

Réf :.....

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

MASTER

Thème

**Etude phytochimique et élaboration d'un
fromage Frais a base de *Thymus vulgaris***

Présenté par :

BARDACHE Hassiba & BACHIRI Meriem

Soutenu le : **2 juillet 2019**

Devant le jury composé de :

Mr MOKRANI A/ Rahmen	MCB	Président
Mme HAMRI Sabrina	MCA	Encadreur
Mme GUERFI Fatiha	MCA	Examineur
M ^{me} BELKHIRI-BEDER Wassila	Ing. de recherche	Co Promotrice
M ^{elle} TAKKA Melissa	Doctorante	Invitée

Année universitaire : 2018 / 2019

Liste des abréviations

- **AA** : Activité Antioxydant.
- **AFNOR** : Association Française de Normalisation
- **BHA** : Hydroxyanisole butyle
- **DPPH** : 1,1-diphényl-2-picryl hydrazyl .
- **EQ** : Equivalent quercétine
- **E** : Enrichi
- **EST** :Extrais sec total
- **E . coli** : Escherichia coli
- **F.A.O** : Food and Agriculture Organisation
- **J. O** : Journal officiel
- **J. O.R.A** : Journal officiel république algérienne
- **H** : Humidité
- **g** : Gramme
- **MS** : Matière Sèche
- **min** : minute
- **Min** : minimum
- **N** : Normalité
- **NaOH** : Hydroxyde de sodium
- **pH** : potentiel Hydrogène
- **SS** : Salmonella shigella
- **Tr / min** : Toure par minute
- **T** : témoin
- **T°** : Température
- **UFC** : Unité Formant Colonies
- **UI** : Unité international
- **V** : volume
- **VRBL** : Gélose Biliée au Cristal Violet et au rouge neutre
- **v/v** : volume / volume
- **%** : pour-cent
- **°C** : Degré celsius
- **°D** : Degré dornic

Liste des figures

Numéro de la figure	Titre de la figure	Numéro De page
1	Schéma de la fabrication de produit laitiers traditionnels	5
2	Photographie des feuilles de thym Séchées	10
3	Photographie de préparation de la poudre (A) nettoyage, (B) Broyage et tamisage	10
4	Photo représentative de fromage frais	13
5	Diagramme de fabrication d'un fromage frais aromatisé à base de <i>Thymus vulgaris</i>	14
6	Teneurs en polyphénols totaux dans les feuilles de <i>Thymus vulgaris</i>	19
7	Teneurs en flavonoïdes dans les feuilles de <i>thymus vulgaris</i>	20
8	Évaluation d'activité antioxydants des feuilles du <i>thymus vulgaris</i>	21
9	Teneur du caroténoïde dans les feuilles du <i>Thymus vulgaris</i>	22
10	Teneurs en polyphénols totaux dans fromage Témoin et fromage Enrichi	23
11	Teneur en flavonoïdes dans le fromage frais et dans le fromage frais enrichit avec les feuilles de thymus vulgaris	24
12	Évaluation d'activité antioxydants des fromage témoin et enrichi	25
13	Pouvoir discriminant par descripteur	30
14	Histogramme montrant les coefficients des modèles d'échantillons des fromages B, C et A.	31
15	Corrélations entre variables/facteurs et Coordonnées des observations.	35

Liste des figures

16	Courbe de niveau et carte des préférences	36
----	---	----



Liste des tableaux

Numéro du tableau	Titre des tableaux	Numéro de page
1	Composition moyenne d'un fromage frais pour 100g de produits frais.	6
2	Taxonomique de <i>Thymus vulgaris</i> .	8
3	Teneur en polyphénols (en µg EAG/mg d'extrait) dans l'infusion aqueuse du <i>Thymus vulgaris</i>	8
4	Résultats des analyse physico-chimie des différents échantillons.	25
5	Objets classés par ordre croissant de préférence	34
6	Pourcentage de juges satisfaits pour chaque objet.	34

REMERCIEMENTS

On adresse en premier lieu toute notre reconnaissance au bon Dieu tout Puissant pour nous avoir permis d'en arriver là, car sans lui rien n'est possible.

Nous avons l'honneur et le plaisir d'exprimer notre profonde gratitude à Mme Hamri Sabrina notre promotrice pour avoir accepté de nous encadrer, pour ses remarques, ses conseils et ses orientations.

Nous tenons aussi à exprimer nos vifs remerciements et notre sincère gratitude Aux membres du jury Mme Guerfi Fatiha et Mokrani A.Rahmen d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

On adresse l'expression de notre vive et respectueuse gratitude à mademoiselle Takka Melissa et madame BELKHIRI-BEDER Wassila qui nous ont fait bénéficier de leurs expériences et de leurs conseils très fructueux.

On remercie aussi Mme Benamer née Benamsili Sabrina ingénieur d'état au laboratoire d'analyse sensorielle et Mme Smail Lila, la responsable du laboratoire.

On tient à remercier tout le personnel de la faculté SNV de nous avoir aidé à Réaliser ce mémoire et au personnel du laboratoire Qualilab dirigé par Mr A. Hafid Mansouri.

Nos plus vifs remerciements à nos parents, nos familles, et nos amies.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail, ma très chère maman et père paix a son âme et à mon chère mari Hamza belle-mère qui ont attendu espèrent ma réussite.

A mes très chères frères (Djamel, Ferhet, El khier) et sœurs (Nouara, Aziza, Farida surtout ma petite sœur et future médecin Sabiha)

Et ma copine Hassiba et sa famille et toutes personnes qui m'ont aidé pour faire ce modeste travail.

A toute mes amies (Djazia, Zina, Sonia et Warda, Mounia, Meriem).

A mes belle-sœur (Kahina, karima, Salima) et beau-frère (Karim)

Et mes cousin et cousine (Samira, Fahima, Nadia, Brahim, Louheb).

Et je ne peux pas oublier mes adorables nièce (Amina, Racha, Farah) neveux (Billal, Walid, Racim)

Merci beaucoup

Meriem

Dédicace

Aux deux êtres qui me sont les plus chers au monde mon père et ma mère à qui je dois le mérite d'être arrivée là, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude et mon affection. Que ce travail soit le témoignage sincère et affectueux de ma profonde reconnaissance pour tout ce que vous avez fait pour moi.

