3$ (0,1 mol/L) jusqu'à apparition de la coloration rouge brique.

La concentration massique des chlorures (%) est :

$$X = \frac{V \cdot C \cdot M \cdot V_1 \cdot 0,1}{V_2 \cdot m}$$

Où :

V : Volume de la solution d' $AgNO_3$ dépensé pour le dosage (ml)

C : Concentration de la solution d' $AgNO_3$ (mol/L)

M : Masse molaire de NaCl (g/mol)

m : Prise d'essai (g)

V_1 : Volume total de l'extrait (250 ml)

3.2.10.3 - Dosage des flavonoïdes

Préparation des filtrats

La figure 23 présente les différentes étapes suivies pour le dosage des flavonoïdes dans les différents échantillons analysés (fromages de camembert élaborés et le gel de gombo).

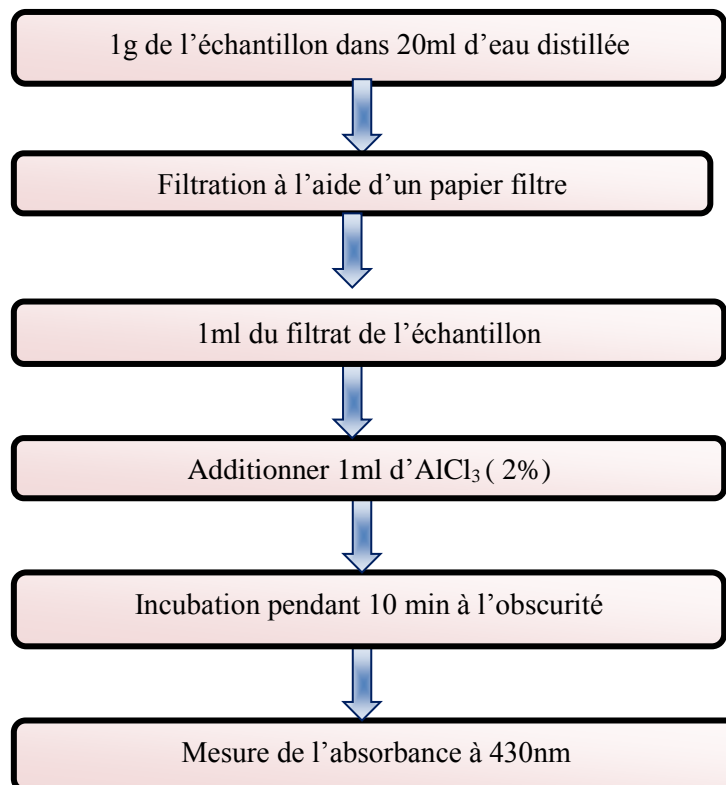


Figure 23 : étapes de dosage des flavonoïdes (Kosalec et *al.* 2004)

Courbe d'étalonnage

Nous avons tracé une courbe d'étalonnage à partir de la solution mère préparée de Quercétine (Annexe 04) qui permet la détermination de la quantité de flavonoïdes dans chaque échantillon.

3.2.11- Détermination des acides gras par CPG (Chromatographie Phase Gazeuse) des fromages

La détermination des acides gras par CPG des fromages, a été réalisée par la méthode de Transestérification à froid.

3.2.12- Analyses microbiologiques des fromages

3.2.12.1- Préparation de dilutions

Nous avons préparé pour chaque type de fromage une dilution décimale 10^{-1}

25g du camembert dans 225ml d'eau peptonée stérile → solution mère (10^{-1}).

Une série de dilutions a été préparée à partir la dilution 10^{-1} (10^{-2} , 10^{-3} et 10^{-4})

Le tableau (VII) présente les différents germes recherchés ainsi leurs milieux de culture.

Tableau (VII) : Différents germes recherchés et leurs milieux de culture.

	Milieux de culture	Technique d'ensemencement	T°/Temps d'incubation
<i>Coliformes totaux</i>	V.R.B.L	En masse	37°C/ 24h
<i>Coliformes fécaux</i>	V.R.B.L	En masse	44°C / 24h
<i>Staphylococcus aureus</i>	Chapman	En surface	37°C/ 24h
Bactéries lactiques mésophiles et thermophiles	M.R.S	En masse	Mésophiles 37°C/72 h Thermophiles 44°C /72h
Levures et moisissures	Sabouraud	En masse	25°C/ 5 jours

3.2.12.2- Dénombrement des coliformes fécaux et totaux

On prélève 2 fois 1 ml de la dilution 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} issu des deux solution mère différente devant un bec bunsen allumé, qu'on dépose dans 6 boîtes de Pétri vide préparée à cet usage et numérotées, ensuite, on verse dans chaque boîte environ 15ml de gélose VRBL fondue à 100°C puis refroidie à 45°C, on fait des mouvements de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de bien se mélanger avec la gélose utilisée puis ajouter une deuxième couche de gélose VRBL afin d'assurer l'anaérobiose, suivie d'une incubation des boîtes à 44°C pour les coliformes fécaux et à 37°C pour les coliformes totaux pendant 24 heures. En fin, un dénombrement des colonies sera effectué.

3.2.12.3 - Dénombrement des levures et moisissures

A partir des dilutions 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} préparées à base de deux solutions fromagères 0,1ml de chaque dilution est étalé sur surface de la gélose Sabouraud devant la flamme du bec bunsen (deux boîtes pour chaque dilution sont ensemencées), puis on incube toutes les boîtes à 25°C pendant 5 jours. Après incubation, les colonies de levures et des moisissures ont été dénombrées.

3.2.12.4- Dénombrement des bactéries lactiques flore mésophiles et thermophiles

Dans une zone stérile, on ensemence, 2 fois 1ml de chaque dilution des deux solutions fromagères de 10^{-2} jusqu'à 10^{-4} dans des boîtes de Pétri vides ; puis 15ml de la gélose MRS en surfusion sont ajoutés. On fait des mouvements de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de bien se mélanger avec la gélose utilisée, après solidification des milieux, les boîtes sont retournées puis incubées à 44°C pour la flore thermophile, et à 37°C pour la flore mésophile pendant 72 heures. En fin, un dénombrement des colonies sera effectué.

3.2.12.5 - Recherche des *Staphylococcus aureus*

Prélever à l'aide d'une micropipette et un embout stérile 0.1ml de la solution mère (10^{-1}) devant un bec bunsen allumé, que on dépose sur la gélose Chapman puis on étale à l'aide d'un râteau pour incube à 37°C pendant 24 à 48h. Au final un dénombrement des colonies sera effectué.

Chapitre IV :

Résultats et discussion

1- Résultats d'analyse phytochimique de graines de cresson et de lin

Les résultats d'analyse phytochimique des graines analysées sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau (VIII): Résultats d'analyse phytochimique de graines de cresson et de lin

Substance Phytochimique	Résultats	
	Graines de cresson	Graines de lin
Tannins	+	-
Tannins galliques	-	-
Quinones libres	-	-
Quinones combinées	-	-
Anthocyanes	-	-
Flavonoïdes	+	+
Saponosides	-	-
Glucosides	+++	+++
Coumarines	+	+

(-) : Absence de substance.

(+) : Présence de substance avec une faible concentration.

(+++): Présence de substance avec une faible concentration.

Les résultats du tableau (VIII) révèle que les deux graines analysées sont riches en glucosides, les flavonoïdes, et les coumarines sont présents à faibles concentrations. Les tannins galliques, les quinons libres et combinées, les anthocyanes et les saponosides sont absents dans les deux graines. Par contre, les tannins sont présents à faible concentration uniquement dans les graines de cresson.

Les résultats trouvés sont analogues avec ceux signalés par Al-Snafi, (2019) ont démontré la présence des coumarines, flavonoïdes, tannins dans l'espèce de cresson *Lepidium sativum*.

Nos résultats coïncident aussi avec ceux de Boukeria et *al.* (2020), ont trouvé les mêmes composés (anthocyanes, saponosides, flavonoïdes, coumarines et glucosides) analysant les graines de lin *Linum usitatissimum*.

Les coumarines et les flavonoïdes sont présents dans les deux graines analysées, ces composés phénoliques exercent des activités biologiques anti-inflammatoire, antioxydante et antimicrobienne.

2- Résultats d'analyses physico-chimiques et biochimiques des graines de cresson et de lin

Le tableau (IX) présente les résultats de la caractérisation de quelques paramètres physico-chimiques et biochimiques de graines de *Lepidium sativum* (Cresson) et de *Linum usitatissimum* (lin).

Tableau (IX): Résultats d'analyses physico-chimiques et biochimiques de graines de cresson et de lin

Paramètres	Résultats	
	Graines de cresson	Graines de lin
Acidité (%)	1,75 ± 0,35	1,4 ± 2,71948E-16
Cendres (%)	5,1 ± 0,1	3,6 ± 0,1
Ph	6,1 ± 0,1	6,63 ± 0,057
Humidité (%)	7,8±0,216	6,515±0,115
Indice de gonflement (ml)	26 ± 0	5 ± 0
Mucilages (%)	1,512	7,626

Les résultats du tableau (IX) révèlent que les poudres de graines de cresson et de lin présentent des valeurs en acidité presque similaires respectivement ($1,75 \pm 0,35\%$ et $1,4 \pm 2,71\%$) et un pH neutre respectivement ($6,1 \pm 0,1$ et $6,63 \pm 0,057$). Ce pH est défavorable pour le développement des germes pathogènes et des levures et moisissures ce qui permet une longue durée de conservation. Selon Booji et al. (1992), une acidité élevée est souvent associée à une mauvaise qualité.

