

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Sciences Alimentaires  
Filière : Sciences Alimentaires  
Spécialité : Production et Transformation Laitière



Réf:.....

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

*Thème*

**Elaboration d'un fromage enrichis en l'huile  
d'olive**

Présenté par :  
*Djerrahi Lamine & Bellil Meriem*  
Soutenu le : 30/06/2024

Devant le jury composé de :

Mme DEFLAOUI Lila	MCA	Président
Mme SOUFI Ouahiba	MCA	Encadreur
Mme TAFININE Zina	MCA	Examineur

**Année universitaire : 2023 / 2024**

## **Remerciement**

*Ce travail marque la fin de notre formation en vue de l'obtention du Diplôme de Master en production et transformation laitière.*

*Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant, de nous avoir donné le courage, la force, la santé et la persistance pour finir ce modeste travail et cueillir le fruit d'un long cursus scolaire et universitaire.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre promotrice, **Md. Soufi Ouahiba**. Nous la remercions sincèrement pour la confiance qu'elle nous a témoignée en acceptant de nous encadrer dans ce mémoire, ainsi que pour ses conseils, son encouragement et son accompagnement tout au long de ce travail.*

*Nous exprimons notre reconnaissance envers les membres du jury pour l'honneur qu'ils ont accordé en acceptant d'évaluer ce travail.*

*Nous tenons à remercier **Md Touati** l'enseignement du Département de science alimentaire pour son aide précieuse et ses conseils.*

*Nous tenons à remercier aussi tous les responsables du laboratoire biochimie des aliments et laboratoire microbiologie du département science alimentaire pour son contribution et le temps qu'elles ont consacré pour nos travaux pratiques, pour son aide précieuse et sont conseils.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à nos parents pour l'aide précieuse, la patience infinie et le soutien inébranlable qu'ils nous ont offerts tout au long de notre existence.*

*Enfin, Nous exprimons notre profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont apporté leur contribution, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail. Nous souhaitons que chacune d'entre elles trouve ici l'expression de notre reconnaissance sincère.*

## ***Dédicaces***

*Je dédie ce modeste travail à mes parents, qui m'ont guidé sur le chemin de la science, m'ont encouragé tout au long de ma vie à puiser dans la source des connaissances, et ont continuellement sacrifié leur bien-être pour ma réussite. Et mon bonheur. Je prie pour que Dieu les préserve, leur accorde une longue vie pleine de bonheur, de santé et de prospérité.*

- ❖ *A ma chère sœur pour leur soutien et encouragements sans limite.*
- ❖ *A mes oncles et tantes est sont enfants*
- ❖ *A toutes mes amies surtout ma binôme **Meriem***
- ❖ *Sans oublier surtout mon encadreuse md **Soufi Ouahiba***
- ❖ *A tous qui mon aidé de prés ou de loin...*

---

*Lamine*

*Je dédie ce travail:*

*A la plus chère personne de ma vie à ma mère qui a été toujours à mes côtés durent tout mon cycle d'étude et qui a tout fait pour mon bien je t'aime énormément.*

- ❖ *A mon père, la source de vie, mon première prof qui m'apprit que la patience est le Secret du succès.*
- ❖ *Amon cher frère **Rahim** qui m'a appris à écrire mon nom pour la première fois merci pour tout.*
- ❖ *A ma chère sœur **Feriel** aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et encouragements et son cher marie Saïd ton mariage avec ma sœur ma permet d'avoir un deuxième frère merci infiniment pour ton soutien.*
- ❖ *A mes oncles et mes tentes et les femmes de mes oncles.*
- ❖ *A tous mes cousins et cousines.*
- ❖ *Amon binôme **Lamine** qui à partager avec moi les efforts et la patience a fin de réalise ce Modest travail.*

---

*Meriem*

## **Liste d'abréviation**

**ACP:** Analyse en composantes principale

**AFNOR:** Association française de normalisation

**C° :** Degré Celsius

**CaCL<sub>2</sub> :** Chlorure de calcium

**CAH:** Classification ascendante hiérarchique

**COI :** Conseil oléicole international

**D :** densité

**D° :** Degré Dornic

**EMB:** Eosin Methylen Blue

**EST :** Extrait sec total

**IP:** Indice du peroxyde

**J.O.R.A:** Journal officiel de la république Algérien

**KI :** Iodure de potassium

**KOH :** Hydroxyde de potassium

**MG:** Matière grass

**MS :** Matière sèche

**N :** Normalité

**Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> :** Thiosulfat de sodium

**PCA:** Plate Count Agar

**pH :** potentiel hydrogène

**UFC:** Unité formant colonie

**UV:** Ultraviolet

**VRBL:** Violet Rouge Bile lactose

## Liste des tableaux

N° du tableau	Titre des tableaux	page
I	Fromage cheddar analysés	14
II	Résultats des analyses physico-chimiques du lait	22
III	Résultats des analyses physico-chimiques de l'huile d'olive	23
IV	Analyses microbiologie du lait	28
V	Analyses microbiologie du cheddar	28
VI	Evaluation du plan d'expérience pour les jurys experts	29
VII	Moyennes ajustées par produit	32
VIII	Objet classés par ordre croissant de préférence de juges satisfaits	34
IX	Pourcentage de juges satisfaits pour chaque objet	35
	<b>Annexe</b>	
I	Matières premières utilisées dans la fabrication du fromage.	45
II	Produits utilisé dans les analyses physico-chimiques et microbiologiques	46
III	pH des différents échantillons du cheddar.	50
IV	Valeurs d'acidité des différents échantillons du cheddar.	50
V	Résultats des valeurs d'extrait sec des échantillons du cheddar analysés.	50
VI	Résultats des teneurs en protéines des échantillons du cheddar analysés.	51
VII	Pouvoir discriminant par descripteur	52

## Liste des figures

N° de la figure	Titres des figures	page
1	Diagramme de fabrication du cheddar enrichi en huile d'olive	13
2	pH de cheddar analysés	24
3	Acidité des échantillons du cheddar	25
4	Extrait sec total des échantillons du cheddar analysés	26
5	Teneur en protéines des échantillons du cheddar analysés	27
6	Pouvoir discriminant par descripteur	30
7	Coefficients des modèles des échantillons du cheddar	31
8	Corrélation entre les variables et les facteurs	33
9	Profil des classes	34
10	Courbe de niveau et carte des préférences	35

## Table des matières

Liste des abréviations  
Liste des tableaux  
Liste des figures

Introduction ..... 1

### Synthèse bibliographique

I. Généralités sur le lait .....	3
I.1. Définition du lait .....	3
I.2. Composition du lait .....	3
I.2.1. Eau .....	3
I.2.2. Glucides .....	3
I.2.3. Lipides .....	3
I.2.4. Minéraux.....	4
I.2.5. Vitamines.....	4
I.2.6. Enzymes.....	4
II. Généralités sur l'huile d'olive .....	4
II.1. Définition du l'huile d'olive .....	4
II.2. Classification.....	5
II.2.1. Les huiles d'olive vierges .....	5
II.2.2. L'huile d'olive raffinée .....	5
II.2.3. L'huile d'olive composée .....	5
II.3. Composition chimique du l'huile d'olive .....	5
II.3.1. La fraction saponifiable.....	6
II.3.2. La fraction insaponifiable.....	6
III. Généralités sur les fromages.....	6
III.1. Définition du fromage .....	6
III.2. Classification des fromages .....	7
III.2.1. Fromages à pâte fraîche .....	7
III.2.2. Fromages à pâte pressé .....	7
III.2.3. Fromages à pâte molle .....	7
IV. Cheddar .....	7
IV.1. Historique de cheddar.....	7
IV.2. Définition du cheddar .....	8



IV.3. Les étapes de fabrication du cheddar .....	8
IV.3.1. Traitement thermique.....	8
IV.3.2. Acidification par ajustement des ferments.....	8
IV.3.3. Coagulation.....	8
IV.3.4. Découpage du coagulum.....	9
IV.3.5. L'égouttage .....	9
IV.3.6. Cuisson du caillé.....	9
IV.3.7. Le moulinage des grains .....	10
IV.3.8. La cheddarisation.....	10
IV.3.9. Le salage des grains .....	10
IV.3.10. Le moulage .....	11
IV.3.11. Le pressage .....	11
IV.3.12. L'affinage .....	11
IV.4. Les caractéristiques d'un bon fromage cheddar .....	11
IV.5. Impact d'enrichissement du fromage avec l'huile d'olive .....	12
IV.5.1. Effets sensoriels .....	12
IV.5.2. Effets nutritionnels.....	12

### Matériel et méthodes

I. Elaboration du cheddar .....	13
II. Analyses physico-chimiques des matières premières et du cheddar .....	14
II.1. Le lait .....	14
II.1.1. Détermination du pH.....	14
II.1.2. Détermination de l'acidité du lait.....	14
II.1.3. Extrait sec total.....	15
II.2. L'huile d'olive .....	15
II.2.1. L'acidité .....	15
II.2.2. L'indice du peroxyde.....	16
II.2.3. Extinction spécifique dans l'UV .....	16
II.3. Cheddar .....	17
II.3.1. Détermination du pH.....	17
II.3.2. Détermination de l'acidité titrable .....	17
II.3.3. L'extrait sec total (EST).....	17
II.3.4. Dosage des protéines par la méthode de Lowry.....	18

III. Analyses microbiologiques .....	18
III.1. Le lait.....	18
III.1.1. Préparation de l'eau physiologique.....	18
III.1.2. Préparation des dilutions.....	18
III.1.3. Le dénombrement des germes aérobies .....	19
III.1.4. Le dénombrement des entérobactéries.....	19
III.2. Cheddar.....	19
III.2.1. Préparation des dilutions.....	19
III.2.2. La recherche d'Escherichia Coli .....	19
III.2.3. La recherche de Staphylococcus aureus.....	20
IV. Analyses sensorielles du cheddar élaboré.....	20
IV.1. Analyse sensorielle .....	21

### Résultats et discussion

I. Analyses physico-chimiques.....	22
I.1. Caractérisation physico-chimique du lait.....	22
I.1.1. pH .....	22
I.1.2. Acidité (D°) .....	22
I.1.3. Extrait sec total .....	22
I.2. Caractérisation physico-chimique du l'huile d'olive .....	23
I.2.1. Acidité .....	23
I.2.2. Indice du peroxyde .....	23
I.2.3. Extinction spécifique ultraviolet.....	23
I.3. Caractérisation physico-chimique du fromage fabriqué .....	24
I.3.1. pH .....	24
I.3.2. L'acidité D° .....	25
I.3.3. Extrait sec total .....	26
I.3.4. Protéines .....	27
II. Analyses microbiologiques.....	27
II.1. Caractérisation microbiologique du lait.....	27
II.2. Caractérisation microbiologique du cheddar .....	28
III. Analyses sensorielles.....	29
III.1. Plan d'expérience .....	29
III.2. Caractérisation des produits.....	30

III.2.1. Pouvoir discriminant par descripteur .....	30
III.2.2. Coefficients des modèles .....	31
III.3. Moyennes ajustées par produit .....	32
III.4. Préférence MAPPING (Cartographie des préférences).....	33
III.4.1. Analyse en composantes principales (ACP).....	33
III.4.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH).....	33
III.4.3. Synthèse de Mapping des préférences .....	34
III.4.4. Courbes de niveau et carte des préférences .....	35
Conclusion.....	37
Références bibliographiques .....	38
Annexe I .....	45
Annexe II.....	47
Annexe III .....	50
Annexe IV .....	52
Résumé .....	53

# *Introduction*

## Introduction

Le fromage est une source importante de nutriments essentiels, notamment des protéines, des acides aminés, des lipides, des vitamines et des minéraux (**Walther et al., 2008**). Selon **Mahaut et al., (2000)**, Il y a environ 2000 variétés de fromages dans le monde, toutes dérivant d'une vingtaine de types, élaborés selon une technique de base commune. Parmi ces variétés; le Cheddar qui est le plus consommé au monde. Il est largement utilisé dans les restaurants rapides, notamment pour les pâtes, les pizzas et les sandwichs (**Hanlon et al., 2024**). C'est un fromage à pâte dure, obtenu par acidification du lait suivie d'une coagulation enzymatique. Ce fromage est en constante évolution et varie significativement au cours de son affinage. À sa sortie de fabrication, le Cheddar présente un arôme et un goût relativement doux, mais ceux-ci se transforment au fil du temps en une saveur plus prononcée et une texture lisse caractéristiques du fromage affiné (**Murtaza, 2022**).

D'autre part, l'incorporation des extraits de différentes parties de végétaux (fruits, grains,..) dans les préparations alimentaires a pour but d'améliorer leur valeur nutritionnelle et qualité sensorielle et de prolonger ainsi la durée de la conservation (**Shahidi et al., 1992**). Récemment plusieurs études ont rapporté l'amélioration de la qualité de fromages grâce aux incorporations avec des extraits végétaux, notamment l'étude menée par **Cherabi et al., (2022)** qui ont élaboré un fromage frais enrichi par la graine de lin pour apporter au fromage les propriétés bénéfiques de cette plante. **Kotsiou et al., (2010)** ont montré que l'enrichissement des aliments notamment la viande et le fromage par des extraits riches en composés phénoliques a permis d'augmenter leur activité antioxydante et antimicrobienne, de diminuer la formation des composés indésirables et d'inhiber ainsi l'oxydation des protéines.

Par ailleurs, l'huile d'olive constitue une source riche en composés bioactifs tels que les composés phénoliques, caroténoïdes, tocophérols qui exercent une activité antioxydante notable ; d'où le but de la présente étude qui consiste à déterminer l'effet de l'enrichissement du cheddar en huile d'olive issue de la région de Bejaia et de déduire ainsi l'impact de l'incorporation de différentes concentrations d'huile sur la qualité sensorielle, physicochimique et microbiologique du produit fini.

Le présent document est organisé en trois parties.

- La première partie inclut une synthèse bibliographique sur les fromages, le lait, l'huile d'olive...
- La seconde partie du manuscrit illustre le matériel et les méthodes employées pour la réalisation des différentes analyses sensorielles, physico-chimiques et

microbiologique des matières premières (le lait et l'huile d'olive) et du produit élaboré.

- Une troisième partie consacrée à aux résultats ainsi que leur interprétation.

*Synthèse*  
*bibliographique*

## I. Généralités sur le lait

### I.1. Définition du lait

Le lait est défini comme « le résultat complet de la traite et de la production continue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée ». Il doit être collecté de manière soigneusement et ne pas contenir de colostrum. Il doit également être recueilli dans des conditions hygiéniques adéquates et possède toutes les garanties sanitaires nécessaires (**Romain et al., 2008**).

Selon **Aboutayeb (2009)**, le lait, liquide blanc, opaque, avec une légère saveur sucrée, est un aliment complet et équilibré, produit par les glandes mammaires de la femelle et par celles des mammifères femelles pour nourrir les jeunes. Le lait cru n'a subi aucun traitement de conservation, sauf la réfrigération à la ferme.

### I.2. Composition du lait

Le lait renferme les nutriments indispensables à la croissance des jeunes mammifères. Un litre de lait bovin renferme du l'eau (900g), du lactose (50g), des protéines (32g) et des matières grasses (40g) (**Romain et al., 2008**). D'autres constituants présents à des quantités faibles appelés constituants mineurs (enzymes, vitamines, pigments...).

#### I.2.1. Eau

C'est le composant le plus abondant en termes de masse pondérale (en volume). Il représente, selon la race, entre 81 et 87 % du volume du lait. L'eau peut se trouver sous deux formes : l'eau libre (96% de la totalité) et liée à la matière sèche (4% de la totalité) (**Benloucif et al, 2016**).