A mes chers frère Saadi et Habib et ma chère sœur Lamia et son mari et ces fils Tamime et Islame et que dieu les protège.

A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour A ceux qui m'ont encouragé et soutenue dans les moments les plus difficiles J'adresse aussi mes dédicaces à mes amies avec qui j'ai passé des moments agréables, en particulier à : Slimane, Fahima, Ldia, Sarah, Malia, Samira, Sabrina, Farida, Zahia, Anissa, fatiha, yasmina, kahina, fatma, Abire et soraya

A ma copine Meriem et à toutes sa famille.

A tous les étudiants de la promotion PTL

Hassiba

Table des matières

Introduction	2
---------------------------	---

Partie théorique

Chapitre I : Le fromage

1. Historique.....	3
2. Fromage.....	3
3. Fromage frais.....	3
3.1. Technologie des fromages frais.....	4
3.1.1. Coagulation.....	4
3.1.2. Egouttage.....	4
3.1.3. Moulage.....	4
3.1.4. Conditionnement et conservation.....	4
3.2. Types de fromage frais.....	5
3.3. Composition des fromages frais.....	6
3.4. Qualité nutritionnelle.....	6

Chapitre II : Généralité sur le *Thymus vulgaris*

II. <i>Thymus vulgaris</i>	7
1. Généralité.....	7
2. Répartition géographique.....	7
2.1. Dans le monde.....	7
2.2. En Algérie.....	7
3. Systématique et nomenclature.....	8
4. Composition chimique du thym.....	8
5. Valeur nutritionnelle.....	9

6. Usage.....	9
---------------	---

Partie pratique

Chapitre I : Matériel et méthodes

1. Matériel végétal.....	10
1.1. Broyage et tamisage.....	10
1.2. Humidité.....	11
2. Analyses photochimiques.....	11
2.1. Extraction d'antioxydant.....	11
2.2. Dosages des antioxydants.....	11
2.2.1. Polyphénols totaux.....	11
2.2.2. Flavonoïde.....	12
2.2.3. Caroténoïde.....	12
2.3. Evaluation de l'activité antioxydants par le test de DPPH.....	12
II. fromage frais.....	13
1.Fabrication du fromage frais.....	13
2. Enrichissement du fromage frais	13
3. Analyse physico-chimique du fromage préparé.....	14
3.1. Détermination de l'humidité du fromage frais et enrichi.....	14
3.2. Détermination du Ph.....	15
3.3. Mesure de l'acidité titrable.....	15
3.4. Teneur en matière grasse	15
3.5. Teneur en matière sèche	16
3.6. Détermination de l'extrait sec dégraissé.....	16

Chapitre II. Analyse microbiologique

4.1. Préparation des dilutions.....	16
4.1.1. Dilutions mères.....	16

4.1.2. Dilutions décimales.....	16
4.2. Recherche des <i>Escherichia coli</i>	16
4.3. Recherche des <i>Staphylococcus aureus</i>	17
4.4. Recherche des <i>Salmonella</i>	17
5. Dosage d'antioxydants à partir du fromage	17
5.1. Préparation d'extrait de fromage	17
5.2. Dosages des antioxydants.....	17
5.3. Evaluation de l'activité antioxydant.....	17
6. Analyse sensorielle.....	18
V. Analyses statistiques.....	18
Chapitre 3 Résultats et discussions	
VI. Etude photochimique.....	19
1. Evaluation des composés phénoliques.....	19
2. valuation des flavonoides	20
3. Evaluation de l'activité antioxydants DPPH.....	21
4. Dosage des caroténoïdes.....	22
I. Propriétés physico-chimiques.....	23
1. Teneur en composés phénoliques du fromage T et E.....	23
2. Teneur en flavonoïdes du fromage E et T.....	23
3. Activité antioxydants DPPH.....	24
4.Resultats physicochimique des fromage élaborés.....	25
5. Ph et acidité.....	26
6. Teneur en matière grasse.....	26
7. Teneur en extrait sec.....	27
Analyse microbiologiques.....	27
I. Analyse sensorielle.....	29
1.1. Teste du plan d'expériences.....	30
1.2. Caractérisation du produit.....	30
1.3. Pouvoir discriminant par descripteur.....	31

1.4. Coefficients des modèles.....	32
1.5. Cartographie des préférences (Préférence MAPING)	32
Conclusion.....	36
Références	
Annexes	

Introduction

Le lait est un aliment nutritif précieux qui a une durée de vie courte et qui doit être manipulé avec soin. Le lait est très périssable, car il est un excellent milieu de croissance pour les micro-organismes - en particulier les bactéries pathogènes - qui peuvent altérer le produit et causer des maladies chez les consommateurs. La transformation du lait permet de conserver ce produit pendant plusieurs jours, semaines ou mois et de réduire l'incidence des maladies d'origine alimentaire (FAO, 2019).

Le fromage ricotta, un fromage italien traditionnel à base de protéines de lactosérum, est largement consommé dans le monde entier. Il est apprécié pour son goût, ses avantages nutritionnels ainsi que pour ses valeurs thérapeutiques qui peuvent encore être renforcées par l'ajout d'ingrédients bénéfiques pour la santé, tels que les plantes aromatiques. (Alenisan *et al.*, 2017)

Les plantes sont des sources potentielles d'antioxydants naturels qui sont progressivement appliquées dans les produits laitiers pour produire des aliments fonctionnels présentant des propriétés nutritionnelles et thérapeutiques élevées. La consommation de fromage avec enrichis de ces ingrédients peut être bénéfique à la santé humaine afin de prévenir certaines maladies (Ceylan et Fung, 2004).