Les graines de cresson présentent une humidité légèrement élevée ($7,8 \pm 0,216\%$) à celle des graines de lin ($6,515 \pm 0,115\%$). Ces teneurs sont conformes aux normes de la pharmacopée européenne (2002).

De point de vue composition minérale, les graines de cresson possèdent une teneur en cendres plus au moins supérieure ($5,1 \pm 0,1\%$) à celle des graines de lin ($3,6 \pm 0,1\%$). Les deux teneurs sont proches à celle avancée par Poy et al. (2015) analysant les graines de cresson et qui ont obtenu un pourcentage de cendres de l'ordre de $4,25 \pm 0,13\%$.

La poudre des graines de cresson possède un indice de gonflement très élevé (26%) par rapport à la poudre des graines de lin (5%). Ces résultats sont comparables à ceux signalés par Mathews et al. (1993) ont trouvé un indice de gonflement pour les graines de cresson de (18-19 %). Ces résultats

expriment la richesse des deux poudres en mucilages et fibres responsables de la rétention d'eau du milieu.

Les graines de lin présentent un taux en mucilages (7,626 %) supérieur à celui des graines de cresson qui est de l'ordre de 1,512%. En outre, le rendement trouvé en mucilages des graines de cresson est inférieur à ceux rapportés par Divekar *et al.* (2006) et Karazhiyan *et al.* (2011). Ces auteurs ont indiqué respectivement que les graines de cresson se composent de 6,5 à 15% de mucilages. D'autres chercheurs ont analysé la graine de lin ont mentionné un rendement en mucilages similaire de l'ordre 8% (BeMiller, 1973 ; Bhatti et Cherdkiatgumchai, 1990) et qui ont constaté que ces mucilages représentent un matériau associé à la coque de graine de lin.

En effet, les mucilages sont des substances végétales constituées de polysaccharides qui se gonflent en contact avec l'eau en prenant une consistance visqueuse (Comin *et al.* 2015). Ces substances sont utilisées pour l'épaississement, la liaison la désintégration, l'émulsification, la stabilisation et comme agents de gélification (Malviya, 2011).

3- Résultats du profil d'acides gras de la poudre des graines de lin et de cresson

Les résultats de la CPG démontrent que, les graines de lin sont riches en matière grasse (43,5%), sont donc les plus concentrées en énergie. Nous remarquons que les acides gras polyinsaturés sont présents à fortes concentrations, en particulier l'acide linoléique (oméga-3) avec une teneur de l'ordre de 50.11 % et l'acide linoléique (oméga-6) avec une teneur de l'ordre de 15.9 %. De même, l'acide oléique est présent avec une teneur importante (20,04%).

Les graines de cresson possèdent une teneur intéressante en matière grasse (22%) mais reste moins importante que celle des graines de lin. Cette différence peut être due à la variété de la plante, aux facteurs pédoclimatique, température, l'échantillon analysé.....).

Nous remarquons que, l'huile des graines de cresson renferme des acides gras polyinsaturés (linoléique, linoléique) mais avec des teneurs inférieures à celles de la graine de lin respectivement de l'ordre (29,92%, 11,65%). La teneur en acide oléique est similaire à celle trouvée dans l'huile des graines de lin. Cet acide est bénéfique pour la santé cardiovasculaire.

Nos résultats sont comparables à ceux mentionnés par Abidi *et al.* (2019), qui ont signalé que la matière grasse de la graine de lin varie entre 35% et 40%, ainsi sa composition en acide alpha – linoléique varie dans l'intervalle de (50 à 60%). L'étude de Behrouzian *et al.* (2014) ont démontré des résultats similaires de la composition des graines de cresson en acides gras essentiels.

4- Résultats des réponses choisies (temps de coagulation, pH, taux de flavonoïdes, volume de synérèse)

Les valeurs de désirabilité du minimum et du maximum ont été configurées comme 0 et 1, respectivement (Fig.24). La désirabilité globale est de 68% et cela montre qu'il est approprié d'expliquer cette étude. La fonction de désirabilité maximale obtenue a été prise comme la condition optimale de fonctionnement.

Les variables étudiées pour l'optimisation du mix (probiotiques et prébiotiques) sont :

Quantité de probiotiques : 0,128mg/ 10ml du lait

Quantité de la poudre de graines de lin : 1,36 g/10ml du lait

Quantité de la poudre de graines de cresson : 1,19 g/10ml du lait

Les valeurs prédites sont satisfaisantes car la désirabilité optimale $d=0,68$

Les valeurs optimales prédites par le modèle de régression sont :

pH=6,7 avec une désirabilité $d=0,99$

Temps de coagulation= 6,52min avec une désirabilité $d=0,388$

Taux de Flavonoïdes =1,9059 (mgEQ/g MF) avec une désirabilité $d=0,82$

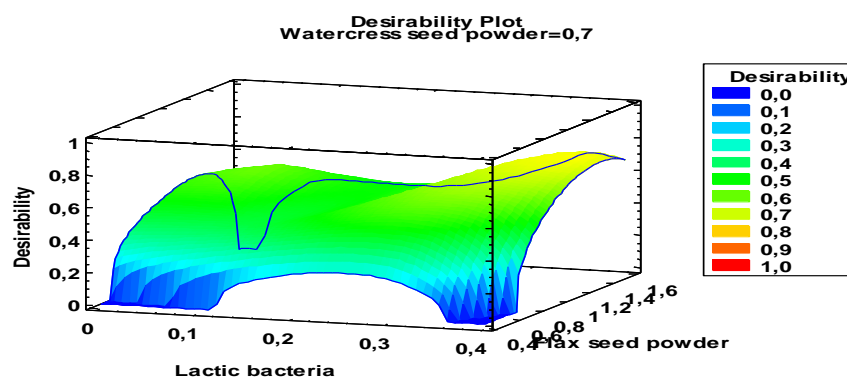


Figure 24 : Effet du mix (probiotiques et prébiotiques) sur les variables de réponse : a) pH ; b) temps de coagulation ; et c) Taux de flavonoïdes totaux sur la désirabilité

Nous pouvons conclure que le mix de probiotiques et prébiotiques a réduit le temps de coagulation du lait (6,52min) au lieu 50 min en utilisant uniquement les probiotiques (bactéries lactiques).

5- Résultats du mix (probiotiques et prébiotiques) optimisé sous plusieurs formes

La figure 25 montre les différentes formes du mix (probiotiques et prébiotiques) optimisé



A : mix sous forme granulés **B** : mix sous forme poudre **C** : mix sous forme de pastilles

Figure (25) : Aspect du mix (probiotiques et prébiotiques) optimisé sous plusieurs formes

5.1 - Résultats des propriétés physiques de pastilles

Les pastilles se caractérisent par un poids moyen de l'ordre de 5,522g et épaisseur de 0,4cm et diamètre de 4cm.

6 - Résultats d'analyses physico-chimiques du lait cru

Les résultats d'analyses physico-chimiques du lait utilisé dans la production des fromages camemberts (ATTOUCHE, Nutraceutique) sont présentés dans le tableau (X).

Tableau (X) : Résultats d'analyses physico-chimiques du lait cru.

L'analyse	Lait Cru
pH	6,71 ± 0,028
Densité	1030
Acidité titrable (%)	17 ± 0
Test à l'alcool	Absence des grumeaux
Détermination d'antibiotique	Absence

Les résultats trouvés montrent que le lait de vache utilisé est de bonne qualité physico-chimique en comparant aux normes du JORA (1988), et AFNOR (1985).

7 - Résultats des fromages élaborés

La texture des fromages, diffère d'un type à un autre. Le fromage de l'unité ATTOUCHE, se caractérise par une texture crémeuse, lisse avec une croûte ferme, la pâte à l'intérieur est légèrement un peu fluide. Le fromage nutraceutique se distingue des autres fromages par une texture homogène à la surface et à l'intérieur crémeuse et coulante, avec l'absence d'une croûte à la surface par contre le

fromage ATTOUCHE à base du gel de gombo se caractérise par une texture compacte, avec une croûte plus ferme. La figure 26 montre l'aspect des fromages élaborés.



Figure 26 : Aspect des fromages élaborés

8 - Résultats d'analyses physico-chimiques et biochimiques des fromages et du gel de gombo

Les figures 27, 28, 29 et 30 présentent la variation du pH, l'acidité et le taux de flavonoïdes et de sel des fromages élaborés en fonction de la durée de salage et l'immersion des boules de fromage dans gel de gombo.