#### I.2.2. Glucides

Le lactose, est le principal composant de la matière sèche et des glucides du lait de vache. C'est un disaccharide constitué de glucose et de galactose; il est peu soluble et présente une saveur peu sucrée (**Codou, 1997**). Dans les produits laitiers, le lactose joue un rôle essentiel en tant que substrat de fermentation pour les bactéries lactiques qui l'hydrolysent en glucose et galactose, puis en acide lactique (**Codou., 1997**).

#### I.2.3. Lipides

Le lait de vache contient entre 3 et 5 % de matière grasse, répartis en globules sphériques dont le diamètre varie de 0,1 à 20  $\mu\text{m}$ , avec une valeur moyenne de 3 à 5  $\mu\text{m}$  par



globule. Différents types de globules gras sont présents; ils sont principalement constitués de triglycérides, entourés d'une fine membrane dite « membrane du globule gras du lait »

### **I.2.4. Minéraux**

Le lait renferme une concentration en minéraux d'environ 7 g/l, parmi les substances minérales: calcium, phosphore, magnésium, potassium, sodium. Ils se trouvent sous forme de sels solubles (molécules et ions) et de sels liés dans la phase colloïdale insoluble (micelles de caséines) (Court *et al*, 2010). La composition minérale est variable en fonction des espèces, des races et du moment de la lactation (Sabine *et al*, 2000).

### **I.2.5. Vitamines**

Les vitamines jouent un rôle essentiel dans les réactions enzymatiques et les échanges au sein des membranes cellulaires (Vignole, 2002). Les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C) sont présentes en quantité constantes, ainsi les vitamines liposolubles (A, D, E et K) (Jeantet et Coll, 2008).

### **I.2.6. Enzymes**

Les enzymes sont des substances organiques de nature protidique qui jouent le rôle de catalyseurs dans les réactions biochimiques. Le lait contient environ soixante enzymes principales, dont vingt sont des composants natifs. La majeure partie se trouve dans la membrane des globules gras, toutefois, le lait renferme de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui produisent des enzymes (Pougheon, 2001).

## **II. Généralités sur l'huile d'olive**

L'huile d'olive qui est largement produite dans les régions méditerranéennes est extraite du fruit de l'olivier uniquement par des méthodes physiques, préservant ainsi leur qualité nutritionnelle et organoleptique. Elle constitue la principale source de lipides dans ces régions (Boskou, 2008).

### **II.1. Définition du l'huile d'olive**

Selon le *Codex Alimentarius* « C'est l'huile provenant uniquement du fruit d'olivier (*Olea europaea L.*) À l'exclusion des huiles obtenues par solvants ou par procédés d'estérification et de tout mélange avec des huiles d'autre nature ».

### II.2. Classification

Selon le conseil oléicole international (COI, 2019). Parmi les huiles d'olive, on distingue différentes catégories.

#### II.2.1. Les huiles d'olive vierges

La classification des huiles d'olive vierge est basée sur leur propriété physico chimique

**a. l'huile d'olive extra vierge :** son acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 0,8 grammes pour 100 grammes.

**b. l'huile d'olive vierge :** son acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 2 grammes pour 100 grammes.

**c. l'huile d'olive vierge courante :** son acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 3.3 grammes pour 100 grammes.

#### **d. L'huile d'olive vierge lampante**

L'huile d'olive vierge lampante est définie comme étant l'huile d'olive vierge dont l'acidité libre, exprimée en acide oléique, dépasse 3,3 grammes pour 100 grammes.

#### II.2.2. L'huile d'olive raffinée

Il s'agit d'une huile d'olive produite à partir d'huiles d'olive vierges via des processus de raffinage qui préservent la structure glycéridique initiale. Son acidité libre, exprimée en acide oléique, ne dépasse pas 0,3 gramme pour 100 grammes.

#### II.2.3. L'huile d'olive composée

Il s'agit d'une huile obtenue en mélangeant de l'huile d'olive raffinée avec des huiles d'olive vierges adaptées à la consommation directe. Son acidité libre, exprimée en acide oléique, au maximum de 1 gramme pour 100 grammes.

### II.3. Composition chimique du l'huile d'olive

L'huile d'olive est constituée de plus de 250 composés. Sa composition varie en fonction de la variété du fruit, de la région de culture et des conditions climatiques (Angerosa *et al.*, 2004 ; Kiritsakis, 1993). Les composés peuvent être répartis en deux catégories :

- La fraction saponifiable (triglycérides, acides gras) (Ruiz *et al.*, 2000).
- La fraction insaponifiable (de 1 à 2% de l'huile).

### II.3.1. La fraction saponifiable

#### II.3.1.1. Les acides gras

Il s'agit de composés organiques comportant une chaîne carbonée de longueur variable portant un groupe carboxyle (R-COOH) (**hmad et Clyde, 1992**). Les acides gras les plus abondants dans l'huile d'olive sont les acides oléique (55% à 83%), palmitique (7,5% à 20%) et linoléique (2,5% à 21%)

#### II.3.1.2. Les triglycérides

La fraction saponifiable est principalement composée de 98 à 99 % de triglycérides. Ces molécules résultent de l'estérification des trois groupements alcooliques du glycérol par des acides gras d'où leur diversité structurale dans l'huile d'olive.

### II.3.2. La fraction insaponifiable

La fraction insaponifiable désigne les constituants d'une matière grasse qui, après saponification, restent peu solubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques. Cette fraction représente de 0,4 à 0,8 % de l'huile d'olive et est composée d'hydrocarbures, de stérols, d'alcools terpéniques, de tocophérols, de composés phénoliques, de phospholipides et de pigments tels que la chlorophylle et les caroténoïdes (**Henry, 2003**).

## III. Généralités sur les fromages

Le nom fromage dérive du mot latin « formaticum » qui signifie former ou mouler. Les ethnologues tiennent preuve que l'homme connaissait depuis longtemps le phénomène de coagulation du lait depuis la découverte sur les rives du lac Neuchâtel (en suisse) des moules à caillé datant de 5000 ans av J-C (**Gelais et al, 2002, Katz et Weaver, 2003**).

### III.1. Définition du fromage

Le fromage est une préparation fermentée ou non, affinée ou non, fabriquée à partir de matières exclusivement laitière: lait entière, partiellement ou totalement écrémé, matière grasse, utilisée seule ou en mélange et coagulée entièrement ou partiellement avant l'égouttage ou après l'élimination partielle de la partie aqueuse. Il est nécessaire que la quantité minimale de matière sèche (MS) du produit soit de 23% pour 100g de fromage (**Patrick, 2010**). Il est possible d'obtenir diverses textures, saveurs et structures de fromages en modifiant les conditions physico-chimiques du lait (**Kongo et al, 2016; FAO, 2019**).

### III.2. Classification des fromages

Les fromages se distinguent par leur goût, odeur, texture ou forme. Différents facteurs influencent cette variabilité, tels que l'origine du lait. Les fromages peuvent être répartis en trois catégories

#### III.2.1. Fromages à pâte fraîche

Les fromages frais sont des fromages blancs fermentés qui doivent satisfaire à un critère supplémentaire: ils doivent contenir une flore vivante lors de leur vente au consommateur (Martinez, 2009). Il s'agit de fromages non affinés (brousse de Provence, creuset d'Anjou, la faisselle, etc.). La présure et les ferments lactiques transforment le lait en caillé. Il est ensuite filtré afin d'éliminer le lactosérum (petit-lait). Plusieurs types de fromages frais sont ensuite transformés en moule. Ils ont un taux d'humidité supérieur à 60%. Il s'agit de fromages onctueux et fondants qui se dégustent rapidement après leur production.

#### III.2.2. Fromages à pâte pressé

Il s'agit des fromages dont le caillé est pressé après soutirage, puis mis à l'affinage (Martinez, 2009). Donc, le caillage et l'égouttage sont appliqués différemment. En effet, le caillé est pressé au moment du moulage afin d'éliminer tout le lactosérum ou petit lait, avant de passer à l'affinage. Ils contiennent moins d'eau que les fromages frais, mais renferment plus de sels minéraux dont les sels de calcium (Parente et Cogan, 2004 ; Yildiz, 2010). Les pâtes pressées se divisent en deux familles : fromages à pâte pressée cuite et fromages à pâte pressée non cuite (Mahaut *et al.*, 2000).

#### III.2.3. Fromages à pâte molle

Les fromages à pâte molle sont définis par la norme internationale Codex Alimentarius comme étant tous les fromages dont l'extrait sec dépasse 67% durant la période de saumurage. (Anonyme 1, 2013).

## IV. Cheddar

### IV.1. Historique de cheddar

C'est un fromage du 16e siècle originaire du village de Cheddar en Angleterre (Fox et McSweeney, 2004). Il s'agit d'un fromage à pâte dure à base de lait de vache ou de bufflonne, légèrement affiné et avec au moins 31 % de matières grasses et au maximum 39 %

d'humidité. Il présente une texture ferme, lisse et cireuse, sans aucun trou. En bouche, sa pâte fondante est d'un blanc ivoire à un orange plus foncé, tandis que sa saveur varie considérablement selon le temps d'affinage (St-Gelais et Tirard Collet 2010;Anonyme 2, 2013).

### **IV.2. Définition du cheddar**

Le Cheddar est un fromage à pâte ferme dure riche en nutriments, fabriqué en acidifiant le lait par une coagulation enzymatique. Il s'agit d'un fromage qui varie considérablement pendant son processus d'affinage. Au début de sa production, le Cheddar a un parfum et un goût plutôt doux, mais il se transforme progressivement en une saveur plus forte et une texture lisse typiques du fromage affiné (Murtaza, 2022).

### **IV.3. Les étapes de fabrication du cheddar**

#### **IV.3.1. Traitement thermique**

Le lait de fromagerie est généralement traité thermiquement pour diminuer la présence de la microflore indigène. Toutefois, la pasteurisation et le stockage du lait au froid sont des méthodes qui entravent la coagulation et l'égouttage, qui sont respectivement allongés et ralentis (St-Gelais et Tirard-Collet 2010).

#### **IV.3.2. Acidification par ajustement des ferments**

Après pasteurisation, le lait est soumis à une acidification pendant une heure. L'ajout du ferment et du chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) à la température d'emprésurage, qui varie entre 30-32°C, est effectué à cette étape. Pendant cette période étape, le chlorure de calcium restaure partiellement les équilibres minéraux du lait et rétablit sa capacité à coaguler, tout en permettant aux ferments lactiques de s'adapter à leur environnement (phase de latence) et de commencer à acidifier le lait (St-Gelais et Tirard-Collet, 2010). La sélection de ces ferments est basée sur leur aptitude à acidifier, leur résistance aux phages et leur aptitude à développer des saveurs (Lawrence et al., 2004).

#### **IV.3.3. Coagulation**

La coagulation est le processus qui sépare le lait en caille, cette opération est provoquée par la dénaturation de la caséine qui floccule jusqu'à se souder pour former un gel qui renferme les composés solubles du lait. Il y a trois types de coagulation :

### IV.3.3.1. Coagulation acide

Pour atteindre leur point isoélectrique (pH=4,6), il est possible d'acidifier les caséines de manière biologique en utilisant des ferments lactiques ou de manière chimique en injection du CO<sub>2</sub>, en ajoutant du glucono-delta-lactone ou en ajoutant des protéines sériques à un pH acide (**Mahaut et al., 2003**).

### IV.3.3.2. Coagulation par voie enzymatique (présure)

Cela implique de passer du lait liquide à l'état de gel grâce à l'action d'enzymes protéolytiques, qu'elles soient d'origine animale, végétale ou microbienne, qui ont la capacité de coaguler le lait (**Khoualdi, 2017**).

### IV.3.3.3. Coagulation mixte

Liée à l'association de la présure et de l'acidification. Les nombreuses combinaisons qui aboutissent à des états d'équilibres spécifiques sont à l'origine de la grande variété des fromages à pâtes molle et pressée (**Romain et al., 2008**).

### IV.3.4. Découpage du coagulum

L'objectif du découpage du coagulum est de permettre une élimination plus rapide du lactosérum, mais il est essentiel de prendre des mesures précises lors de cette opération car certains solides du lait quittent le caillé avec du lactosérum. Lorsqu'il est coupé trop tôt, Les composants solubles dans l'eau sont généralement transportés par le lactosérum, tels que le lactose, les protéines de lactosérum, les sels, les peptides et d'autres substances azotées non protéiques (**Scott et al., 1998**).

### IV.3.5. L'égouttage

Lorsque le coagulum atteint la fermeté souhaitée, c'est-à-dire environ 35-45 minutes après l'ajout de la présure, le processus d'égouttage commence (**Lawrence et al., 2004**). Le procédé d'écaillage implique la division du gel en petits cubes de 0,5 à 2,5 cm<sup>3</sup> pour stimuler la synérèse du coagulum en augmentant la surface de contact. La synérèse est un processus physicochimique où le caillé formé se contracte en permanence et évacue du lactosérum, ce qui entraîne la déshydratation du caillé (**St-Gelais et Tirard-Collet, 2010**).

### IV.3.6. Cuisson du caillé

La cuisson débute lorsque le coagulum se détache. Au cours de cette phase, la température est progressivement augmentée jusqu'à 38°C à un rythme de 1°C par intervalle de cinq minutes et est maintenue à cette température pendant une heure (**Fox et McSweeney,**

**2003**). Il est essentiel de réaliser cette augmentation de température graduellement pour éviter la formation d'une coquille à la surface des grains, ce qui rend plus difficile l'évacuation du lactosérum. Le processus de brassage prévient l'accumulation et la sédimentation des grains de caillé et favorise une distribution homogène de la chaleur, ce qui favorise la croissance des bactéries lactiques (**StGelais et Tirard-Collet, 2010**).

### **IV.3.7. Le moulinage des grains**

La réalisation se produit lorsque le pH des blocs de caillé cheddarisé atteint une valeur comprise entre 5,2 et 5,4 (**Fox et McSweeney, 2003; St-Gelais et Tirard-Collet, 2010**). Grâce à cette étape, le caillé est refroidi, sa surface de contact augmentée pour faciliter l'égouttage et le salage, et la mise en moule est possible (**Lawrence et al., 2004**).

### **IV.3.8. La cheddarisation**

Cette étape essentielle se distingue par une succession de retournements et d'empilements des blocs de caillé qui favorisent la fusion des grains et la formation de filaments dont la texture finale ressemble à celle de la chair de poulet (**Fox et McSweeney, 2003; St-Gelais et Tirard-Collet, 2010**). Cependant, la cheddarisation a principalement pour but de fournir une période d'acidification supplémentaire qui favorise la solubilisation du phosphate de calcium et donc la perméabilité du caillé, ce qui permet l'égouttage du lactosérum (**Fox et McSweeney, 2003; Lawrence et al., 2004**). Cette acidification supplémentaire a également pour effet d'améliorer la qualité du produit final en empêchant la prolifération de bactéries indésirables qui produisent des gaz, comme les coliformes (**Lawrence et al., 2004**).

### **IV.3.9. Le salage des grains**

Le processus de salage joue un rôle crucial dans la production, car il permet de réguler le pH final du fromage en régulant l'acidification du caillé. Cela permet d'éviter une déminéralisation excessive de la pâte, de limiter la croissance des microorganismes nuisibles et de favoriser la texture et la fragrance du produit final (**Lawrence et al., 2004; StGelais et Tirard-Collet, 2010**). En dissolvant les cristaux de sels dans l'humidité de surface des grains de caillé, une saumure se forme qui se propage à l'intérieur des grains et contribue à leur égouttage (**Lawrence et al., 2004**).

### IV.3.10. Le moulage

La mise en moule et le pressage des grains de caillés est l'étape finale de l'égouttage qui permet de donner la forme finale du fromage tout en expulsant une partie du lactosérum restant.