Parmi ces plantes, les herbes (romarin, basilic, thym, sauge, origan) et les légumes (ail, oignon, poivron, piment, tomates séchées) sont les plantes aromatiques les plus intéressantes et les plus prometteuses de par leurs arômes, leurs effets antimicrobiens et leurs propriétés fonctionnelles antioxydantes (Embuscado, 2015; Pisoschi *et al.*, 2018). L'addition de plusieurs herbes a été testée dans différents fromages non seulement pour leurs effets antioxydants et antimicrobiens, mais également pour attirer l'attention du consommateur et pour stimuler les ventes de ces fromages, ce qui a permis d'améliorer sa commercialisation et son stockage (Hayaloglu & Farkye, 2011). Pour ces raisons, plusieurs essais de production de fromage à base de plantes aromatiques (feuilles, extraits, huiles essentielles) ont été entrepris pour accroître leur fonctionnalité et leur capacité antioxydante (Hala *et al.*, 2010; Olmedo *et al.*, 2013; Khorshidian *et al.*, 2018). De nombreuses études ont été publiées et axées sur l'utilisation d'extraits de plantes aromatiques pour prolonger la durée de conservation des aliments grâce à leurs activités antioxydantes et antimicrobiennes (Mahgoub *et al.*, 2013; Bor *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2016). Cependant, la plupart des rapports publiés

Introduction

ont montré que les plantes aromatiques à forte concentration pouvaient avoir des effets organoleptiques négatifs et que, par conséquent, leur utilisation dans les produits laitiers était limitée (*Hsieh et al., 2001; Asensio et al., 2013*). Par exemple, Asensio et al. (2014) ont conclu que l'ajout d'huile essentielle d'origan au fromage ricotta améliore les paramètres de qualité mais affecte ses attributs sensoriels.

Le thym (*Tymus vulgaris*), Le romarin (*Rosmarinus ofcinalis*), le basilic (*Ocimum basilicum*) et l'ail (*Allium sativum*) sont des plantes aromatiques communément utilisées dans les produits laitiers pour améliorer leurs propriétés sensorielles et prolonger leur durée de conservation en raison de leur activité antimicrobienne et antioxydante (*Oraon et al., 2017; Kaptan et Sivri, 2018*). Les investigations sur leurs composés bioactifs et leurs effets thérapeutiques ont été bien documentées (*Nieto et al., 2018*).

Par conséquent, les objectifs de cette étude sont :

- (1) L'étude phytochimique de la matrice végétale « *Thymus vulgaris* »
- (2) L'amélioration de la valeur fonctionnelle du fromage ricotta avec l'utilisation de 0,5% ou 1% de thym.
- (3) la détermination des caractéristiques sensorielles du fromage enrichi afin de déterminer le produit le plus apprécié.

1. Historique :

Le mot "Fromage" dérive du latin « formaticum » qui veut dire « ce qui est fait dans une forme ». Au Moyen-âge (1200-1500 après J-C), le mot utilisé étant fromgi, fromton qui veut dire la variation ou le fromage (**Dulor, 2002**).

Les premiers fromages auraient été inventés par hasard par des nomades du Moyen-Orient ou d'Asie Centrale en utilisant des peaux et des organes internes d'animaux pour transporter le lait. La présence de présure, enzyme naturelle entraînant la coagulation du lait, dans les « estomacs-récipients » aurait été à l'origine de la transformation du lait en caillé et aurait donné naissance au fromage blanc. Les Grecs ont employé des plantes qui font cailler le lait (gaillet, chardon,...) et plus tard, les Romains ont développé l'usage de la présure (**Dulor, 2002**).

2. Définition

2.1. Fromage

Le fromage, selon la norme *Codex STAN 283-1978*, est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra dure qui peut être enrobé est dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséines ne dépasse pas celui du lait, et qui est obtenu :

Par coagulation (totale ou partielle) des matières premières suivantes : lait, lait écrémé, lait partiellement écrémé, crème, crème de lactosérum ou babeurre, sous l'action de la présure ou d'un autre coagulant approprié, et par égouttage partiel du lactosérum issu de cette coagulation, ou par des techniques de transformation comprenant la coagulation du lait et/ou des matières issues du lait, qui donnent un produit fini possédant les mêmes propriétés physiques, chimiques et organoleptiques que le produit répertorié dans la classification des fromages.

Les produits laitiers frais regroupent une grande variété de produits qui se distinguent par leurs procédés de fabrication, leurs présentations et leurs qualités organoleptiques comme la texture ou la flaveur. Ils sont fabriqués principalement à base de lait de vache et il diffère de la source de la race de l'animal de la matière première (**Aïso et al., 2016**).

2.2. Fromage frais

Les fromages frais sont des fromages qui résultent d'une coagulation lente du lait par action de l'acidification combinée ou non de celle d'une faible quantité de présure, ils sont fabriqués à partir de laits ou de crème propres à la consommation humaine. Les fromages frais présentent une grande diversité selon le degré d'égouttage du coagulum et la teneur en matière grasse du lait mis en œuvre.

Les différents fromages à pâte fraîche sont caractérisés par

- Un caillé non pressé et une teneur élevée en eau,
- Une durée de conservation courte,
- Des produits à consommer sans période de maturation (**Eck et Gillis, 2006 ; Luquet et al., 2005**)

3.1. Technologie des fromages frais

La fabrication du fromage est un procédé qui nécessite la maîtrise de chaque étape pour avoir un produit fini conforme qui répond à l'attente du consommateur.

Selon **Brule et al. (1997)**, le fromage frais artisanal est fabriqué à partir du lait de vache. La transformation du lait en fromage comporte plusieurs étapes principales (**figure1**).

Selon les paramètres technologiques mis en œuvre au niveau de ces quatre étapes on peut obtenir une très grande variété de fromages **Brule, et al (1997)**.

3.1.1. Coagulation :

La fabrication du fromage nécessite une phase de coagulation du lait, qui permet l'expulsion d'une grande partie d'eau et de matières solubles. La coagulation correspond à une modification physico-chimique des micelles de caséine sous l'action d'enzymes protéolytique et /ou d'acide lactique. Celles-ci entraînent la formation d'un réseau protéique tridimensionnel appelé coagulum ou gel. Les mécanismes proposés dans la formation du coagulum diffèrent totalement suivant que ces modifications sont induites par acidification ou par action d'enzyme coagulantes ou encore par l'action combinée des deux (**Eck et Gillis, 2006**).

3.1.2. L'égouttage :

Cette étape désigne la séparation du lactosérum, après rupture mécanique du coagulum, par moulage et, dans certains cas, pression. Il conduit à l'obtention du caillé (**Eck et Gillis, 2006**).

Des procédés tels que la centrifugation et l'ultrafiltration du caillé permettent d'accélérer notamment l'égouttage, en comparaison des procédés traditionnels (égouttage en faisselle, en sac ou en filtre berge) **Gelais et al. (2002)**.