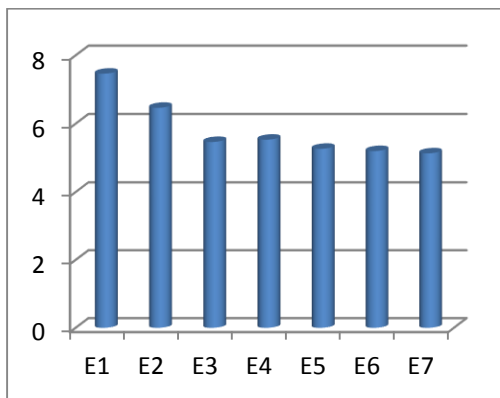


Figure 27 : Résultats du pH

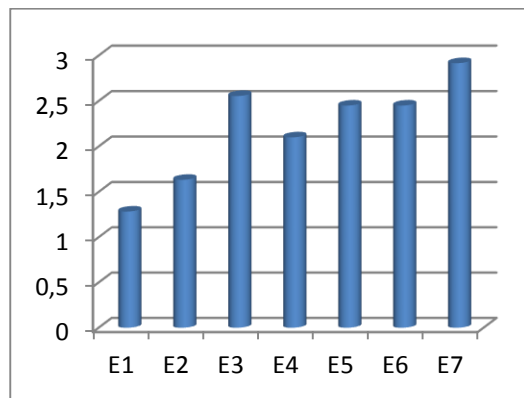


Figure 28 : Résultats d'acidité titrable

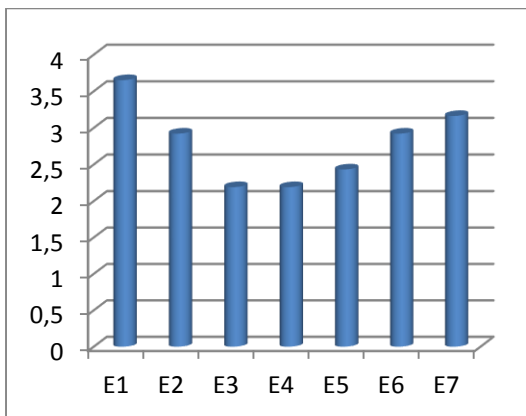


Figure 29 : Résultats de taux de sel

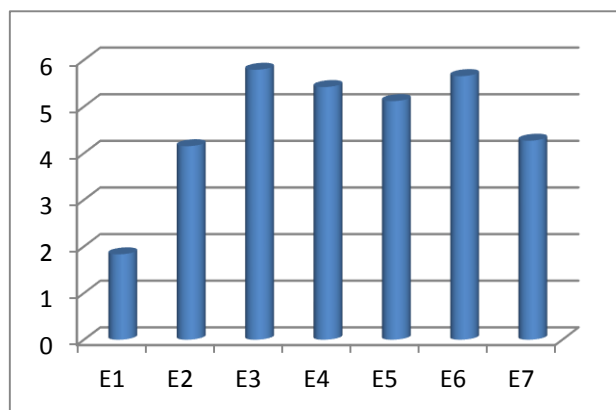


Figure 30 : Résultats du taux de flavonoïdes (mg EQ/g MF)

- E1** : Fromage ATTOUCHE **E5** : Fromage immergé gel/saumure
E2 : Fromage nutraceutique **E6** : Fromage immergé gel / min saumure
E3 : Fromage immergé dans le gel **E7** : Fromage immergé gel/ saumure
E4 : Fromage immergé dans la saumure

Le pH est un indice de qualité nous renseigne sur l'aptitude des aliments à la conservation. De ce fait, il est important de mesurer le pH afin de connaître la stabilité de l'aliment vis-à-vis des microorganismes.

D'après la figure 27, nous remarquons que l'ensemble des fromages élaborés (E3, E4, E5, E6 et E7) a un pH légèrement et des valeurs presque similaires respectivement (5,466, 5,533, 5,266, 5,2, 5,133, 5,2). Par contre, celui de l'unité présente un pH neutre ($7,466 \pm 0,057$).

Nous constatons d'après la figure 28 que l'acidité augmente légèrement en fonction de la substitution de la saumure par le gel de gombo et le fromage E7 présente la grande valeur de l'ordre de ($2,916 \pm 0,202$).

L'acidité du fromage dépend de la nature et de la composition initiale du lait utilisé. L'activité acidifiante est l'une des principales fonctions des bactéries lactiques, ces bactéries provenant des matières premières du lait ou de l'environnement sont responsables de la production d'acide lactique (Ghefar, 2017).

Nous pouvons conclure ici que, l'acidité développée dépend d'une part des bactéries acidifiantes et de la quantité du gel diffusé dans la matrice de fromage d'autre part.

La figure 29 révèle que, les échantillons de fromage E3 et E4 présentent le même pourcentage en sel (2,191%) qui est conforme aux normes de l'unité (2%). Il y a lieu de signaler que, la substitution totale de la saumure par le gel de gombo a un avantage important sur l'apport de sel. En effet, le gel de gombo constitue une source de salinité et de substances bioactives antioxydantes (flavonoïdes et mucilages) responsables de goût, de l'arôme, de la formation rapide de la croûte (2 jours après salage) et de la qualité microbiologique de fromage.

La substitution partielle de la saumure par le gel de gombo affecte l'augmentation de la teneur en sel des échantillons de fromage (E5, E6) (effet salting out= saturation en sel).

Les échantillons de fromage E1 et E7 présentent des fortes teneurs en sel respectivement (3,652%, 3,163%), ces résultats sont liés à un mauvais salage (Mahaut et al. 2000) qui pourrait être du à la vitesse de sédimentation des boules de fromage au fond de bain de saumure qui est concentré en sel.

Le sel assure plusieurs rôles complexes et multiplexes à savoir : est un complément d'égouttage, contribue à la formation de la croûte, le goût et l'arôme ... (Eck et Gillis, 2006).

Par ailleurs, une diminution de la teneur en sel entraîne une augmentation de l'activité de l'eau qui affecte l'équilibre microbiologique des fromages, d'où la possibilité d'une multiplication et d'une activité développée des microorganismes pathogènes et d'altération, réduisant leur qualité sanitaire et leur durée de vie.

La teneur des fromages en flavonoïdes a été calculée en utilisant l'équation de la droite d'étalonnage de la Quercétine ($y = 0,0942X - 0,0387$ avec $R^2 = 0,9982$). Les résultats sont exprimés en (mg EQ / g MF) (Annexe 04).

Nous remarquons d'après la figure 30 que le fromage ATTOUCHE commercialisé présente la faible teneur en flavonoïdes de l'ordre ($1,831 \pm 0,068$) en comparaison avec les autres fromages émergés ou non dans le gel de gombo et celui préparé à base du mix probiotiques et prébiotiques optimisé.

La substitution de la saumure par le gel de gombo a un impact sur la disponibilité des flavonoïdes ; le fromage émergé uniquement dans le gel de gombo qui présente la meilleure valeur de l'ordre de $5,790 \pm 0,083$. La richesse en flavonoïdes totaux est à l'origine du gel de gombo ($5,573 \pm 0,345$). Nos résultats sont comparables à ceux de Das *et al.* (2019) qui ont prouvé que le gel de gombo est riche en flavonoïdes.

9 - Résultats du profil d'acides gras des fromages

En comparant les concentrations des acides gras à chaînes courtes (C4 :0, C6 :0, C8 :0) des fromages (ATTOUCHE, Nutraceutique à base du mix pro-prébiotiques) et les fromages (ATTOUCHE émergé 20 min dans le gel et émergé 20min dans la saumure), nous avons déduit que les concentrations des acides gras à chaînes courtes sont presque les mêmes dans les deux 1^{er} fromages comparés, ainsi entre les deux autres fromages. Ces concentrations sont représentées en faible quantités.

Les acides gras saturés à longue chaîne (C16 :0, C18 :0) et l'acide gras mono-insaturé (C18 :1 ω 9) sont dominants en quantités presque similaires et les acides gras polyinsaturés (C18 :2 ω 6, C18 :3 ω 3) sont en faibles quantités (2% - 2,83%), au niveau des quatre fromages.

Ces résultats sont cohérents avec ceux signalés par Chow, (2008) qui a démontré que la plupart des acides gras du fromage sont saturés (C14 :0, C16 :0, C18 :0) et l'acide gras majoritaire Mono-insaturé est l'acide polyinsaturés (C18 :1), les quantités des acides gras polyinsaturés (C18 :2, C18 :3) sont relativement faibles.

Woo et Lindsay, (1982) et Freitas et Malcata, (1998), ont rapporté que les acides (C16 :0, C18 :0) sont les plus prédominants dans la plupart des fromages camembert à pâte molle.

10 .Résultats d'analyses microbiologiques de fromages

Le tableau (XI) résume les résultats d'analyses microbiologiques des fromages

Tableau (XI) : Résultats d'analyses microbiologiques exprimés en UFC/ g de fromage

Germe recherché	Fromage ATTOUCHE	Fromage nutraceutique à base du mix optimisé pré-probiotiques	Normes de JORA
Coliformes totaux	86	Abs	100/g
Coliformes fécaux	70	Abs	10/g
Bactéries lactiques mésophiles	$6,3 \times 10^{-3}$	Abs	/
Bactéries lactiques thermophiles	$3,5 \times 10^{-3}$	Négligeable	/
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	Abs	Abs

Les analyses microbiologiques permettent de vérifier que le produit ne présente aucun risque sur la santé du consommateur en tenant compte des conditions de conservation, des habitudes de consommation et des caractéristiques du produit.

Les résultats d'analyses microbiologiques des fromages camemberts (fromages ATTOUCHE émergés dans le gel de gombo et non enrobé, et nutraceutique préparé à base du mix pré-probiotiques) (Tableau XI) sont satisfaisants répendant aux normes établies dans JORA (1998).

On note l'absence totale des coliformes fécaux et totaux dans le fromage à base du mix pré-probiotiques, par ailleurs le fromage ATTOUCHE a révélé la présence des coliformes totaux, fécaux avec des charges inférieures aux valeurs indiquées dans le JORA 1998.

Le dénombrement de la flore lactique sur la gélose MRS, indique que le fromage ATTOUCHE est chargé en bactéries lactiques en comparaison avec le fromage nutraceutique préparé à base du mix pré-probiotiques.

Staphylococcus aureus est absente dans les deux fromages (ATTOUCHE et nutraceutique à base du mix pré-probiotiques optimisé), ce qui confirme la bonne conduite de la chaine de fabrication, le respect des règles d'hygiène (matériels nettoyés et désinfectés), le personnel et l'environnement ont influencés positivement sur les résultats.

