



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun –Tiaret–
Faculté Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie

Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de Master académique
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences biologiques
Spécialité : Toxicologie et Sécurité Alimentaire

Présenté par :

- ZERROUKI Manel
- CHAHMAOUI Sarah
- BOSRI Khaldia

Thème

Fabrication de fromage traditionnel à pâte pressée
de type Edam et étude de l'effet du starter sur la
qualité technologique

Soutenu publiquement, le : 03/07/2024.

Jury :

Présidente : Mme. MOULAY M.

Encadrant : M. YEZLI W.

Co-encadrant : Mme. ZEBBOUDJ N.

Examineur : M. BENBAGUARA M.

Grade

« MCA »

« MCA »

« MCB »

« MAA »

Année universitaire 2023-2024

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Que la paix et les bénédictions soient sur notre premier éducateur

محمد صلى الله عليه وسلم

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères

Remerciements à notre promoteur M. YEZLI W., pour son aide la plus précieuse, son apport constructif, ses encouragements, ses conseils, sa grande, sa disponibilité et surtout sa modestie, qui est aussi grande que son mérite.

Nous adressons nos plus profonds remerciements à notre co-encadreur Mme. ZEBBOUDJ N., pour son aide précieuse.

Nous remercions les plus vifs vont aux membres de jury, qui nous ont enseigné le long de notre parcours universitaire et de nous avoir honoré de Jugé notre travail :

Mme MOULAY M., d'avoir accepté vivement de présider cet honorable jury.

M. BENBEGUARA M., d'avoir consacré son précieux temps afin de Juger ce modeste travail.

Nous remercions s'adresse également à M. SAID A.E.K., pour son aide pratique

Nous souhaitons exprimer notre gratitude à l'ingénieur du laboratoire microbiologique, Mlle. SOUALMI K., pour tout ce qu'elle a fait pour nous.

Nos profonds remerciements vont à M. BENHALIMA A., ingénieur de laboratoire technologie alimentaire pour son aide précieuse.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail de recherche.

الاهداء

بسم خالقي و ميسر أموري و عصمت أمري لك كل الحمد و الإمتنان

(يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ)

أهدي هذا النجاح إلى نفسي الطموحة أولا ابتدت بطموح و انتهت بنجاح

بكل حب أهدي ثمرة نجاحي و تخرجي

إلى من كلله الله بالهيبة و الوقار ، إلى من أحمل اسمه بكل فخر ، إلى من علمني أن الدنيا كفاح و

سلاحها العلم و التعلم ، إلى معلمي الأول «أبي الغالي»

إلى من كان دعاؤها سر نجاحي ، إلى الجسر الصاعد بي إلى الجنة ، إلى العظيمة التي يرجع الفضل لها

بعد الله «أمي الحبيبة»

إلى الذين قال فيهم الله "و نشد عضدك باخيك" مصدر قوتي و الشموع التي تنير طريقي

إخوتي (محمد, هاجر, ابراهيم) دتم لي سندا

إلى كل العائلة الكريمة

إلى صديقات الرحلة و النجاح

و شكري و ثنائي لكل أساتذتي الذي بهم نعلو و نرتقي

لله الشكر كله أن وفقني لهذه اللحظة فالحمد لله رب العالمين و الصلاة و السلام على نبيه الكريم.

شحماوي سارة



الاهداء

الحمد لله حبا وشكرا وامتنانا. ما كنت لأفعل هذا لولا فضل الله فالحمد لله على البدء والختام

بكل حب اهدي ثمرة نجاحي وتخرجي

الى التي حملتني وهن على وهن وحممتني ومنحتني الحياة واحاطتني بحنانها الى الجسر
الصاعد بي الى الجنة الى اليد الخفية التي ازالته عن طريقى اشواك ومن تحملت كل لحظة
الم مررت بها وساندتني عند ضعفي وهزلي ; "امي الغالية" ادامك الله تاجا فوق رؤوسنا
الى الذي علمني ان الدنيا كفاح وسلاحها العلم والمعرفة الى من احمل اسمه بكل افتخار الى
; اعظم واعز رجل في الكون "ابي الغالي"

الى روح جدي وابي الثاني الغالي والعزيز على قلبي الذي كان عزا لنا في حياته ومماته
جدي الحبيب رحمة الله عليه "بصري عبد السلام"

; والى من شد الله به عضدي فكان خير معين اخوتي واخواتي

"محمد, عبد المالك, رحيل, عبد الباسط, سعاد, اية, فريحة"

الى عمي الغالي ادامه الله سندنا لنا "اسماعيل"

الى صديقات المواقف لا السنين شريكات الدرب الطويل من كانوا في سنوات العجاف

سحايا ممطرا صديقاتي العزيزات

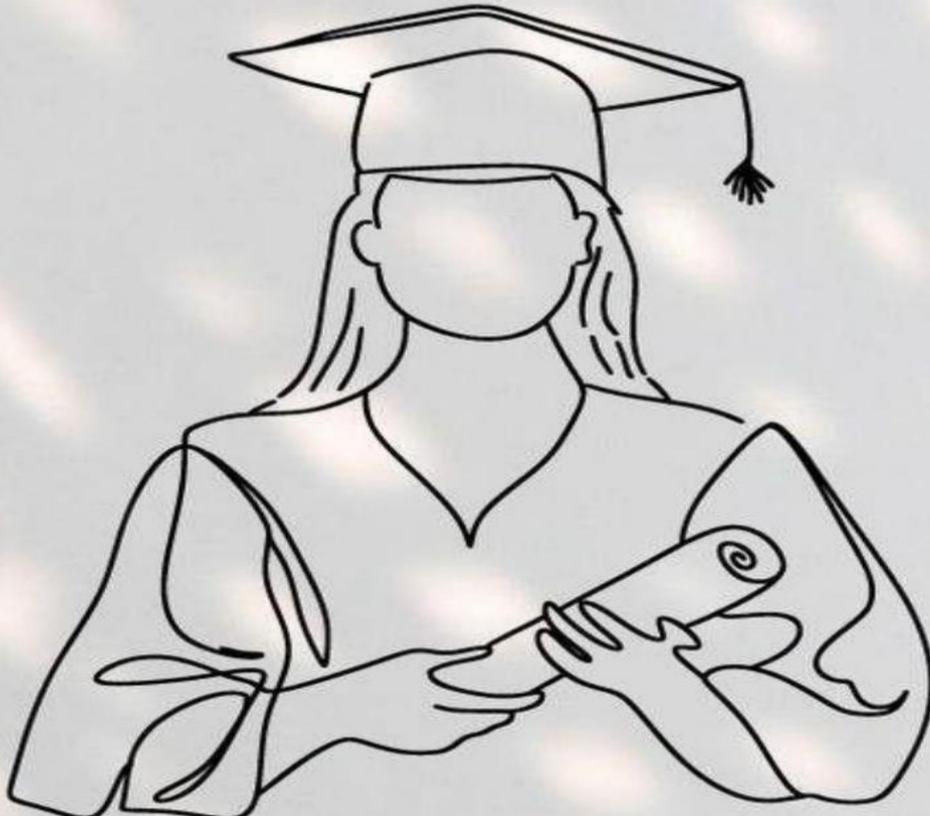
الى كل من كان له الفضل في تعليمي منذ بداية مسيرتي الى النهاية

الى نفسي المتابرة الطموحة

واخر دعواهم ان الحمد لله ربي العالمين والصلاة والسلام على اشرف المرسلين وختامها

مسك

بصري خالدية



الاهداء

بسم الله الرحمن الرحيم و الصلاة والسلام على سيدنا محمد و أهله

الحمد لله حبا و شكرا و امتنانا، الذي بفضلته و توفيقه عز وجل ها أنا اليوم أنظر الى حلم طال انتظاره قد أصبح واقعا أفخر به

من قال أنا لها "نالها"

لم يكن المشوار قصيرا ولا الطريق كان سهلا

أما بعد

إلى من ربياني و وضعاني بأمان يديهما في طريق النجاح إلى من دعمتني بلا حدود و أعطيتني بلا مقابل قوتي بعد الله أبي العزيز و أمي الغالية أشركما و لا كلمات الشكر تكفي و اهديكما هذا الإنجاز الذي لولاكما و لولا دعانكما ما كان له وجود يا خير سند قبل افتخاري بنجاحي أنا كلي افتخارا كوني ابنتكما يا منبع العلم الأول

إلى كل من علمني حرفا، أساتذتي الأعزاء

إلى نفسي

إلى أخي محمد وحيد و ضلعي الثابت

إلى أخواتي سندي و عوضي (صبرينة، شهرزاد، مروى

إلى عائلتي الكريمة أخص بالذكر عمي أحمد

طيب الخطى و الأخ الثاني

إلى رفيقات الدرب و كل من أعانني على الوصول إلى هذا اليوم المبارك

أهدي هذا العمل المتواضع

و أسأل الله عز وجل أن ينفعني و كل من يقرؤه به و يبارك فيه

زروقي منال



Résumé

Cette étude vise à tester l'effet de trois starters différents (le premier starter est constitué de bactéries thermophiles, bactéries mésophiles et de ferments du rouge, le deuxième de lactosérum du fromage précédent, et le troisième uniquement de bactéries thermophiles et de ferments du rouge) sur la qualité physico-chimique, microbiologique et sensorielle de trois types de fromages Édam traditionnels. Les recherches ont porté sur le suivi des propriétés physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles du lait de vache pasteurisé et des trois fromages fabriqués. Les résultats ont montré que le lait utilisé était de bonne qualité selon les normes requises. Le suivi microbiologique et physico-chimique a également indiqué une bonne qualité du processus de production fromagère. Le fromage issu du premier starter se distingue par une bonne qualité sensorielle, évaluée par un comité de dégustation. Cependant, certaines différences ont été observées au niveau de la couleur, de la texture, de la salinité et du rendement. Le pourcentage de rendement le plus élevé, de 14,56 %, a été observé pour le fromage Édam fabriqué à partir du troisième starter, composé uniquement de bactéries mésophiles et de ferments du rouge.

Mots clés : fromage, Édam, lait de vache pasteurisé, qualité physico-chimique, qualité microbiologique, qualité sensorielle.

Abstract

This study investigates the impact of three distinct starters on the physicochemical, microbiological, and sensory qualities of traditional Edam cheese. The first starter consists of mesophilic bacteria, thermophilic bacteria, and red cheese ferment ; the second starter comprises lactoserum from the first cheese; and the third starter includes only thermophilic bacteria and red cheese ferments. The research focuses on monitoring the physicochemical, microbiological, and sensory properties of pasteurized cow's milk and the resulting three types of cheese.

The results indicate that the milk used meets the required quality standards. Microbiological and physicochemical monitoring confirmed the high quality of the cheese production process. Sensory evaluations by a tasting committee showed that cheese made from the first starter had good sensory quality. However, differences were observed in color, texture, salinity, and yield percentage. The highest yield percentage, recorded at 14.56%, was for Edam cheese made from the third starter, which contains only mesophilic bacteria and red cheese ferments.

Keywords : cheese, Edam, pasteurized cow's milk, physicochemical quality, microbiological quality, sensory quality

المخلص

تهدف هذه الدراسة، إلى اختبار تأثير ثلاث بوائى مختلفة (البائى الأول مكون من بكتيريا محبة للحرارة، معتدلة الحرارة خمائر الجبن الأحمر، البائى الثانى مكون من مصل حليب الجبن الأول، والبائى الثالث مكون فقط من البكتيريا معتدلة الحرارة بالإضافة إلى خمائر الجبن الأحمر) على الجودة الفيزيوكيميائية، والميكروبيولوجية، والحسية، لثلاثة أنواع من جبنة ايدام تقليدية الصنع. ركز هذا البحث على متابعة الخصائص الفيزيوكيميائية، والميكروبيولوجية، والحسية، لحليب البقر المبستر، والأجبان الثلاثة المصنوعة. حيث أظهرت النتائج، أن الحليب المستخدم كان ذو جودة جيدة وفقاً للمعايير المطلوبة. كما أشارت نتائج المراقبة الميكروبيولوجية والفيزيوكيميائية، جودة عالية لسير عملية إنتاج الأجبان. وبينت النتائج أيضاً، أن الجبنة المصنوعة من البائى الأول، يتميز بجودة حسية جيدة، حسب تقييم لجنة التذوق. مع ذلك، لوحظت بعض الإختلافات في اللون والقوام والملوحة ونسبة المردودية، حيث سجلت أعلى نسبة ب 14.56%، لجبنة ايدام المصنوعة من البائى الثالث المكون فقط من البكتيريا معتدلة الحرارة بالإضافة إلى خمائر الجبن الأحمر.

الكلمات المفتاحية: جبنة، ايدام، حليب البقر المبستر، جودة فيزيوكيميائية، جودة ميكروبيولوجية، جودة حسية.

Table des matières

Liste des Tableaux	i
Liste de Figures.....	ii
Liste des Abréviations	iv
INTRODUCTION.....	1
Chapitre I : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I.1. Généralité sur lait	3
I.1.1. Définition du lait	3
I.1.2. Composition de lait	3
I.1.3. Principales caractéristiques	4
I.2. Généralités sur les fromages	5
I.2.1. Définition	5
I.2.2. Classification des fromages	6
I.2.3. Définition du fromage Edam	7
I.2.4. Historique de l'Edam	7
Chapitre II : MATÉRIEL & MÉTHODES.....	8
II.1. Objectif du travail	8
II.2. Période et lieu de travail	8
II.3. Matériel et produits utilisés.....	8
II.3.1. Matériel du laboratoire	8
II.3.2. Matériel biologique.....	8
II.4. Protocole expérimental	10
II.5. Diagramme de la fabrication de fromage Edam	11
II.6. Échantillonnage et transport.....	13
II.6.1. Analyses physico-chimiques du lait	13
II.6.2. Analyses microbiologiques du lait.....	14
II.7. Processus de fabrication	16
II.7.1. Chauffage du lait.....	16
II.7.2. Addition de chlorure de calcium, ensemencement et réhydratation	17

II.7.3. Maturation	17
II.7.4. Emprésurage et coagulation.....	17
II.7.5. Découpage et cicatrisation.....	18
II.7.6. Premier brassage et sédimentation	18
II.7.7. Lavage, brassage II et sédimentation.....	19
II.7.8. Troisième brassage	19
II.7.9. Drainage et premier moulage	19
II.7.10. Premier pressage.....	20
II.7.11. Démoulage et la cuisson	20
II.7.12. Deuxième moulage et pressage	21
II.7.13. Démoulage et saumurage.....	22
II.7.14. Séchage et affinage	22
II.7.15. Cirage du fromage	23
II.8. Analyses du produit fini (Fromage Edam)	24
II.8.1. Mesure du rendement fromager.....	24
II.8.2. Analyses physico-chimiques du fromage	24
II.8.3. Analyses microbiologiques du fromage	28
II.8.4. Analyses organoleptiques du fromage.....	29
Chapitre III : RÉSULTATS & DISCUSSION.....	31
III.1. Résultats des analyses de la matière premier (lait)	31
III.1.1 Analyses physicochimiques.....	31
III.1.2. Analyses microbiologiques	32
III.2. Analyses du produit fini (fromage)	34
III.2.1. Temps de saumurage des trois fromages	34
III.2.2. Variations du rendement	35
III.2.3. Analyses physico-chimiques	36
III.2.4. Analyses microbiologiques	38
III.2.5. Analyses organoleptiques	39
CONCLUSION.....	42
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	43
ANNEXES.....	48

Liste des Tableaux

Tableau 1. Matériel utilisé dans la réalisation du travail.....	8
Tableau 2. Résultats des analyses physicochimiques du lait.	31
Tableau 3. Résultats des analyses microbiologiques du lait.	33
Tableau 4. Temps de saumurage pour les trois fromages.....	35
Tableau 5. Résultats des analyses physicochimique des trois fromages.....	36
Tableau 6. Résultats des analyses microbiologiques des 3 fromages.	39
Tableau 7. Critères microbiologiques applicables aux lait et produits laitiers ...	60
Tableau 8. Valeur nutritionnelle du fromage Edam (Référence).....	65
Tableau 9. Composition de l'Edam (Codex Stan, 1966).....	65

Liste de Figures

Figure 1. Protocole expérimental.	10
Figure 2. Diagramme de fabrication de fromage type Edam.	12
Figure 3. Lait de vache entier, conditionné et pasteurisé (1L).	13
Figure 4. Chauffage le lait à 32°C.	16
Figure 5. Addition du chlorure de calcium et des ferments lactiques.	17
Figure 6. Découpage du caillé.	18
Figure 7. Premier brassage du caillé.	18
Figure 8. Retrait du lactosérum et ajout du même volume en eau à 60°C.	19
Figure 9. Drainage du petit lait et moulage du caillé.	20
Figure 10. Premier pressage du fromage à 11kg.	20
Figure 11. Démoulage et cuisson du fromage.	21
Figure 12. Deuxième pressage du fromage à 24kg.	21
Figure 13. Salage en saumure.	22
Figure 14. Séchage du fromage.	23
Figure 15. Enrobage du fromage avec de la cire.	24
Figure 16. Rendement de la fabrication des trois fromages.	36
Figure 17. Résultats du test de dégustation des trois fromages.	40
Figure 18. Les trois fromages de types Edam fabriqués traditionnellement.	41
Figure 19. Dénombrement de germes aérobies à 30°C.	52
Figure 20. Dénombrement les coliformes thermotolérants.	53
Figure 21. Dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i>	54

Figure 22. Recherche des selmonelles.	55
Figure 23. Analyse physicochimique du fromage.....	56
Figure 24. Dénombrement d' <i>Escherichia coli</i>	57
Figure 25. Dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i>	58
Figure 26. Recherche des salmonelles.	59
Figure 27. Présentation des fromages au jury de dégustation.....	64

Liste des Abréviations

AFNOR : Association Française de la Normalisation.