### IV.3.11. Le pressage

L'application de la pression a lieu durant une période allant de 2 à 24 heures, cette pression comprise entre 0,2-6,0 psi (1,5-40 kPa) à une température et à une humidité régulée pour encourager le drainage du lactosérum (**St-Gelais et Tirard-Collet, 2010**). Le fromage Cheddar est ensuite conditionné sous vide et affiné à des températures allant de 4 à 12°C pendant une période de 3 à 24 mois, en fonction de l'intensité de la saveur désirée (**Fox et McSweeney, 2003**).

### IV.3.12. L'affinage

Il s'agit d'une phase de digestion enzymatique qui nécessite l'emploi d'enzymes, principalement produites par la flore microbienne active. Les éléments du caillé sont modifiés. (**Khoualdi ,2017**), l'aspect, la texture et la consistance de la pâte sont donc modifiés,

## IV.4. Les caractéristiques d'un bon fromage cheddar

La saveur, la texture et l'apparence du Cheddar déterminent sa qualité organoleptique. L'interprétation sensorielle demeure très subjective et repose sur la perception des propriétés d'un bon cheddar. Cependant, il y aura des Cheddar qui seront acceptables par tous, tandis que d'autres resteront toujours non conformes (**Dacremont et Vickers, 1994**). Malgré la difficulté de définir les caractéristiques précises, il convient de retenir les éléments suivants : un cheddar de qualité doit présenter une texture et une teinte homogène, un parfum de fromage frais, un goût de beurre marqué (obtenu grâce au diacétyl) et une saveur salée. En outre, la pâte doit être solide, mais flexible (**Khalid et Marth, 1990; Coulon et al., 2005**). En revanche, plusieurs imperfections peuvent être identifiées dans un cheddar médiocre. Le consommateur n'apprécie pas les textures granuleuses, friables ou collantes et les saveurs amères, acides ou étrangères. La présence de taches, de cristaux de sels ou de moisissures peut également entraîner des modifications de l'apparence (**Khalid et Marth, 1990 ; Coulon et al., 2005**).



Les différentes phases de la fabrication du fromage cheddar peuvent entraîner des variations organoleptiques, que ce soit le passage de molécules dans le lait via l'alimentation des vaches, la modification des protéines et des matières grasses qui modifient leurs caractéristiques, le passage d'enzymes dans le lait qui modifient la protéolyse et la lipolyse pendant l'affinage ou la modification des flores microbiennes et de leur activité. Il est donc nécessaire de contrôler chaque étape du processus, afin que le consommateur puisse s'attendre à une qualité constante du produit (Coulon *et al.*, 2005).

### IV.5. Impact d'enrichissement du fromage avec l'huile d'olive

Selon Dadashpour *et al.*, (2023), l'enrichissement du fromage cheddar avec de l'huile d'olive peut améliorer ses propriétés nutritionnelles, sensorielles et fonctionnelles de manière notable.

#### IV.5.1. Effets sensoriels

- ❖ **Texture** : l'enrichissement avec l'huile d'olive rend le fromage plus crémeux et velouté, ce qui améliore la texture en bouche.
- ❖ **Arôme et goût** : L'huile d'olive enrichit le fromage avec des arômes fruités, offrant une saveur plus complexe et agréable.

#### IV.5.2. Effets nutritionnels

- ❖ **Profil lipidique** : l'incorporation d'huile d'olive dans le fromage modifie favorablement son profil lipidique en augmentant la proportion d'acides gras mono-insaturés, réduisant ainsi les acides gras saturés. Cette modification contribue à une meilleure santé cardiovasculaire des consommateurs (Giovanni F. M. Strano *et al.*, 2019).
- ❖ **Antioxydants et antibactériens** : Les composés phénoliques de l'huile d'olive, comme l'hydroxytyrosol et le tyrosol, possèdent des propriétés antioxydantes et antibactériennes. Leur potentiel en tant que conservateurs naturels dans l'industrie alimentaire, notamment dans la production de fromage, est envisagé. Cette utilisation vise à maîtriser la croissance des bactéries altérantes, telles que *Pseudomonas* spp., qui peuvent compromettre la qualité et la durée de conservation du fromage (Roila *et al.*, 2019).

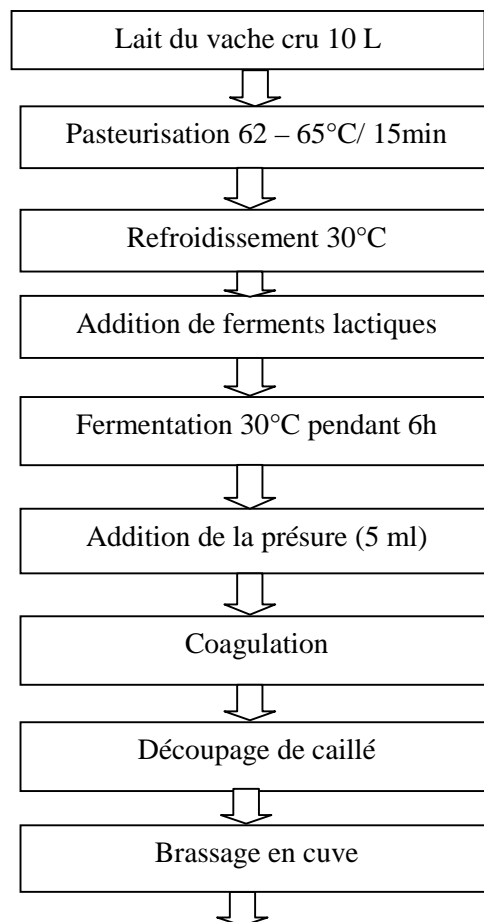
# *Matériel et méthodes*

### *Matériel et méthodes*

Cette étude vise à élaborer un fromage de type cheddar enrichi en huile d'olive. Les essais de la fabrication ont été menés à la maison, tandis que les analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été réalisées respectivement aux laboratoires de Biochimie Alimentaire et de microbiologique de l'université de Bejaia. Le matériel utilisé pour ce travail est résumé dans le tableau I annexe.

### **I. Elaboration du cheddar**

L'élaboration du Cheddar, enrichi en huile d'olive, suit un processus rigoureux illustré dans le diagramme présenté (figure 1). Ce schéma détaillé vise à préparer quatre fromage de type cheddar dont trois sont enrichi avec des concentrations variables d'huile d'olive : 4g, 8g et 12g (tableau I). Cette approche permet d'explorer l'effet de l'enrichissement en huile d'olive sur les caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles du produit fini. Le diagramme illustre clairement les étapes de fabrication, allant de la sélection des matières premières jusqu'au produit fini, soulignant ainsi les méthodes et les contrôles de qualité mis en œuvre tout au long du processus.



## Matériel et méthodes

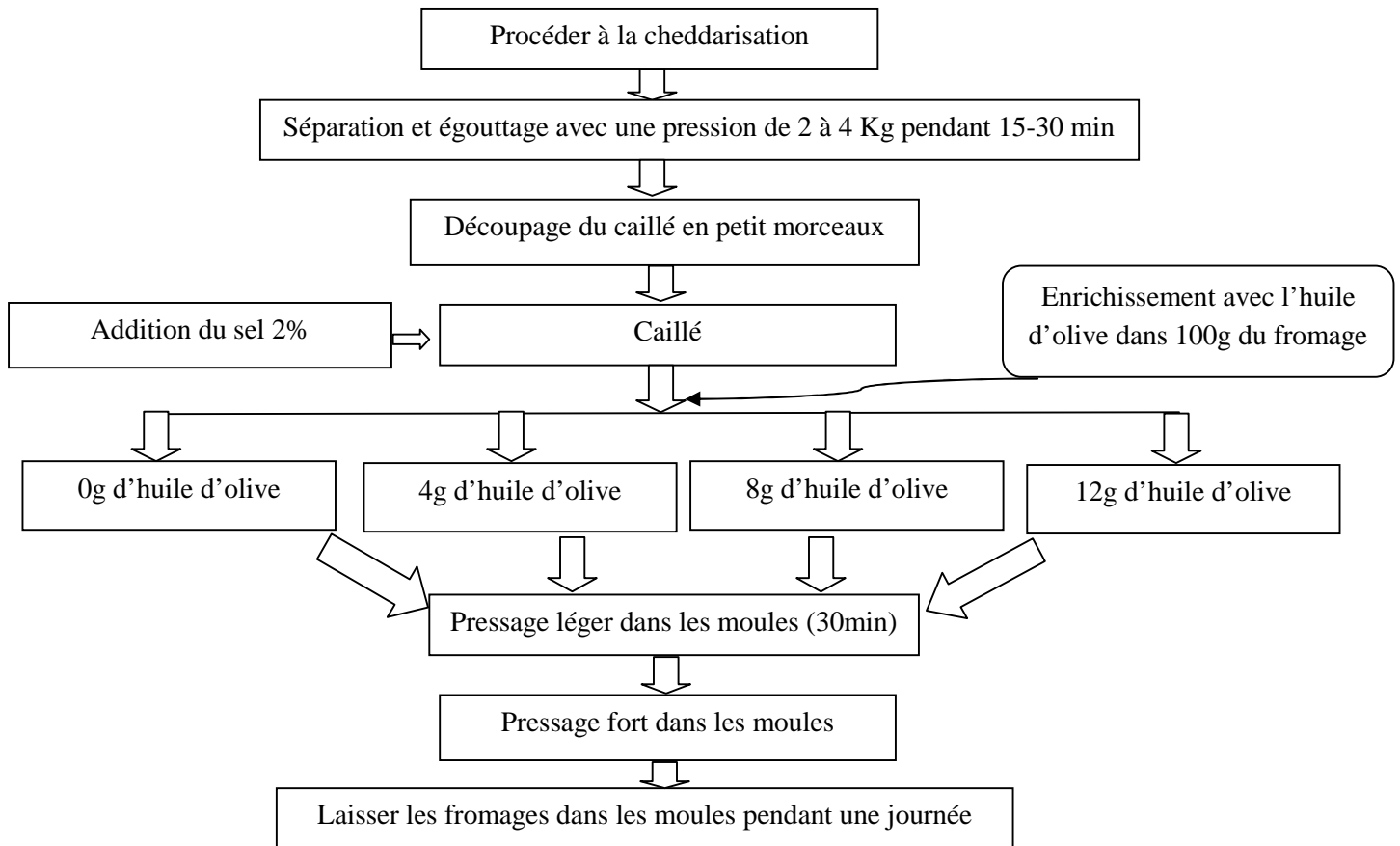


Figure 1 : Diagramme de fabrication du cheddar enrichi en huile d'olive.

Tableau I: Echantillons de cheddar analysés

Dénomination du cheddar	A	B	C	D
Quantité d'huile d'olive additionnée (g)	0	4	8	12

## II. Analyses physico-chimiques des matières premières et du cheddar

### II.1. Le lait

#### II.1.1. Détermination du pH

Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre préalablement calibré en utilisant deux solutions tampons. Avant la mesure, l'électrode du pH-mètre a été rincée avec de l'eau distillée puis séchée avec du papier. Un volume de 50 ml de lait a été mis dans un bécher dans lequel l'électrode a été plongée pour lire la valeur stable affichée de pH.

#### II.1.2. Détermination de l'acidité du lait

Cette évaluation repose sur la mesure de l'acidité du lait à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium (N/9), tout en utilisant la phénolphtaléine comme indicateur coloré. Un volume de 10 ml de lait a été mis dans un bécher auquel 3 à 4 gouttes de phénolphtaléine

ont été ajoutées. Le mélange obtenu a été titré avec la solution d'hydroxyde de sodium à 0,1N jusqu'à ce que le virage rose soit apparu. L'acidité titrable, exprimée en degré dornic (°D), est calculée par la formule suivante :

$$A = X \times V$$

**V** : représente le volume de la chute de la burette (ml).

**X** : constante =2

### II.1.3. Extrait sec total

L'extrait sec total (EST) d'un aliment est la quantité de matière sèche qu'il contient une fois que toute l'eau a été retirée. L'EST est mesuré à l'aide d'un dessiccateur. Le dessiccateur a été démarré et une capsule en aluminium sèche a été placée sur sa balance, ajustée à zéro. Ensuite, une masse de 3 g de lait a été prélevée et répandue aussi finement que possible pour accélérer le processus de dessiccation. Une fois cela est fait, l'appareil a été refermé et l'échantillon a été séché pendant un certain temps. Enfin, le résultat affiché sur l'écran du dessiccateur est exprimé comme suit :

$$EST (g/1) = Y \times 10 D$$

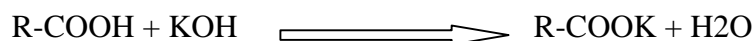
**Y** : Chiffre affiché sur l'écran en (%) ;

**D** : Densité du lait.

## II.2. L'huile d'olive

### II.2.1. L'acidité

L'acidité de l'huile d'olive fait référence à la quantité d'acides gras libres présents dans l'huile, exprimée en pourcentage d'acide oléique, l'acide gras principal de l'huile d'olive. Plus l'huile d'olive est fraîche et de haute qualité, plus son taux d'acidité est bas. La méthode de mesure implique la neutralisation des acides gras libres présents dans la matière grasse en utilisant une solution alcoolique en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré. Cette neutralisation se traduit par la réaction chimique suivante :



La mesure de l'acidité est réalisée selon la méthode normalisée **CCE (2568/91)**. Une masse d'huile (0,5 g) a été dissoute dans un volume de 2,5 ml d'éther de pétrole à 50 % (v/v). Puis 3 à 4 gouttes d'indicateur coloré ont été ajoutées. Le mélange obtenu a été ensuite titré

## Matériel et méthodes

---

sous agitation, avec une solution d'hydroxyde de potassium (KOH) à 0,1 N jusqu'à apparition d'une couleur rose pâle. L'acidité est exprimée en pourcentage de masse d'acide oléique:

$$A (\% \text{ d'acide oléique}) = (V - V_0) \times N \times M / 10 \times m$$

- **V et V<sub>0</sub>**: volume en ml des solutions de KOH nécessaires pour neutraliser l'échantillon et le témoin, respectivement ;
- **N** : la Normalité de solution de KOH
- **M** : Masse molaire d'acide oléique (282g/mole)
- **M** : masse de la prise d'essai (en grammes)

### II.2.2. L'indice du peroxyde

L'indice de peroxyde d'un corps gras représente la quantité de milliéquivalents d'oxygène actif présents dans un kilogramme d'échantillon, entraînant l'oxydation de l'iodure de potassium et la libération d'iode. Il constitue un indicateur essentiel pour évaluer la fraîcheur de l'huile. L'indice du peroxyde est déterminé par la méthode normalisée normalisée **CCE (2568/91)**. Une masse d'huile (0,5 g) a été dissoute dans un mélange de 2,5 ml d'une solution d'acide acétique et de chloroforme (1,5/ 1 (V/V)), puis additionné d'un volume de 2,25 ml d'une solution saturée de KI. Après incubation pendant 5 minutes à l'obscurité, un volume de 2,5 ml d'eau distillée et 3 gouttes d'empois d'amidon ont été ajoutés. Le mélange a été ensuite titré avec une solution de thiosulfate de sodium (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) à 0,01 N. L'indice de peroxyde est exprimé en adoptant la formule suivante :

$$I_p = [(V_1 - V_0) \times N / (m)] \times 100$$

- **V<sub>1</sub>** : Volume de la solution de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nécessaire à la neutralisation de l'échantillon.
- **V<sub>0</sub>** : Volume de la solution de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nécessaire à la neutralisation du témoin.
- **N** : Normalité de la solution de thiosulfate de sodium (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).
- **M** : Masse de la prise d'essai en grammes.