Les moisissures sont présentes à forte charge dans le fromage ATTOUCHE en comparaison avec le fromage nutraceutique qui possède une charge faible en moisissures. Cette différence est liée à

l'efficacité des poudres de graines de lin et de cresson riches en substances bioactives antioxydantes et antimicrobiennes (mucilage, flavonoïdes et acides gras). Le nombre des levures aussi est faible pour l'ensemble des fromages analysés.

Nos résultats coïncident avec ceux Baroiller et Schmidt, (1990) qui ont expliqué que le fromage est un biotope et au sein de la flore levure de fromage camembert est relativement peu diversifiée.



Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Cette étude a permis la valorisation des matières végétales locales (graines de lin et de cresson et fruit de gombo) en vue de mettre sur le marché deux produits à savoir : un nouveau agent de coagulation préparé à base des ferments lactiques et poudres de graines de lin et de cresson comme prébiotiques et un camembert nutraceutique à base gel de gombo.

Le mix optimisé est utilisé pour la fabrication du fromage camembert selon le processus de fabrication de l'Unité ATTOUCHE LAIT. Ce mix est stable à température ambiante et transformé en plusieurs formes (poudre, pastilles, granulés).

Ce mix a permis la réduction du temps de coagulation du lait à 6,52min au lieu 50 min en utilisant uniquement les probiotiques (bactéries lactiques).

L'analyse phytochimique des graines utilisées a montré que les graines étudiées renferment des substances phytochimiques comme les flavonoïdes, les glucosides, les coumarines, ainsi la présence des tannins seulement au niveau des graines de lin responsables des propriétés et biologiques telles que antioxydante et antimicrobienne.

Le gel de gombo est riche en sel et en substances bioactives (mucilages et flavonoïdes) responsables de propriétés antioxydante et antimicrobienne.

Le fromage nutraceutique préparé à base du mix probiotiques-prébiotiques, qui va être destiné à une catégorie de personnes qui souffrent de maladies cardiovasculaire et d'articulation par rapport à sa richesse en mucilages, flavonoïdes et en collagène (non analysée dans la présent mémoire)

L'élaboration de fromage à base de gel de gombo a montré que la substitution totale de la saumure par le gel de gombo influence le taux de sel, la teneur en flavonoïdes et la stabilité du fromage fini. Ce gel fonctionnel est riche en mucilages et en flavonoïdes est considéré comme gel multifonctionnel voir son rôle puissant à réduire la tension artériel.

Cependant, les résultats de notre travail restent modestes des études plus approfondies sont nécessaires telles : l'activité antioxydante, anti-inflammatoire, dosage des caroténoïdes, viscosité et détermination des groupements fonctionnels par IR (Infra-Rouge).



Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

- **Ahmad, A., Nabi, R., Mishra, A., & Ahmad, I.Z. (2021).** A panoramic review on *Lepidium sativum* L. bioactives as prospective therapeutics. *Drug Research*, 71(05), 233-242.
- **Al-Snafi, A.E. (2019).** Chemical constituents and pharmacological effects of *Lepidium Sativum*– A REVIEW .*Internatinal Journal of Current Pharmaceutical Research* , 11 (6) , 1-10.
- **Akintoye, H.A ., Adebayo, A.G., Aina, O.O. (2011).** Growth and yield response of okra intercropped with live mulches. *Asian Journal of Agricultural Research*, 5(2), 146-153.
- **André, E. (1987).** Le fromage 2^{eme} édition. 11, rue Lavoisier 75384 Paris CEDEX 08.
- **Andre, C.K., & Gillis, J.C. (1997).** Le fromage. Ed, Tec et Doc, Lavoisier 3^{eme} édition, Paris 89IP.
- **Agroligne. (2015).** L'essentiel de l'agroalimentaire et l'agriculture ; n°97, le marché des industries alimentaires en Algérie, pp. 12-13.
- **Abdelkader, Beloued. (2014).** Plantes Médicinales d'Algérie. Office des publications universitaires édition 2.01.4267.
- **Abidi, A., Bahri, S., Benkhamisa Jameledine, S. (2019).** Caractéristique phytochimiques et therapeutiques du lin ou *linum usitatissimum* : Revue de la littérature.
- **AFNOR. (1985).**Contrôle de la qualité des produits laitiers-Analyses physiques et chimique, 3^{eme} édition.
- **Annie Botrel. (2007).** La Rousse des plantes médicinales préface de Paul Iséren. Edition la rousse.

B

- **Benchasri, S. (2012).** Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) as a valuable vegetable of the world. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 49(1), 105-112.
- **Bambagiotti- Alberti, M., Coron, S.A., Ghiara, C., Moneti, G., Raffaelli, A., & Traldi, P.(1994).** Investigation of mammalian lignan precursors in flax seed : First evidence of secoisolariciresinol diglucoside in two isomeric forms by liquid chromatography/ mass spectrometry. *Rapid communications in mass spectrometry*, 8(12), 929-932.
- **Beard et comstock, V.E. (1980).** Flax Hybridization of crop plants. *American society of agronomy. Crop science society of America*, 357-366.
- **Beroual, K ., Maameri, Z ., Halmi,S., Benleksira, B., Agabba, A & Hamid- Pacha, Y. (2013).** Effects of *Linum usitatissimum* L. ingestion and oil topical application on hair growth in rabbit. *Int. j. Med. Arom. Plants*, 3(4),459- 364.
- **Beau, M. (1941).** La caséine et la présure. *Le lait*, 21(204-206),113-137.
- **Bourgeois,C,M., Larpent, J.P.(1989).** Aliments fermentés et fermentation alimentaires. *Microbiologie alimentaire*, Lavoisier.

Références bibliographiques

- **Booji, I., Piombo., Georges., Risterucci, Ange- Marie., Coupé, M., Thomas Daniel., & Ferry Michel. (1992).** Etude de la composition chimique de dattes à différents stades de maturité pour la caractérisation variétale de divers cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.).
- **Brissonnet, F., Bouix, M., Loiseau, G., Russel, A & Leveau, J.Y. (1994).** Le stress bactérien et ses conséquences en génie de l'hygiène. Industries alimentaires et agricoles, 111(3), 106-114.
- **Boukeria, S., Mnasri, S.R., Kadi, K., Benbott, A., Bougueriah, H., Biri, K., Lazbbache, W.(2020).** Evaluation of the antibacterial and anticogulant activities of *Linum usitatissimum* L.Extracts. Journal of Fundamental and Applied Sciences. 20(2), 667-682.
- **Bhatty, R.S. and Cherdkiatgumchai. (1990).** Compositional analysis of laboratory prepared and commercial samples of linseed meal and of hull isolated from flax. J. Am. Oil Chem. Soc., 67: 79-84.
- **BiMiller, J.N(1973).** Quince Seed, Psyllium Seed, Flaxseed and Okara Gums. In industrial GUMS ; Whistler, R.L and J.N. BeMiller (Eds.). Academic Press : New York, pp : 339-367.
- **Baroiller, C., Schmidt, J.L & Lapaduhargues, M. (1990).** Contribution à l'étude de l'origine des levures du fromage de camembert. Le lait, 70(1), 67-84.

C

- **Chatain, C., Jacquier, J.P., Pralong, P., Leccia, M.T. (2016).** Flaxseed allergy ; review upon a case report. Revue française D'ALLERGOLOGIE, 56(57), 562-566.
- **Carter, JF. (1996).** Sensory evaluation of flaxseed of different varieties. Proceedings of the 56th flax institute of the united states, 201-203.
- **Carole Lapointe- Vignola. (2002).** Science et technologie du lait : transformation du lait. Fondation de technologie laitière du Québec. Presses inter polytechnique, 2002- 600 pages.
- **Cecchini, T., & Ticli, B. (2008).** Les plantes médicinales. Vecchi, 2008 (n p 351).
- **Camille. (2023).** La graine de lin : recettes, bienfaits et danger. <https://blog.lafourche.fr>.
- **Chauhan, D.V. S. (1972).** Vegetable production in India Pub. by Ram Prasad and Sons.
- **Brosseau, C. , Selle , A., Palmer, D.J., Prescott, S. L., Barbarot, S., & Bodinier, M. (2019).** Prebiotics : mechanisms and preventive effects in allergy. Nutrients, 11(8), 1841.
- **Cardoso carraro, J.C., Dantas., Mids., Espescht., A.C.R., Martino, Hds et Ribeiro, SMR (2012).** Les graines de lin et la santé humaine : examen des avantages et des effets indésirables. Critiques alimentaires internationales, 28(2), 203-230.
- **Comin, L.M., Temelli, F., & Saldaña, M.D. (2015).** Flax mucilage and barley beta-glucan aerogels obtained using supercritical carbon dioxide : Application as flax lignan carriers. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 28,40-46.
- **Chow, C.K. (2008).** Fatty acids in foods and their health implication. 3^{ème} édition. CRC press, New York.