AOP : Appellation d'Origine Protégée.

BCPL : Bouillon lactosé au Pourpre de Bromo-crésol.

BP: Baird Parker.

ct : Cuillère à thé.

D/C: Doubleconcentration.

EST : Extrait Sec Total.

FAMT: Flore Aérobie Mésophile Totale.

FAO: Food and Agriculture Organization.

ISO: International Organization for Standardization.

JORA : Journal Officiel République Algérienne.

LTLT: Low Température and long time.

MG : Matière Grasse.

MST : Matière Sèche Totale.

N : Normalité.

PCA: Plate Count Agar.

S/C: Simple concentration.

SCS : Cellules Somatiques.

SFB : Bouillon Sélénite Cystéine.

TSE:Tryptone-Sel-Eau.

UFC: Unité Formant Colonie.

UHT : Ultra Haute Température.

VRBL : Gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre.

INTRODUCTION

Un aliment complet et exclusif de l'homme a sa naissance, le lait est une matière hors du commun. Source de nutriments essentiels, il est devenu progressivement une plateforme pour des bénéfices santé additionnels et une source d'ingrédients à haute valeur ajoutée. Une part essentielle de sa valorisation aujourd'hui se fait toujours sous forme de fromages et de laits fermentés (Lortal et Boudier., 2011).

Le fromage est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport de protéines de lactosérum/caséine ne dépasse pas celui du lait, et qui est obtenu soit par coagulation complète ou partielle des matières premières suivantes : lait et/ou produits obtenus à partir du lait, grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation ; et/ou par l'emploi de techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait et/ou des produits provenant du lait, de façon à obtenir un produit fini ayant des caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques similaires à celles du produit défini (Codex stan 283-1978).

Le but de l'industrie fromagère est de transformer le lait en un produit d'utilisation prolongée et de goût différent grâce à diverses actions microbiennes et enzymatiques (Leroy et De Vuyst., 2004).

La consommation des produits laitiers, tels que les fromages, est une coutume ancestrale liée à l'agriculture. Les fromages traditionnels sont fabriqués selon des méthodes artisanales qui se sont transmises de génération en génération. Ces savoir-faire font partie du patrimoine des techniques agricoles traditionnelles algériennes (Boudalia et al., 2020 ; Leksir et al., 2019 ; Benlahcen et al., 2017 ; Shori, 2017 Boudalia et al., 2016 ; Leksir et Chemmam, 2015).

L'Édam est un type de fromage à pâte ferme ou semi-dure, conforme aux normes générales du fromage (Codex stan 283-1978).

La grande acceptabilité des fromages par les consommateurs peut être attribuée à leurs caractéristiques sensorielles agréables, à leurs bonnes propriétés nutritionnelles (Possas et al., 2021).

Par conséquent, il est très important d'évaluer les propriétés du fromage, c'est-à-dire les caractéristiques microbiologiques et physicochimiques du produit final, qui contribuent à la qualité de cet aliment laitier (El-Bakry et Sheehan., 2014).

L'analyse sensorielle est une science multidisciplinaire qui fait appel à des dégustateurs et à leur sens de la vue, de l'odorat, du goût, du toucher et de l'ouïe pour mesurer les caractéristiques sensorielles et l'acceptabilité de produits alimentaires ainsi que de nombreux autres produits. Aucun instrument ne peut reproduire ou remplacer la réaction humaine, ce qui fait que l'élément « évaluation sensorielle » de toute étude alimentaire est essentiel (Watts et al., 1991).

L'objectif de notre travail est la fabrication de fromages traditionnels à pâte pressée de type Edam, tout en variant le starter bactérien, ainsi qu'une étude comparative de la qualité microbiologique, physico-chimique et organoleptique de trois types de fromages ; et cela, dans le but d'améliorer le processus, afin de réduire les coûts et de valoriser les sous-produits du lait.

Chapitre I : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Généralité sur lait

I.1.1. Définition du lait

Le lait est un liquide sécrété par les glandes mammaires des femelles mammifères après la naissance du jeune. C'est un liquide de composition complexe, blanc et opaque, d'une saveur douce, d'une réaction ionique ou pH voisin de la neutralité. La fonction naturelle du lait est d'être un aliment exclusif des jeunes mammifères pendant la période critique de leur existence, après la naissance, alors que la croissance est rapide et qu'il ne peut lui être substitué d'autres aliments (Alais, 1984).

Le lait est défini comme « le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée ». Il doit être en outre collecté dans de bonnes conditions hygiéniques et présenter toutes les garanties sanitaires. Il peut être commercialisé en l'état mais le plus souvent après avoir subi des traitements de standardisation lipidique et d'épuration microbienne pour limiter les risques hygiéniques et assurer une plus longue conservation (Jeantetetal.,2007).

Du point de vue physicochimique, le lait est un produit très complexe. Une connaissance approfondie de sa composition, de sa structure et de ses propriétés physiques et chimiques est indispensable à la compréhension des transformations du lait et des produits obtenus lors des différents traitements industriels. Les sections qui suivent traitent du lait de vache (Vignola, 2002).

I.1.2. Composition de lait

Le lait contient presque tous les éléments nutritifs nécessaires à la croissance du jeune mammifère. Un litre de lait d'origine bovine contient environ 50 g de lactose, 32 g de protéines et 40 g de matières grasses. Le potentiel énergétique d'un litre de lait est respectivement de 2720 kJ, 2090 kJ et 1460 kJ suivant qu'il est entier, demi-écrémé ou écrémé.

Le lait n'est cependant pas un aliment complet, car carencé en fer et acides aminés soufrés (méthionine, cystéine). Il contient des protéines riches en résidus d'acides aminés essentiels et des minéraux d'intérêt nutritionnel (calcium et phosphore) sous forme organique et minérale facilement assimilable par l'organisme.

La composition des laits varie selon les espèces : les laits de ruminants ont une teneur élevée en protéines et se distinguent aussi par une proportion importante de résidus d'acides gras (AG) à courte chaîne dans la constitution des triglycérides. Ce sont les laits de vache et de

chèvre qui présentent les compositions les plus équilibrées en lipides, lactose et protéines (Jeantet et al.,2007).

I.1.3. Principales caractéristiques

I.1.3.1. Caractéristiques physicochimiques du lait

Les caractéristiques physiques considérées comme les plus importantes pour la transformation du lait sont la masse volumique et la densité, le point de congélation, le point d'ébullition, l'acidité et le pH.

- **Masse volumique et densité du lait**

En pratique, la masse volumique de l'eau est de 1,000 g/ml à 4 °C et de 0,99823 g/ml à 20 °C. La densité du lait à 15 °C varie de 1,028 à 1,035 pour une moyenne de 1,030. Chacun des constituants du lait agit sur la densité. Par exemple, la crème à 35% possède une densité de 0,996 et le lait écrémé, une densité de 1,036. Étant donné que la matière grasse est le seul constituant qui possède une densité inférieure à 1, plus un lait ou un produit laitier contient. Un pourcentage élevé en matières grasses, plus sa densité est basse. De plus, les solides non gras (SNG) ont tous une densité supérieure à 1. Par conséquent, plus la teneur en solides non gras est élevée, plus la densité du produit laitier sera élevée. Ainsi, l'écémage du lait augmentera sa densité et son mouillage (addition d'eau) la diminuera (Vuillemand et al.,2018).

- **Point de congélation**

Le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Il peut varier de -0,520°C à -0,560°C avec une valeur moyenne de -0,545°C. Un point de congélation supérieur à -0,520°C permet de soupçonner une addition d'eau au lait. Lors de l'analyse des échantillons de lait, le point de congélation est vérifié à l'aide d'un cryoscope (Vuillemand et al.,2018).

- **Point d'ébullition**

Le point d'ébullition est défini par la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance. Ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi, comme pour le point de congélation, le point d'ébullition du lait subit l'influence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5°C. La température d'ébullition diminuant avec la pression (par exemple sous v partiel), ce principe est appliqué dans les procédés concentration du lait (Vuillemand et al.,2018).

- **Acidité du lait**

Le pH d'un lait frais se situe entre 6,6 et 6,8. Les valeurs de pH entre 6,5 et 6,9 doivent être considérées comme anormales. Le colostrum a un pH plus bas ($\text{pH} < 6,0$) du fait de sa teneur élevée en protéines (Vuilleumard et al., 2018).

I.1.3.2. Qualité microbiologique

Le lait est un aliment dont la durée de vie est très limitée. En effet, son pH voisin de la neutralité, le rend très facilement altérable par les microorganismes et les enzymes, ainsi que sa richesse et sa fragilité qui font du lait un milieu idéal aux nombreux microorganismes comme les moisissures, les levures et les bactéries qui se reproduisent rapidement (Gosta, 1995).

L'étape de prélèvement constitue une étape cruciale dans l'analyse microbiologique du lait. Il faut effectuer ces prélèvements dans des conditions qui reflètent le plus fidèlement possible la qualité du lait à analyser, en règle générale, des conditions de stérilité infaillibles, et faire intervenir des personnes expérimentées. Les échantillons prélevés doivent par la suite être maintenus dans des conditions qui n'altéreraient pas la qualité intrinsèque du lait. Le volume de l'échantillon prélevé est très variable et doit être représentatif du volume total de l'échantillon de lait à analyser. En général, on a besoin de 50 à 100 ml. De lait pour effectuer les analyses microbiologiques (Vignola, 2002).

I.2. Généralités sur les fromages

I.2.1. Définition

Sur le plan technologique, le fromage est de la caséine plus ou moins débarrassée des autres constituants du lait et plus ou moins transformée. La norme FAO/OMS n° A-6 (1978, modifiée en 1990) donne la définition suivante :

Le fromage est le produit frais ou affiné, solide ou semi-solide, dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine n'excède pas celui du lait, obtenu :

- Par coagulation du lait, lait écrémé, lait partiellement écrémé, crème de lactosérum ou babeurre, seul ou en combinaisons, grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés, et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation.
- Par l'emploi de techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait et/ou des matières obtenues à partir de lait (ONUAA., 1995).

I.2.2. Classification des fromages

La vaste gamme des fromages d'aujourd'hui peut être classée selon le pays d'origine, le procédé de fabrication ou certaines propriétés d'utilisation finale (Sundaram et Ak., 2003).

Selon Pernod (1987) les fromages peuvent être classés en :

- **Fromages frais à pâte fraîche**

Ce sont des fromages très humides qui ont subi un égouttage léger additionnés habituellement du sel, d'arômes, du sucre ou d'herbe. Ces fromages sont consommés sans être affinés. Ne subissant pas d'affinage, ils doivent être consommés rapidement. Les fromages frais contiennent jusqu'à 80 % d'eau. Ils sont généralement maigres (entre 0,1 et 13% de matière grasse) et peu énergétiques. Ils deviennent gras et énergétiques lorsqu'ils sont fabriqués avec la crème (jusqu'à 30 % de la matière grasse).

- **Fromage à pâte molle**

C'est le produit d'un caillage mixte grâce à un mélange de ferments lactiques et de présure. Il présente une pâte molle presque fondante, conséquente à la protéolyse pendant l'affinage. Cette pâte est enrichie et revêtue de moisissures blanches du genre *Penicillium*.

L'exemple le plus répandu est celui du Camembert et du Brie, fabriqués par l'ajout du pénicillium spécifique : *Penicillium camembertii*.

Le taux d'humidité varie entre 50 et 60 % et les matières grasses représentent 20 à 26 % du poids du fromage.

- **Fromage à pâte pressée non cuite**

Ce sont des fromages obtenus par action de la présure, qui subissent un affinage après la fermentation lactique, et qui sont obtenus par égouttage avec découpage du caillé, brassage et pression.

Leur humidité est moyenne (45 à 50 % pour les pâtes non cuites) ou faible (35 à 40% pour les pâtes non cuites ou très brassées). Leur conservation est améliorée par le froid. Exemple : Cheddar, Gouda, etc.

- **Fromage à pâte pressée cuite et demi-cuite**

Ce sont des fromages de gros format caractérisés par la présence d'ouvertures conséquentes au développement des bactéries propioniques et ayant subi un traitement thermique. Exemple : Gruyère, Edam, etc.

- **Fromage à pâte persillée**

Ce sont des fromages dont la pâte est sillonnée de l'intérieur, elle est verdâtre ou bleuâtre, constituées par les filaments mycéliens de la moisissure *Penicillium*. Le fromage le plus connue est le Roquefort ensemencé par *Penicillium roquefortii*.

I.2.3. Définition du fromage Edam

L'Edam est un fromage affiné à pâte ferme/semi-dure conformément à la norme générale pour le fromage. La pâte a une couleur allant du blanc cassé ou de l'ivoire au jaune pâle ou jaune et une texture ferme (lorsqu'on appuie dessus avec le pouce), se prêtant à la coupe, avec peu de trous de gaz, plus ou moins arrondis, de la taille d'un grain de riz à celle d'un petit pois (ou principalement d'un diamètre allant jusqu'à 10 mm), dont la répartition est raisonnablement régulière dans tout l'intérieur du fromage, mais la présence de quelques ouvertures et fissures est acceptable. La forme est sphérique, en bloc plat ou en forme de pain. Le fromage est fabriqué et vendu avec une croûte sèche qui peut être enrobée. L'Edam en bloc plat ou en forme de pain est également vendu sans croûte (Codex stan, 1978).

I.2.4. Historique del'Edam

L'Edam Hollandais témoigne de la culture fromagère néerlandaise, qui remonte au Moyen-Âge et était déjà en plein épanouissement au XVIIe siècle (le Siècle d'Or).

Initialement produit à la ferme, puis dans des unités locales, l'Edam a évolué jusqu'à devenir un produit national jouissant d'une réputation internationale ; il est une composante importante et stable de la valorisation du lait de ferme. Au début du XXe siècle, une législation nationale a été introduite en ce qui concerne le fromage d'Edam, et la dénomination « Edam Holland » a été consacrée par l'arrêté relatif à la qualité agricole des produits fromagers (Laurent, 2020).