3.1.3. Moulage :

Le moulage et le retournement permettent de donner la forme au fromage et de poursuivre l'élimination du lactosérum **Vignola. (2002)**.

3.1.4. Conditionnement et conservation :

Dans le cas des pâtes fraîches, il est nécessaire de disposer d'un emballage assez rigide, résistant à l'humide et imperméable à la vapeur d'eau et aux gaz. Un emballage transparent est recommandé pour permettre au consommateur de juger la qualité du produit (Anonyme, 2005).

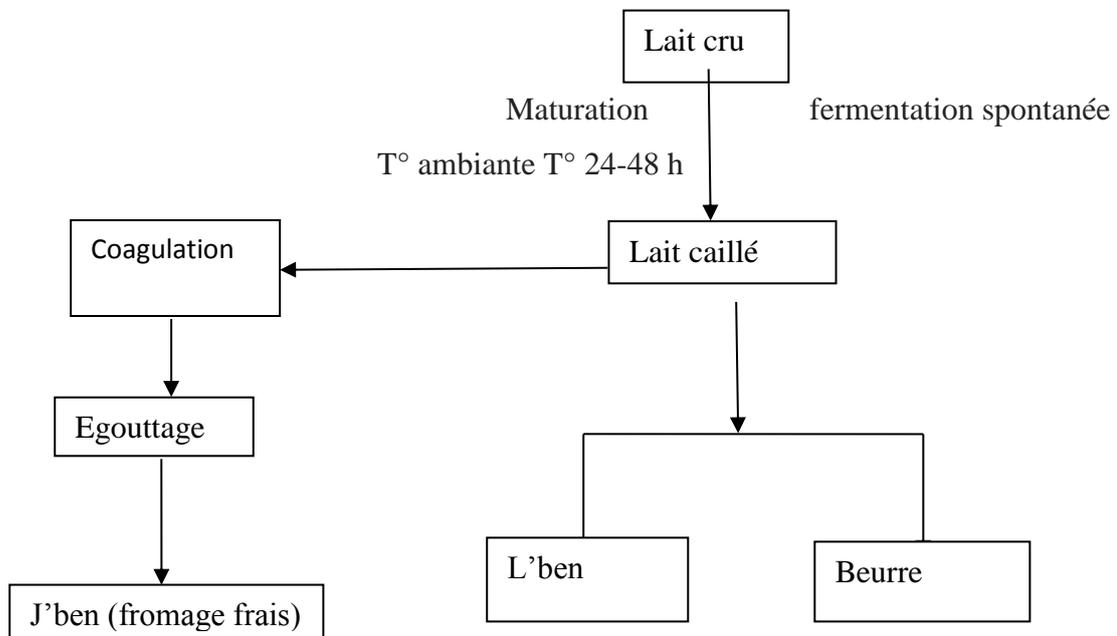


Figure1 : schéma de la fabrication de produit laitiers traditionnels (Benkerroum et tamime, 2004)

3.2. Types de fromage frais

Les fromages frais présentent une grande diversité selon le degré d'égouttage du coagulum, la teneur en matière grasse du lait mise en œuvre et les caractéristiques organoleptiques. Les diverses technologies employées permettent de distinguer les catégories des fromages suivantes (Ait abdelouahab, 2008).

▪ Les fromages blancs moulés

Le caillé garde son individualité à l'état de blocs ou de grains. Ces fromages sont généralement moulés à la louche tel que le fromage de type faisselle ou compagne.

▪ Les fromages blancs frais à structure homogène

Les fromages blancs frais à structure homogène comportent :

Les fromages à extrait sec faible et texture onctueuse comme les fromages blancs battus ou lissés.

Les fromages à extrait sec plus élevé et texture tartinable comme les petits suisses et les « demi-sel » (souvent aromatisés : ail, fines herbes, poivre...etc.).

3.3. Composition des fromages frais

Les fromages frais sont riches en éléments minéraux (Calcium, sodium) protéines et contiennent aussi de la vitamine A. (**tableau 1**)

Tableau 1 : composition moyenne d'un fromage frais pour 100g de produits frais (**Eck et Gillis, 2006**)

Composition	Fromage frais
Eau	80 g
Protéine	8 ,5g
Glucide	4 g
Lipide	7,5g
Sodium	40(mg)
Calcium	100mg
Vitamine A	100 UI

3.4. Qualité nutritionnelle

Les fromages frais présentent des qualités nutritionnelles importantes, ils constituent une forme de conservation des protéines, de la matière grasse ainsi que d'une partie du calcium et du phosphore (**Tableau 1**) **Mahaut et al. (2000)**. Ces différentes composantes qualitatives peuvent être appréhendées et évaluées par des méthodes biologiques (analyse microbiologique), physicochimiques (texture, composition) et par des méthodes sensorielles (saveur-arôme) **Awad et al. (2007)**.

Autre la qualité nutritionnelle les fromages possèdent également des qualités organoleptiques conditionnent l'appétence et le plaisir que procure la consommation du produit, elles intègrent la couleur, la texture, l'odeur, la saveur et l'arôme.

II. *Thymus vulgaris* L

1. Généralités

Le nom *Thymus* dérive du mot grec « thymos » qui signifie parfumer grâce à l'odeur agréable que dégage la plante (**Pariente, 2001**).

Le genre *Thymus* est un des 220 genres de plantes les plus diversifiés de la famille des labiées, avec pour centre de diversité la partie occidentale du bassin méditerranéen (**Morales, 2002**). Il existe une variation de la production des composés secondaires chez certaines espèces végétales que l'on appelle polymorphisme chimique. Cette variation peut être quantitative ou qualitative. Un grand nombre d'espèces possèdent des individus dont les composés secondaires varient quantitativement d'un individu à un autre. Par contre, les exemples de variation qualitative, c'est-à-dire l'existence de chémotypes au sens strict dont les individus peuvent porter des molécules de nature chimique différentes les uns des autres, sont moins fréquents. C'est notamment le cas de *Thymus vulgaris* qui exprime six formes de chémotypes différents, (**Amiot, 2005**).