Références bibliographiques

D

- **Doke, S et Guha, M. (2014).** Garden cress (*Lepidium sativum L.*) seed an important medicinal source: *A. Cellulose*, 9(0.03).
- **Dixit vinti, J.M III ., Kumar, I., Palandurkar, K., Giri, R et Giri, K. (2020).** *Lepidium sativum*: Bone healer in traditional medicine, an experimental validation study in rats. *Journal of family medicine and primary care*, 9(2), 812-818.
- **Das, S., Nandi, G et Ghosh, L.K. (2019).** Okra and its various applications in drug delivery, food technology, health care and pharmacological aspects-a review. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 11(6), 2139-2147.
- **Danton Batty., Joy, G., Waite–Cusic et Lisbeth Meunier- Goddik (2019).** Influence of chesese – making recipes on the composition and characteristics of Camembert- type cheese. Department of Food Science and technology, Oregon State University, Corvallis 97331.
- **Dasmasures, N. (2014).** Mold- Ripened Varieties, *Encyclopedia of food Microbiology*, Elsevier, 409-415.
- **Divekar, V.B., Kalaskar, M.G., & Redasani, V.K. (2006).** Isolation and characterization of mucilage from *Lepidium sativum* Linn seeds. *International journal of Pharmaceutical Research and Development*, 2(1), 1-5.

E

- **Eck, A., et Gillis, J.C (2006).** *Le fromage*, Lavoisier, 3^{ème} édition. Paris. P. 874.
- **El-Gindy, Y.M., Zahran, S.M., Ahmed, M.H., Idres, A.Y., Aboolo, S.H., et Morchedy, SA. (2022).** Reproductive performance and milk yield of rabbits fed diets supplemented with garden cress (*Lepidium sativum*) seed. *Sientifique reports*, 12 (1), 1-11.
- **Eberhard,T., Robert,A., et Annelise,L. (2005).** *Plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles*. Edition Lavoisier , Paris , pp204-205-206.
- **Elkhalifa, A.E.O., Alshammari, E., Adnan, M., Alcantara, J.C., Awadelkareem, A.M., Eltoum, N.E., Mehmood, K.H., Panda, B.P et Ashraf S.A. (2021).** Okra (*Abelmoschus esculentus*) as a potential dietary medicine with nutraceutical importance for sustainable health applications. *Molecules*, 26(3), 696.

F

- **Friedel, G. (1904).** Étude sur les groupements cristallins. Société de l'Imprimerie Théolier.
- **Frisvad, J.C. (2014).** *Penicillum/ Penicilia* in Food Production, in : *Encyclopedia of Food Microbiology*. Elsevier, 14-18.
- **Freitas, A.C et Malcata, F.X. (1998).** Lipolysis in Picante cheese : Influence of milk type and ripening time on free fatty acid profile. *Le lait*,78, 251-258.

Références bibliographiques

G

- **Guignard, J –L. (2015).** Abrégé de Botanique - Les familles de plantes 16ème édition. Frédéric Dupont, Jean – Louis Guignard Edition Elsevier Masson.
- **Gutte, K.B., Sahoo, A.K et Ranveer, R.C. (2015).** Bioactive components of flaxseed and its health benefits. International journal of Pharmaceutical Science Review and Research, 31(1), 42-51.
- **Guinée, T.P., Feeney, E.P., Auty., Mae et Fox, P.F(2002).** Effet du pH et de la concentration en calcium sur certaines propriétés texturales et fonctionnelles du fromage Mozzarella. Journal des sciences laitières, 85(7), 1655-1669.
- **Guiddey, C. (1982).** Les produits à humidité intermédiaire. Cas particulier du problème de la conservation des produits à humidité intermédiaire. APRIA, 21-28.
- **Gatel, R. (1982).** L'aliment à l'humidité intermédiaire : Concept fondamental et fonction scientifique. APRIA. Paris, 39-50.

H

- **Hekmatshoar, Y., Özkan, T et Saadat, Y.R. (2022).** Evidence for health-promoting properties of *Lepidium Sativum L.*: an updated comprehensive review. Turkish Journal Of Pharmaceutical Sciences, 19(6), 714-723.
- **Hoking, P.J., Kirkegaard, J.A., Angus, J.F. (1997).** Composition of canola, Indian mustard and linola in two contrasting environment. I. Effects of nitrogen fertilizer on dry matter production, seed yeeld and seed quality. Field crops research, 49,23.
- **Hamon, S et Charrier, A. (1997).** Les gombos. L'Amelioration des Plantes Tropicales. Coédition CIRAD–ORSTOM, France, 313-333.

J

- **Jhala, A.J et Hall, L.M. (2010).** Flax (*Linum usitatissimum L.*). current uses and future application. Australian Journal of Basic Applied sciences, 4(9) : 4304- 4312, 2010 ISSN 1991-8178.
- **Jean- Claude Gillis & André Ayerbe. (1997).** Le fromage 4^e édition. Lavoisier Tec et Doc.
- **Jakson, S.A et Dobson , A.D. (2016b).** Yeasts and molds : *Penicillium camemberti* In : Reference Module in Food Science. Elsevier, 1-4.
- **JORA (1998).** Journal Officiel de LA République Algérienne n°35 du 27 mai 1998.

K

- **Kumar, A., Kumar, P et Nadendla, R. (2013).** A review on: *Abelmoschus esculentus* (Okra). International Research Journal of Pharmaceutical and Applied Sciences, 3(4), 129-132.

Références bibliographiques

- **Khan, N., Adhami V.M. Mukhtar, H. (2008).** Apoptosis by dietary agents for prevention and treatment of cancer. *Biochemical pharmacology*, 76(11), 1333-1339.

L

- **Lescuyer, G. (2005).** La biodiversité, un nouveau gombo?. *Natures Sciences Sociétés*, 13(3), 311-315.
- **Liu, Y., Qi, J., Luo, J., Qin, W., Luo, Q., Zhang Q., Wu, D., Li, S., Dong, H., Chen, D et Chen H. (2021).** Okra in food field: Nutritional value, health benefits and effects of processing methods on quality. *Food Reviews International*, 37(1), 67-90.
- **Lock, M. (2004).** Plant resources of tropical Africa 2. Vegetables. *Kew Bulletin*, 59(4), 650.
- **Lenoir, J., Lamberet, G et Schmidt, J.L. (1983).** L'élaboration d'un fromage : l'exemple du camembert. *Pour la science*, (69), 30-42.
- **Lucienne Ali- Delille (2010).** Plantes médicinales d'Algérie. Deuxième Edition. Edition Alger.
- **Lamont, W.J. (1999).** Okra-A versatile vegetable crop. *Horttechnology alexandria* va-, 9, 179-184

M

- **Mali, R.G., Mahajan, S.G et Mehta, A.A. (2008).** Studies on bronchodilatory effect of *Lepidium sativum* against allergen induced bronchospasm in guinea pigs. *Pharmacognosy magazine*, 4(15), 189-192.
- **Max Rom13., Dominique Robert. (2007).** 120 plantes Médicinales (composition, mode d'action et intérêt thérapeutique. De l'Ail à la vigne Rouge éditions Alpen.
- **Michel, M., Romain, J., Gérard, B. (2000).** Initiation à la technologie fromagère. Edition Tec et Doc.
- **Malcolmson, L. (2014).** La graine de lin- un grain ancien, riche en bienfaits pour la santé et en avantages culinaires. <https://healthyflax.org> .
- **Mahaut, M., Jeantet, R., Schuk P. Brul G. (2000).** Les produits laitiers. Ed. Tec et Doc, Lavoisier. Paris. P : 26-180.
- **Mathews,R.S., Singhal,R.S., & Kulkarni, P.R. (1993).** Some physiochemical characteristics of *Lepidium Sativum* (haliv) seeds. *Die Nahrung*, 37(1), 69-71.
- **Malviya, R. (2011).** Extraction characterization and evaluation of selected mucilage as pharmaceutical excipient. *Polimery w medycynie*, 41(3), 39-44.

N

- **Nesbitt, P.D., Lam, Y et Thompson, L.U. (1999).** Métabolisme humain des précurseurs de lignanes de mammifères dans les graines de lin brutes et transformées. *Le journal américain de nutrition clinique*, 69(3), 549-555.

Références bibliographiques

- **Ndunguru, J et Rajabu, A.C. (2004).** Effect of okra mosaic virus disease on the above-ground morphological yield components of okra in Tanzania. *Scientia Horticulturae*, 99(3-4), 225-235.

O

- **Oomah, D.B., Mazza, G et Kenaschuk, E.O. (1996).** Teneur en flavonoïdes des graines de lin. Influence du cultivar et de l'environnement. *Euphytica*, 90,163-167.

P

- **Painuli, S., Quispe, C., Herrera-Bravo, J., Semwal, P., Martorell, M., Almarhoon Z.M., Seilkhan, A., Ydyrys, A., Rad, J.S., Alshehri, M.M., Dastan, S.D., Taheri, Y., Calina, D., Cho, WC. (2022).** Nutraceutical profiling, bioactive composition, and biological applications of *Lepidium sativum L.* *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2022.
- **Paranjape, A.N et Mehta, A.A. (2006).** A study on clinical efficacy of *Lepidium sativum* seeds in treatment of bronchial asthma. *Iranian Journal of pharmacology and Therapeutics* , 5(1) , 0-55.
- **Pattnaik, A.K. (2003).** Effect of herbal additives on lactating ruminants with or without subclinical mastitis (Doctoral dissertation, Thesis submitted to Orissa university of Agriculture and Technology, Bhubaneswar (Orissa) India).
- **Prajapati, M.R et Dave, P.H. (2018).** Therapeutic and nutritional importance of garden cress seed. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(5), 140-143.
- **Patrick, A. (2002).** Transformer les produits laitiers frais à la ferme. *Ed educagri* (pp : 77-94).
- **Pharmacopée européenne. (2002).** 4eme Edition. Conseil de l'Europe. Strasbourg. 2060p.
- **Poy, D., Akbarzadeh,A., & Ghanei, M. (2015).** Carden cress : Morphology, genetically and therapeutic properties. *The Journal for Horticulture*, 103, 130-136.