Chapitre II : MATÉRIEL & MÉTHODES

II.1. Objectif du travail

L'objectif de notre travail est la fabrication de fromages traditionnels à pâte pressée de type Edam, tout en variant le starter bactérien, ainsi qu'une étude comparative de la qualité microbiologique, physico-chimique et organoleptique de trois types de fromages ; et cela, dans le but d'améliorer le processus, afin de réduire les coûts et de valoriser les sous-produits du lait.

II.2. Période et lieu de travail

Notre travail a duré 3 mois, du 30 janvier au 25 avril 2024. La fabrication des trois boules de fromage à pâte pressée de type Edam, ainsi que leurs analyses microbiologiques et physicochimiques ont été réalisées, respectivement, au laboratoire de microbiologie et au laboratoire de technologie alimentaire, la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Ibn Khaldoun-Tiaret.

II.3. Matériel et produits utilisés

II.3.1. Matériel du laboratoire

Le matériel utilisé dans ce travail est illustré sur le Tableau 1

Tableau 1. Matériel utilisé dans la réalisation du travail.

Verreries	Appareillage	Produit	Milieux de culture	Autres
-Bécher	-Thermomètre	-Eau minérale	-Milieu PCA	-Spatule
-Eprouvette	-Bec Bunsen	- Acide acétique	-Milieu BP	-Louche
	-Bain marie	(vinaigre blanc)	-VRBL	-Passoire fine
	-Balance pour peser le fromage	- Chlorure de Calcuim (CaCl ₂)	-HeKtoen	-Couteau
			-Schubert	-Toile
			-BCPL	-Cuillères doseuses en inox
				-Presse à fromage
				-Moule
				-Tasse à mesure en inox (cups)
				-Grille

II.3.2. Matériel biologique

- Lait de vache entier, pasteurisé et conditionné (Giplait Sidi Khaled-Tiaret)
Lot N° : D1 F : 03.02.2024 / E :08.02.2024.
- Présure liquide d'origine microbienne, de concentration 1/5000 ;
- Ferments mésophiles aromatiques de la marque « Flora Danica » (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* et *Leuconostoc*).
- Ferment thermophile de la marque « Sacco Lyofast ST 087 » (*Streptococcus thermophilus*).
- Ferment du rouge de la marque « Chr Hansen » (*Brevibacterium linens*).

II.4. Protocole expérimental

Le protocole expérimental suivi pour la réalisation de ce travail est illustré sur la Figure 1.

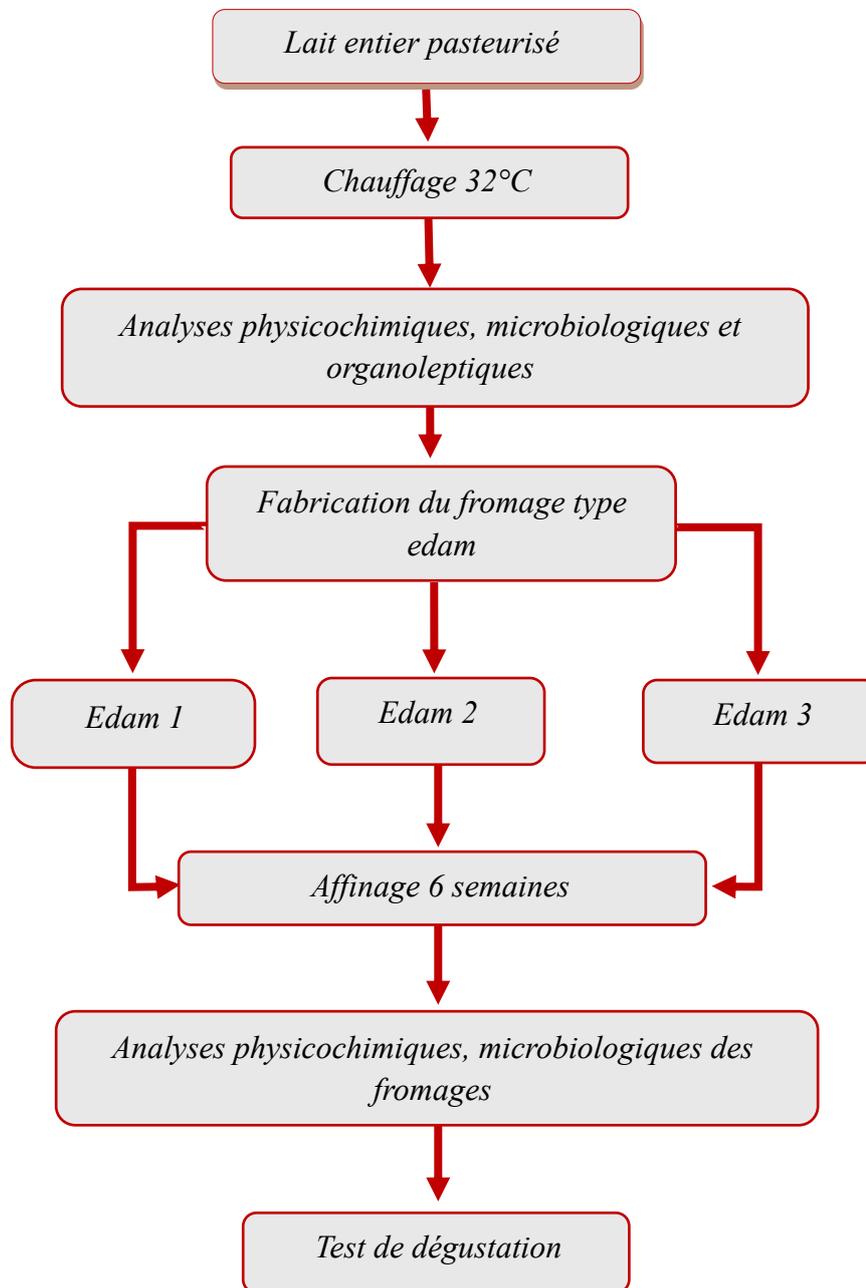
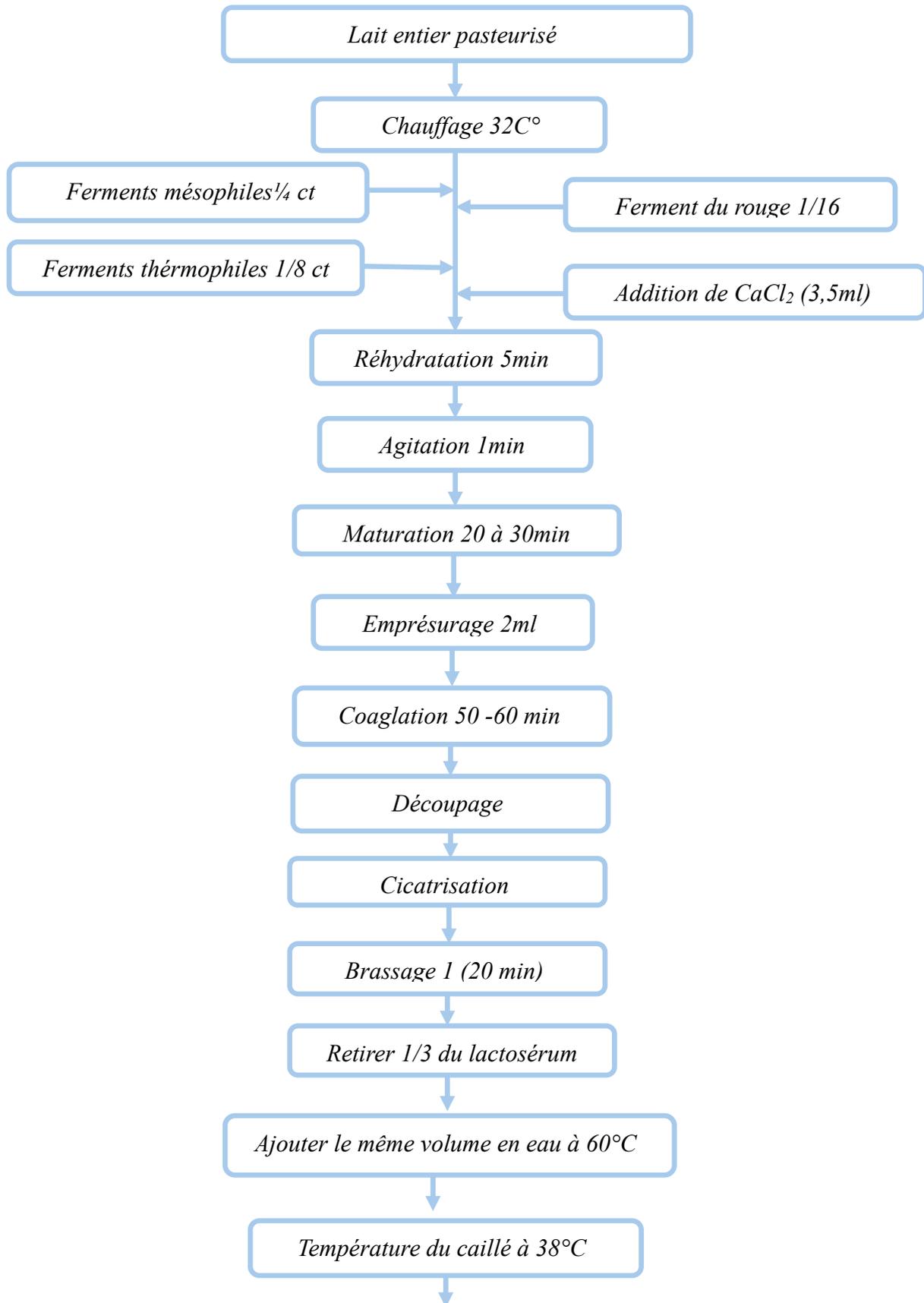


Figure 1. Protocole expérimental.

II.5. Diagramme de la fabrication de fromage Edam

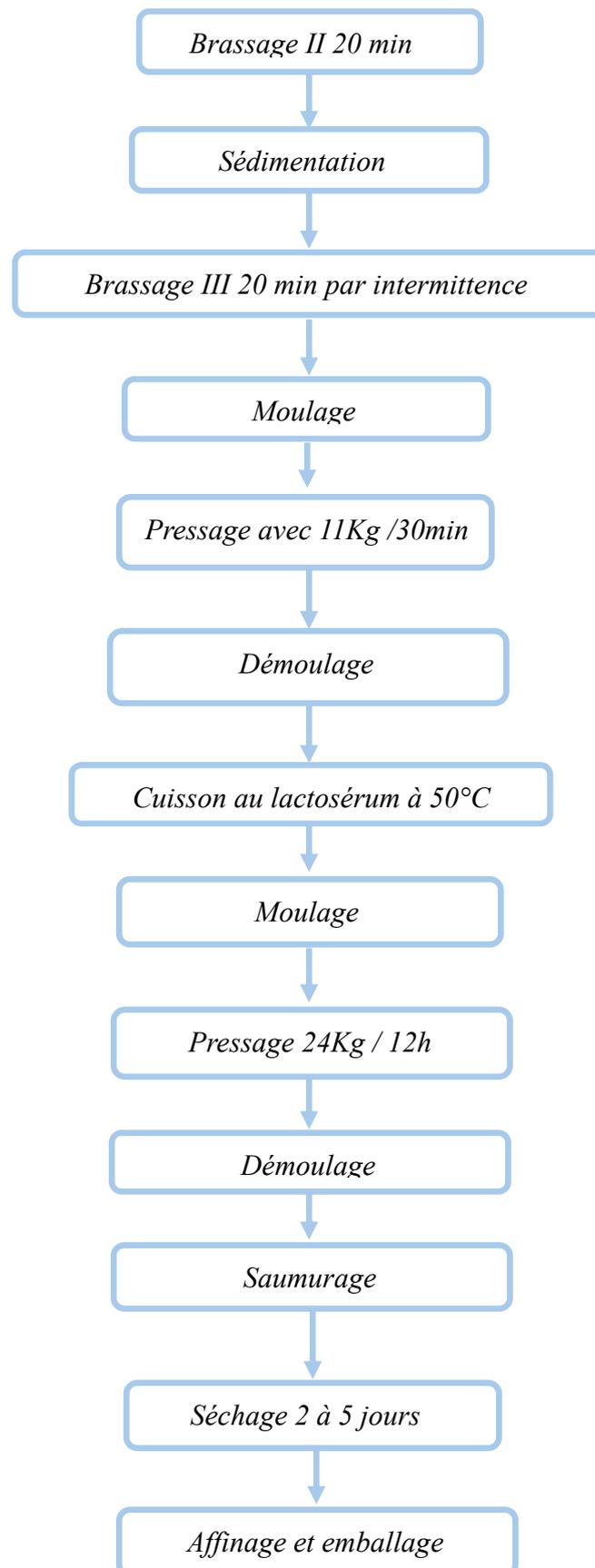


Figure 2. Diagramme de fabrication de fromage type Edam.

II.6. Échantillonnage et transport

Les échantillons du lait de vache entier, conditionné et pasteurisé (1L) ont été obtenus à la laiterie Sidi Khaled de Tiaret, et transporté dans une glacière.



Figure 3. Lait de vache entier, conditionné et pasteurisé (1L).

II.6.1. Analyses physico-chimiques du lait

II.6.1.1. Détermination du pH

Pour mesurer le pH du lait à l'aide d'un pH-mètre, commencez par allumer l'appareil. Ensuite, rincez la sonde avec de l'eau distillée et séchez-la. Placez ensuite la sonde dans l'échantillon de lait et attendez quelques secondes que le pH se stabilise. Enfin, lisez le résultat affiché sur l'écran du pH-mètre.

II.6.1.2. Détermination de l'acidité titrable

Pour déterminer la valeur de l'acidité titrable, commencez par verser 10 ml de lait dans un bécher. Ensuite, ajoutez quelques gouttes de phénolphtaléine, puis titrez avec de la soude jusqu'à ce que la couleur vire au rose.

II.6.1.3. Détermination de l'indice de réfraction

Pour mesurer l'indice de réfraction avec un réfractomètre, on commence par soulever le prisme d'éclairage et retirer la protection du prisme réfractométrie. Ensuite, on nettoie le prisme avec un coton avant de l'utiliser. On dépose ensuite une goutte d'eau distillée bien étalée sur le prisme réfractométrie, puis on rabat le prisme d'éclairage et on le verrouille. On ouvre l'écran d'obturation et on éclaire le réfractomètre, en réglant l'oculaire pour obtenir une croix nette. À l'aide de la molette du bas, on place la limite entre la zone éclairée et sombre au centre du réticule, puis on lit l'indice sur la graduation du bas. Après la lecture, on nettoie le prisme

réfractométrie et on mesure l'indice de réfraction de l'échantillon de lait en suivant les mêmes étapes que celles établies avec l'eau distillée.

II.6.1.4. Détermination du taux de cendre

L'analyse implique la combustion du contenu organique, laissant les minéraux inorganiques pour déterminer leur quantité dans le produit. On procède à la calcination d'un échantillon de 10 g de lait, incinéré à 500°C dans un four à moufle avec un léger courant d'air pendant 5 heures. Après la calcination et le refroidissement, le résidu obtenu, qui représente les minéraux inorganiques, est pesé.

II.6.1.5. Détermination de la densité

La densité est déterminée à l'aide d'un pycnomètre de 50 ml. En utilisant une balance, on pèse d'abord le pycnomètre sec et vide. Ensuite, on le remplit d'eau distillée jusqu'au bord, laissant échapper une quantité par le trou du couvercle pour confirmer qu'il est complètement rempli, puis on pèse à nouveau. Ensuite, on vide le pycnomètre et on le remplit avec l'échantillon à analyser de la même manière qu'avec l'eau distillée, puis on pèse à nouveau.