2. Répartition géographique

2.1. Dans le monde

Le thym est réparti entre l'Europe, l'Asie de l'ouest et la méditerranée (**Mabberley, 1997**). Il est très répandu dans le nord-ouest africain (Maroc, Tunisie, Algérie et Libye), les montagnes d'Ethiopie et d'Arabie du sud-ouest en passant par la péninsule du Sinaï en Egypte. Il se trouve également en région Micronésienne (îles Canaries, Mader les Açores) et en Himalaya. Il peut même atteindre les limites de la région tropicale et du Japon. Dans le nord, il pousse en Sibérie, en Europe nordique jusqu'aux bords du Groenland (**Morales, 1997**).

Le thym est actuellement très cultivé au Portugal, France, Allemagne, Espagne, Italie, Algérie, Maroc, Tunisie, Egypte, Turquie, Chine, Russie, Angleterre et les Etats-Unis d'Amérique (**Wilson, 2002**)

2.2. En Algérie

Le thym est représenté par plus de 300 espèces à travers le monde dont 12 sont localisées en Algérie et 9 d'entre elles sont endémiques (**Quezel et Santa, 1962**). Ces espèces sont réparties le long du territoire national, du Nord algérois à l'Atlas saharien, et du constantinois à l'oranais **Kabouche et al. (2005)** .

3. Systématique et nomenclature

Taxonomique du *Thymus vulgaris* est représentée dans le **tableau 2**

Tableau 2 : Taxonomique de *Thymus vulgaris* (Eqbal et Aminah(2017)).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Embranchement	Magnoliophyta
Sous-embranchement	Magnoliophytina
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	Thymus
Espèce	<i>Thymus vulgaris L</i>

4. Composition chimique du thym

De nombreuses études ont révèlent que les parties aériennes de *Thymus vulgaris* sont très riches en plusieurs constituants dont la teneur varie selon les conditions géographiques, climatiques, de séchage, de stockage et méthodes d'analyses (extraction et dosage) (**Balladin et Headley, 1999**)

L'infusion de *thymus vulgaris* est riche en polyphénols, flavonoïdes, catéchine, et anthocyanine (**tableau 3**) **Kulišić et al. (2006)**.

Tableau 3 : Teneur en polyphénols (en µg EAG/mg d'extrait) dans l'infusion aqueuse du *Thymus vulgaris* **Kulišić et al. (2006)**

Plante	Phénols totaux	Flavonoïdes	Non- flavonoïdes	Catéchines	Anthocyanines
<i>Thymus vulgaris</i>	33.3	25.0	8.3	1.2	6.7

5. Valeur nutritionnelle

Les effets bénéfiques du Thym sont attribués à ses composés bioactifs (**tableau 3**). Cette herbe aromatique est chargée de phytonutriments, de minéraux et de vitamines essentielles (vitales) pour la santé (**Dauqan,2017**).

6. Usage

Thymus vulgaris est une des plantes aromatiques populaires très utilisée dans le monde entier. Ses applications sont très vastes et touchent particulièrement le domaine alimentaire et celui de la médecine traditionnelle (*Adwanet al., 2006*).

Le thym est consommé en tisane, condiment ou épice (**Stahl-Biskup et Sàez, 2002**). En raison de ses nombreuses propriétés ethno médicinales, il est utilisé comme stimulant, antiseptique, sédatif, stomachique, antitussive, antispasmodique, antimicrobien, antioxydant, anti-inflammatoire, antiviral, carminatif, expectorant, diaphorétique et diurétique (**Johnson, 1998 ; Razzaghi-Abyaneh et Rai, 2013**).

En usage interne les parties aériennes sont utilisées en décoction ou en infusion dans le traitement de la dyspepsie et autres troubles gastro-intestinaux, également dans le traitement de la toux, les irritations de l'appareil respiratoire et des rhumes mais aussi, des infections des voies urinaires. En usage externe, elles traitent les affections liées à l'inflammation telles que les rhumatismes, les gonflements musculaires, les piqûres d'insectes et les douleurs (**Hashim et Gamil, 1988**). Elles peuvent s'employer en gargarismes, inhalations, bains de bouche et comme additif de bain pour stimuler la circulation sanguine. (*Namsaet al, 2009*).

Le thym et l'huile de thym sont utilisés comme antiseptique, désinfectant. Le thym est souvent utilisé pour traitement des vers chez les enfants et des infections des tubes cartilagineux, bronchiques et urinaires. Il peut aussi améliorer le fonctionnement du foie et agit comme un stimulant de l'appétit. (**Dauqan EMA, Abdullah A. 2017**).

I.1. Matériel végétal

La plante qui a fait l'objet de notre travail est le thym (*Thymus vulgaris*).

La plante *Thymus vulgaris* a été achetée dans un commerce de la wilaya de Bejaia, étalée sur un papier aluminium, puis séchée durant quelques jours.



Figure 2 : Photographie des feuilles de thym Séchées

1.1. Broyage et tamisage

La plante *Thymus vulgaris* a été nettoyée, découpée et broyée avec un broyeur électrique, puis tamisée avec un tamiseur de 125 μ m la poudre été conservées dans des boites en verre ambrés à l'abri de la lumière (pour d'éventuelles utilisations).



Figure 3 : photographie représentative de la poudre de thym (A) nettoyage, (B) Broyage et tamisage

1.2. Humidité

Des boîtes de Pétrie contenant 1g des feuilles de *Thymus vulgaris* ont été placées dans une étuve ventilée à 105°C jusqu'à ce que le poids des boîtes soit stable **Lako et al, (2007)**.

$$H\% = \frac{(P0 - p1)}{p} \times 100$$

Soit

H% : Humidité.

P0 : Masse de la boîte de Pétrie + échantillon avant chauffage (g).

P1 : Masse de la boîte de Pétrie + échantillon après chauffage (g).

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

La teneur en matière sèche est calculée selon la relation suivante :

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

2. Analyses photochimiques

2.1. Extraction d'antioxydants

L'extraction des antioxydants à partir des feuilles de thym a été réalisée selon la méthode décrite par **Brahmi et al. (2012) et Romani et al. (2006)**, qui consiste à faire macérer 20 g de poudre de *Thymus vulgaris* dans 400 ml d'éthanol 50% et 70% et maintenu sous agitation magnétique pendant 24 heures à température ambiante et à l'abri de la lumière.