R

- **Romain, j, Thomas, C, Michel, M, Pierre, S, Gérard, B. (2008).** Les produits laitiers 2^o édition. Edition Tec et Doc.184 page.
- **Ramet, J.P.(1993).** La technologie des fromages au lait de dromadaire (*Camelus dromedarius*). Food & Agriculture Org.

S

- **Singh, B., Lubhani., Monzur, M.B., sri, M.B., Arshnoor., Kaur, J et Singh, J. (2022).** *Lepidium sativum* : Its national composition and thérapeutic properties . *The Pharma Innovation Jurnal* , 11(7) , 15-25.
- **Singh, C.S., Paswan, V.K et Naik, B. (2015).** Exploring potential of fortification by garden cress (*Lepidium sativum L.*) seeds for development of functional foods—A Review. *Indian*

Références bibliographiques

Journal of Natural Products and Resources (IJNPR)[Formerly Natural Product Radiance (NPR)], 6(3), 167-175.

T

Thammarutwasik, P., Hongpattarakere, T., Chantachum, S., Kijroongrojuna, K., Itharat, A., Reanmongkol, W., Tewtrakul & Ooraikul, B. (2009). Prebiotics – A Review. Songklanakarin Journal of science and technology, 31(4), 401-408.

V

- **Vazifeh, S., Kananpour, P., Khalilpour, M., Eaisalou, S.V., & Hamblin, M.R. (2022).** Anti-inflammatory and Immunomodulatory Properties of *Lepidium sativum*. BioMed Research International, 2022.
- **Veisseyre, R. (1975).** Technologie du lait 3^{ème} édition, Maison rustique, Paris.
- **Vignola, C. L. (2002).** Science et technologie du lait : transformation du lait. Ecole de polytechnique de Montréal (Québec).

W

- **Weill, P & Mairesse, G. (2010).** Le lin, son huile, sa graine ...et notre santé. Article de synthèse, phytothérapie, (2), 84-88.
- **Woo, A.H et Lindsay, R.C.(1984).** Concentrations of Major Free Fatty Acids and Flavor Development in Italian Cheese Varieties. Journal of Dairy Science, 67(5) ; 960-968.

Y

- **Yonas, M., Garedeu, W., & Debela, A. (2014).** Multivariate analysis among okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) collection in South Western Ethiopia. Journal of Plant Sciences, 9(2), 43.



Annexes

Annexe 01

Matériels et réactifs utilisés dans notre étude au niveau des laboratoires physicochimique (I et II) et de Microbiologie de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou .

Appareillage	Verrerie	Réactifs	Autres instruments
-Réfrigérateur -Balance de précision -Bain Marie -Plaque chauffante -pH mètre -Four pasteur -L'étuve -Spectrophotomètre - Four a moufle -Burette -Dessiccateur -Chauffe ballon - Bec bunsen - Compteur de colonies	-Tubes à essai -Verre a montre -Béchers -Éprouvettes graduées -Erlenmeyer -Fioles jaugées -Creusets en porcelaine -Pipettes graduées -Entonnoirs - Ballon -Flacons - Cuves -Pipettes pasteur -Cristallisoirs -Boites de pétri -Flacons	-Eau distillée -Acide chlorhydrique (HCL) -Chlorure ferrique $FeCl_3$, $FeCl_3$ (5%) - L'acétate de sodium (CH_3COONa) - L'alcool 2-butanol -Hydroxyde de sodium NaOH, NaOH (0,1N) -Acide chlorhydrique HCl (10%), HCl (1N) . - Chloroforme - Ammoniaque -L'acide sulfurique (H_2SO_4) - Ethanol -Hydroxyde de potassium KOH (10%) -Trichlorure d'aluminium ($ALCL_3$) à 2% - Phénolphtaléine ($C_{20}H_{14}O_4$) - Nitrate d'argent($AgNO_3$) -Chromate de potassium(K_2CrO_4) - Chlorure de sodium (NaCl)	-Spatules -Papiers filtre -Papiers aluminium -Papiers film -Portoirs -Compressees stériles -Gants stériles -Micropipette - Seringues -Embouts -Mortier et pilon -Passoire -Capsules en aluminium -Flacons en plastiques -Papiers hygiénique

Annexe 02

Matériels et réactifs utilisés dans notre étude au niveau de l'unité ATTOUCHE .

Produits et réactifs	Instruments
-Lait -Ferments lactique -La présure -Sel - Pourpre de Bromocrésol (bleu de Bromocrésol). - Bandelette - Phénophtaléine - NaOH - Ethanol 70%	-Pasteurisateur -Bassin -Table d'affinage -Claies d'affinage -Plateaux -Moules en plastique -Pelle -Tranche caillé -Fouet - Pipette - Cuvette - Mini incubateur - Lactodensimètre - Eprouvette - Acidimètre - Seringue stérile

Annexe 03

La composition des milieux de cultures utilisés pour l'analyse microbiologique des fromages élaborés .

1)- Eau physiologique

Chlorure de sodium.....	9g
Eau distillée.....	1000ml

2)- Gélose MRS (Man,Rogosa et Sharpe)

Polypeptone.....	10g
Extrait de viande.....	10g
Extrait de levure.....	05g
Glucose	20g
Tween 80.....	1ml
Phosphate bipotassique.....	02g
Acétate de sodium trihydraté.....	05g
Citrate d'ammonium.....	02g
Sulfate de magnésium, 5H ₂ O	0,2g
Sulfate de manganèse,4H ₂ O.....	0,5g
Agar.....	15g
Eau distillée.....	1000ml

3)- Gélose VRBL (Violet Red Bile Lactose Agar)

Agar.....	15g
Lactose.....	10g
Peptone	7g
Chlorure de sodium	5g
Extrait de levure.....	3g
Mélange sel biliaire.....	1.5g
Rouge neutre.....	0,03g
Cristal violet.....	0,002g
Eau distillé.....	1000ml

4)- Gélose Sabouraud

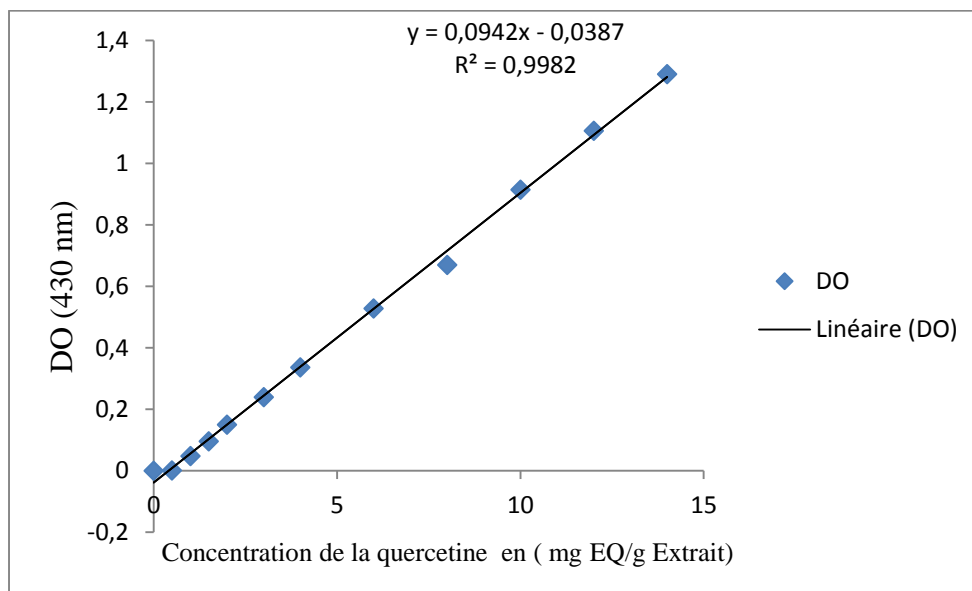
Peptone.....	10G
Glucose.....	20G
Agar	15G
Eau distillée.....	1000ml

5)-Gélose Chapman

Peptone.....	10g
Extrait de bœuf.....	1g
Chlorure de sodium.....	75g
D-mannitol.....	10g
Rouge de phénol.....	25mg
Agar.....	15g

Annexe 04

La courbe d'étalonnage des flavonoïdes



Expression des résultats

Chaque gramme de l'échantillon macéré a une teneur en flavonoïdes (en milligramme) équivalente à celle de la Quercétine/g MS.

Annexe 05

Recherche des saponosides

✓ Poudre des graines de lin

Tube 1 : 3 gouttes de l'infusion + 5 ml de HCl.

Tube 2 : 3 gouttes de l'infusion + 5 ml de NaOH.