II.6.1.6. Détermination de la teneur en matière sèche

Est un étuvage consiste à sécher l'échantillon dans une étuve à une température de 105 °C jusqu'à obtenir un poids constant, ce processus implique de placer l'échantillon dans une capsule, le peser, le sécher dans l'étuve, puis le peser à nouveau une fois sec pour calculer le pourcentage de matière sèche. Dans une étuve on échantillons de 5 g de lait et on les laisse un moment de 3 heures.

Après l'étuvage on met les capsules dans un dessiccateur et on les laisse refroidir, jusqu'à la température du laboratoire puis on les pèse.

II.6.2. Analyses microbiologiques du lait

Les analyses microbiologiques du lait permettent d'évaluer sa qualité bactérienne, garantissant ainsi sa sécurité de consommation et de transformation en produits laitiers. Ils identifient les micro-organismes présents, garantissent l'absence de bactéries pathogènes et de contaminants et vérifient les normes de production et de manipulation pour maintenir la fraîcheur et la sécurité.

II.6.2.1. Préparation des dilutions décimales

La préparation des dilutions en milieu liquide à partir d'échantillons de lait prélevés représente la première étape de l'analyse microbiologique. Elle doit être réalisée avec soin et rigueur, car ces dilutions sont ensuite utilisées dans des techniques de recherche et de dénombrement des bactéries dans les laits (Delarras et al., 2010).

Pour préparer une gamme de dilution décimale, on commence en prenant 1 ml de la solution mère et en l'ajoutant à 9 ml d'eau physiologique stérile, puis on mélange avec un vortex. Cela constitue la dilution 10^{-1} . Ensuite, à partir de cette dilution 10^{-1} , on prend à nouveau 1 ml et on le mélange à 9 ml d'eau physiologique stérile avec un vortex, créant ainsi la dilution 10^{-2} . Ce processus est répété pour les dilutions 10^{-3} , 10^{-4} et 10^{-5} et 10^{-6} .

II.6.2.2. Dénombrement des coliformes thermo-tolérants

Le dénombrement des coliformes thermo-tolérants est une étape cruciale dans l'évaluation de la qualité bactériologique du lait pasteurisé. Cette méthode permet de repérer la présence potentielle de bactéries pathogènes telles que certaines souches d'*Escherichia coli*.

Pour ce faire, on inocule 1 ml de chaque dilution dans une boîte de Pétri stérile, puis on verse de la gélose VRBL (Violet Red Bile Lactose) (Annexe 1), et on la mélange délicatement en effectuant des mouvements circulaires pour répartir uniformément la solution. Ensuite, les boîtes de Pétri sont incubées à 44°C pendant 24 heures.

II.6.2.3. Dénombrement des germes aérobies

La méthode utilisée pour le dénombrement des germes aérobies dans le lait pasteurisé est la suivante :

On prend 1 ml d'inoculum et ses dilutions décimales successives dans des boîtes de Pétri stériles, verser environ 15 ml de la gélose PCA (Plate Count Agar) (Annexe 1), dans chaque boîte, bien mélanger jusqu'à homogénéité et laisser solidifier, l'incubation est réalisée à 30°C pendant 24 à 48 heures.

II.6.2.4. Recherche des *Staphylococcus aureus*

Le milieu de culture utilisé est la gélose Baird Parker (BP) (Annexe 1), enrichi en jaune d'œuf et en tellurite de potassium. Pour l'ensemencement, une dilution de 10^{-3} est utilisée. On inocule 1 ml de cette dilution en surface sur le milieu BP préalablement versé dans la boîte de Pétri. Ensuite, la boîte est incubée à 37°C dans une étuve pendant 24 heures.

II.6.2.5. Recherche de *Salmonella*

Nous avons débuté par une étape de pré-enrichissement non sélectif, consistant à mélanger 1 ml de lait pasteurisé avec 9 ml d'eau physiologique, suivi d'une incubation à 37°C pendant 24 heures. Ensuite, nous avons procédé à un enrichissement sur un milieu sélectif, le bouillon TSB (Trypto-caséine soja), en ajoutant 1 ml de la solution de pré-enrichissement à 10 ml du milieu TSB, puis en incubant à 44°C. L'isolement a été réalisé sur un milieu gélosé sélectif à partir de la culture obtenue dans le bouillon TSB, en ensemençant avec une anse l'inoculum à la surface de la gélose Hektoen (Annexe 1). Ensuite, les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 24 à 48 heures.

II.7. Processus de fabrication

La fabrication du fromage à pâte pressée de type edam a été préparée traditionnellement en suivant la recette décrite par Fred Fromager Urbain (2021), avec quelques modifications et par l'application des étapes suivant :

II.7.1. Chauffage du lait

Pour chaque échantillon de lait, un volume de 10 litres a été chauffé. Les sacs de lait, bien lavés, ont été vidés dans un chaudron d'une capacité de 14 litres, placé sur un trépied. À l'aide d'un thermomètre, nous avons mesuré la température jusqu'à ce qu'elle atteigne 32 °C.



Figure 4. Chauffage le lait à 32°C.

II.7.2. Addition de chlorure de calcium, ensemencement et réhydratation

Pour la première formule (Edam 1) et après avoir chauffé le lait pasteurisé à 32°C, nous avons ajouté 3,75 ml ($\frac{3}{4}$ ct) de chlorure de calcium dilué dans 60 ml ($\frac{1}{4}$ tasse) d'eau non chlorée. Mélanger bien pendant une minute. Ensuite, nous avons ensemencé le lait avec le premier starter, constitué des ferments mésophiles à une dose de 1,25 g ($\frac{1}{4}$ cuillère à café), des ferments thermophiles à une dose de 0,625 g ($\frac{1}{8}$ cuillère à café), et des ferments de rouge à une dose de 0,3125 g ($\frac{1}{16}$ cuillère à café). Pour assurer la survie et l'efficacité des souches, laissez-les doucement « se réveiller » dans le lait pendant 5 minutes, puis mélangez le tout pendant une minute.

Pour la deuxième formule (Edam 2), nous avons utilisé 100 ml du lactosérum du Edam1 comme starter à la place des ferments lyophilisés. A la troisième formule (Edam 3), nous avons éliminé les ferments thermophiles de la formulation du starter bactérien.



Figure 5. Addition du chlorure de calcium et des ferments lactiques.

II.7.3. Maturation

Laissez le mélange reposer pendant 20 à 30 minutes pour la maturation. Cela donne aux ferments mésophiles le temps d'acidifier le milieu et permettre une coagulation mixte après l'addition de la présure.

II.7.4. Emprésurage et coagulation

Après 20 minutes de maturation, ajoutez 2 ml de présure microbienne (à une concentration de 1/5000). Mélangez ensuite délicatement pendant une minute afin de ne pas perturber l'activité de la présure. L'arrêt de l'agitation se fait par freinage.

La coagulation doit se réaliser à une température de 32°C, sur une durée de 50 à 60 minutes, jusqu'à l'obtention d'un caillé épais, stable, dense et ferme.

II.7.5. Découpage et cicatrisation

À ce stade, on libère le lactosérum en découpant le caillé en plusieurs morceaux à l'aide d'un long couteau. Ce processus implique trois types de coupes : des coupes verticales, horizontales et diagonales, formant ainsi des cubes d'environ 2 cm de côté. Avant de passer au brassage, le caillé est laissé à cicatriser pendant 5 minutes.



Figure 6. Découpage du caillé.

II.7.6. Premier brassage et sédimentation

Le brassage est un processus qui permet de transformer le caillé en grains tout en libérant progressivement le lactosérum. Ce brassage dure 20 minutes. Pendant les cinq premières minutes, on mélange délicatement en découpant les gros morceaux en petits fragments. Ensuite, pendant les quinze minutes suivantes, on augmente la vitesse d'agitation avec un mouvement de bas en haut. Après le brassage, on laisse le mélange sédimenter pendant 10 minutes.



Figure 7. Premier brassage du caillé.

II.7.7. Lavage, brassage II et sédimentation

Après le premier brassage, un tiers du volume de lactosérum est retiré et remplacé par de l'eau chauffée à 60°C. L'eau est versée de manière continue sur la paroi du chaudron pour minimiser son impact sur les grains de caillé, tout en brassant en continu pendant environ 3 à 4 minutes entre chaque ajout d'eau, jusqu'à atteindre une température de 38°C. Ensuite, un second brassage est effectué, cette fois-ci de manière continue et à une vitesse plus élevée que le premier, pendant 20 minutes. Enfin, on laisse le mélange sédimenter pendant 5 minutes.



Figure 8. Retrait du lactosérum et ajout du même volume en eau à 60°C.

II.7.8. Troisième brassage

Pendant cette étape, les grains sont brassés une troisième fois de manière intermittente, en les mélangeant puis en les laissant reposer pendant quelques minutes (environ 3 minutes) à intervalles de 20 minutes.

II.7.9. Drainage et premier moulage

Après que le caillé ait atteint la consistance désirée, le petit-lait est drainé en le versant sur un tissu blanc perméable et désinfecté, placé sur une passoire en acier inoxydable. Ensuite, le caillé est versé et pressé dans un moule en acier inoxydable, doublé à l'intérieur avec une toile à fromage, pour lui donner sa forme finale.



Figure 9. Drainage du petit lait et moulage du caillé.

II.7.10. Premier pressage

Après la formation du fromage, on le presse initialement avec une force de 11 kg pendant une période de 30 minutes.



Figure 10. Premier pressage du fromage à 11kg.

II.7.11. Démoulage et la cuisson

Après avoir pressé le fromage, nous procédons au démoulage, c'est-à-dire à l'extraction du fromage du moule. Ensuite, nous chauffons le volume de lactosérum que nous avons extrait précédemment sur un trépied jusqu'à ce qu'il atteigne 50°C. Ensuite, nous éteignons le trépied et faisons cuire le fromage pendant 30 minutes, 15 minutes sur chaque face.



Figure 11. Démoulage et cuisson du fromage.

II.7.12. Deuxième moulage et pressage

Après la cuisson, le fromage est placé de nouveau dans le moule. Ensuite, un deuxième pressage est effectué avec une force de 24 kg. Ce processus dure 12 heures, avec 6 heures de pressage pour chaque face, afin de garantir une forme uniforme et désirée, tout en évitant toute déformation.



Figure 12. Deuxième pressage du fromage à 24kg.

II.7.13. Démoulage et saumurage

Après le deuxième pressage, le fromage est démoulé et imprégné dans une solution de saumure. Cette dernière est préparée en dissolvant 200 g de sel, 15 ml de chlorure de calcium et 5 ml de vinaigre blanc dans 2 L d'eau. Comme on peut le préparer en dissolvant 200 g de sel directement dans 2 L de lactosérum et mélangez pendant deux minutes.

Le fromage est immergé dans la saumure concentrée à une température de 10 à 15°C, ce qui permet à celui-ci d'absorber le sel de la saumure. Cette méthode ralentit le processus bactérien de conversion du lactose en acide lactique, améliore la saveur du fromage et prolonge sa durée de conservation.

Le temps nécessaire pour le saumurage est calculé en fonction du poids et de la hauteur du fromage à l'aide de la formule ci-dessous :

$$\text{Temps de saumurage} = \text{Poids du fromage} \times \text{hauteur du fromage} \times 50 \text{ min}$$

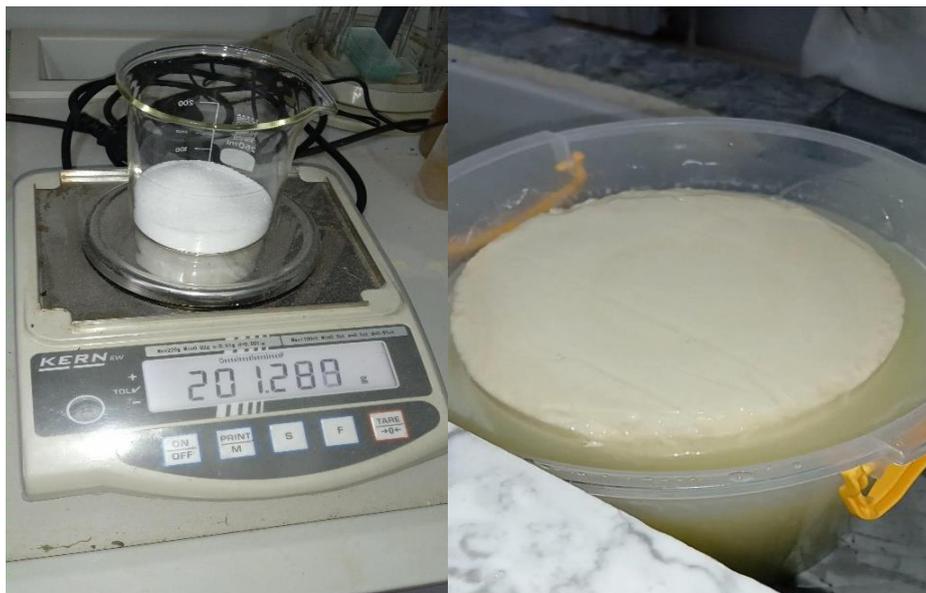


Figure 13. Salage en saumure.

II.7.14. Séchage et affinage

Après avoir retiré le fromage de la saumure, nous le séchons avec du papier absorbant et le retournons régulièrement jusqu'à ce qu'il sèche complètement et soit bien cuit à une température comprise entre 8 et 10°C.



Figure 14. Séchage du fromage.

II.7.15. Cirage du fromage

Pour emballer le fromage Edam, on peut utiliser sa propre cire alimentaire, car elle forme une couche protectrice autour du fromage, ce qui empêche les fuites d'air et d'humidité et protège le fromage des dommages et de la pourriture. On peut aussi l'emballer en sous-vide ou bien l'affiner sans emballage (affinage vif).

Pour le cirage du fromage, on met la cire dans un bain-marie jusqu'à ce qu'elle fonde et devienne liquide. Il ne faut pas que sa température dépasse les 60°C, pour éviter son éclatement. Puis, on introduit le fromage, mis préalablement au frais, dans la cire et on le sorte rapidement. La boule de fromage cirée doit être séchée à l'air libre pendant environ 5 minutes.





Figure 15. Enrobage du fromage avec de la cire. (a): Cire solide ; (b): Liquéfaction de la cire ; (c): cirage du fromage ; (d) : Fromage enrobé de cire.

II.8. Analyses du produit fini (Fromage Edam)

II.8.1. Mesure du rendement fromager

Le rendement est défini par le rapport entre la quantité de fromage obtenue et la quantité de lait utilisée, y compris la quantité mise en œuvre pour la préparation du ferment lactique (Vuilleumard et al.,2018). La formule mathématique est la suivante :

$$Rf = \frac{Fr}{(L+FL)} \times 100$$

Où :

Rf = rendement fromager (%)

Fr = quantité (masse) de fromage obtenue(kg)

L= quantité (masse) de lait utilisée (kg)

FL= quantité (masse) de ferment lactique ajoutée (kg)

II.8.2. Analyses physico-chimiques du fromage

Les analyses physico-chimiques d'un produit alimentaire ont pour but de déterminer les caractéristiques nutritionnels et organoleptiques, les composés chimiques et les propriétés physiques. L'étude physico-chimique assure la fiabilité et que le produit fini répond aux normes de qualité requises.

II.8.2.1. Préparation de l'échantillon à analyser

Les prélèvements effectués pour les analyses physico-chimiques sont préparés dans des conditions d'hygiène, assurés par la flamme et le matériel est lavé et stérilisé.

On pèse 5 g de chaque type de fromage dans un verre de montre et par une balance et on met chaque échantillon dans un bécher rempli par 50 ml d'eau distillé, puis on fait une agitation pour chaque mélange par un agitateur jusqu'à que le mélange sera homogène pour la détermination de pH, Acidité, densité, l'indice de réfraction.

On pèse 5 g de chaque type de fromage dans des capsules séchées pour déterminer le teneur en matière sèche, le taux de cendres.