L'agitation des particules dans le solvant permet de les maintenir en suspension et d'assurer l'homogénéité de la solution. Après 24 heures de macération, le mélange a été filtré à l'aide d'un papier filtre papier Wattman. Les solutions éthanoliques filtrées ont été séchées à l'étuve 44°C. Les résidus secs pesés ont été repris dans 10 ml de méthanol, les extraits ont été ensuite récupérés dans des flacons et conservés à 4 °C jusqu'à leur utilisation.

2.2. Dosages des antioxydants

2.2.1. Polyphénols totaux

Le dosage des composés phénoliques a été réalisé selon le protocole décrit par **Li et al. (2006)**. Un volume de 2,5 ml du réactif de folin-ciocalteu (dilué à 1/10) a été ajouté 50 µL de l'extrait de thym. Après 2 minutes un volume de 2,5 ml carbonate de sodium (7,5%) ont été ajoutés suivit de 15 minutes d'incubation à l'obscurité. Les absorbances ont été mesurées par

à 760 nm et les résultats sont exprimés en équivalent acide gallique par grammes de poudre, (mg EAG/g poudre) par rapport à une courbe d'étalonnage (**annexe I**).

2.2.2. Flavonoïde

Le dosage des flavonoïdes a été effectué selon la méthode basée sur le chlorure d'aluminium rapportée par **Quettier-Deleu et al. (2000)**. Un volume de 1ml d'extrait a été mesurée à 430 nm après 15 minutes d'incubation à l'obscurité.

Les résultats sont exprimés en mg quercétine /g de poudre (mg EQ/g poudre) par rapport à une courbe d'étalonnage (**annexe I**).

2.2.3. Caroténoïde

Les caroténoïdes sont extraits selon le protocole décrit par **Sass-Kiss et al , (2005)**. Une quantité de 1 g de poudre de thym a été ajoutée à 10 ml d'un mélange d'hexane : acétone : éthanol (2 : 1 : 1) (v/v), suivit d'une agitation pendant 15 minutes puis centrifugation. La phase supérieure a été récupérée et l'absorbance a été mesurée à 420nm.

Les teneurs caroténoïdes sont déterminées à partir d'une courbe d'étalonnage réalisée avec la β -carotène. Les concentrations sont exprimés en mg équivalent de β -carotène /100 g de poudre, (mg E β C/100g poudre), (**annexe I**).

2.3. Evaluation de l'activité antioxydants par le test de DPPH

La détermination de l'activité antioxydant par le radical DPPH^{*} a été effectué selon la méthode de **Tamegart et al. (2019)**. Un volume de 100 μ l d'extrait a été ajouté à 2,9 ml de la solution de DPPH, L'absorbance a été lue à 517 nm après incubation à l'obscurité pendant 30min. Les résultats obtenus sont comparés à par rapport à une solution antioxydant standard (**annexe I**).

L'activité antiradicalaire (AA) est estimée en pourcentage d'inhibition du radical DPPH selon la formule suivante :

$$Dpph (\%) = \frac{Abs\ contr\hat{o}le - Abs\ \acute{e}chantillon}{Abs\ contr\hat{o}le} \times 100$$

Où Abs contrôle et Abs échantillon sont les absorbances du contrôle et de l'échantillon respectivement.

II. fromage frais

1. Fabrication de fromage frais :

La préparation des fromages a été réalisée à l'échelle du laboratoire de technologie alimentaire (bloc 12) de l'université de Bejaia, en respectant le diagramme de fabrication d'un fromage standard **figure 4**. Le fromage préparé a été récupéré directement après égouttage dans des bocaux stériles.



Figure 4 : photo représentative de fromage frais

2. Enrichissement du fromage :

Les échantillons de fromage servis pour notre étude ont été aseptiquement préparés ainsi : Fromage B et fromages C sont les fromages enrichis par 0,5% et 1% de poudre de thym. Le suivi des paramètres physicochimiques et microbiologiques a été effectué après 1 jour de conservation au réfrigérateur (6°C). Notre démarche expérimentale est résumée à travers le diagramme illustré dans la **figure 5**