### II.2.3. Extinction spécifique dans l'UV

L'absorbance spécifique dans l'ultraviolet (UV) de l'huile d'olive fait référence à la capacité à absorber la lumière ultraviolette à des longueurs d'onde spécifiques. Selon la méthode normalisée **CCE (2568/91)**. Dans une fiole de 25 ml, une masse de 0,25 g d'huile d'olive a été solubilisée dans l'hexane et ajusté jusqu'au trait de jauge. Ensuite, les absorbances de la solution obtenue ont été mesurées à des longueurs d'onde de 232 et 270 nm à l'aide d'un

spectrophotomètre. Les valeurs du coefficient d'extinction spécifiques sont calculées selon la formule suivante :

$$K = A_{\lambda} / C \times L$$

- **K** : Extinction spécifique à la longueur d'onde  $\lambda$ .
- **A<sub>λ</sub>** : Absorbance mesurée à la longueur d'onde  $\lambda$ .
- **C** : La concentration de la solution (g/100ml).
- **L** : Epaisseur de la cuve.

### II.3. Cheddar

#### II.3.1. Détermination du pH

Le pH est, par définition, une mesure de l'activité des ions H<sup>+</sup> présents dans une solution. Un échantillon du fromage a été pesés (5 g) auquel sont additionnés 30 ml d'eau distillée; le mélange a été agité, puis incubé pendant 20 minutes. Enfin, le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre.

#### II.3.2. Détermination de l'acidité titrable

Ce procédé repose sur la mesure de l'acidité du fromage à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium (N/9), tout en utilisant la phénolphaléine comme indicateur coloré. Une masse de cheddar a été pesée (5g), puis additionnée d'un volume de 30 ml d'eau distillée. Après homogénéisation et agitation, un volume de 10 ml de la solution mère a été prélevé dans un bécher auquel ont été ajoutées 3 à 4 gouttes de phénolphaléine. Le mélange a été titré par une solution d'hydroxyde de sodium (0,1 N) jusqu'à l'apparition du virage rose pâle. L'acidité titrable, exprimée en degré dornic (°D), est donnée par la formule suivante :

$$A = X \times V$$

- **V** : représente le volume par ml de la chute de la burette.
- **X** : constante =2.

#### II.3.3. L'extrait sec total (EST)

La détermination de l'extrait sec total repose sur dessiccation par l'évaporation d'eau d'une quantité déterminée de l'échantillon. Une capsule bien séchée a été posée sur la balance pour prélever une masse d'un gramme de fromage. La capsule a été placée dans l'étuve réglée à 103°C pendant 4 heures. Après cela, la capsule a été transférée dans le dessiccateur jusqu'à refroidissement. Enfin, la pesée a été déterminée après dessiccation (**NF V04.282**). Le résultat est exprimé en pourcentage comme suit :

$$\frac{[M1 - M0]}{[M2 - M0]} \times 100$$

- **M0** : la masse de la capsule en grammes.
- **M1**: la masse de la capsule et l'échantillon après dessiccation et refroidissement (g)
- **M2**: la masse de la capsule et l'échantillon avant dessiccation (g).

### II.3.4. Dosage des protéines par la méthode de Lowry

La méthode de Lowry est une technique colorimétrique employée pour déterminer la concentration des protéines dans une solution. Elle repose sur la réaction des ions cuivriques ( $\text{Cu}^{3+}$ ) avec les liaisons peptidiques en milieu alcalin, convertissant les ions cuivriques en ions cuivreux ( $\text{Cu}^{2+}$ ). Le réactif de Folin-Ciocalteu réduit ensuite ces ions cuivreux, produisant une couleur bleue mesurable par spectrophotométrie UV-visible. Cette méthode est largement utilisée pour sa sensibilité et son efficacité (**lowry et al., 1951**).

Une dilution de 1/10 des différents fromages (cheddar) a été préparée ; un volume de 0,4 ml de chaque échantillon dilué a été prélevé et additionné de 2 ml du réactif de Gornall, puis agité et laissé pendant 10 minutes à température ambiante. Les mélanges ainsi obtenus ont été additionnés d'un volume de 0,2 ml du réactif de Folin (0,1N) et incubés pendant 30 minutes à température ambiante et la lecture a été mesurée à 750 nm. Les résultats ont été exprimés en se référant à une courbe d'étalonnage établie avec la sérum albumine bovine.

## III. Analyses microbiologiques

### III.1. Le lait

#### III.1.1. Préparation de l'eau physiologique

Une quantité de chlorure de sodium (4,5g) a été dissoute dans un volume de 500 ml d'eau distillée, en agitant doucement jusqu'à dissolution complète. Puis, la solution a été répartie dans des tubes qui sont ensuite stérilisés à 121°C dans un autoclave pendant 15 minutes.

#### III.1.2. Préparation des dilutions

Un volume d'un ml de lait a été introduit dans un tube contenant 9ml d'eau physiologique, puis le mélange a été homogénéisé. Ce mélange constitue la solution mère (dilution  $10^{-1}$ ) qui est sera utilisée pour la préparation des dilutions décimales.



### **III.1.3. Le dénombrement des germes aérobies (JORA,2017)**

La recherche des germes aérobies (30°) est réalisée: un flacon de 250ml de milieu PCA solide a été placé dans un bain-marie jusqu'à ce qu'il devienne liquide. Ensuite, le milieu est coulé dans des boîtes de Pétri. Pour chaque échantillon, quatre boîtes ont été utilisées pour chaque dilution, puis laissées jusqu'à ce que le milieu se solidifie. Ainsi, un volume d'un ml de chaque dilution a été ajouté au milieu et incubé à l'étuve à température du 30°C. Après incubation pendant 24h, la lecture se fait après récupération des boites, l'évaluation d'une quantité significative de bactéries se fait en divisant la boîte en quatre sections et une partie est sélectionnée pour le dénombrement. Ensuite, le nombre obtenu est multiplié par quatre et le résultat est exprimé en unités formant des colonies (UFC) pour chaque 100 g d'échantillon.

### **III.1.4. Le dénombrement des entérobactéries (JORA,2017)**

Les entérobactéries sont des bactéries Gram négatives appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae*. Ce sont des bactéries communes que l'on trouve dans l'intestin des humains et d'autres animaux, ainsi que dans l'environnement. Certaines entérobactéries sont des agents pathogènes opportunistes, pouvant causer des infections chez les individus immunodéprimés ou dans des conditions favorables à leur croissance. Parmi les entérobactéries on retrouve : *Escherichia coli* (*E. coli*) qui est recherché sur le milieu VRBL (milieu Violet Rouge Bile Lactose). La recherche des entérobactéries est réalisée comme suit : une boîte de Pétri bien stérile ont été introduire un volume d'un ml de la dilution, en suite, le milieu VRBL ont été ensemencé en masse, puis solidifié. Puis mélangé, puis, les boîtes sont incubées à 44°C. Après incubation pendant 24h, l'observation des boites de pétri permet de constater la présence ou l'absence de bactéries.

## **III.2. Cheddar**

### **III.2.1. Préparation des dilutions**

Une masse de 1g du fromage a été introduite dans un tube contenant 9ml d'eau physiologique, puis homogénéisé. Cette solution constitue la solution mère (dilution  $10^{-1}$ ) qui est ensuite utilisée pour la préparation des dilutions décimales.

### **III.2.2. La recherche d'*Escherichia Coli* (JORA, 2017)**

Selon l'organisation mondiale de la santé, *Escherichia coli* (*E. coli*) producteur de shigatoxines est une bactérie que l'on trouve couramment dans le tube digestif de l'être humain et des animaux. La plupart des souches sont inoffensives. Certaines en revanche,

comme *E. coli* producteur de shigatoxines, peuvent provoquer de graves maladies d'origine alimentaire. Cette bactérie est recherché par le milieu de culture EMB (Eosin Methylene Blue).

Un flacon de milieu d'EMB solide a été placée dans un bain-marie pendant quelques heures jusqu'à ce qu'il devienne liquide. Ensuite, le milieu a été versé dans des boîtes de Pétri. Après refroidissement et solidification du milieu, un volume d'un ml des différentes dilutions a été ajouté sur le milieu. Les boîtes ont été incubées à 44°C pendant 24 heures, puis la lecture est notée.

### III.2.3. La recherche de *Staphylococcus aureus* (JORA, 2017)

Ils font partie de la famille des *Micrococcaceae*. Ce sont des cocci Gram positifs, regroupés en amas irréguliers, immobiles, non sporulés, catalase positifs et anaérobies facultatifs (Guiraud et Rosec, 2004), tolérants aux conditions osmotiques, mais non tolérants aux environnements acides (leur pH optimal étant de 7,2 à 7,4), ces microorganismes sont mésophiles avec une température optimale de 37 °C (Vignola, 2002).

Le milieu de culture utilisé pour rechercher cette bactérie est le milieu de Chapman. Un flacon de 250ml de milieu de Chapman solide a été placée dans un bain-marie pendant quelques heures jusqu'à ce qu'il devienne liquide. Après refroidissement et solidification du milieu, un volume d'un ml de chaque dilution a été ajouté à chaque boîte à l'aide d'une micropipette puis incubée à 37°C. La lecture a été réalisée après 24 à 48 heures.

La lecture se fait généralement, lorsque la boîte de pétri présente une quantité importante de bactéries, on divise la boîte en quatre et on sélectionne une partie pour le dénombrement. Ensuite, on multiplie le nombre obtenu par quatre et on exprime le résultat en unités formant des colonies (UFC) par 100 g d'échantillon.

## IV. Analyses sensorielles du cheddar élaboré

L'analyse sensorielle consiste à identifier, mesurer, analyser et interpréter les propriétés d'un produit telles qu'elles sont perçues par les cinq sens : la vue, l'odorat, le goût, le toucher et l'ouïe. Les propriétés sensorielles des aliments sont cruciales, en complément des paramètres physico-chimiques et microbiologiques, car elles ont un impact direct sur l'acceptation du produit par le consommateur (Kuti et al., 2004).

### **IV.1. Analyse sensorielle**

Il s'agit d'un examen simple portant sur la couleur, l'aspect, l'odeur, l'arôme, le goût et la texture des différents cheddars préparés. Neuf (09) dégustateurs, incluant des chercheurs et des professeurs de l'université Abderrahmane Mira de Béjaïa ont participé à l'évaluation. Ils goûtent quatre types de cheddar enrichi à l'huile d'olive, présentés dans des boîtes anonymisées. Ils rendent compte de leurs impressions en remplissant une fiche évaluant divers aspects organoleptiques (le questionnaire représenté dans l'annexe)

# *Résultats et discussion*

### I. Analyses physico-chimiques

#### I.1. Caractérisation physico-chimique du lait

Les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur les échantillons de lait utilisé dans la fabrication du cheddar sont présentés dans le tableau II.

**Tableau II** : Résultats des analyses physico-chimiques du lait

Analyses effectuées	lait de vache
pH	6,72±0
L'acidité	15,67± 0,44
Extrait sec totale (g/l)	119,27 ± 0,76

##### I.1.1. pH

D'après les résultats obtenus (**tableau II**), le pH du lait est d'une valeur moyenne de 6,72 qui est une valeur acceptable selon les normes de **journal officiel algérien (1998)** qui fixe la valeur moyenne entre 6,60 et 6,80. On constate que le lait est de bonne qualité. La valeur du pH est influencée par la teneur en caséine, en sels minéraux, en ions, ainsi que par la flore microbienne totale ainsi que son activité métabolique (**Mathieu, 1998**).

##### I.1.2. Acidité (D°)

D'après les résultats enregistrés (**tableau II**), l'acidité du lait est d'une valeur moyenne de 15,67 qui est conforme aux normes fixées (14-18) par le **journal officiel Algérienne (1998)**. Donc cette acidité du lait est acceptable, cela suggère que le lait répond aux critères de qualité établis. Ces résultats concordent avec ceux trouvés pour le pH confirmant ainsi la bonne qualité du lait utilisé pour la fabrication du fromage.

Selon **MATHIEU, (1998)** L'acidité dépend des conditions d'hygiène pendant la traite, de la flore microbienne totale et de son activité métabolique, ainsi que de la manutention du lait.

##### I.1.3. Extrait sec total

L'extrait sec total du lait représente la somme de tous les composants solides présents dans le lait après élimination de l'eau. Ces composants incluent les protéines, les lipides, les glucides (principalement le lactose), les sels minéraux et les vitamines. Les résultats représentés dans le **tableau II**, montrent que la valeur de l'extrait sec total du lait (119,27) est inférieure aux normes recommandées par **l'AFNOR (1986)** qui fixe une valeur allant de 120 à 125 g/l, ceci peut être dû à l'alimentation de la vache. Selon **Martin et Coulon (1995)**, la

consommation de grandes quantités de fourrages et d'aliments concentrés par les vaches laitières entraîne une augmentation de la production de lait, ainsi qu'une hausse du taux de matière grasse (MG) et de protéines. Cela conduit à une élévation du taux d'extrait sec total (EST) du lait de vache.

### I.2. Caractérisation physico-chimique de l'huile d'olive

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les échantillons d'huile d'olive sont illustrés dans le tableau III.

**Tableau III** : les résultats des analyses physico-chimiques de l'huile d'olive.

Paramètre		Valeur	Norme (COI, 2019)
L'acidité		1,89±0,02	≤ 2
L'indice du peroxyde		45,9±8,67	≤ 20
Ultraviolet	K <sub>232</sub> (nm)	3,40 ± 0,01	2,6
	K <sub>270</sub> (nm)	0,49±0,01	0,22

#### I.2.1. Acidité

L'acidité libre permet de vérifier le niveau de dégradation hydrolytique, enzymatique ou chimique des chaînes d'acides gras des triglycérides (**Abaza et al., 2002**). D'après les résultats présentés dans le **tableau III**, l'huile d'olive se distingue par une acidité élevée de 1,89 %. Ce niveau reste nettement en dessous de la limite fixée par le **Conseil Oléicole International (COI, 2019)**, pour l'huile d'olive vierge.

#### I.2.2. Indice du peroxyde

L'indice de peroxyde sert à évaluer l'état d'oxydation de l'huile en déterminant la quantité d'hydroperoxydes présents. Cela permet de mesurer le degré d'auto-oxydation des lipides dans l'huile d'olive (**Haddada et al., 2008**).

Les résultats obtenus indiquent que la valeur de l'indice de peroxyde de l'huile d'olive est de 45,9 % ; cette valeur est largement supérieure à celle fixée par le Conseil Oléicole International (**COI, 2019**), pour l'huile d'olive vierge. En effet, on peut dire que cette huile est oxydée.

#### I.2.3. Extinction spécifique ultraviolet

La mesure de l'extinction spécifique ultraviolette de l'huile d'olive revêt une importance capitale pour évaluer son niveau de dégradation et d'oxydation.

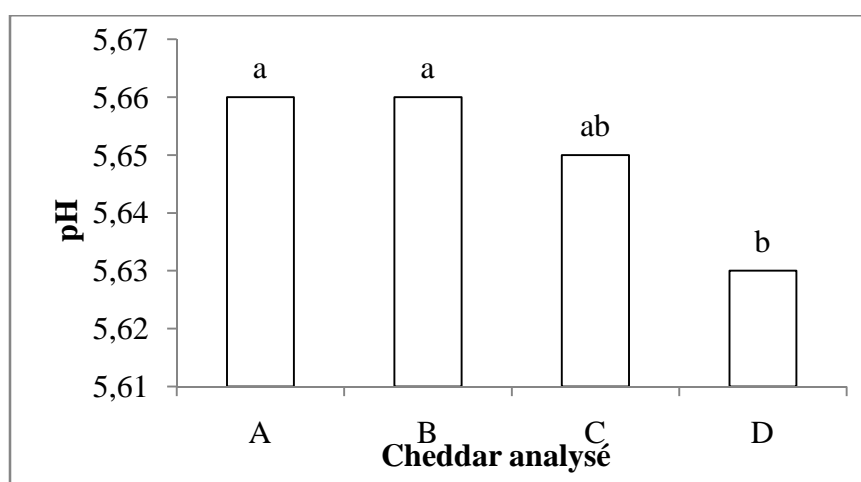
## Résultats et discussion

D'après les critères établis par le **COI (2019)** pour classer une huile d'olive, et en se basant sur les données du **tableau III**, les valeurs d'absorbance  $K_{232}$  et  $K_{270}$  de l'échantillon d'huile d'olive sont supérieures aux limites fixées pour les huiles d'olives vierge, donc cette huile ne répond pas à la norme. Plus la valeur de l'extinction est forte, plus l'huile est peroxydée, ceci est expliqué par la présence de produits d'oxydation secondaires, tels que les dicétones et cétones insaturées, absorbe la lumière à 270 nm. Ce qui mène à une faible aptitude à la conservation (**Boulfane et al., 2015**).