✓ Poudre des graines de cresson

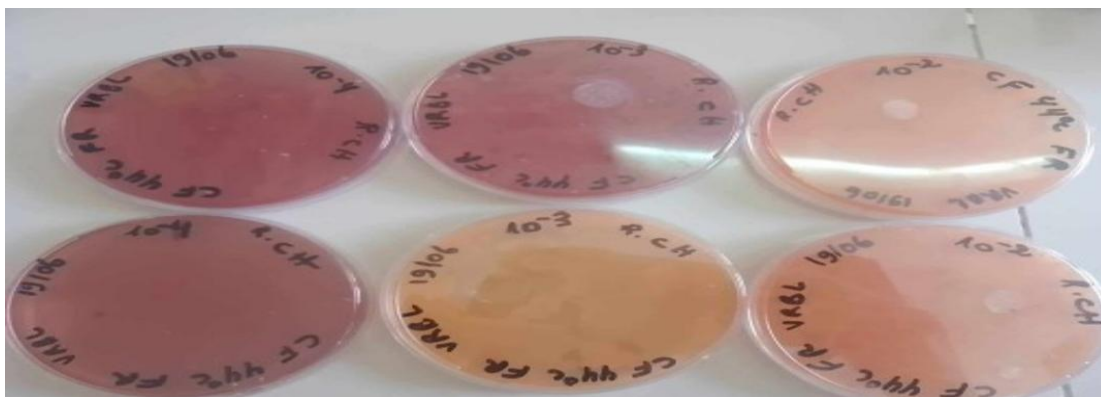
Tube 1 : 3 gouttes de l'infusion + 5 ml de HCl.

Tube 2 : 3 gouttes de l'infusion + 5 ml de NaOH.

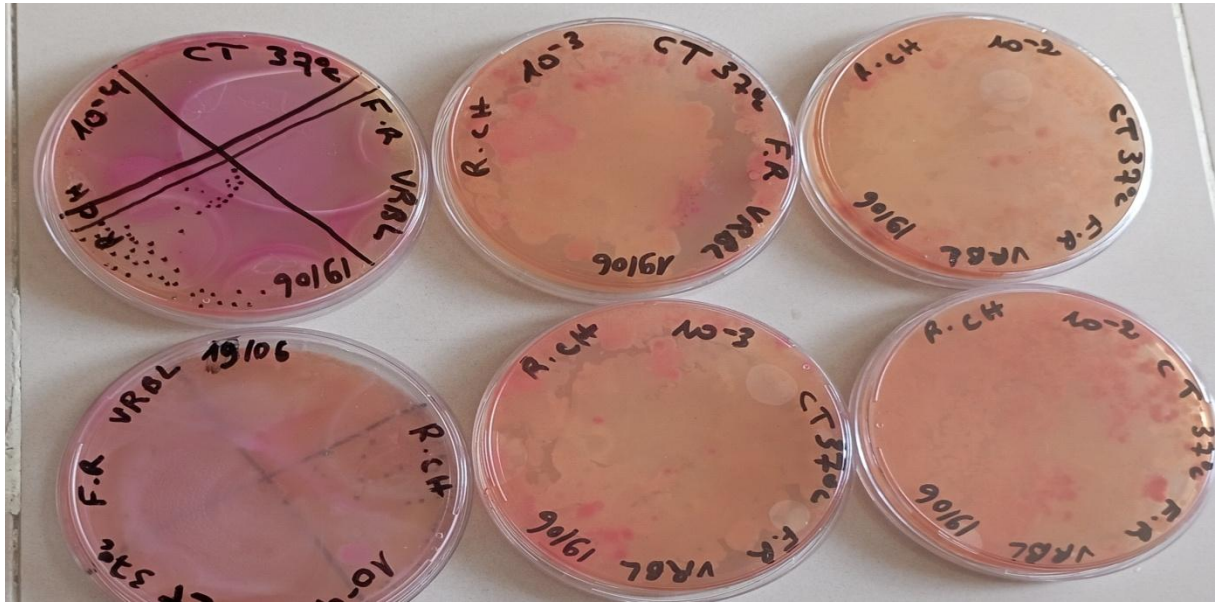
Annexe 06

Résultats des analyses microbiologiques

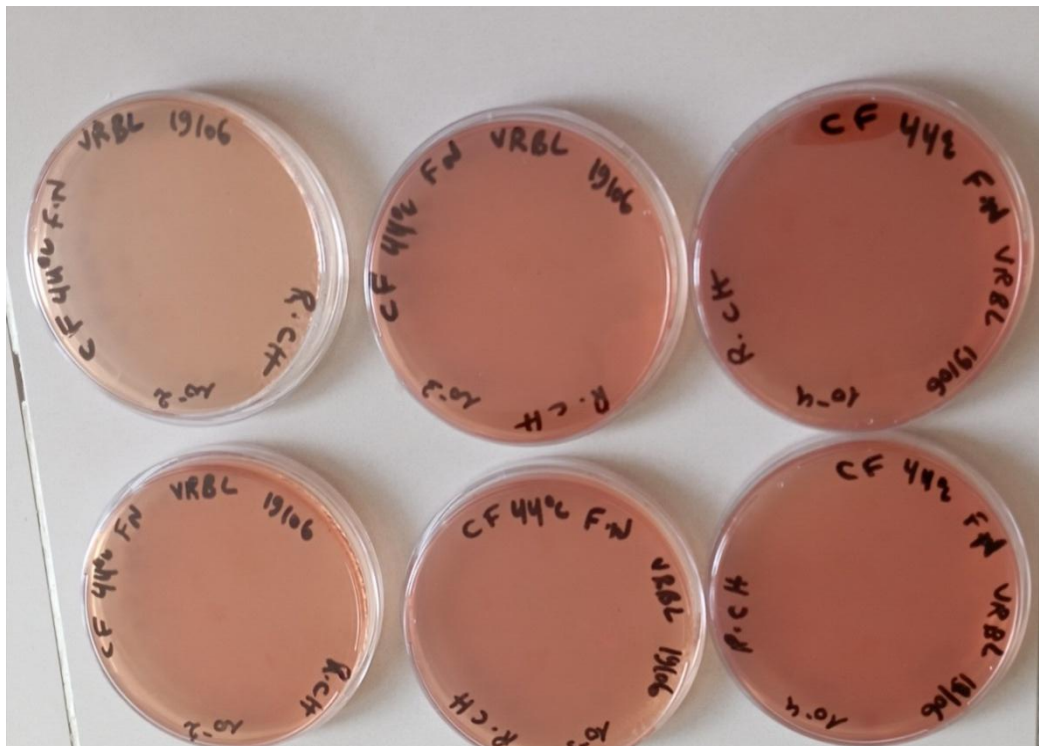
Résultats du dénombrement des coliformes fécaux et totaux



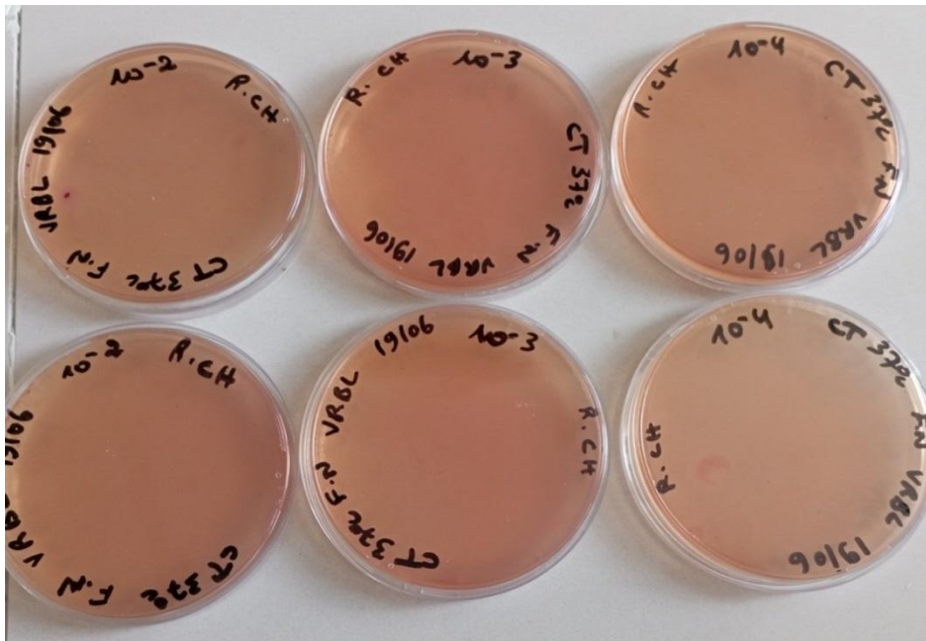
Résultats coliformes fécaux du fromage référence