On pèse 15 g de chaque type de fromage pour la détermination du teneur en matière grasse.

II.8.2.2. Détermination de pH

On prend l'échantillon de chaque type de fromage (5 g de fromage dilué dans 50 ml d'eau distillé) et on plonge l'électrode de PH mètre dans ces échantillons pour lire les valeurs de pH qui sont affichés directement sur l'écran de l'appareil.

II.8.2.3. Détermination du teneur en matière sèche

Est un étuvage consiste à sécher l'échantillon dans une étuve à une température de 105 °C jusqu'à obtenir un poids constant, ce processus implique de placer l'échantillon dans une capsule, le peser, le sécher dans l'étuve, puis le peser à nouveau une fois sec pour calculer le pourcentage de matière sèche. Dans une étuve on introduit les échantillons de 5 g de chaque type de fromage et on les laisse un moment de 3 heures.

Après l'étuvage on met les capsules dans un dessiccateur et on les laisse refroidir, jusqu'à la température du laboratoire puis on les pèse. On fait deux essais pour chaque type de fromage.

Le teneur en matière sèche est exprimé en pourcentage (%) selon la formule suivante :

$$\%MS = [(m_2 - m_1) / m_0] \times 100$$

MS : Matière sèche.

m₀ : la masse en gramme de la capsule plus la prise d'essai.

m₁ : la masse en gramme de la capsule vide.

m₂ : la masse en gramme de la capsule et du résidu après dessiccation et refroidissement

II.8.2.4. Détermination de l'humidité (%)

On calcule l'humidité par la formule suivante :

$$H (\%) = 100 - MS$$

II.8.2.5. Détermination du taux de cendres

L'analyse consiste à l'élimination du contenu organique par combustion, laissant des minéraux inorganiques pour déterminer la quantité de minéraux dans le produit. On fait une calcination d'une prise d'essai de 5 g de fromage pour s'incinérer à 500°C dans un four à moufle à lent courant d'air, pendant 5 heures. Après la calcination et refroidissement on pèse le résidu obtenu qui sont les minéraux inorganiques

Le taux de cendres est exprimé en pourcentage (%) selon la formule suivante :

$$TC = [(m_2 - m_1) / m_0] \times 100$$

TC : Taux de cendre.

m_0 : la masse (g) de la capsule et de la prise d'essai.

m_1 : la masse (g) de la capsule vide.

m_2 : la masse (g) de la capsule et du résidu après calcination et refroidissement.

II.8.2.6. Détermination de l'acidité titrable

Elle est déterminée par un titrage acide/base à l'aide d'une solution de N Dans un bécher on met 10 ml d'échantillon à analyser et on ajoute 3 à 4 gouttes de l'indicateur coloré la phénolphthaléine, on fait un titrage avec une solution d'hydroxyde de sodium à 0,1N, à l'aide d'une burette graduée jusqu'à le changement de la couleur de solution en rose.

II.8.2.7. Détermination de la densité

La densité a été déterminée par un pycnomètre 50 ml, au moyen d'une balance on pèse le pycnomètre sec et vide, et après on remplit ce pycnomètre par l'eau distillée jusqu'abord, une quantité sortira du trou du couvercle cela confirme que le pycnomètre est complètement rempli et on pèse, ensuite on vide le pycnomètre et on le remplit avec l'échantillon à analyser de la même méthode utilisée par l'eau distillée et on pèse, en calculant la densité selon la formule suivante :

$$D = (p_2 - p_0) / (p_1 - p_0)$$

D : Densité.

p_0 : Poids du pycnomètre sec et vide.

p_1 : Poids du pycnomètre rempli d'eau.

p_2 : Poids du pycnomètre rempli d'échantillon à analyser.

II.8.2.8. Détermination de l'indice de réfraction

L'indice de réfraction a été mesuré par un réfractomètre, on soulève le prisme d'éclairage et on enlève la protection sur le prisme réfractométrique, puis on nettoie le prisme avec un coton avant l'utilisation.

On dépose sur le prisme réfractométrique une goutte d'eau distillée bien étaler, on rabattre le prisme d'éclairage et verrouiller, ouvrir l'écran d'obturation, éclairer le réfractomètre, régler l'oculaire de manière à ce que la croix soit bien nette. A l'aide de la molette du bas, placez la limite entre la zone éclairée et la zone sombre au centre du réticule et on lit l'indice sur la graduation du bas. Après la lecture, on nettoie le prisme réfractométrique et on mesure l'indice de réfraction de l'échantillon de fromage par les mêmes étapes qu'ils sont établis avec l'eau distillé.

II.8.2.9. Détermination de la teneur de matière grasse

Pour la détermination de la teneur en matière grasse par extraction à l'aide d'un appareil Soxhlet, procédez comme suit :

Placer l'échantillon de fromage (15 g) dans une cartouche, puis insérez cette dernière dans la colonne de Soxhlet.

- Ajouter le solvant hexane dans l'appareil.
- Assurer la réfrigération à l'aide d'un bain-marie équipé d'une pompe.
- Chauffer le tout pendant 4 heures.

Ensuite, procéder à la récupération de la matière grasse :

- Peser un ballon à fond rond vide.
- Récupérer la matière grasse extraite dans ce ballon.
- Utiliser un évaporateur rotatif (rotavapor) pour éliminer le solvant.
- Compléter l'élimination du solvant résiduel par évaporation dans une étuve à une température de 50°C.
- Laisser le ballon refroidir, puis pesez-le de nouveau pour déterminer la masse de la matière grasse récupérée.

II.8.3. Analyses microbiologiques du fromage

II.8.3.1. Préparation de la solution mère et les dilutions décimales

Pour préparer la solution mère, on prend 25 g de l'échantillon de fromage Edam, auxquels on ajoute 225 ml d'eau peptonée tamponnée (EPT). La solution est bien mélangée à l'aide d'un vortex jusqu'à dispersion complète du produit.

Dans des conditions aseptiques et en utilisant des pipettes stériles, on prépare les dilutions décimales à partir de la solution mère. On remplit une série de tubes à essais avec 9 ml d'EPT. Un volume de 1 ml de la solution mère est transféré dans le premier tube de la série, obtenant ainsi une dilution de 10^{-1} . Ensuite, un volume de 1 ml de cette dilution 10^{-1} est transféré dans le deuxième tube de la série. En respectant le même protocole, les dilutions successives sont réalisées à partir de la dilution précédente jusqu'à l'obtention de la dilution 10^{-6} .

II.8.3.2. Dénombrement d'*Escherichia coli*

Cette recherche vise à détecter et dénombrer les germes coliformes, y compris les coliformes fécaux. Le test se déroule en deux étapes : le test présomptif et le test confirmatif des coliformes fécaux (J.O.R.A, 2017).

a. Test présomptif

Pour ce test, une série de tubes est utilisée, chacun rempli de 10 ml du bouillon BCPL (Bromo-Cresol Pourpre Lactose) (Annexe 1). Ce milieu de culture non sélectif et non enrichi sert à détecter les coliformes. Trois tubes à double concentration et six tubes à simple concentration sont employés. Tous les tubes sont équipés de cloches de Durham pour détecter la production éventuelle de gaz dans le milieu.

Les trois tubes à double concentration sont ensemencés avec 10 ml de l'échantillon à analyser (dilution 10^{-3}). Les six tubes à simple concentration sont ensemencés comme suit : trois tubes avec 1 ml et trois tubes avec 0,1 ml de l'échantillon à analyser (dilution 10^{-3}).

Un test est considéré positif si un changement de couleur se produit, indiquant un milieu trouble de couleur jaune avec du gaz dans la cloche (supérieur à 1/10 de la hauteur de la cloche).

b. Test confirmatif

Ce test vise à détecter les coliformes fécaux, principalement *E. coli*. Un volume de 0,1 ml (2 à 3 gouttes) est prélevé à partir des tubes BCPL positifs et ensemencé dans un tube de milieu Schubert muni d'une cloche de Durham. Après avoir chassé le gaz éventuellement présent dans les cloches et mélangé le milieu, les tubes sont incubés à 44 °C pendant 24 heures.

La présence d'*E. coli* est confirmée en incubant un tube à essai urée indole à 44 °C pendant 24 heures. Ensuite, on ajoute 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs : l'apparition d'un anneau rose indique la présence d'*E. coli*.

II.8.3.3. Recherche de *Staphylococcus aureus* et de *Salmonella*

Le recherche de *S. aureus* et de *Salmonella* a été réalisée par la même méthode suivie dans les analyses du lait détaillée dans les titres II.6.2.4. et II.6.2.5.

II.8.4. Analyses organoleptiques du fromage

Pour évaluer la qualité organoleptique des trois fromages examinés, nous avons effectué un test organoleptique à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Ibn Khaldoun à Tiaret.

Le principe consiste à présenter au comité de dégustation un échantillon de chacun des trois fromages, sans fournir aucune information, afin de ne pas influencer les dégustateurs.

Le comité de dégustation doit clarifier les notes de dégustation pour :

- Créer un profil sensoriel.
- Étudier la satisfaction et/ou les préférences des clients.
- Comparer trois produits afin d'examiner l'impact de certains procédés technologiques ainsi que des paramètres microbiologiques, physiques et chimiques sur la qualité sensorielle. Les propriétés sensorielles de l'Edam sont évaluées par des observations visuelles et gustatives.
- Panel de dégustation

Le comité de dégustation est composé de 20 personnes. Il s'agit d'enseignants et d'étudiants, ainsi que d'assistants de laboratoire en microbiologie et en technologie alimentaire, hommes et femmes. Ils sont considérés comme des personnes qualifiées et formées, car ils ont été initiés aux techniques d'analyse sensorielle et habitués à évaluer un produit spécifique.

Déroulement des séances de dégustation

L'évaluation a été réalisée en prenant les précautions nécessaires pour que les participants ne soient pas affectés par des facteurs externes :

- La salle doit être bien aérée et maintenue à une température et une humidité agréable.
- Un espace suffisant est nécessaire pour effectuer les tests sensoriels.

- Le fromage est sorti du réfrigérateur une heure avant la dégustation, puis coupé en petits morceaux.
- Des petits morceaux de fromage à déguster sont déposés dans des assiettes.
- Les trois échantillons ont été étiquetés et codés avec des numéros.
- Chaque station de dégustation est équipée d'une bouteille d'eau minérale et d'un gobelet en plastique pour se rincer la bouche avant et entre chaque produit dégusté.
- Une fiche de dégustation a été attribuée à chaque dégustateur (Annexe 3).
- L'évaluation organoleptique porte sur l'aspect, la texture, la couleur, le goût et l'odeur.

Chapitre III : RÉSULTATS & DISCUSSION

III.1. Résultats des analyses de la matière première(lait)

III.1.1 Analyses physicochimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques de la matière première sont répertoriés dans le Tableau 2, ci –dessous :

Tableau 2. Résultats des analyses physicochimiques du lait.

Paramètres	Matière première (lait)
pH	6,4
Acidité	21°D
Densité	1,028
Taux de cendre (%)	0,735
Indice de réfraction	1,348
EST	12,9%

D'après le résultat du pH (6.4), obtenu dans le tableau des analyses physico-chimique du lait pasteurisé, il a été prouvé que ce lait répond aux normes de pH du lait frais (6 -7), selon la spécification normative recommandées (AFNOR, 1979).

Le Ph évolue avec la composition du lait, une teneur élevée en acide protéines, anions phosphates, citrate ou acides lactique s'accompagne d'un ph faible selon (Mathieu 1998).

La valeur obtenue de l'acidité titrable du notre lait est 21°D. Selon Vignola (2002), l'acidité du lait doit être entre 14°D et 18°D. Un lait frais a une acidité de 18°D. Donc la valeur de notre lait est légèrement élevée mais finalement acceptable.

La Raison de l'augmentation de l'acidité est une mauvaise conservation et stockage, en plus de l'interruption de la chaine du froid lors du transport du lait.

L'acidité augmente avec le temps, à cause de l'action des microorganismes du lait, qui dégradent le lactose en acide lactique, selon (Doyle et al, 2001).

Selon les résultats des analyses physicochimiques dans le tableau 3, la densité du lait a été déterminée à 1.028. Elle est comparable aux valeurs citées par Vignola, (2002) : 1.028 à 1.035 ; selon (W.H.O, 2010), soit entre 1.028 et 1.033.

La densité du lait est également liée à sa richesse en matière sèche. Un lait pauvre en matière sèche au na une densité faible.

D'après Mathieu (1998), la densité dépend de la teneur en matière sèche et la matière grasse.

D'après les résultats obtenus dans le tableau (valeur de cendre) qui est 0.73%. Le taux de cendre dans le lait pasteurisé se situe généralement entre 0.7% et 0.8%, donc valeur de notre lait correspondent aux normes standards.

Le lait pasteurisé est chauffé à une température élevée, ce qui peut provoquer la déperdition de certains minéraux.

La mesure de l'extrait sec total a indiqué une moyenne de 12.9% pour le lait analysé. Cette concentration se situe dans la plage normale recommandée, qui va de 10.2% à 13% (AFNOR, 1979).

L'augmentation ou la diminution de l'extrait sec total est directement liée à une variation du taux de protéines et de la teneur en matière grasse (Kachiet al., 2021).

La répartition des différents acides gras dans la matière grasse affecte également la façon dont elle réfracte la lumière.

A partir de là, il est courant de déterminer l'indice de réfraction de la matière grasse pour calculer l'indice diode. C'est une méthode rapide pour évaluer la fermeté de la matière grasse (Majdi, 2008).

En se basant sur les résultats, nous avons obtenu un indice de réfraction pour le lait pasteurisé égale 1.348.

III.1.2. Analyses microbiologiques

Les résultats obtenus nous aident à évaluer la quantité de contamination accumulée depuis la production standardisée du lait pasteurisé, en se basant sur le nombre de micro-organismes détectés, conformément aux normes de fabrication de nos fromages à pâte pressée non cuite.

Les résultats des analyses microbiologiques sont regroupés dans le Tableau 3 ci-dessous :

Tableau 3. Résultats des analyses microbiologiques du lait.

Echantillon	Lait pasteurisé (UFC/ml)	Limite microbiologique norme JORA n°39/2017	
		m	M
Germes			
Germes aérobies à 30°C	Absence	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^6$
Staphylocoques	Absence	10^2	10^3
Coliformes thermotolérants	Absence	$5 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^3$
<i>Salmonella</i>	Absence	Absence dans 25 ml	

Après incubation de 24 heures il a été constaté que les germes aérobies dans le lait pasteurisé sont totalement absents, ce qui est conforme aux normes établies par JORA en 2017

La présence de la flore mésophile aérobie dans le lait reste un indicateur crucial de sa qualité hygiénique, jouant un rôle déterminant dans la durée de conservation du lait frais (Guion-Thomas et al., 1995).

D'après les données issues de l'analyse microbiologique du lait, on a constaté une absence totale de coliformes thermotolérants.

D'après les recherches de Kara et Mahieddine (2019), l'absence complète de ces bactéries témoigne de l'efficacité du traitement thermique utilisé.

Staphylococcus aureus est une bactérie de forme cocci, de type Gram positif, avec un diamètre d'environ 0,5 à 1,5 micron. Elle n'est pas sporulée, immobile et peut vivre facultativement en l'absence d'oxygène.

Après 24 heures d'incubation, il est remarqué que la surface des boîtes ne présente aucune colonie. Dans ce cas, nos résultats correspondent aux normes indiquées dans le tableau des résultats des analyses microbiologiques.

Les résultats des analyses microbiologiques indiquent l'absence totale de salmonelle dans le lait analysé, ce qui est conforme à la norme de JORA 2017 pour la recherche de salmonelle.

Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que le traitement du lait est effectué dans des conditions d'hygiène optimales et que sa conservation lors du transport est adéquate.