### I.3. Caractérisation physico-chimique du fromage fabriqué

#### I.3.1. pH

L'analyse statistique a révélé des différences significatives ( $p \leq 0,05$ ) entre les échantillons analysés, les échantillons A et B présentent les valeurs du pH les plus élevées contrairement à l'échantillon D qui possède un pH le plus bas (figure 2).



**Figure 2 : pH de cheddar analysés**

*Les valeurs portant les différentes lettres minuscules ( $a > b$ ) présentent des différences significatives (test ANOVA,  $p < 0,05$ ) entre les échantillons cheddar élaborés.*

Comme le montre la figure 2, l'ajout de l'huile d'olive au fromage a entraîné une diminution significative du pH du fromage enrichi. En effet, il a été constaté que le pH diminue en fonction de la concentration de l'huile ajoutée, et les valeurs de pH enregistrées dans les quatre fromages élaborés oscillent entre (5,66) pour l'échantillon A et (5,63) pour l'échantillon D.

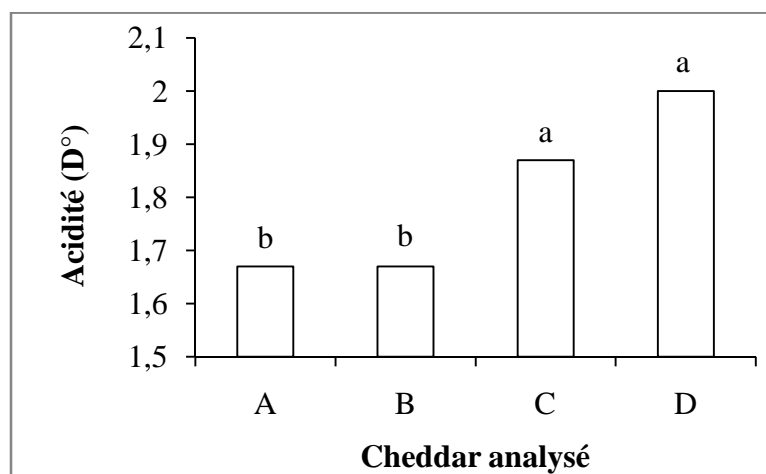
Ainsi, cette étude montre que les niveaux de pH varient de manière significative entre les différents fromages cheddar. Ceci pourrait être expliqué par la teneur de cette l'huile en acides gras insaturé peuvent influencer le pH du fromage par des mécanismes d'oxydation et

d'interaction avec les protéines et les lipides du fromage, le phénomène d'hydrolyse des acides gras peut produire des composés secondaires qui peuvent acidifier légèrement le milieu, modifiant ainsi le pH du fromage **Comunian et Favaro-Trindade (2016)**.

Par ailleurs, les variations de pH pourraient être liées au type de sel utilisé. Selon **Bae et al., (2020)**, le type et la concentration du sel ont une influence majeure sur la protéolyse et les variations de pH. Ainsi **Mahaut et al., (2000)**, confirment que l'acidification est due à la dégradation du lactose en acide lactique, ainsi qu'à l'activité protéolytique et lipolytique des ferments lactiques, qui libèrent des acides aminés et des acides gras. Ces processus entraînent une baisse du pH.

### I.3.2. L'acidité D°

L'analyse statistique a révélé que l'enrichissement du cheddar par l'huile d'olive affecte significativement l'acidité ( $p \leq 0,05$ ) ; une augmentation significative de l'acidité du fromage enrichi a été notée : l'acidité augmente en fonction de la concentration d'huile ajoutée, avec des valeurs variables entre les quatre échantillons, elles sont comprises entre (1,67) pour l'échantillon A et B à (2) pour l'échantillon D (figure 3).



**Figure 3 :** Acidité des échantillons de cheddar analysés.

*Les valeurs portant les différentes lettres minuscules ( $a > b$ ) présentent des différences significatives (test ANOVA,  $p < 0,05$ ) entre les échantillons cheddar élaborés.*

L'augmentation de l'acidité du cheddar pourrait être expliquée par les interactions complexes entre les propriétés intrinsèques de l'huile d'olive et les réactions biochimiques du fromage et la répartition non homogène de l'huile dans le fromage, la composition chimique de l'huile d'olive, notamment leurs teneurs en polyphénols pouvant inhiber les bactéries lactiques, et ce qui peut modifier l'acidité du fromage (**Medina, 2006**).

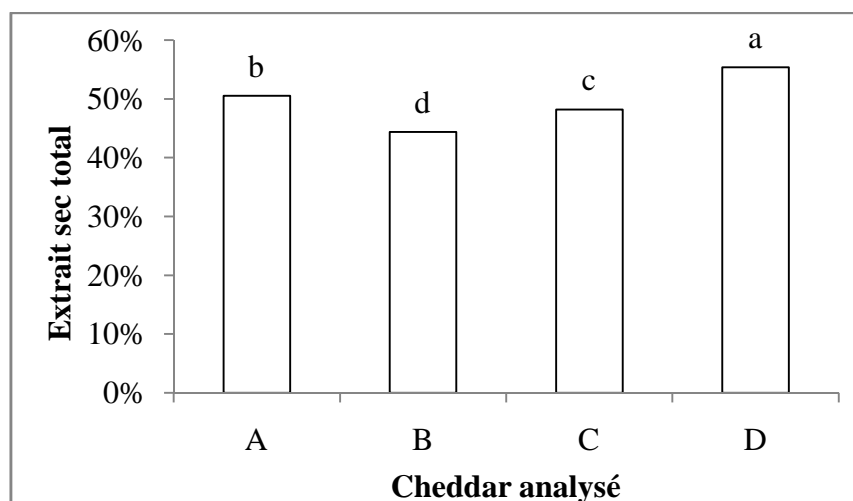


### I.3.3. Extrait sec total

L'extrait sec correspond à la fraction solide contenant les diverses substances responsables de la valeur nutritionnelle et thérapeutique des aliments fonctionnels. L'ajout d'huile d'olive au fromage augmente cette fraction solide, améliorant ainsi ses propriétés fonctionnelles.

L'analyse statistique a révélé des différences significatives ( $p \leq 0,05$ ) entre les échantillons analysés, les échantillons B et C présentent des valeurs d'extrait sec (44% et 48%) inférieures à l'échantillon A (50%), contrairement à l'échantillon D qui possède une valeur de l'extrait sec (55%) la plus élevée parmi les échantillons (figure 4).

Les résultats obtenus montrent que l'extrait sec total de l'échantillon D est légèrement supérieur à celui des échantillons A, B et C, ceci est probablement lié à la quantité de l'huile ajoutée.



**Figure 4 :** Extrait sec total des échantillons de cheddar analysés.

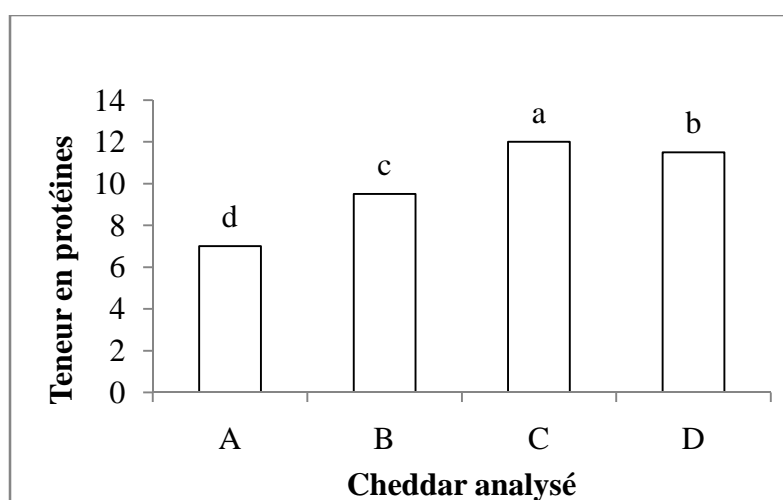
*Les valeurs portant les différentes lettres minuscules ( $a > b > c > d$ ) présentent des différences significatives (test ANOVA,  $p < 0,05$ ) entre les échantillons cheddar élaborés.*

La variation de l'extrait sec totale entre les échantillons du cheddar peut être expliquée par l'influence de l'huile sur la libération de l'eau à partir du fromage tel que l'interaction avec les protéines et l'effet sur la texture. Selon **McMahon et al., (1999)**, Ils indiquent que la teneur en matières sèches des fromages dépend de la teneur en matières grasses et du taux de protéines du lait, ce qui explique la variation de l'EST observée entre ces échantillons.

Ces variations observées peuvent également s'expliquer par le processus technologique de fabrication du cheddar. Selon **Sebbane et al., (2021)**, la matière sèche a augmenté au cours de la maturation, avec des différences selon les étapes et les types de fromages.

### I.3.4. Protéines

L'analyse statistique montre des variations significatives ( $p \leq 0,05$ ) des teneurs en protéines entre les échantillons analysés : une augmentation des teneurs en protéines est constatée avec l'augmentation de la dose d'huile d'olive additionnée. Parmi les échantillons analysés, l'échantillon A renferme la teneur la plus faible en protéines (7g), contrairement à l'échantillon C qui présente la concentration la plus élevée (12g), ainsi que l'échantillon B et D présentent des concentrations entre (9g et 12g). Cette variation des teneurs en protéines (figure 5) peut être liée à l'interaction de l'huile avec les protéines du fromage.



**Figure 5 :** Teneur en protéines du cheddar analysé.

*Les valeurs portant les différentes lettres minuscules ( $a > b > c > d$ ) présentent des différences significatives (test ANOVA,  $p < 0,05$ ) entre les échantillons cheddar élaboré.*

L'interaction entre les lipides et protéines, notamment dans les émulsions grasses, peut influencer la teneur en protéines dans les échantillons du cheddar enrichis en huile d'olive. Les lipides, comme les triglycérides à longue chaîne, ont un effet de la préservation d'azote, ce qui peut contribuer à réduire la dégradation des protéines et augmenter ainsi leur stabilité. De plus, les triglycérides à chaîne moyenne, bien qu'ils augmentent l'oxydation des acides aminés essentiels (**Beaufrère et Vidal, 1993**). L'ajout de l'huile d'olive à des aliments tel que la viande ou le fromage a montré une capacité à inhiber l'oxydation des protéines, améliorant ainsi leur stabilité et leur qualité nutritionnelle (**Kotsiou et al., 2010**).

## II. Analyses microbiologiques

### II.1. Caractérisation microbiologique du lait

Les résultats d'analyses microbiologiques effectuées sur l'échantillon du lait sont illustrés dans le **tableau IV**.

## Résultats et discussion

**Tableau IV** : Analyses microbiologiques du lait.

Bactéries à rechercher	Lait	J.O.R.A. N° 39 (2017).
Germes aérobie 30°	Absente	10 <sup>4</sup> (UFC / ml)
Entérobactéries	Absente	10 (UFC / ml)

D'après les résultats, les germes aérobies à 30°C et les entérobactéries recherchés sont absents dans le lait pasteurisé. Ces valeurs sont conformes aux critères fixés par le **Journal Officiel Algérien 2017**. Par conséquent, le lait est de bonne qualité microbiologique et n'aura aucune influence négative sur la fabrication du cheddar.

Les résultats trouvés indiquent une pasteurisation efficace du lait de vache cru avant sa transformation en cheddar.

En effet, selon **Leclerc et al., (1997)**, ce traitement élimine tous les germes pathogènes et la majorité des germes saprophytes, tout en préservant au maximum les propriétés organoleptiques et nutritionnelles des aliments.

### II.2. Caractérisation microbiologique du cheddar

Les germes identifiés et quantifiés dans l'étude sont considérés comme des indicateurs de la qualité microbiologique du produit fini et témoignent de l'adhérence aux bonnes pratiques d'hygiène. Les résultats obtenus ont permis d'évaluer la qualité microbiologique du produit fini après fabrication.

**Tableau V** : Analyses microbiologiques du cheddar.

Bactéries recherchées	Fromage A	Fromage B	Fromage C	Fromage D	J.O.R.A. N° 39 (2017).
<i>Escherichia coli</i>	Absente	Absente	Absente	Absente	10 <sup>2</sup> (UFC / ml)
<i>Staphylocoques aureus</i>	Absente	Absente	Absente	Absente	10 <sup>2</sup> (UFC / ml)

Pour les staphylocoques, selon les normes fixées par la réglementation nationale (**Journal Officiel de la République Algérienne n° 39 de l'année 2017**), un nombre de 10<sup>2</sup> UFC de staphylocoques est toléré dans le cheddar. D'après les résultats, aucune présence de staphylocoques n'a été enregistrée dans les quatre fromages analysés. Cela indique que les produits ont été fabriqués en respectant les bonnes pratiques d'hygiène (application des règles d'hygiène au cours de la production et respect de ces règles par le personnel).

Concernant la bactérie *Escherichia coli*, les analyses n'ont révélé aucune présence de germes (0 germes), ce qui répond aux limites fixées par la réglementation en vigueur (de 10<sup>2</sup>

## Résultats et discussion

---

UFC/ml). Ainsi, nous pouvons affirmer que les produits fabriqués sont de qualité microbiologique conformément à la réglementation nationale.

L'absence de germes pathogènes peut s'expliquer par le fait que le produit fini est hermétiquement emballé après conditionnement, ce qui le protège de tout contact avec le milieu extérieur et empêche la présence de germes. **Guiraud et Galzy (1980)** affirment que l'acidité des fromages, ainsi que les traitements comme le salage et la cuisson, inhibent fortement le développement et la survie des germes pathogènes.

Les coliformes fécaux et la bactérie *Staphylococcus aureus* se sont avérés inexistantes dans les échantillons analysés. Cette absence peut être attribuée aux composés phénoliques présents dans l'huile d'olive, qui possèdent des propriétés antibactériennes. Selon **Brenes et al., (2007)**, les extraits d'huile d'olive exercent une activité antibactérienne considérable parmi plusieurs huiles végétales (tournesol, maïs, soja, coton et colza). Cette activité antibactérienne est due à la sensibilité des bactéries aux composés phénoliques et est plus prononcée contre les bactéries à Gram positif que contre celles à Gram négatif.

### III. Analyses sensorielles

#### III.1. Plan d'expérience

Une fois les données brutes des jurys experts sont rapportées sur le logiciel, la procédure de génération d'un plan d'expériences est lancée. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant (tableau VI).