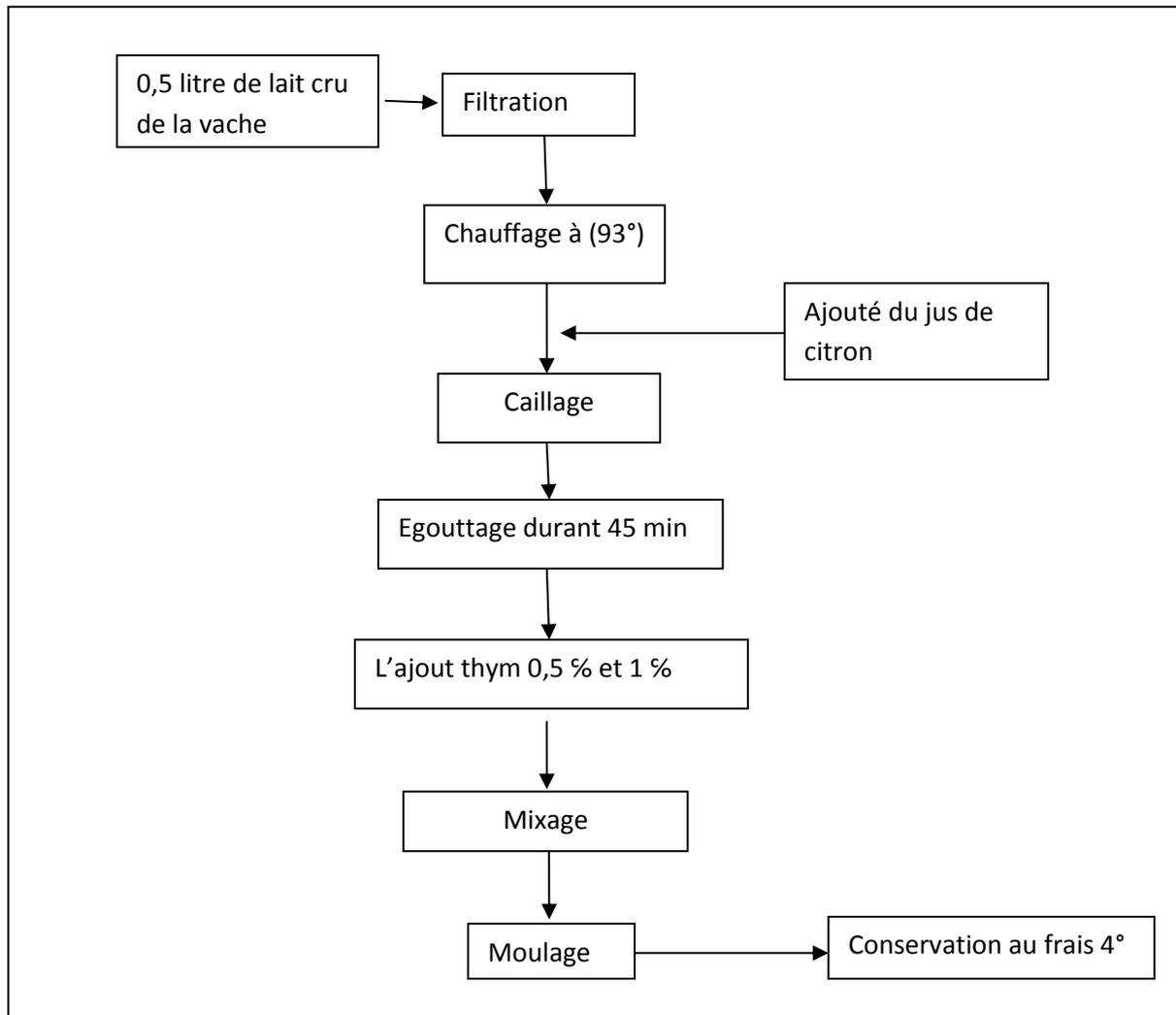


Figure 5 : Diagramme de fabrication d'un fromage frais aromatisé à base de *Thymus vulgaris*

3. Analyse physico-chimique du fromage préparé

3.1. Détermination de l'humidité du fromage frais et enrichi

L'humidité est déduite à partir de l'extrait sec, elle est égale à

$$\text{Extrait sec total} + \text{l'humidité} = 100$$

$$\text{L'humidité} = 100 - \text{l'extrait sec total}$$

3.2. Détermination du pH

La mesure du pH a été réalisée à l'aide d'un pH-mètre et la valeur du pH est directement affichée sur l'écran de l'appareil (AFNOR, 1980).

3.3. Acidité titrable

Quelques gouttes de phénolphthaléine sont ajoutées à 10ml de lait, puis titrer avec une solution de NaOH (0,1N) jusqu'à l'apparition d'une couleur rose. Pour le fromage, une dilution est d'abord effectuée en ajoutant 10 ml d'eau distillée à 1g de fromage (Shori et Baba, 2013). L'acidité titrable (TTA%) est calculée selon la formule suivante :

$$TTA (\%) = V_{NaOH} \times 0.1 \times 100 \times 0,009 \times 10$$

Tels que

V_{NaOH} : Volume de NaOH utilisé pour la titration (ml). 0.1 : Normalité de NaOH (N).

10 : Facteur de dilution (10-1) dans le cas du fromage.

100 : Pourcentage.

0,009: Coefficient correspondant à l'acide lactique.

3.4. Teneur en matière grasse.

Un volume d'acide sulfurique (70%) et 3 g de fromage ont été introduits dans un butyromètre. Ce dernier est porté au bain marie jusqu'à la dissolution du produit et l'apparition de la matière grasse. Ensuite, 1mL d'alcool iso amylique a été ajouté et le tout est centrifugé à 1000 tr pendant 10 min (NF V04-287).

La lecture se fait directement sur les graduations du butyromètre et la teneur en matière grasse est exprimée en % ou en g/100g.

3.5. Teneur en matière sèche

Une quantité de 3 g de fromage a été répartie uniformément à la surface d'un creusé et a été séchée dans une étuve à 103° jusqu'à stabilisation du poids (M3). (NF V 04-282). La matière sèche est déterminée selon la formule ci-dessous.

$$MS = \frac{M2 - M0}{M1} \times 100$$

Où :

M0 est la masse gramme, de la capsule avec la baguette et le couvercle ;

M1 est la masse en gramme, de la capsule, la baguette, le couvercle et la prise d'essai.

M2 est la masse de la capsule, la baguette et le fromage après dessiccation.

3.6. Extrait sec dégraissé

L'extrait sec dégraissé en pour cent est déduit à partir du taux de l'extrait sec total, il est égal à

$$\text{ESD} = \text{Extrait sec total} - \text{matière grasse}$$

4. Analyse microbiologique

Les analyses microbiologiques nous permettent de vérifier l'innocuité des matières utilisées et celle du produit fini. Un contrôle continu est effectué lors du processus de fabrication (J. O. R. A ,2004, J. O. R. A 2005)

4.1. Préparation des dilutions

4.1.1 Dilutions mères

Une quantité de 10 g de l'échantillon (fromage) solide à analyser a été introduit dans un falcon qui a été ensuite rempli d'eau physiologie (90 ml), suivi d'une bonne agitation.

4.1.2. Dilutions décimales :

Pour obtenir la dilution 10^{-2} , prélever 1 ml de la solution mère et l'introduire dans un tube contenant 9 ml de l'eau physiologique stérile en respectant l'asepsie puis suivie d'une agitation.

4.2. Recherche d'*Escherichia coli* :

La recherche d'E. Coli a été réalisée à l'aide de la gélose EMB avec un ensemencement en surface suivit d'une incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures.

4.3. Recherche des *Staphylococcus aureus* :

La recherche *Staphylococcus aureus* a été réalisée à l'aide de la gélose Baird Parker avec un ensemencement en surface suivit d'une incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Le résultat positif se traduit par l'apparition de colonies noir brillant, convexes et entourées d'un anneau clair

4.4. Recherche des *Salmonelles*

La détermination de la présence ou de l'absence de ces micro-organismes dans une masse ou un volume déterminé de produit, lorsque l'essai est exécuté selon la méthode réglementaire (J.O.R.A, 2005).

Recherche et dénombrement des salmonelles La recherche des Salmonelles se fait en 3étapes :

Pré-enrichissement : 25g du fromage dans 225ml d'eau péptonée suivi d'une incubation à 37°C/24h.

Enrichissement :ensemencer 10 ml de la solution de pré- enrichissement dans 100ml de bouillon sélénite-cystéine (SFB) et incubés à 37°C/48h.

Isolement : ensemencement en stries sur gélose SS (salmonella, shigella) et incuber à 37°C/48h.