Les analyses microbiologiques nous permettent de garantir l'absence de contamination du produit lors de la fabrication de notre fromage, assurant ainsi sa qualité et la sécurité sanitaire pour les consommateurs. En effectuant ces tests microbiologiques, nous nous assurons que le lait utilisé est sain et de haute qualité.

Nos analyses microbiologiques ont révélé une absence totale des germes recherchés tels que les germes aérobies, les coliformes thermotolérants, le staphylocoque doré et la salmonelle dans les différents milieux de culture, avec des températures variant selon la durée d'incubation.

En conclusion, notre lait pasteurisé présente une qualité microbiologique optimale pour la fabrication de notre fromage, répondant ainsi aux normes établies par l'arrêté interministériel numéro 36 du JORA 2017 en ce qui concerne tous les germes recherchés.

III.2. Analyses du produit fini (fromage)

III.2.1. Temps de saumurage des trois fromages

Selon le type de ferment utilisé, les temps de saumurage et les rendements des trois fromages varient. Comme indiqué dans le tableau, pour le fromage fermenté par les ferments mésophiles, les ferments thermophiles et les ferments rouges, le processus prend environ 5 heures et 37 minutes. Pour le fromage fermenté par le lactosérum (petit lait de fromage précédent), le temps de saumurage est approximativement égal à celui du premier type de fromage, soit environ 6 heures. Enfin, pour le fromage fermenté par les ferments mésophiles et les ferments rouges, le temps de saumurage est de 7 heures et 30 minutes, ce qui est le plus long. Ainsi, chaque type de fromage bénéficie d'un temps de saumurage spécifique, adapté à son poids et à sa hauteur, assurant des fromages uniques et délicieux.

Tableau 4. Temps de saumurage pour les trois fromages.

Fromages	Temps de saumurage
Edam 1 (ferments mésophiles, thermophiles et ferment du rouge)	5 heures et 37 min
Edam 2 (lactosérum du fromage Edam 1)	6 heures
Edam 3 (ferments mésophiles et ferment du rouge).	7 heures et 30 min

III.2.2. Variations du rendement

D'après les résultats illustrés sur la figure, le rendement le plus élevé provient du laitensemencé par les ferments mésophiles et les ferments rouges, avec une masse fromagère de 1,5 kg. Il est suivi par le laitensemencé par le lactosérum de fromage précédent (Édam 1), avec une masse de 1,206 kg, et enfin par le laitensemencé par les ferments mésophiles, les ferments thermophiles et les ferments rouges, avec une masse de 1,124 kg.

Il est estimé que pour la fabrication de 1 kg de fromage de type "pâtes pressées » comme l'Édam, il faut en moyenne 10 litres de lait (Meyer et Duteurtre., 1998).

Le rendement fromager est influencé par plusieurs facteurs, notamment la composition du lait et ses critères bactériologiques et physico-chimiques, la teneur en matière grasse et en protéines, en particulier la caséine, le type de coagulant utilisé, la manipulation du caillé comme la conception des cuves, la fermeté du caillé au moment de la découpe, le temps de raffermissement et de coagulation, ainsi que le taux d'urée (Banks et al., 1984 ; Barbano et Sherbon, 1984 ; Gilles et Lawrence, 1985 ; Banks et al., 1986 ; Emmons et Binns, 1990 ; Thebaut, 1991 ; Lou et Ng-Kwai-Hang, 1992 ; Lawrence, 1993 ; Lucey et Kelly, 1994 ; Van den Berg, 1994 ; Martin et Coulon, 1995 ; Fenelon et Guinée, 1999 ; Verdier-Metz et al., 2001 ; Brito et al., 2002 ; Guo et al., 2004 ; Delphine, 2005 ; Guinée et al., 2007 ; Enil, 2011).

Les impacts technologiques de ces facteurs sont nombreux, tels que l'augmentation ou la diminution du rendement, la vitesse d'égouttage de la coagulation, le raffermissement du gel et sa fermeté maximale, le volume de lactosérum expulsé en fin d'égouttage, la rétention d'eau dans le fromage et la sensibilité à la présure (Bank et al., 1984 ; Alcouffe, 1988 ; Colin et al., 1992 ; Enil, 2011).

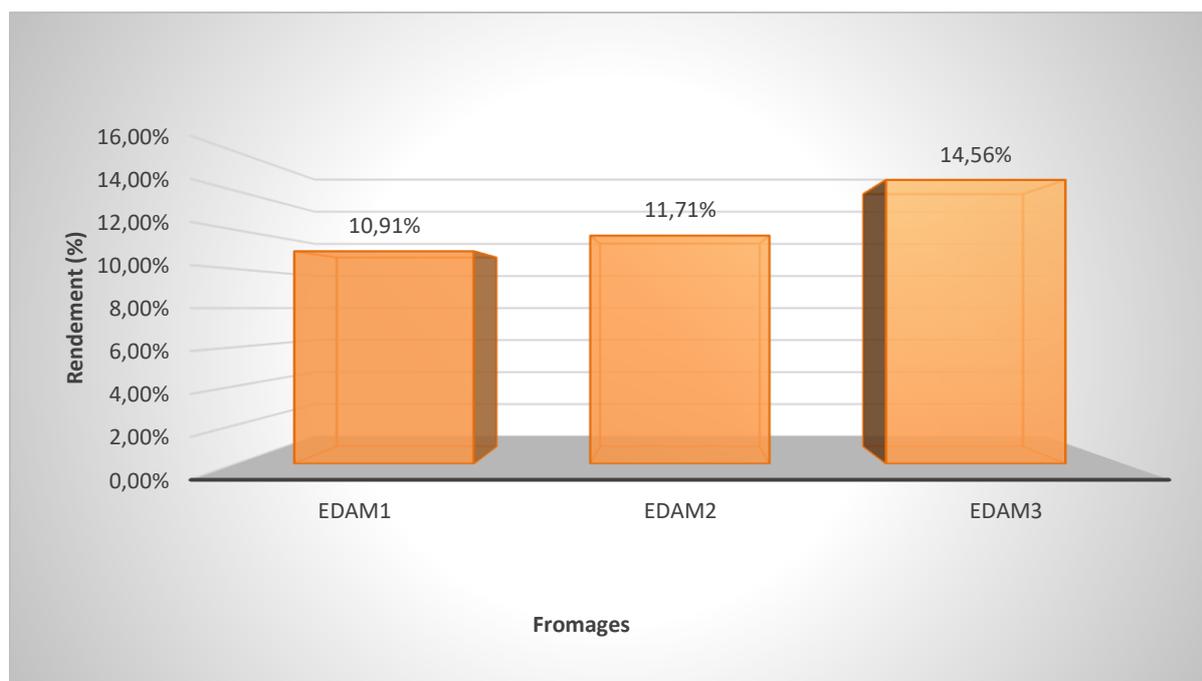


Figure 16. Rendement de la fabrication des trois fromages.

III.2.3. Analyses physico-chimiques

Le contrôle physico chimique du fromage est un facteur essentiel pour l'obtention d'un produit de bonne qualité

Les résultats des analyses physico-chimiques réalisés sur le produit fini (fromage Edam) sont représentés dans le Tableau 5, suivant :

Tableau 5. Résultats des analyses physicochimique des trois fromages

Paramètres	Edam 1	Edam 2	Edam 3
pH	5,7	4,8	5,1
L'acidité titrable	18	20,7	18
La densité	1,007	1,003	1,003
Extrait sec totale%	63,95	61,90	66,18
Matière grasse	20	17,2	15,9
Taux de cendre	2,40	1,76	1,60
Taux d'humidité %	36,05	38,1	33,82
Indice réfraction	1,336	1,335	1,335

D'après le Tableau 5, les résultats des analyses physicochimiques indiquent que les valeurs de pH des trois fromages sont respectivement de 5,7 et 4,8 et 5,1.

Selon les résultats, on constate que l'Edam 1 et 3 ont des valeurs de pH presque similaires, se situant entre 5,7 et 5,1 : selon Pradal (2012) en technologie de pâtes pressées non cuites, le pH doit être inférieur à 5,7. Si nous considérons cette valeur comme acceptable et quelle contribue au développement de la saveur et de la texture appropriée du fromage.

Quant à l'Edam 2, nous avons obtenu un pH (4,8), plus faible que les fromages précédents. Cette légère diminution du pH dans le fromage Edam 2 pourrait indiquer une augmentation de la concentration de bactérie lactique. D'après Branger (2004), la diminution de pH, s'observe lors de la maturation microbienne les bactéries lactiques transforment le lactose en acide lactique.

L'acidité des trois fromages se situe entre la valeur de 18°D et 20°D, cette valeur est appropriée pour former un fromage de bonne qualité.

L'augmentation de l'acidité est due à l'activité de la flore lactique qui libère des acides organiques comme l'acide lactique, l'acide propionique (Ecran et al., 2011).

La hausse de l'acidité associée à la baisse du pH dans les fromages peut être expliquée par l'activité métabolique des bactéries lactiques présentes dans les ferments utilisés dans leur fabrication.

Selon les résultats pris en compte dans le Tableau 5, nous remarquons que la valeur de densité de trois fromages est comprise entre 1.007 et 1.003 donc cette valeur est considérée comme acceptable et répand à la norme.

Le taux d'extrait sec de trois fromages au lait pasteurisé enregistré est de 63.95% pour l'Edam 1, de 61.90% pour l'Edam 2, et de 66.18% pour l'Edam 3. Nous avons noté que les teneurs en matière sèche dépassent la normale, ce qui pourrait influencer la texture et le goût du fromage.

Les fromages ayant une teneur en matière sèche plus élevée peuvent être plus fermes et plus secs, comme c'est le cas pour notre fromage Edam 3. La durée de maturation ou le niveau humidité environnant peuvent être les principaux facteurs conduisant à la diminution du taux humidité, et donc l'augmentation de l'extrait sec pour les trois fromages.

La teneur minimale en matière grasse dans l'extrait sec est 40.0%, et la teneur minimale en extrait sec est 54.0% (Codex stan, 1966).

Selon les résultats, le taux de cendres est légèrement différent pour les trois fromages examinés, tous fabriqués à partir de lait pasteurisé. Pour edam1, le taux de cendre est de 2.40% ; pour edam2, il est 1.76% ; et pour edam 3, il est de 1.60, ce dernier étant le plus bas.

La fraction minérale du lait est cruciale dans la technologie fromagère car elle influence la coagulation, la synérèse et la texture du caillé. En effet toute modification dans la répartition minérale se répercute sur les propriétés technologiques des laits et les propriétés rhéologiques du coagulum (Belahouel et al., 2023).

Le lait pasteurisé subit une élévation de température important, ce qui peut conduire à la perte de certains minéraux.

Les résultats pour le taux humidité des trois fromages analyses sont les suivants : pour Edam1, Edam2 et Edam3, les taux varient entre 36.05%, 38.1% et 33.82%, respectivement.

Comme précédemment mentionné, il y a généralement une relation inverse entre l'extrait sec total et humidité.

Humidité relative agit indirectement sur la teneur en matière sèche au cœur de fromage. (Chibane et al., 2021).

D'après les résultats des analyses physico-chimiques de trois types de fromage, les valeurs de l'indice de réfraction ont été observées entre 1,335 et 1,336.

L'indice de réfraction peut être influencé par plusieurs facteurs, y compris la teneur en eau, la teneur en matières grasses, la densité et la composition chimique globale du fromage. Ces résultats pourraient indiquer une cohérence dans ces aspects entre les différents types de fromage examiné.

III.2.4. Analyses microbiologiques

Les germes que nous avons recherchés et dénombrés dans notre étude sont considérés comme des indicateurs de la sécurité et de la salubrité du produit fini, et permettent de vérifier si le travail a été réalisé dans le respect des pratiques et méthodes d'hygiène. Selon les résultats obtenus, nous avons confirmé que les produits finis sont sûrs et de qualité microbiologique satisfaisante, ce qui est essentiel pour évaluer un produit alimentaire, selon le Journal Officiel Algérien. Les résultats des analyses microbiologiques des fromages sont présentés dans le Tableau 6 ci-dessous :

Tableau 6. Résultats des analyses microbiologiques des 3 fromages.

Germe	Echantillon	Edam 1 (UFC/ml)	Edam 2 (UFC/ml)	Edam 3 (UFC/ml)	Limites microbiologiques Normes (J.O.R.A n°39/2017)	
					m	M
	<i>Escherichia coli</i>	Absence	Absence	Absence	10 ²	10 ³
	<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence	Absence	Absence	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i>	Absence	Absence	Absence	Absence dans 25 ml	

Les résultats obtenus montrent une absence totale d'anneau rose et de gaz dans la cloche de Durham, ce qui indique l'absence d'*E. coli*. Ces résultats confirment que nos fromages ne sont pas contaminés par des matières fécales. Les résultats observés sont conformes aux normes exigées par le J.O.R.A. (2017).

L'absence de *S. aureus* dans les échantillons d'Edam confirme qu'il n'y a pas eu de contamination au cours de la chaîne de fabrication des trois types de fromage, attestant ainsi de la bonne qualité microbiologique et hygiénique de nos produits. Les résultats observés sont conformes aux normes exigées par le J.O.R.A. (2017).

Aucune croissance n'a été détectée sur le milieu Hektoen, ce qui prouve l'absence de salmonelles dans les trois fromages. Cela indique une absence de contamination au niveau de la chaîne de fabrication et aucun risque pour la santé du consommateur. Selon plusieurs auteurs, la production d'acides lactiques et de composés antimicrobiens, tels que les bactériocines, joue un rôle essentiel dans la conservation des produits laitiers fermentés. Cette production entraîne une diminution du pH et l'acidification du milieu, contribuant ainsi à l'inhibition des germes contaminants (Guessas et al., 2006 ; Saidi, 2007).

III.2.5. Analyses organoleptiques

Les résultats des tests de dégustation des trois fromages sont présentés dans la Figure 17. Selon les résultats, le fromage à pâte pressée de type Edam, élaboré à partir de lait pasteurisé ensemencé avec le premier starter (les bactéries mésophiles, les bactéries thermophiles et les ferments du rouge) présente une meilleure qualité organoleptique. Le test d'intensité révèle les

différences entre les trois fromages pour chaque caractéristique (couleur, aspect, texture, odeur et goût). En effet, le fromage fabriqué avec le deuxième starter et le troisième présente une texture lisse, souple et un aspect hydratant, mais le fromage au premier starter est plus lisse et plus hydratant que les autres fromages, ainsi que d'autres caractéristiques.

Les dégustateurs ont jugé que le goût des fromages obtenus est très bon jusqu'à moyen. Les résultats finaux de la dégustation montrent que les dégustateurs ont préféré l'Edam fabriqué avec le premier starter (très bon : 82%, bon : 9%, moyen : 9%), par rapport aux autres modèles (très bon : 9%, bon : 82%, moyen : 9%) pour l'Edam au laitensemencé par le deuxième starter et (très bon : 37%, bon : 45%, moyen : 18%) pour le fromage fabriqué à partir du troisième starter.