**Tableau VI:** Evaluation du plan d'expérience pour les jurys experts

A-Efficacité	1,000
D-Efficacité	1,000

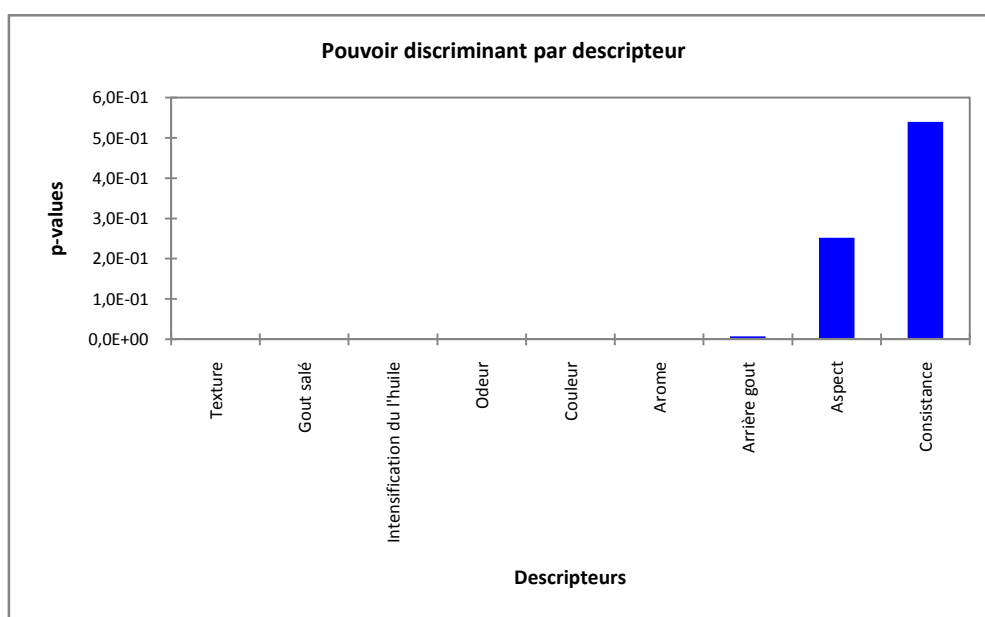
Après avoir généré le plan d'expérience pour l'analyse sensorielle, nous avons constaté que les valeurs des critères A-Efficacité et D-Efficacité indiquent qu'un plan optimal a été trouvé. Les données sont acceptables et le plan est résoluble, ce qui permet de procéder à d'autres tests sur les échantillons de fromage cheddar enrichi en huile d'olive avec le logiciel XLSTAT-MX, tels que la caractérisation des produits, l'analyse des pénalités, l'analyse proustienne généralisée et la cartographie externe des préférences.

### III.2. Caractérisation des produits

La caractérisation des produits est un processus essentiel en recherche et développement, marketing, et contrôle de qualité. Elle consiste à identifier et à analyser les attributs et les caractéristiques spécifiques d'un produit.

#### III.2.1. Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test permet de classer les descripteurs du plus discriminant au moins discriminant pour les produits. La **figure 6** ci-dessous montre les résultats obtenus pour le pouvoir discriminant de chaque descripteur :



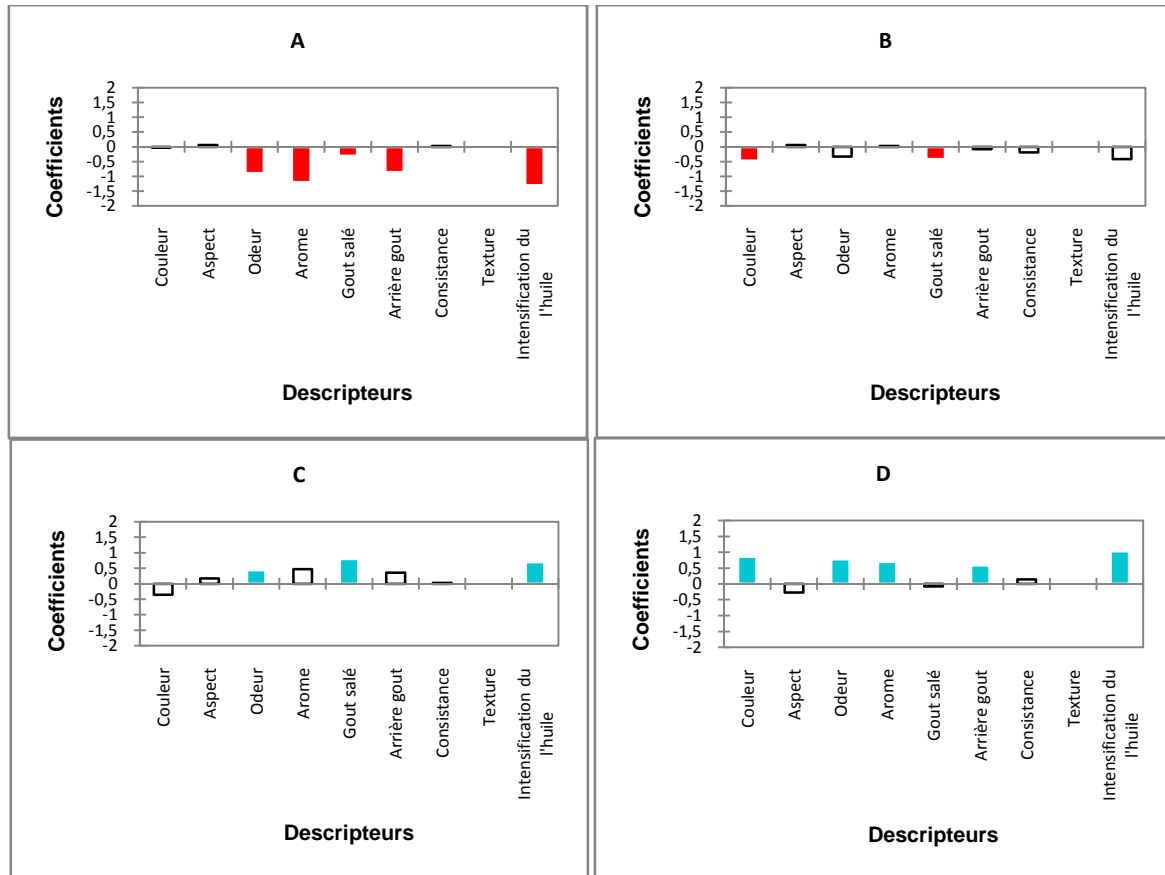
**Figure 6** : Pouvoir discriminant par descripteur

Les résultats présentés dans la **figure 6** montrent les descripteurs des échantillons de fromage, classés du plus discriminant au moins discriminant.

Selon la **figure 6**, la texture, gout salé, intensité de l'huile, odeur, couleur, arôme et arrière-gout sont les descripteurs les plus discriminants, c'est à dire que les experts ont constatés des différences entre les échantillons ; par contre concernant le descripteur aspect présente un pouvoir discriminant faible, cependant le descripteur consistance est celui qui a le pouvoir discriminant le plus faible. Donc, on déduit que les experts n'ont pas constatés des divergences entre les descripteurs des échantillons. Les p-values associées montrent cependant un effet significatif de chaque descripteur. De manière générale, cela suggère que les échantillons de fromage possèdent des descripteurs distincts qui les différencient les uns des autres (le tableau VI du pouvoir discriminant par descripteur en annexe IV).

### III.2.2. Coefficients des modèles

Ce test affiche, pour chaque descripteur et chaque produit, les coefficients du modèle sélectionné. Les résultats, présentés dans la **figure 11**, montrent l'appréciation ou la non-appréciation des descripteurs des échantillons par les jurys experts.



**Figure 7:** Coefficients des modèles des échantillons de fromages

Pour l'échantillon A : la **figure 7** indique que les descripteurs odeur, arôme, goût salé, arrière-goût et intensité du l'huile présentés en rouge sont des caractéristiques non appréciées par les jurys. Les descripteurs présentés en blanc, sont les caractéristiques du produit qui ne sont pas détectées par les jurys. Donc en résumé, l'échantillon A est caractérisée par une odeur, un arôme, un goût salé, un arrière-goût et une intensité du l'huile non appréciés ;

Pour l'échantillon B, la **figure 7** montre que la couleur et le goût salé, représentés en rouge, sont des caractéristiques non appréciées par les jurys. Par ailleurs, les caractéristiques affichées en blanc sont celles qui sont les caractéristiques du produit qui ne sont pas détectées par les jurys. En résumé, l'échantillon de fromage B se distingue par une couleur et un goût salé non appréciés.

## Résultats et discussion

Pour l'échantillon C, la **figure 7** indique que l'odeur, le goût salé et l'intensité de l'huile, représentés en bleu, sont les seules caractéristiques détectées de la part des membres de jurys. Les caractéristiques en blanc sont des intensités qui n'ont pas été détectées par les jurys. En résumé, l'échantillon de fromage C se distingue par une odeur, un goût salé et l'intensité de l'huile agréables et appréciés.

Pour l'échantillon D, la **figure 7** montre que la couleur, l'odeur, l'arôme et l'intensité de l'huile, représentés en bleu, sont des caractéristiques par les jurys. Les caractéristiques en blanc sont des intensités qui n'ont pas été détectées par les jurys. En résumé, l'échantillon de fromage D se distingue par une couleur, une intensité de l'huile, une odeur et un arôme agréables.

### III.3. Moyennes ajustées par produit

Le but de ce test est de déterminer les moyennes ajustées pour chaque combinaison descripteur-produit en utilisant un modèle. Les résultats de ces moyennes par produit sont présentés dans le **tableau VII**. Il met en évidence les moyennes lorsqu'on croise les différents produits et caractéristiques. Les cellules en bleu indiquent des moyennes significativement supérieures à la moyenne globale, tandis que les cellules en rouge indiquent des moyennes significativement inférieures. Les cellules en blanc, quant à elles, indiquent des moyennes qui ne sont pas significativement différentes de la moyenne globale.

**Tableau VII** : Moyennes ajustées par produit

	Odeur	Intensification du l'huile	Arrière goût	Arome	Couleur	Consistance	Gout salé	Texture	Aspect
D	3,222	3,778	2,778	3,556	3,000	3,778	1,333	2,222	1,778
C	2,889	3,444	2,556	3,333	1,778	3,667	2,222	2,222	2,222
B	2,111	2,333	2,111	2,889	1,667	3,444	1,000	2,222	2,111
A	1,556	1,444	1,333	1,667	2,111	3,667	1,111	2,222	2,111

Pour l'échantillon D, les descripteurs de l'odeur, de l'intensification de l'huile, de l'arôme, de la couleur et de l'arrière-goût présentent un effet significativement positif sur le produit. Concernant l'échantillon C, il est également caractérisé par des descripteurs de l'odeur, de l'intensification de l'huile et du goût salé, tous ayant un effet positif. En revanche, l'échantillon B présente des descripteurs de la couleur et du goût salé avec un effet négatif. L'échantillon A,

quant à lui, est caractérisé par des descripteurs de l'odeur, de l'intensification de l'huile, de l'arôme et du goût salé, tous ayant un effet négatif sur le produit.

### III.4. Préférence MAPPING (Cartographie des préférences)

La Préférence Mapping, ou Cartographie des Préférences, est une méthode principalement employée en études de marché et en recherche sensorielle. Elle sert à visualiser et analyser les préférences des consommateurs pour divers produits. Cette technique permet de comprendre comment les consommateurs perçoivent et évaluent les produits en fonction de leurs caractéristiques sensorielles ou d'autres attributs.

#### III.4.1. Analyse en composantes principales (ACP)

La figure ci-dessous illustre les corrélations entre les variables et les facteurs par analyse en composantes principales (ACP)

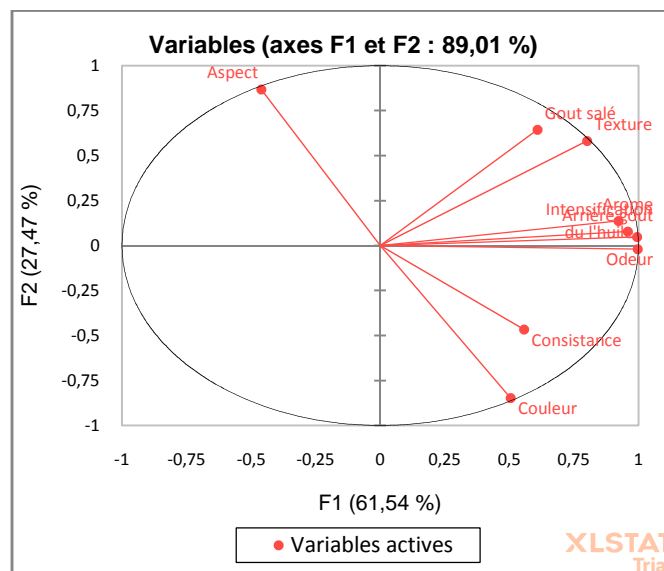


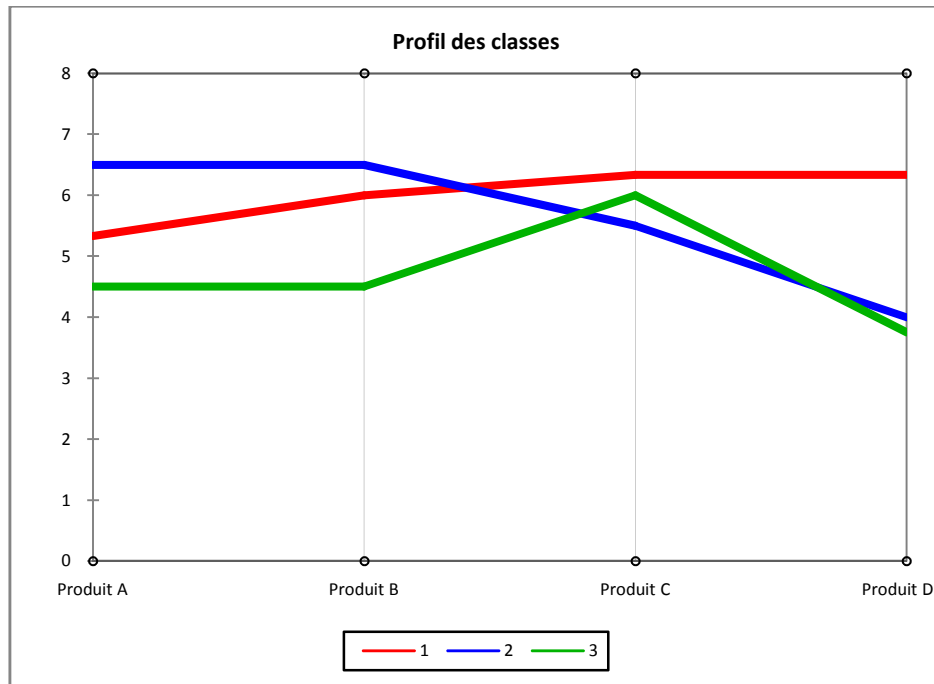
Figure 8 : Corrélation entre les variables et les facteurs

La carte obtenue présente une bonne qualité, puisqu'elle explique 89,01 % de la variabilité. Elle révèle que les experts ont perçu les produits comme étant assez différents. De plus, la figure 8 montre que tous les descripteurs sont représentés dans le cercle.

#### III.4.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

Le graphique de la figure 8 ci-dessous permet de représenter le profil des classes :





**Figure 9** : Profil des classes

L'application de l'analyse des données en CAH produit plusieurs tableaux et graphiques. Le graphique du profil des classes permet de comparer visuellement les moyennes des différentes classes créées.

D'après le graphe du **la figure 9**, la classe 1 et 3 préfère l'échantillon C alors que la classe 2 l'échantillon A

### III.4.3. Synthèse de Mapping des préférences

Les résultats sont présentés dans les tableaux suivants.

**Tableau VIII**: Objet classés par ordre croissant de préférence juges satisfaits

Classe1	Classe 2	Classe 3
Produit A	Produit D	Produit D
Produit B	Produit C	Produit A
Produit D	Produit B	Produit B
Produit C	Produit A	Produit C

Le **Tableau VIII** représente la classification des objets selon l'ordre croissant des préférences. Les échantillons sont disposés dans l'ordre croissant de préférence pour chaque juge. En d'autres termes, la dernière ligne indique les objets les plus préférés des juges, selon

## Résultats et discussion

les modèles de préférence. Par exemple, l'échantillon le plus préféré selon la classe 1 est l'échantillon C, tandis que pour la classe 2, c'est l'échantillon A qui est le plus préféré.