Résultats coliformes totaux du fromage référence

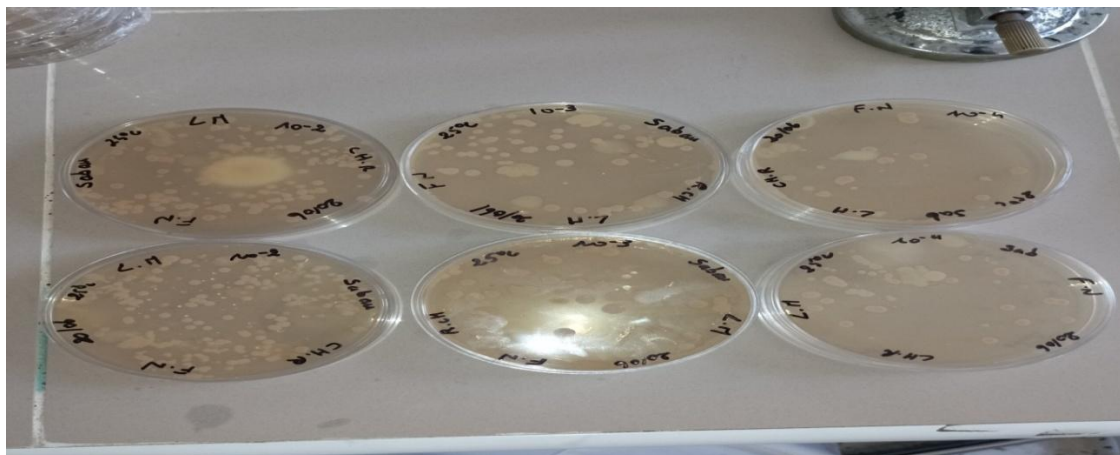


Résultats coliformes fécaux du fromage Nutraceutic

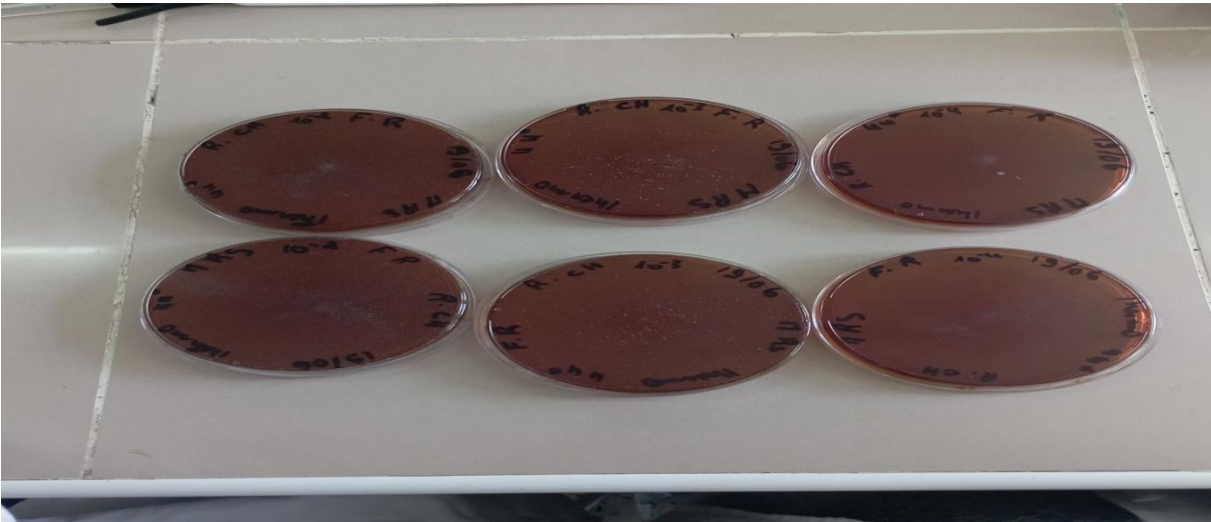


Résultats coliformes totaux du fromage Nutraceutic

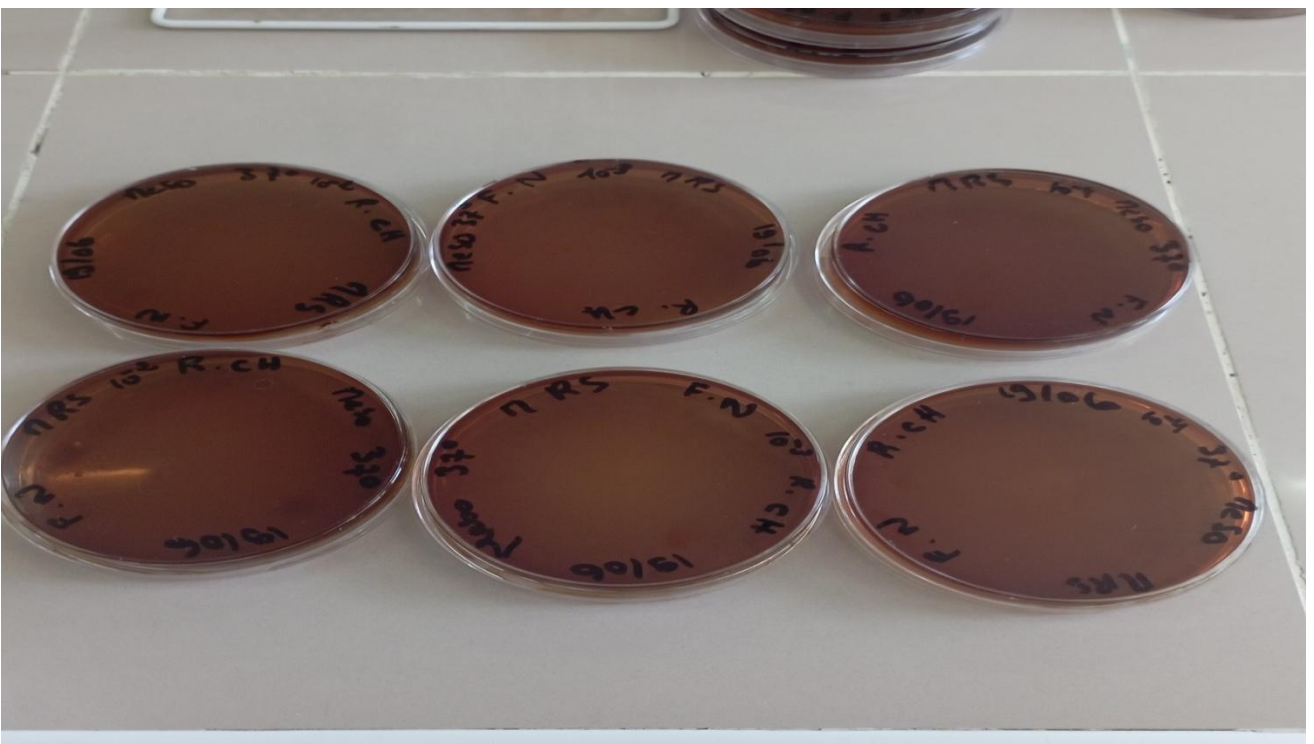
Résultats du dénombrement des levures et moisissures



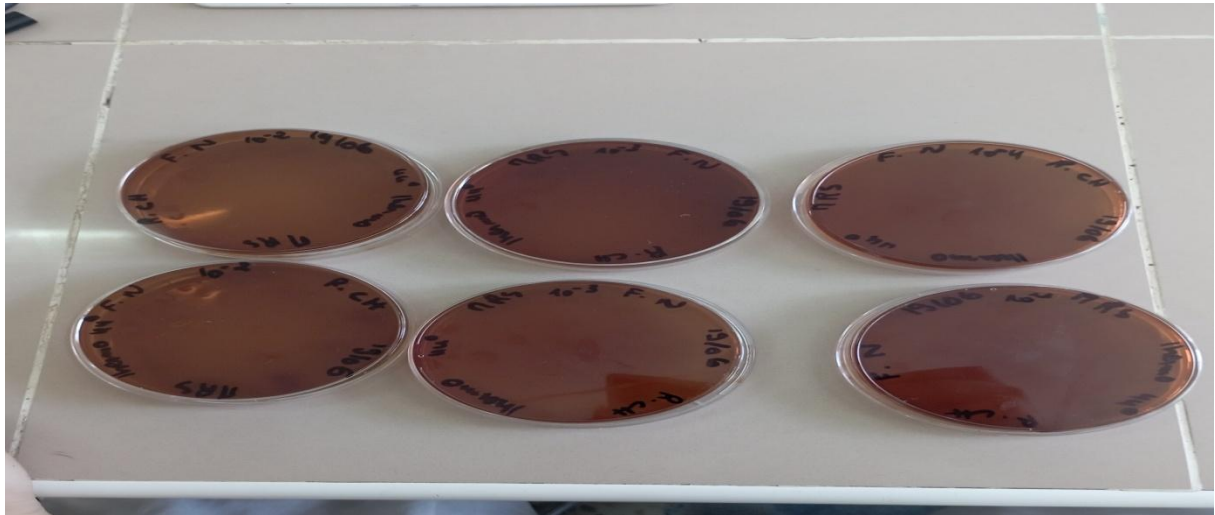
Résultat du fromage nutraceutique



Flore thermophile du fromage référence

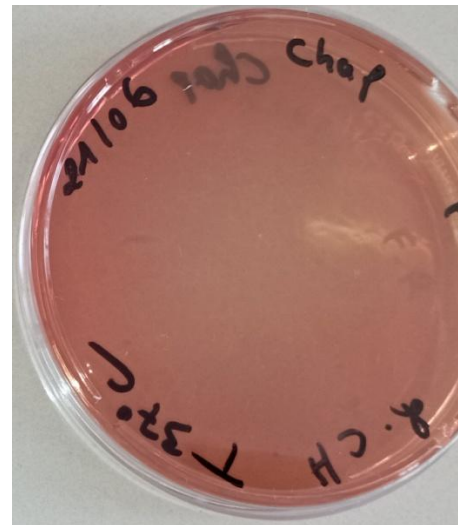
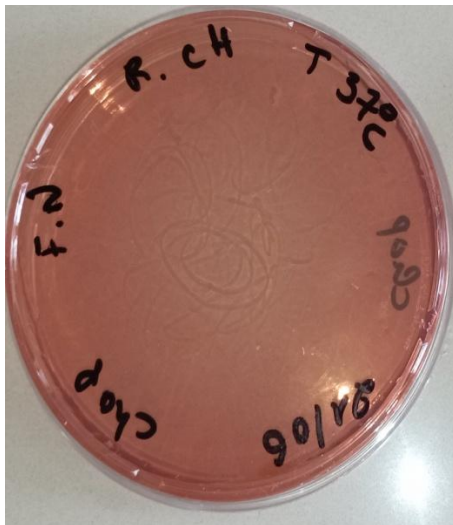


Flore mésophiles du fromage nutraceutique



Flore thermophile du fromage nutraceutique

Résultats de la recherche des *Staphylococcus aureus*



F.N : Fromage nutraceutique

F.R : fromage Référence