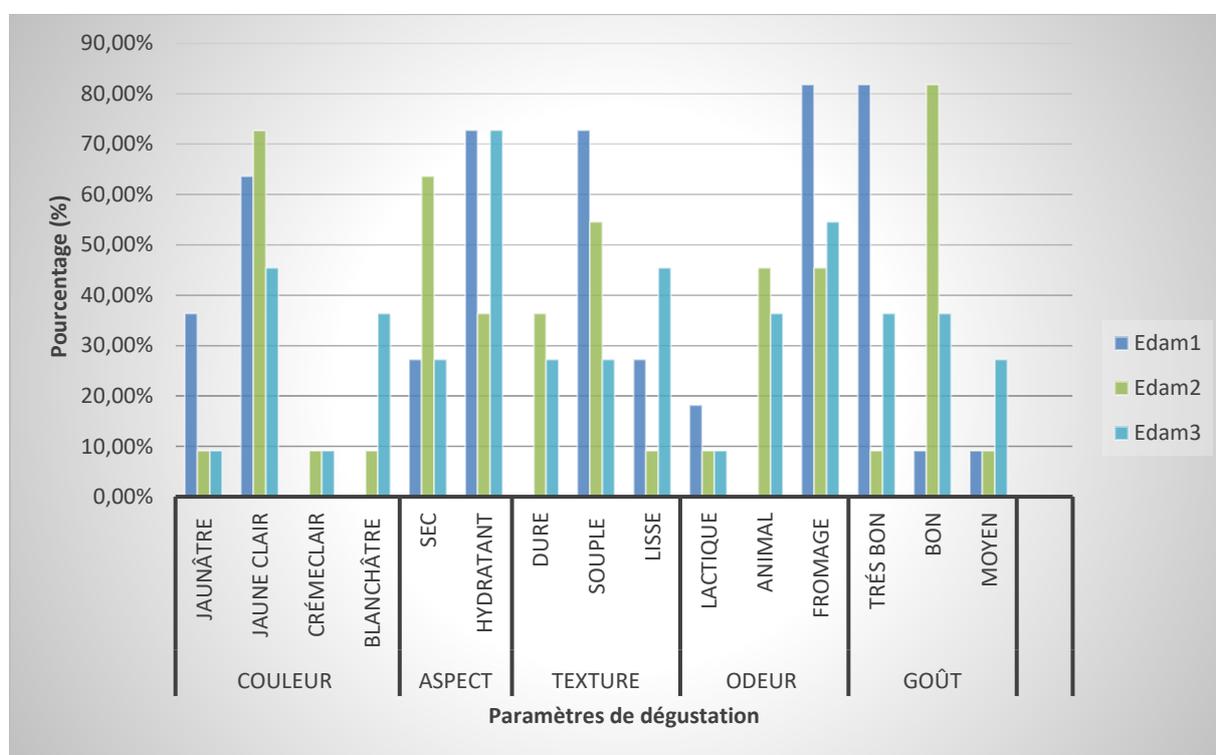


Figure 17. Résultats du test de dégustation des trois fromages.



Edam 1 à partir de ferments du rouge et thermophiles et mésophile



Edam 2 à partir de lactosérum



Edam 3 à partir de ferments du rouge et mésophile

Figure 18. Les trois fromages de types Edam fabriqués traditionnellement.

CONCLUSION

Au cours de notre étude, nous avons produit trois variétés de fromage à pâte pressée demi-cuite, et avons évalué les paramètres physico-chimiques et microbiologiques des matières premières ainsi que ceux des produits finis. De plus, nous avons également effectué une évaluation de leur qualité organoleptique.

Selon les conclusions de l'analyse physico-chimique, tous les critères ainsi que les valeurs obtenues des échantillons de lait pasteurisé étaient conformes aux normes établies. En ce qui concerne l'évaluation microbiologique, les résultats indiquent que le lait pasteurisé présente une qualité hygiénique satisfaisante et est conforme aux normes en vigueur.

Les résultats obtenus pour le produit fini ont démontré que les trois fromages au lait pasteurisé possèdent une bonne qualité hygiénique, étant donné l'absence totale des germes recherchés. En général, notre fromage respecte les normes exigées par la législation.

En ce qui concerne les analyses sensorielles, les résultats révèlent une grande disparité de ces paramètres entre les trois fromages, avec une meilleure qualité organoleptique enregistrée pour les deux fromages Edam fabriqués à partir de lait pasteurisé. Le premier utilise des ferments (mésophiles, ferments thermophiles, ferments du rouge), tandis que le deuxième utilise du lactosérum qui confère une bonne texture et un goût à notre fromage. En revanche, l'Edam 3, fabriqué à partir de lait pasteurisé avec deux ferments (mésophiles et du rouge) et l'absence de ferment thermophile, a eu un impact négatif sur le fromage.

Dans cette étude, nous avons cherché à améliorer la compréhension de la technologie de fabrication du fromage Edam à pâte pressée non cuite à partir de lait pasteurisé.

Pour améliorer la fabrication du fromage à partir de lait pasteurisé, nous recommandons de s'assurer que la laiterie de fabrication est capable de transformer le lait dans des conditions similaires et de réaliser les mêmes cycles d'affinage (durée, température, humidité relative). En perspective, il est préférable de tester les différences entre différents paramètres, principalement la variation de la durée et de la température d'affinage, ainsi que le type de culture bactérienne utilisée, ou même de remplacer les cultures bactériennes par du lactosérum pour obtenir de meilleurs résultats.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFNOR, N. (1979). Recueil des normes françaises. Eaux-Méthodes d'essais.
- ALAIS, C. (1984). Sciences du lait: principes des techniques laitières, 4^{ème} Edition. Edition Publicité France.
- Banks, J. M., Clapperton, J. L., Muir, D. D., & Girdler, A. K. (1986). The influence of diet and breed of cow on the efficiency of conversion of milk constituents to curd in cheese manufacture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 37(5), 461-468.
- Banks, J. M., Muir, D. D., & Tamime, A. Y. (1984). A comparison of cheese yield and cheese making efficiency using seasonal and standardized milk. *International Journal of Dairy Technology*, 37(3), 83-88.
- Barbano, D. M., & Sherbon, J. W. (1984). Cheddar cheese yields in New York. *Journal of Dairy Science*, 67(8), 1873-1883.
- Belahouel R., Benaboucha H., Bencherif I., 2023 Fabrication de fromage traditionnel à pâte pressée non cuite de type Gouda et étude de l'effet de la pasteurisation sur la qualité microbiologique et organoleptique
- Benlahcen, K., Mahamedi, A. E., Djellid, Y., Sadeki, I. F., & Kihal, M. (2017) Microbiological characterization of Algerian traditional cheese "Klila". *J Purity Util React Environ*, 6, 1-9.
- Boudalia, S., Boudebouz, A., Gueroui, Y., Bousbia, A., Benada, M., Leksir, C., ... & Chemmam, M. (2020). Caractérisation du fromage traditionnel algérien « Bouhezza » préparé à partir de laits crus de vache, de chèvre et de brebis. *Food Science and Technology*, 40, 528-537..
- BRANGER, A. (2004). Fabrication de produits alimentaires par fermentation: les ferments. *Techniques de l'ingénieur. Agroalimentaire*, 2(F3500), F3500-1.
- Brito, C., Niklitschek, L., Molina, L. H., & Molina, I. (2002). Evaluation of mathematical equations to predict the theoretical yield of Chilean Gouda cheese. *International journal of dairy technology*, 55(1), 32-39.
- Chibane, R., & Ferrani, D. (2021). Evolution des paramètres physicochimiques et microbiologiques au cours de l'affinage du fromage à pâte pressée non cuite type «Cheddar» fabriqué au niveau de la fromagerie «Pâturage d'Algérie» (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- Codex alimentaire norme générale pour le fromage cxs 283-1978)

- Colin, O., Laurent, F., & Vignon, B. (1992). Variations du rendement fromager en pâte molle. Relations avec la composition du lait et les paramètres de la coagulation. *Le Lait*, 72(3), 307-319.
- Delarras, C., Trébaol, B. et Durand, J. (2010). Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Éditions Tec & Doc, Paris..
- Delphine Cuvillier., 2005. Centre fromager de bourgogne aout 2005 (une synthèse sur le rendement fromager). *Dairy Food*. 78 : 145-155.
- Doyle, T. C., Hansen, J. E., &Reisler, E. (2001). Tryptophan fluorescence of yeastactinresolved via conserved mutations. *Biophysical Journal*, 80(1), 427-434.
- El-Bakry, M., &Sheehan, J. (2014). Analysingcheese microstructure: A review of recentdevelopments. *Journal of Food Engineering*, 125, 84-96.
- Emmons, D. B., & Binns, M. (1990). Cheeseyieldexperiments and proteolysis by milk-clotting enzymes. *Journal of Dairy Science*, 73(8), 2028-2043.
- Enil M., 2011. Connaissance du lait Congrès international de la répression des Fraudes à Genève 1999
- Ercan, D., Korel, F., Yüceer, Y. K., &Kınık, Ö. (2011). Physicochemical, textural, volatile, and sensory profiles of traditionalSepetcheese. *Journal of Dairy Science*, 94(9), 4300-4312.
- Fenelon, M. A., &Guinee, T. P. (1999). The effect of milk fat on Cheddar cheeseyield and itsprediction, using modifications of the Van Slykecheeseyield formula. *Journal of dairy science*, 82(11), 2287-2299.
- Gilles, J., & Lawrence, R. C. (1985). The yield of cheese.
- Gosta, F. (1995). Le tous sur le lait. Manuel de transformation du lait. Tétrapack.
- Guéssas B. ; Hadadji M. ; Saidi N. et Kihal M., (2006). Inhibition de la croissance de *Staphylococcus aureus* par les bactéries lactiques présentes dans le lait. *Dirasat, sciences agricoles*. 32 : 3, 304-312 p.
- Guinee, T. P., O'Brien, B., &Mulholland, E. O. (2007). The suitability of milkfrom a spring-calveddairyherdduring the transition from normal to verylate lactation for the manufacture of low-moisture Mozzarella cheese. *International dairy journal*, 17(2), 133-142.

- Guo, M., Park, YW, Dixon, PH, Gilmore, JA et Kindstedt, PS (2004). Relation entre le rendement du fromage (Chèvre) et la composition chimique du lait de chèvre. *Recherche sur les petits ruminants*, 52 (1-2), 103-107.
- Haddad, S., & Hadid, A. (2021). L'Étude post-lancement d'un produit sur le marché des produits laitiers Cas «Fromage Edam» Tifra-Lait (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- Jeantet, R., Croguennec, T., Mahaut, M., Schuck, P., & Brulé, G. (2007). *Les produits laitiers* (pp. 184-p). Editions Tec & Doc Lavoisier.
- JORA N°39 (2017). Critères microbiologiques relatifs à certaines denrées alimentaires : légumes, fruits, végétaux et produits à base de végétaux
- Kara Souhila Z., Mehieddine T., (2019). Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique des laits commercialisés dans l'ouest d'Algérie – Mostaganem Mémoire Master Professionnalisant, Spécialité: Biochimie Appliquée, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, p39.
- Lapointe-Vignola, C. (2002). *Science et technologie du lait: transformation du lait*. Presses inter Polytechnique.
- Laurent, A. (2020). La fin d'une appellation d'origine: étude sur les possibilités juridiques de réappropriation du nom enregistré sous AOP/IGP (Doctoral dissertation, Reims).
- Lawrence R.C., 1993. Conditions de traitement. Dans : *Facteurs affectant le rendement du fromage*. Éd. D.B. Emmons. Inter. Mangeoire à lait. Bruxelles, 64-78.
- Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation Et L'agriculture, (1995). *Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine*, Rome.
- Leksir, C. et Chemmam, M. (2015). Contribution sur la caractérisation du klila, un fromage traditionnel de l'est de l'Algérie.
- Leksir, C., Boudalia, S., Moujahed, N. et Chemmam, M. (2019). Produits laitiers traditionnels en Algérie : cas du fromage Klila. *Journal des aliments ethniques*, 6 (1), 1-14.
- Leroy, F. et De Vuyst, L. (2004). Bactéries lactiques comme cultures starter fonctionnelles pour l'industrie de la fermentation alimentaire. *Tendances en science et technologie alimentaires*, 15 (2), 67-78.
- Lortal, S., & Boudier, JF (2011). La valorisation de la matière première lait, évolution passée et perspectives. *Innovations Agronomiques*, 13, 1-12.

- Lou, Y. et Ng-Kwai-Hang, KF (1992). Effets des niveaux de protéines et de matières grasses dans le lait sur les compositions de fromage et de lactosérum. *Food Research International* , 25 (6), 445-451.
- Lucey J., Kelly J., 1994. Rendement en fromage. *J.Soc. Technologie laitière*. 47(1), 1-14.
- Majdi, A. (2008). Maitrise de la technologie fromagère et contrôle qualité des fromages AOC. Stage au centre professionnel d'agroalimentaire de cite EL KHADRA. Institut National Agronomique, Tunisie.
- Martin, B. et Coulon, JB (1995). Facteurs de production du lait et caractéristiques des fromages. II. Influence des caractéristiques des laits de troupeaux et des pratiques fromagères sur les caractéristiques du reblochon de Savoie fermier. *Le Lait* , 75 (2), 133-149.
- Mathieu, J. (1998). Initiation à la physico-chimie du lait. Edition technique et documentation. Ed., Lavoisier, Paris, 220.
- Mathieu, J. (1998). Initiation à la physicochimie du lait.
- Merigaud, J. P., Lemoine, T., Aguer, D., Gillis, J. C., Jouanneau, F., Koubbi, L., & Madiot, T. (2009). Spécification technique de l'achat public laits et produits laitiers Groupes d'étude des marches de restaurations collective et de nutrition (GEM RCN).
- Meyer, C., & Duteurtre, G. (1998). Equivalents lait et rendements en produits laitiers: modes de calculs et utilisation.
- Michalski, MC, Camier, B., Briard, V., Leconte, N., Gassi, JY, Goudédrache, H., ... & Fauquant, J. (2004). La taille des globules gras natifs du lait affecte les propriétés physico-chimiques et fonctionnelles de l'Emmental. *Le lait* , 84 (4), 343-358.
- NORME CODEX POUR L'ÉDAM CODEX STAN 265-1966)
- Pernodet, G. (1987). Technologie comparée des différents types de caille.
- Perotti, MC, Bernal, SM, Meinardi, CA et Zalazar, CA (2005). Profils d'acides gras saturés du fromage Reggiano Argentino produit avec différents levains. *Journal laitier international* , 15 (11), 1150-1155.
- Possas, A., Bonilla-Luque, OM et Valero, A. (2021). De la fabrication du fromage à la consommation : Explorer la sécurité microbienne des fromages à travers des modèles de microbiologie prédictive. *Aliments* , 10 (2), 355.

- Pougheon, S., & Goursaud, J. (2001). Le lait caractéristiques physicochimiques In DEBRY G. Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris, 6, 566.
- Pradal, M. (2012). La transformation fromagère caprine fermière: bien fabriquer pour mieux valoriser ses fromages de chèvre. Lavoisier.
- SAIDI, N. (2007). La Microflore lactique du lait cru local de chèvre: Etudes microbiologique, biochimique et génétique des bactéries lactiques d'intérêt (Doctoral dissertation, Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella).
- Sundaram, G., Ak, M.M., 2003. Cheeserheology and texture. Boca Raton, Florida : CRC Press LLC.
- Thebaut L., 1991. Qualités des produits agricoles et qualité de l'environnement, des synergies limitées. Tun. Reg. Aride. 1 : 1-11
- Van den Berg M.G., 1994. La transformation de la caséine du lait en structure paracaséine du fromage et sa relation avec les composants du lait non caséineux. FID, stagiaire. Mangeoire à lait. Bruxelles, 35-47.
- Veisseure .(1979). Technologie de lait : constituants, récolte,] Traitement et transformation dulait. Edition, la maison rustique. Paris
- Verdier-Metz I., Coulon J.B., Pradel P., 2001. Relation entre teneurs en matière grasse et protéique du lait et rendement fromager. Rés. Animale. 50, 365-371.
- Vuillemard, J. C. (2018). Science et technologie du lait. Presses de l'Université Laval.
- Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., & Elias, L. G. (1991). Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments. CRDI, Ottawa, ON, CA.
- World Health Organization. (2010). Code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides: directives pour l'homologation des pesticides (No. WHO/HTM/NTD/WHOPES/2010.7). Organisation mondiale de la Santé.