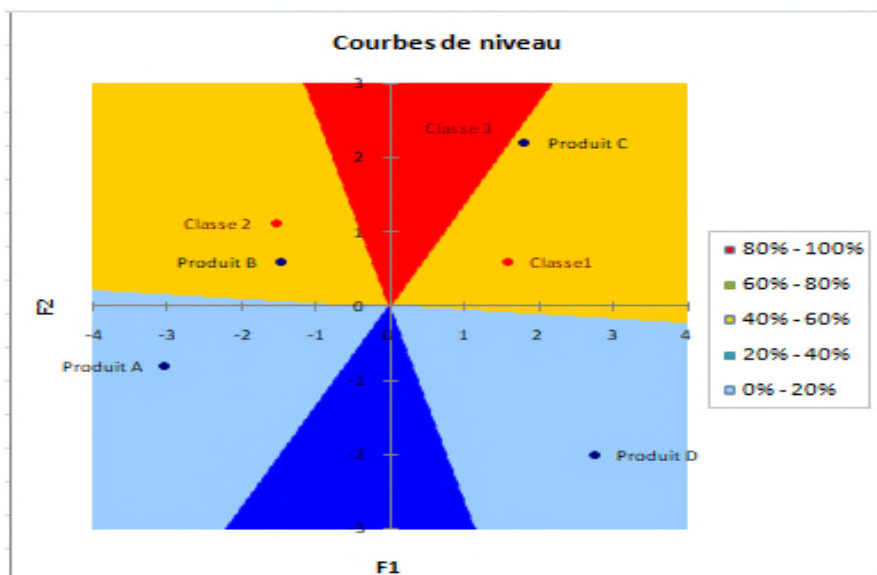
**Tableau IX :** Pourcentage de juges satisfaits pour chaque objet

Produit	%
Produit A	33%
Produit B	67%
Produit C	67%
Produit D	33%

Le **Tableau IX** représente le pourcentage de juges satisfaits pour chaque produit. Chaque ligne du tableau montre le pourcentage de juges qui ont noté le produit au-dessus du seuil fixé. Les échantillons B et C affichent un taux de satisfaction de 67 %, En revanche, les échantillons A et D ont un pourcentage de satisfaction de 33 %, ce qui indique que c'est les échantillons les moins appréciés.

### III.4.4. Courbes de niveau et carte des préférences

La figure ci-dessous présente la courbe des niveaux et la carte des préférences.



**Figure 10 :** Courbes de niveau et carte des préférences

D'après les résultats obtenus de la courbe de niveau et carte des préférences indique que les échantillons A et D sont niveau de préférence par les deux est du 0-20%, en revanche, les échantillons B et C leurs niveau de préférence selon les deux classe est entre 40-60%.

## Résultats et discussion

---

L'analyse sensorielle a démontré que les échantillons enrichis en l'huile d'olive présentaient des différences significatives par rapport à ceux non enrichis, et qu'ils étaient tous appréciés. Ces résultats suggèrent que l'ajout de l'huile d'olive a altéré le goût des échantillons, et ces derniers ont été appréciés pour leur l'intensité de l'huile. L'huile d'olive, en tant que source naturelle des composés bioactifs, confèrent aux fromages une nouvelle composition chimique. L'influence de l'huile d'olive sur les caractéristiques physico-chimiques et sensorielles du fromage est notable. Ses constituants, notamment les acides gras et les composés phénoliques, jouent un rôle crucial dans la texture, la conservation et le bouquet aromatique du fromage. D'après une recherche parue dans **Food Chemistry**, l'intégration d'huile d'olive dans la fabrication du fromage peut altérer sa texture, lui conférant une onctuosité accrue tout en prolongeant sa durée de vie grâce à ses propriétés antimicrobiennes. Par ailleurs, les nuances fruitées, herbacées ou épicées de l'huile d'olive enrichissent la palette sensorielle du fromage, procurant ainsi aux dégustateurs une expérience gustative plus complexe et gratifiante (**López, 2014**).

En effet, l'huile d'olive peut avoir des effets bénéfiques pour la santé comme un protecteur contre les maladies cardiovasculaires et le diabète. Selon **Mensink et al., (2003)** et **Alonso et al., (2006)**, l'huile d'olive est célèbre pour sa composition unique en acides gras, présentant un équilibre entre acides gras saturés et insaturés. Elle est surtout remarquable pour sa richesse en acide oléique monoinsaturé, reconnu pour augmenter le taux de bon cholestérol HDL et pour protéger contre l'oxydation nocive des LDL, contribuant ainsi à la santé cardiovasculaire. Par ailleurs, l'huile d'olive, étant un jus de fruit pur, est abondamment pourvue de polyphénols qui jouent un rôle crucial dans la préservation de nos cellules contre l'oxydation.

Une alimentation abondante en huile d'olive pourrait offrir bien plus qu'une simple option de traitement pour le diabète sucré. Elle pourrait aussi servir à prévenir ou à retarder l'éclosion de cette maladie (**Dupin et Cuq, 1992**).

# *Conclusion*

## **Conclusion**

L'objectif de ce travail est d'étudier les effets de l'enrichissement du Cheddar en huile d'olive sur les paramètres physico-chimique et microbiologique ainsi que l'impact sur les caractéristiques organoleptiques du fromage. L'huile d'olive à été incorporé à différentes masses :4g, 8g, 12g.

Les résultats de l'analyse physico-chimique des quatre échantillons de Cheddar élaboré frais ainsi que ceux enrichis avec différentes teneurs en huile d'olive (4g / 8g / 12g) indiquent que les valeurs des paramètres analysés augmentent avec l'augmentation de la dose de l'huile ; cette augmentation est notée pour l'acidité (1,67 - 2), la teneur en protéine (7 - 12), excepté pour les valeurs de pH décroissantes avec l'augmentation des doses de l'huile (5,66 - 5,63). Ces résultats répondent aux normes fixées pour les paramètres physico-chimiques des échantillons du cheddar analysé.

Sur le plan microbiologique, les résultats montrent que l'huile d'olive affecte sur la qualité des échantillons du cheddar analysé. L'addition de cet ingrédient même à petites doses peut ralentir la croissance des microorganismes vu sa richesse en composés phénoliques qui sont des antioxydants et antimicrobien, cela encourage son utilisation comme un conservateur pour les produits alimentaires, notamment les produits laitiers.

L'analyse sensorielles réalisée montre que parmi les quatre échantillons du cheddar élaboré, les échantillons C et D enrichis en huile d'olive, qui sont les plus appréciés par le jury expert.

Afin de compléter cette étude, il serait souhaitable de compléter par des analyses d'identification et de tester avec diverses variétés d'huile d'olive

*Références  
bibliographique*

### Références bibliographiques

#### A

**A. Hmad ; S. Clyde.1992.** Les matières grasses destinées aux produits de boulangerie que sont-elles? Comment fonctionnent-elles, 1992.

**Abaza L, Msallem M. & Daoud D., 2002.** Caractérisation des huiles de sept variétés d'olivier tunisiennes, *Oléagineux Corps Gras Lipides*, Vol. 9, N°2, pp. 174-179.

**AFNOR., 1986.** Contrôle de la qualité des produits laitier, p222.

**AFNOR., 1986.** Contrôles de la qualité des produits laitiers, Paris, p1030.

**Alais C. 1984.** Sciences du lait: Principes et techniques laitiers. Edition. Promotion agroalimentaire, industrielles et commerciales. Paris. p 814.

**Alonso A, Ruiz-Gutierrez V. 2006.** Monounsaturated fatty acids, olive oil and blood pressure, epidemiological, clinical and experimental evidence. *Public Heath Nutr* 9 : 251-257.

**Angerosa F., Servili M., Selvaggini R., Taticchi A., Esposto S., Montedoro G.F. 2004.** Volatile compounds in virgin olive oil: occurrence and their relationship with the quality. *J. Chromatogr. A* 1054, pp. 17-31.

**Anony 1: CODEX ALIMENTARIUS (2013a).** General standard for cheese A-6. In *International Food Standards: World Health Organization*.

**Anony 2: CODEX ALIMENTARIUS (2013b).** General Standar for Cheddar. In *International Food Standards: World Health Organization*.

**Anony 3: Centre canadien d'information laitière 2013.** Customized Report Services- plant-based ready meal in Canada and in the United States.

#### B

**BAE H. C., NAM J. H., RENCHINKHAND G., CHOI S. H., et NAM M. S. 2020.** Physicochemical changes during 4 weeks ripening of Camembert cheeses salted with four types of salts. *Applied Biological Chemistry*, 63(1), 1-12.

**Benloucif R., Oulmi A. 2016.** Etude du procédé de production du fromage du type camembert : Effet de la nature des microorganismes sur la qualité du produit Mémoire Master Professionnalisant, Spécialité: Bioindustrie, Analyse et Contrôle, Université Frère Mentouri, Constantine 1, p75.

**Bernard Beaufrère,Catherine Vidal. 1993.** «Interrelations métabolismes entre lipides et protéines en nutrition parentéraleInterrelations entre les carburants lipidiques et le

## Références bibliographiques

---

métabolisme protéique au cours de la nutrition parentérale,» *Nutrition Clinique et Métabolisme*, vol. 7, p. 31 à 38.

**Boulfane S., Maata N., Anouar A., Hilali S. 2015.** Caractérisation physicochimique des huiles d'olive produites dans les huileries traditionnelles de la région de la Chaouia-Maroc. *Journal of Applied Biosciences*. 87: 8022– 8029.

**Brenes M, Medina E, Romero C et De Castro A. 2007.** Antimicrobial activity of olive oil. *AGRO FOOD INDUSTRY HI TECH*. 18, 6.

### C

**C.O.I. 2003.** Classification des huiles d'olive. Normes internationales applicables à l'huile d'olive et à l'huile de grignon d'olive. Conseil Oléicole International.

**Charol L., Vignola C. 2002.** Transformation de lait.*in* : Foisy L., Ratel D., Laprise A., science et Alais C. et Linden G. (1993). Biochimie alimentaire. Masson, 2<sup>ème</sup> édition paris.echnologie de lait, Québec, canada.

**Cherabi Dj., Djema M., Said L. 2021-2022.** Elaboration d'un fromage frais enrichi par la graine de lin. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

**Codou L. 1997.** Etude des fraudes de lait cru mouillage et écrémage. thèse de doctorat, Ecole inter-états des sciences, DAKAR, p80.

**Conseil Oléicole International. 2019.** Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive P : 7 et 8.

**Conseil Oléicole International. 2019.** Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive P : 1,2 et 3.

**Courtet F., 2010.** Qualité nutritionnelle du lait de vache et de ces acides gras voie d'amélioration par l'alimentation. Thèse de doctorat, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, 128 p.

### D

**D, Boskou. 2008.** Olive oil: minor constituents and health. Edited by Dimitrios Boskou CRC press: Taylor and Francis Group, Boca Raton London New York.

**DadashpourTehrani, N., Khoshkho, Z., & Tabari, M. 2023.** Evaluation of physicochemical and sensory properties of prebiotic Cheddar cheese enriched with *Dunaliella Salina* microalgae. *Advances in Dairy Research*.



## Références bibliographiques

---

**Dupin H., Cuq J. L. 1992.** Alimentation et nutrition humaines. Éd: ESF, Paris, 887-900  
Meta-analysis of 60 Controlled Trials. *Am J Clin Nutr.* 77: 1146-1155.

### E

**El-Hadi D, Azzouz A et Chachoua F, 2015.** Étude De La Qualité Physico-chimique Deux Types De Laits Reconstitués (Pasteurisé Et Stérilisé).

### F

**Farzad Mohammadi ,Mahsa Yousefi b. 2023.** «Characterizations and effects of pectin-coated nanoliposome loaded with Gijavash (*Froriepia subpinnata*) extract on the physicochemical properties of cheese,» *Heliyon*, vol. 9, n° %111.

**Fereidoon Shahidi, PK Janitha, PD Wanasundara, 1992.** Critical reviews in food science & nutrition. Vol.32, n°%1, pp 67-103.

**FOX, P. F. & MCSWEENEY, P. L. H. 2004.** Cheese: An overview. In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* Eds P. F. Fox, P. L. H. McSweeney, T. M. Cogan & P. G. Timothy), pp. 1-18. Academic Press.

### G

**Grappin, R.,Beuvier .E.,1998.** Possible implication of milk pasteurization on the manufacture and sensory quality of ripend chesse .*International Dairy Journal* 7,751-761 .

**GUIRAUD J.P. et GALZY P. 1980.** Les analyses microbiologiques dans les industries agroalimentaires. Edition de l'usine nouvelle. Paris. P.236.

**GUIRAUD, J-P. et ROSEC, J-P. 2004.** Pratique des normes en microbiologie alimentaire. *Éditions AFNOR, Saint-Denis. Ecole Polytechnique de Montréal, Paris.*

### H

**Haddada FM, Krichène D, Manai H, Oueslati I, Daoud D et Zarrouk M. 2008.** Analytical evaluation of six mono varietal virgin olive oils from Northern Tunisia. *European Journal of Lipid Science and Technology.* 110, 905-913.

**Hardy J. 1997.** L'activité de l'eau et salage des fromages .in : Eck A Gillis J.LE Fromage. 3<sup>ème</sup> édition, Lavoisier, paris, p62-84.

## Références bibliographiques

---

### J

**J.O.R.A. n°39 daté le 2 juillet. 2017.** Journal officiel de la République Algérienne N°39. Laites et produits laitiers. Légumes, fruits, végétaux et produits base de végétaux.

**J.O.R.A. N°39. 2017.** Critères microbiologiques des laits et des produits laitiers.

**JORA. 1998.** Journal Officiel de la République Algérienne 38.

### K

**Kali Kotsiou un, Maria Tasioula-Margari a, Kristína Kukurova b, Zuzana Ciesarová b. 2010.** «Impact des composés phénoliques de l'origan et de l'huile d'olive vierge sur la teneur en acrylamide dans un système modèle et des pommes de terre fraîches,» *chimie alimentaire*, vol. 123, n° % 14, pp. 1149-1155.

**KHoualdi G. 2017.** Caractérisation du fromage traditionnel algérien «Meghissa». Mémoire de magister en science alimentaire de biotechnologie et génie industrie alimentaire, institut de la nutrition de l'alimentation et des technologies agro alimentaires , université des frères mentouri, constantine. p96.

**Kiritsakis A.K. 1993.** La chimie de l'arôme de l'huile d'olive. *Olivae*, 45(2): 28-33.

### L

**Leclerc H., Buttiaux R., Guillaum J. et Wattr P. 1997.** Microbiologie Appliquée. Douin Editeur, Paris.

**Leyral G., Vierling E. 2007.** Microbiologie et toxicologie des aliments : hygiène et sécurité alimentaire. Doin, Paris, 286p.

**López-López, A., Montes-Pérez, M.J., Garrido-Fernández, A. 2014.** Effects of the addition of olive oil pomace on the physicochemical, sensory, and texture characteristics of semi-hard cheese. *Food Chem* 153, 251-258.

**Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. 1951.** Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193(1), 265-275.

### M

**M. A. Murtaza, 2022.** «Cheddar-type Cheeses,» *Encyclopedia of Dairy Sciences (Third edition)*, pp. 36-44.

**Mahaut M., Jeantet R., Schak P., Brul G. 2000.** Les produits laitiers. Edition Tec et Doc, Lavoisier. PARIS P, 26-180.

## Références bibliographiques

---

**Mahaut M., Jeantet R., Brulé G., Shuck P. 2000.** Les produits industriels laitiers. Lavoisier, Paris, 15p.

**Mahaut. M, Jeantet R., Schuck P. Et Brule G. 2000.** Les produits industriels laitiers Ed Tec et Doc. – Lavoisier : Paris p. 26-40.