ANNEXES

Annexe 1

Composition des milieux de culture

Compositions de la gélose PCA :

Biotrypease.....	5g/l
Extrait de levure	2.5g/l
Glucose.....	1g/l
Agar.....	15g/l
Eau distillée.....	1000ml

Compositions de la gélose BP :

Peptone.....	10g/l
Extrait de levure.....	2g/l
Extrait de viande de bœuf	4g/l
Pyruvate de sodium.....	10g/l
Glycocolle.....	12g/l
Chlorure de lithium.....	5g/l
Agar-agar.....	20g/l
Eau distillée.....	1000ml

Compositions de la gélose VRBL :

Peptone.....	7g/l
Extrait de levure.....	5g/l
Sels biliaires.....	1.5g/l
Lactose	10g/l
Chlorure de sodium	5g/l
Rouge neutre.....	0.03g/l
Cristal violet	2mg
Gélose	12g/l

Composition de la gélose Hektoen :

Peptone pepsique de viande.....	12g/l
Extrait de levure	3g/l
Sels biliaires	9g/l

Lactose.....	12g/l
Saccharose.....	1.2g/l
Salicine.....	.2g/l
Chlorure de sodium.....	.5g/l
Hyposulfite de sodium.....	.5g/l
Citrate de fer ammoniacal.....	1.5g/l
Bleu de bromothymol.....	0.0064g/ l
Fushine acide	0.04g/l
Gélose	14g/l
Eau distillée.....	1000ml

Compositions de milieu Schubert :

Tryptophane.....	0.4g/l
Acide glutamique	0.4g/l
Sulfate de magnésium.....	1.4g/l
Sulfate d'ammonium.....	0.4g/l
Citrate de sodium.....	0.5g/l
Chlorure de sodium.....	4g/l
Peptone	20g/l
Mannitol.....	1.5g/l
Eau distillée.....	1000ml

Composition du bouillon BCPL :

Peptone.....	.5g/l
Extrait de levure	3g/l
Lactose.....	10g/l
Pourpre de Bromocrésol.....	25mg/l

Compositions des liquides et réactifs utilisés :

Compositions de réactif Kovacs :

Alcool amylique ou iso-amylique.....	150ml/l
P.diméthylaminobenzaldéhyde.....	10g/l
Acide chlorhydrique concentré.....	50ml/l

Compositions d'eaux physiologiques :

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

Annexe 2

A. Analyses physico-chimiques du lait pasteurisé



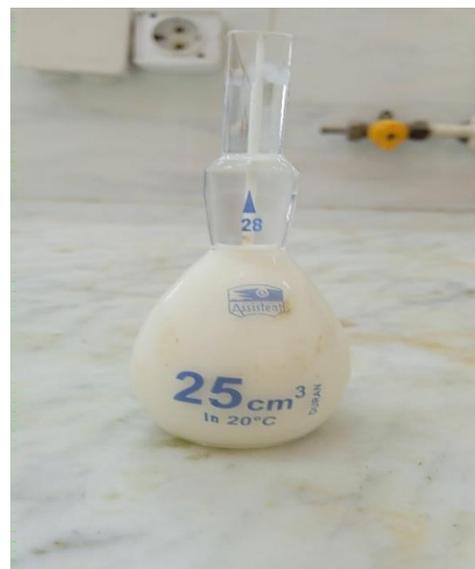
Détermination du pH



Détermination de l'acidité



Détermination d'indice de réfraction



Détermination de la densité

B. Analyses microbiologiques du lait

B.1. Recherche des germes aérobies à 30°C

Milieu de culture utilisé PCA (ensemencement en profondeur)

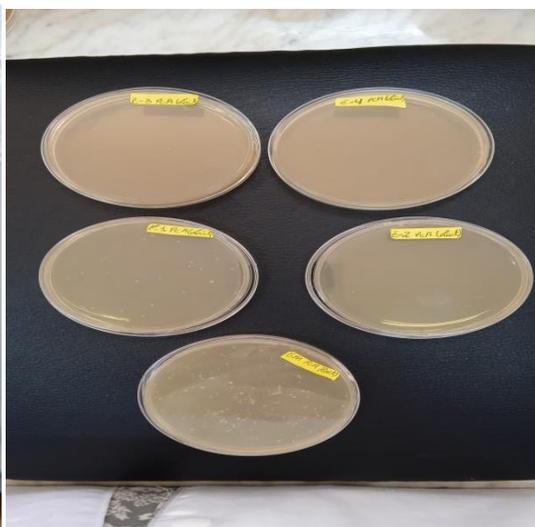


Les dilutions

Inoculation de 1 ml de la solution en profondeur et versement de la gelose



Incubation à 30°C/24h



Colonies rondes de couleur blanche

Figure 19. Dénombrement de germes aérobies à 30°C.

B.2. Dénombrement des coliformes

Milieu de culture utilisé VRBL



Les dilutions

Gélose VRBL

Transférer 1 ml de la solution.



Versement de la gélose

Incubation à 44°C/24h



Absence totale des colonies

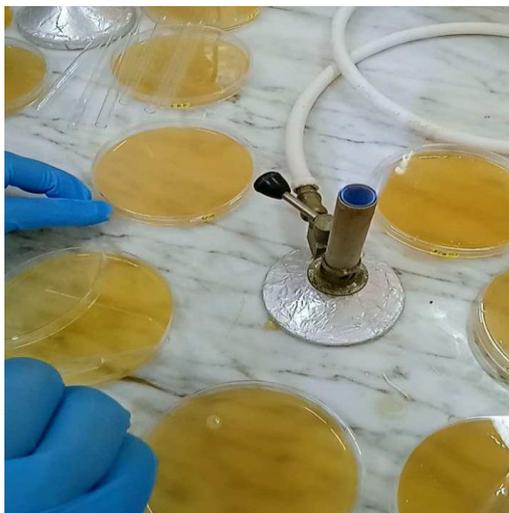
Figure 20. Dénombrement les coliformes thermotolérants.

B.3. Dénombrement de *Staphylococcus aureus*

Milieu de culture utilisé Baird Parker



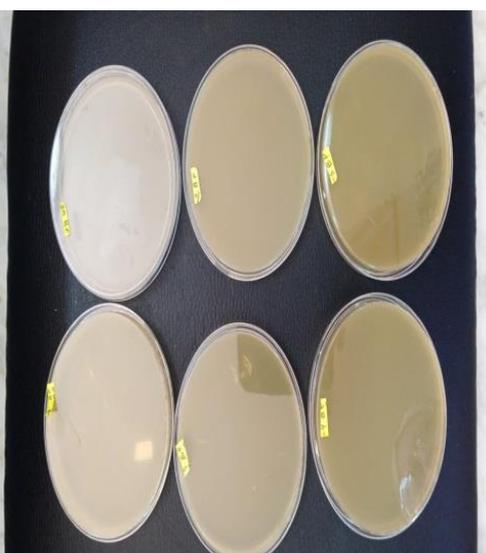
Collage de la gélose



Etalement en surface de la dilution



Incubation 37°C/24h



Absence totale des colonies

Figure 21. Dénombrement de *Staphylococcus aureus*.

B.4. Recherche des salmonelles

Milieu utilisé Hektoen



Pré enrichissement



Incubation 37°C/24h



Enrichissement



Transfère 0,1 ml sur milieu Hektoen



Incubation 37°C/24h



Absence des colonies

Figure 22. Recherche des selmonelles.

C. Analyses physico-chimiques du fromage



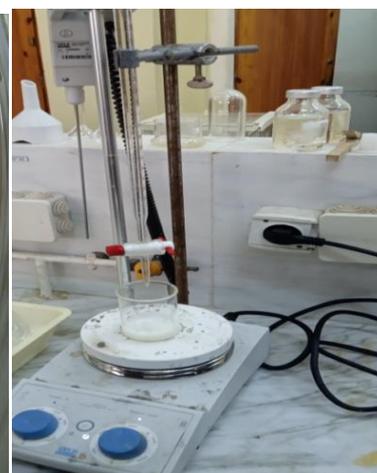
Détermination du pH



Détermination de matière grasse



Détermination du taux de cendres.



Détermination de l'acidité titrable



Détermination de la matière sèche

Figure 23. Analyses physicochimiques du fromage.

D. Analyses microbiologiques du fromage

D.1. Dénombrement d'*E. coli*



Solution mère



Bouillon BCPL(6S/C et 3D/C)



Ajouter 1ml de la solution



Incubation à 37°C/24h



Milieu positif : Virage de couleur et dégagement du gaz

Présence des coliformes totaux

Test confirmatif



Transférer 0,1 ml sur milieu Schubert +cloche et l'incubation à 44°C pendant 24 h



Ajout de 2 gouttes de réactif Kovacs

Absence d'anneau

Figure 24. Dénombrement d'*Escherichia coli*.

D.2. Dénombrement de *Staphylococcus aureus*

Milieu utilisé de culture Baird Parker



Dilution

Versement de la
gélose

Étalement 0,1 de la
dilution



Incubation
37°C/24h

Absence des
colonies

Figure 25. Dénombrement de *Staphylococcus aureus*.

D.3. Recherche des salmonelles

Utilisation du milieu de culture Hektoen



Pré-enrichissement

Incubation
37°C/24h

Enrichissement
dans milieu TSB



Incubation
44°C/24h

Transfère 0,1 ml sur
milieu Hektoen

Incubation
37°C/24h



Absence des colonies

Figure 26. Recherche des salmonelles.

Tableau 7. Critères microbiologiques applicables aux lait et produits laitiers (J.O.R.A, 2017).

8 Chaoual 1438 2 juillet 2017		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 39				13
ANNEXE I						
Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires						
1- Lait et produits laitiers						
Catégories des denrées alimentaires	Micro-organismes/ métabolites	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques (ufc (1)/g ou ufc/ml)		
		n	c	m	M	
Lait cru	Germes aérobies à 30 °C	5	2	3.10 ⁵	3.10 ⁶	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ²	10 ³	
	Coliformes thermotolérants	5	2	5.10 ²	5.10 ³	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 ml		
	Antibiotiques	1	—	Absence dans 1 ml		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		
Lait pasteurisé et autres produits laitiers liquides pasteurisés	Germes aérobies à 30 °C	5	2	10 ⁴	10 ⁵	
	Enterobacteriaceae	5	0	10		
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 ml		
Lait UHT et lait stérilisé	Germes aérobies à 30 °C	5	0	10/0.1ml		
Lait en poudre et lactosérum en poudre	Enterobacteriaceae	5	2	10	10 ²	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10	10 ²	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
Fromages au lait cru	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 ⁴	10 ⁵	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ³	10 ⁴	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		
Fromages à base de lait ayant subi un traitement thermique moins fort que la pasteurisation et fromages affinés à base de lait ou de lactosérum pasteurisés ou ayant subi un traitement thermique plus fort que la pasteurisation	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 ²	10 ³	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ²	10 ³	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		
Fromages à pâte molle non affinés (fromages frais) à base de lait ou de lactosérum pasteurisés ou ayant subi un traitement thermique plus fort que la pasteurisation	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 ²	10 ³	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10	10 ²	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		
Crème au lait cru	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 ²	10 ³	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ³	10 ⁴	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		

Annexe 3

Fiche de dégustation

Évaluation sensorielle des trois types de fromage Edam.

Date : 25/04/2024.

- Goûtez et examinez chacun des trois échantillons :

Echantillons		Fromage type 01	Fromage type 02	Fromage type 03
C a r a c t è r e s				
C o u l e u r	J a u n â t r e			
	J a u n e C l a i r			
	C r è m e c l a i r e			
	B l a n c h â t r e			
A s p e c t	S e c			
	M o y e n			
	H y d r a t a n t			
T e x t u r e	D u r e			
	S o u p l e			
	L i s s e			
O d e u r	L a c t i q u e			
	A n i m a l			
	F r o m a g e			
G o û t	T r è s b o n			
	B o n			
	M o y e n			
Autres caractères			

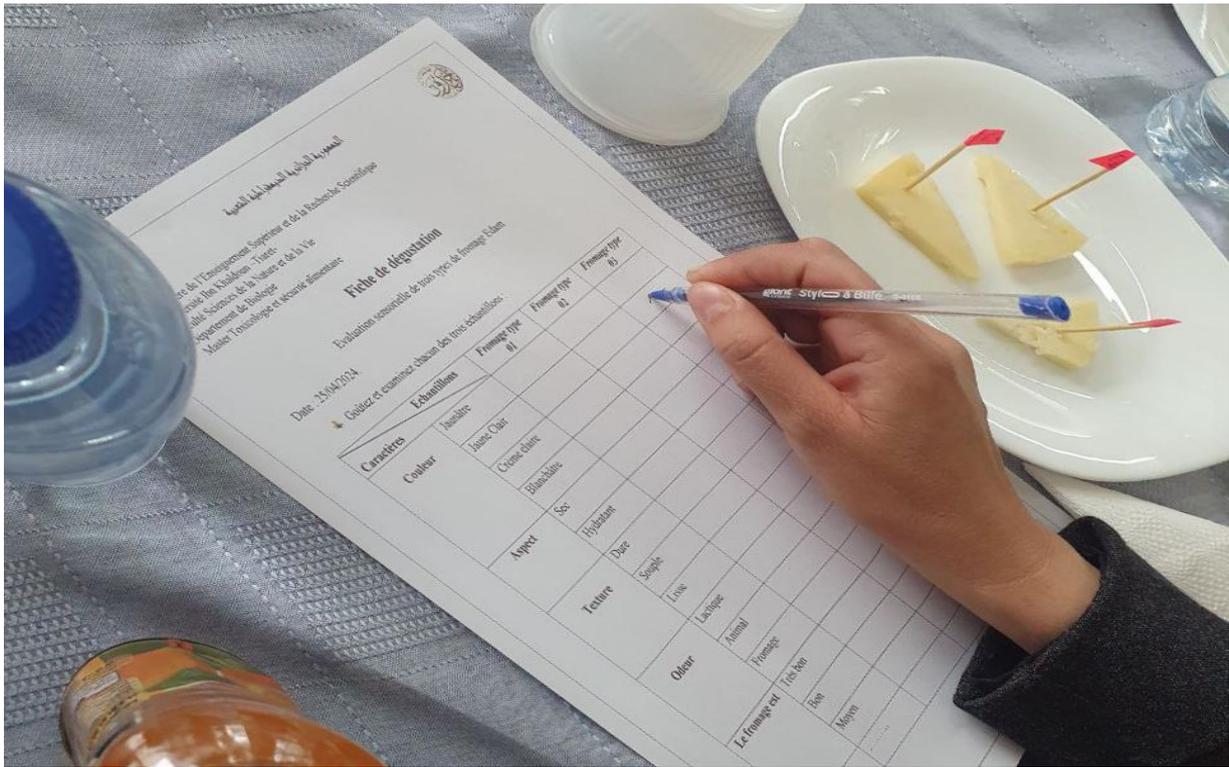






Figure 27. Présentation des fromages au jury de dégustation.

Annexe 4

Valeur nutritionnelle et composition de l'Edam

Tableau 8. Valeur nutritionnelle du fromage Edam (Haddad et al., 2021).

Valeur nutritionnelle pour 100 g du fromage Edam	
Valeur énergétique	355 kcal
Protéines	24 ,4g
Lipide	28g
Glucides	1,5g
Calcium	696mg

Tableau 9. Composition de l'Edam (CodexStan, 1966).

Constituant laitier	Teneur minimale (m/m)	Teneur maximale (m/m)	Niveau de référence (m/m)
Matière grasse laitière dans l'extrait sec	30%	Sans restriction	40% à 50%
Matière sèche	En fonction de la teneur en matière grasse dans l'extrait sec, conformément au tableau ci-dessous.		
	Teneur en matière grasse dans l'extrait sec (m/m)	Teneur en matière sèche minimale correspondant (m/m)	
	Egale ou supérieure à 30% mais inférieure à 40%	47%	
	Egale ou supérieure à 40% mais inférieure à 45%	51%	
	Egale ou supérieure à 45% mais inférieure à 50%	55%	

Egale ou supérieure à 50% mais inférieure à 60%	57%
Egale ou supérieure à 60%	62%