**Majdi A., 2009.** ‘Les fromages AOP et IGP.’, in Séminaire sur les fromages AOP et IGP. INT-Ingénieur agronomie, 88p.

**Martin et Coulon. 1995.** Facteur de production du lait et caractéristique du fromage. Influence du facteur de produit sur l'aptitude à la coagulation des laits. Lait. Pages 5 : 61-80.

**Mathieu J. 1998.** Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris.

**Mdahou A. 2017.** Etude de l'évolution de la flore microbienne indigène d'un fromage industrielle à pate molle type camembert au cours de son affinage et évaluation de ces aptitudes technologiques. Thèse de doctorat en production et biotechnologie animales, université d'Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, 132p.

**Medina, E., de Castro, A., Romero, C., Brenes, M. 2006.** "Comparison of the concentrations of phenolic compounds in olive oils and other plant oils: Correlation with antimicrobial activity." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(14), 4954-4961

**Melanie Hanlon , Jungmin Choi , Lisbeth Goddik, Si Hong Park, 2022.** «Microbial and chemical composition of Cheddar cheese supplemented with prebiotics from pasteurized milk to aging,» *Journal of Dairy Science*, vol. 105.

**Mensink R.P., Zock P.L., Kester A.D. 2003.** Effects of Dietary Fatty Acids and Carbohydrates on the Ratio of Serum Total to HDL Cholesterol and on Serum Lipids and Apolipoproteins: A Meta-analysis of 60 Controlled Trials. *Am J Clin Nutr.* 77: 1146-1155.

### N

**NF(1985).** Guide de recherche et mesure de la teneur en matière sèche. ISO 5534.

### R

**Ramet J. 1997.** L'égouttage du coagulum. in : Eck A Gillis J.LE Fromage. 3<sup>ème</sup> édition, lavoisier, paris, p42-61.

**Rasolofo, E.A., ST6gelais, D., Lapointe, G., Roy, D. 2010.** Molecular analysis of bacterial population structure and dynamics during cold storage of untreated and treated milk. *International journal of food Microbiokogy* 138,108-44.

**Romain J., Thomas C, Michel M., Pierre S., Gérard B., 2008.** Laits de consommation. Les produits laitiers. 3<sup>ème</sup> édition. Lavoisier, paris, p.1- 21.

## Références bibliographiques

---

**Rossana Roilaa ,Andrea Valiani b.,David Ranuccia ,Roberta Ortenzi b.,Maurizio Servili c, Gianluca Veneziani c,Raffaella Branciarri 2019.** «Efficacité antimicrobienne d'un extrait polyphénolique d'un sous-produit de l'huile d'olive contre les bactéries d'altération du fromage « Fior di latte »,» *journal internatinal de microbiologie alimentaire*, vol. 295, pp. 49-53.

**Ruiz-Gutierrez V., Juan M. E, Cert A., Planas J. M. 2000.** Determination of hydroxytyrosol in plasma by HPLC. *Analytical Chemistry*. 72: 4458–4461.

### S

**Sakshi Sharma a, Arvind Kumar a, Sunil Kumar a, Anil K. Katare b, Hina F. Bhat c, Rana Muhammad Aadil d, Zuhair F. Bhat a. 2023.** «Grewia asiatica fruit extract-based kalari cheese for enhanced storage stability and functional value,» *Food Chemistry Advances*, vol. 3.

**Samah M. El-Sayed, Hoda S. El-Sayed. 2024.** «Incorporating white radish extract and *L. plantarum* to ultra-filtrated soft cheese for boost its functional, microbiological, and sensory qualities,» *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, vol. 58.

**Sebbane H., Almi D., Hadouchi S., Hedjel L., Smail-Saadoun N., et Mati A. 2021.** Microbiological and physicochemical changes during ripening of Camembert cheeses made from raw and pasteurized cow milk produced in Tizi-Ouzou (north of Algeria). *Indian Dairy Association*, 74(1), 18-29.

**Stéphanie Henry. 2003.** L'huile d'olive : son intérêt nutritionnel, ses utilisations en pharmacie et en cosmétique. *Sciences pharmaceutiques*. 2003. fffhal-01731806f

**St-Gelais, D. & Tirard-Collet, P. 2010.** Fromage. In *Science et technologie du lait - Transformation du lait* (Ed Fondation de Technologie Laitière du Québec Inc), pp. 349-415. Presses internationales Polytechnique.

**Strano, G. F. M., De Pasquale, C., Santonocito, D., Di Bella, G., & Gagliano, G. 2019.** "Incorporation of extra virgin olive oil in cheese: Effect on lipid profile and sensory properties." *Journal of Dairy Science*, 102(6), 4894-4902.

### T

**Talita A. Comunian,Carmen S. Favaro-Trindade. 2016.** «Microencapsulation utilisant des biopolymères comme alternative pour produire des aliments enrichis en phytostérols et en acides gras oméga-3 : une revue,» *Hydrocolloïdes alimentaires*, vol. 61, pp. 442-457.

## Références bibliographiques

---

### V

**Vignola, C-L. 2002.** Science et technologie du lait. Transformation du lait.

### W

**Walther, B., Schmid, A., Sieber, R., et Wehrmuller K. 2008.** Cheese in nutrition.

Zahraddeen D., Bustwatis R., Mbap S.T. 2007. Evolution of some factors affecting milk composition of indigenous goats in Nigeria. Livestock Research for Rural Development, 19 (11) :1-8p.

### Z

**Zainoldin K.H et Baba A.S 2009.** The effect of *Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus* on physicochemical, Proteolysis, and Antioxidant Activity in Yogurt. International Journal of Biological, biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering Vol: 3, No: 12.

# *Annexes*

## Annexe I

### Matériels utilisé

- les différentes matières premières utilisées dans la fabrication du fromage du type cheddar sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau I:** Matières premières utilisées dans la fabrication du fromage.

Matières premiers	Caractéristiques
Le lait du vache	lait crue subit un traitement thermique (pasteurisation 65°)
L'huile d'olive	C'est un l'huile d'olive extra vierge
Eau de process	L'eau du robinet
La présure	Présure d'origine microbienne
Les ferments lactiques	Thermophiles, Mésophiles
Sel de la cuisine	Sel du table

### Matériel non biologique

Le matériel non biologique utilisé dans cette étude comprend des équipements en acier inoxydable, de la verrerie, et divers appareils, ainsi qu'un ensemble de réactifs et de produits chimiques.

#### ➤ Appareillage

On peut mentionner certains appareils que l'on a utilisés :

Agitateur, Bain Marie , Réfrigérateur à + 4°C, Congélateur à -10°C, Dessiccateur , Etuve d'incubation, pH mètre , Balance, centrifuge et un spectromètre.

#### ➤ petits équipements

Les expériences ont exigé l'utilisation de petits équipements, notamment : bécher micropipette (1000 et 500 µl), pipette graduée, erlenmeyer, fiole jaugée, burette graduée à support, éprouvette graduée, embout jetable, boîte pétrie, support à tube à essai, pipette pasteur, pissette d'eau distillée, bec Bunsen, tubes à essais stériles, spatule, verre de montre, boites stériles, flacons stériles.....

### ➤ Produits chimique, réactifs et les milieux de culture

**Tableau II :** Produits utilisé dans les analyses physico-chimiques et microbiologiques

Produits chimique	Les milieux de culture	Les réactifs
<ul style="list-style-type: none"><li>• Hydroxyde du sodium NaOH</li><li>• Ether de pétrole 50%</li><li>• Hydroxyde du potassium KOH</li><li>• Acide acétique</li><li>• Chloroforme</li><li>• Thiosulfate de sodium</li><li>• Iodure de potassium KI</li><li>• Sérum albumine bovine (BCA)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eau physiologie</li><li>• La gélose EMB (Eosin Methylen Blue)</li><li>• Le milieu de Chapman</li><li>• La gélose PCA (Plat Count Agar)</li><li>• Le milieu VRBL</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Phénophtaléine</li><li>• Réactif du Gornall</li><li>• Réactif du Folin</li></ul>



## Annexe II

### Questionnaire d'analyse sensorielle d'un fromage enrichi en huile d'olive (Panel expert)

**Sexe :**

**Age :**

**Date :**

Quatre échantillons de fromage dont trois enrichi en huile d'olive. Il vous est demandé d'évaluer les caractéristiques organoleptiques en attribuant une note de 1 à 5 selon l'intensité de chaque caractéristique et l'échelle présenté.

#### 1. Couleur

1. Blanc
2. Blanc cassé
3. Jaune très clair
4. Jaune clair
5. Jaune

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

#### 2. Aspect

1. Aucune brillance
2. Faiblement brillant
3. Modérément brillant
4. Bien brillant
5. Très brillant

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

#### 3. Odeur

1. Très faible intensité
2. Faible intensité
3. Intensité modérée
4. Forte intensité
5. Très forte intensité

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

## Annexes

---

### 4. Arôme

1. Absence
2. Très faible
3. Faible
4. Moyen
5. Fort

<b>Echantillon</b>	<b>Echantillon</b>	<b>Echantillon</b>	<b>Echantillon</b>
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>

### 5. Goût salé

1. Très faible
2. Faible
3. Moyen
4. Fort
5. Très fort

<b>Echantillon</b>	<b>Echantillon</b>	<b>Echantillon</b>	<b>Echantillon</b>
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>

### 6. Arrière-gout

1. Nul
2. Léger
3. Modéré
4. Prononcé
5. Très prononcé

<b>Echantillon</b>	<b>Echantillon</b>	<b>Echantillon</b>	<b>Echantillon</b>
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>

### 7. Consistance

1. Peu ferme
2. Ferme
3. Très ferme
4. Dure
5. Très dure

<b>Echantillon</b>	<b>Echantillon</b>	<b>Echantillon</b>	<b>Echantillon</b>
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>

### 8. Texture

1. Très faiblement granuleux
2. Faiblement granuleux
3. Moyen (ni granuleux, ni lisse)
4. Lisse
5. Très lisse

Echantillon	Echantillon	Echantillon	Echantillon
A	B	C	D

### 9. Arôme attribué (intensification huile d'olive)

1. Absent
2. Très faible
3. Faible
4. Moyennement intense
5. Intense

Echantillon	Echantillon	Echantillon	Echantillon
A	B	C	D

### 10. Préférence globale

Attribuez une note allant de 1 à 9 à chaque échantillon selon votre préférence sachant que 1 correspond à l'échantillon le moins préféré. Comme présenté dans l'échelle ci-dessous :

- 1 : Extrêmement désagréable
- 2 : Très désagréable
- 3 : Désagréable
- 4 : Assez désagréable
- 5 : Ni agréable ni désagréable
- 6 : Faiblement agréable
- 7 : Agréable
- 8 : Très agréable
- 9 : Extrêmement agréable

Echantillon	Echantillon	Echantillon	Echantillon
A	B	C	D

#### ❖ Observation

*« Merci pour votre collaboration ! »*

## Annexe III

### III.1.pH

Les résultats des valeurs du pH sont illustrés dans le tableau III

**Tableau III** : pH des différents échantillons du cheddar.

Echantillon	pH
Fromage A	5,66 <sup>a</sup> ±0,09
Fromage B	5,66 <sup>a</sup> ±0
Fromage C	5,65 <sup>ab</sup> ±0
Fromage D	5,63 <sup>c</sup> ±0,01

*Les résultats représentent la moyenne ± l'écart type; les différentes lettres minuscules (a-c) indiquent des différences significatives (test ANOVA,  $p < 0,05$ ) entre les échantillons du cheddar élaboré.*

### III.2.Acidité

Les résultats des valeurs d'acidité sont illustrés dans le tableau IV

**Tableau IV** : Valeurs d'acidité des différents échantillons du cheddar.

Echantillon	Acidité
Fromage A	1,67 <sup>b</sup> ±0,09
Fromage B	1,67 <sup>b</sup> ±0,09
Fromage C	1,87 <sup>a</sup> ±0,09
Fromage D	2 <sup>a</sup> ±0

*Les résultats représentent la moyenne ± l'écart type; les différentes lettres minuscules (a-b) indiquent des différences significatives (test ANOVA,  $p < 0,05$ ) entre les échantillon du cheddar élaboré.*

### III.3.Extrait sec total

Les résultats des valeurs d'extrait sec sont illustrés dans le tableau V

**Tableau V** : Résultats des valeurs d'extrait sec des échantillons du cheddar analysés.

Echantillon	EST
Fromage A	51,54 <sup>b</sup> %
Fromage B	44,40 <sup>d</sup> %
Fromage C	48,2 <sup>c</sup> %
Fromage D	55,37 <sup>a</sup> %

*les différentes lettres minuscules (a-d) indiquent des différences significatives (test ANOVA,  $p < 0,05$ ) entre les échantillons su cheddar élaboré.*

### III.4.Protéines

Les résultats de la teneur en protéines par 100g sont illustrés dans le tableau VI

**Tableau VI** : Résultats des teneurs en protéines des échantillons du cheddar analysés.

<b>Echantillon</b>	<b>Acidité</b>
Fromage A	7 <sup>d</sup> ±0
Fromage B	9,5 <sup>c</sup> ±0,5
Fromage C	12 <sup>a</sup> ±1
Fromage D	11,5 <sup>b</sup> ±0,5

*Les résultats représentent la moyenne ± l'écart type; les différentes lettres minuscules (a-b) indiquent des différences significatives (test ANOVA,  $p < 0,05$ ) entre les échantillons du cheddar élaboré.*

**Annexe IV**

**Pouvoir discriminant par descripteur**

**Tableau VI : Pouvoir discriminant par descripteur**

Descripteurs	Valeurs test	p-values
Texture	0,000	
Gout salé	4,250	0,000
Intensification du		
l'huile	3,792	0,000
Odeur	3,442	0,000
Couleur	3,021	0,001
Arome	2,846	0,002
Arrière gout	2,443	0,007
Aspect	0,669	0,252
Consistance	-0,100	0,540

## Résumé

La présente étude a porté sur les effets de l'enrichissement du cheddar avec des quantités différentes d'huile d'olive (4, 8, 12) sur les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques. Les caractéristiques organoleptiques des différents échantillons ont été également évaluées. Le cheddar a été élaboré à base de lait de vache soumis à un traitement thermique (pasteurisation). Les analyses physico-chimiques et microbiologiques démontrent que l'ajout d'huile d'olive affecte significativement les différents paramètres analysés. Tandis que les analyses sensorielles révèlent un impact notable de cet ajout sur les caractéristiques organoleptiques, telles que l'odeur, le goût et la texture. L'enrichissement de telles pourrait jouer un rôle notable notamment dans le choix du consommateur, cherchant à la fois innovation et propriétés nutritionnelles. Cependant, les producteurs doivent veiller à maintenir la qualité afin de répondre à ces attentes.

**Mots clés :** enrichissement, cheddar, huile d'olive, analyses physico-chimiques, analyses microbiologiques, propriétés nutritionnelles, analyses sensorielles.

---

## Summary

This study focuses on the effects of enriching cheddar with different amounts of olive oil (4, 8, 12g) on its physicochemical and microbiological characteristics. The organoleptic characteristics of the different samples were also evaluated. The cheddar was made from cow's milk subjected to heat treatment (pasteurization). Physicochemical and microbiological analyses demonstrate that the addition of olive oil significantly affects the various parameters analyzed. Sensory analyses reveal a notable impact of this addition on organoleptic characteristics, such as smell, taste, and texture. Such enrichment could play a significant role, especially in consumer choice, seeking both innovation and nutritional properties. However, producers must ensure quality to meet these expectations.

**Key words:** Enrichment, cheddar, olive oil, physicochemical analyses, nutritional properties, microbiological analyses, Sensory analyses.