Les salmonelles apparaissent sous forme de colonies de taille moyennes, lisses, colorées en vert avec un centre noire

5. Dosage d'antioxydants à partir du fromage

5.1. Préparation d'extrait de fromage

Une prise de 20 g de fromage a été mélangée avec 100ml d'éthanol 50% suivit d'une agitation pendant 2 heures et d'une centrifugés à 3500tr/ min pendant 15min, Le surnageant a été récupéré et filtrer sur papier filtre. L'extrait filtré a été récupéré et séché à l'étuve à 44°. Le résidu sec pesé a été repris par 10 ml de méthanol et conservé à 4 °C jusqu'à utilisation.

5.2. Dosages des antioxydants

Le dosage des antioxydants (flavonoïdes et composes phénolique) à partir du fromage frais et fromage enrichi a été réalisé selon les mêmes protocoles utilisés dans la partie concernant la plante (*Thymus vulgaris*)

5.3. Evaluation de l'activité antioxydants par le test de DPPH

L'Evaluation de l'activité antioxydante des extraits des fromages préparés a été réalisée suivant le même protocole utilisé pour l'évaluation de l'activité antioxydante des extraits du thym (*Thymus vulgaris*).

6. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle est la science développée pour permettre la mesure des propriétés sensorielles des aliments. Cette mesure est réalisée par un panel de sujets experts sensoriels, préalablement sélectionnés et entraînés, qui vont évaluer les produits de façon objective et répétable (BAUERet al, 2010).

L'évaluation sensorielle des 3 fromages frais fabriqués a été réalisée au niveau du laboratoire d'analyse sensorielles de l'Université de Bejaia, par 8 jury expert.

Les sujets sont invités à se manifester sur les caractéristiques : couleur, odeur, gout, arôme et la texture des différents fromages. Ces sujets sont également invités a exprimé leurs préférences comme illustré dans le questionnaire

V. Analyses statistiques

La moyenne et l'écart type ont été calculés par Microsoft Excel. Les résultats des analyses phytochimiques et le test de DPPH pour les deux extraits ont été comparés par une analyse de la variance (ANOVA) effectuée avec le logiciel Statistica 5.5 et les valeurs. Pour l'analyse sensorielle c'est XL-stat qui a été utilisé.

VI. Etude phytochimique

1. Evaluation des composés phénoliques

Les résultats de dosage des composés phénoliques à partir des extraits de thym sont représentés dans la **figure 6**.

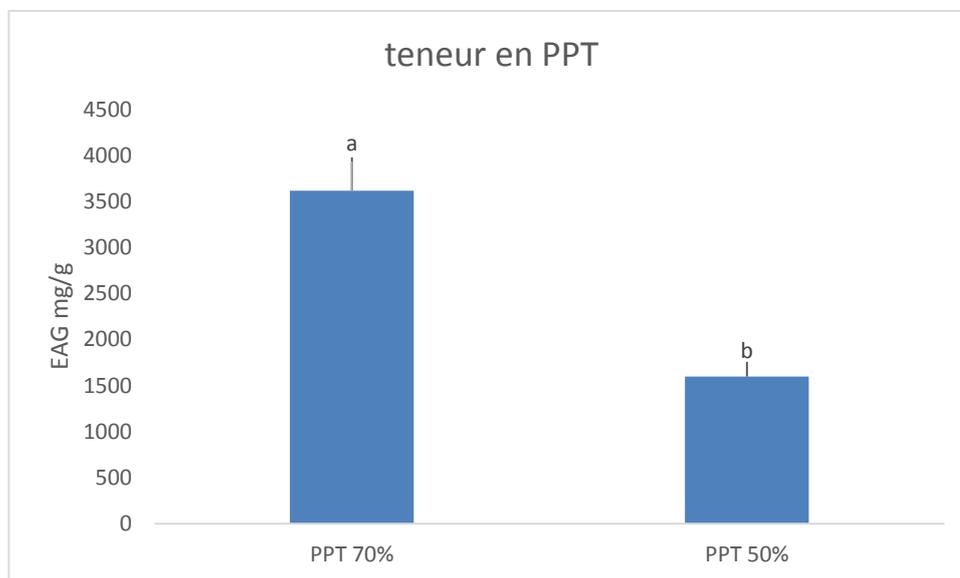


Figure 6 : Teneurs en polyphénols totaux des extraits de feuilles de *thymus vulgaris* (PT : Polyphénols Totaux, EAG : Equivalent Acide Gallique, MS : Matière Sèche).

Les teneurs en composés phénoliques des extraits de feuilles du *Thymus vulgaris* sont significativement différentes entre l'éthanol 70% et 50% ($36,17 \pm 6,94$ mg EAG/g MS et $15,99 \pm 4,98$ mg EAG/g MS respectivement). L'éthanol 70% a permis une meilleure extraction en CPT.

Les résultats enregistrés sont inférieurs à ceux trouvés par **Ryszard et al. (2008)** dans les feuilles de *Thymus vulgaris* extrait avec du méthanol 80% ($63,30 \pm 190$ mg/g MS) et par contre notre extrait éthanolique à 70% a révélé une teneur plus élevée de CPT que ceux rapportés par **Djeridane et al. (2006)**, **Wisam et al. (2018)** et de **Zeghad (2018)** (20 mg GAE/g MS 20.31 mg EAG/g MS et 8.56 8.56 mg EAG/g MS respectivement).

Les facteurs physiques et chimiques influencent sur les méthodes d'extraction solide-liquide, notamment le solvant, la température et la durée d'extraction (**Perez et al., 2007** ; **Goli et al., 2005**).

La quantité des composés phénoliques des plantes dépend également : de leur origine, de la variété, de la saison de récolte, des conditions climatiques et environnementales, la localisation géographique, des différentes maladies qui peuvent affecter la plante, de la maturité

de la plante et de la durée de conservation (İzğüven et al., (1998) ; Djeridane et al.(2006; Zeghad, 2018).

2. Evaluation des Flavonoïdes

Les teneurs en flavonoïdes des extraits des feuilles de *Thymus vulgaris* sont significativement différentes, avec une teneur plus importante obtenue avec éthanol 70% 3.70 ± 0.12 mg EQ/g MS et 1.96 ± 0.05 mg EQ/g MS pour l'éthanol 50% (**figure 7**).

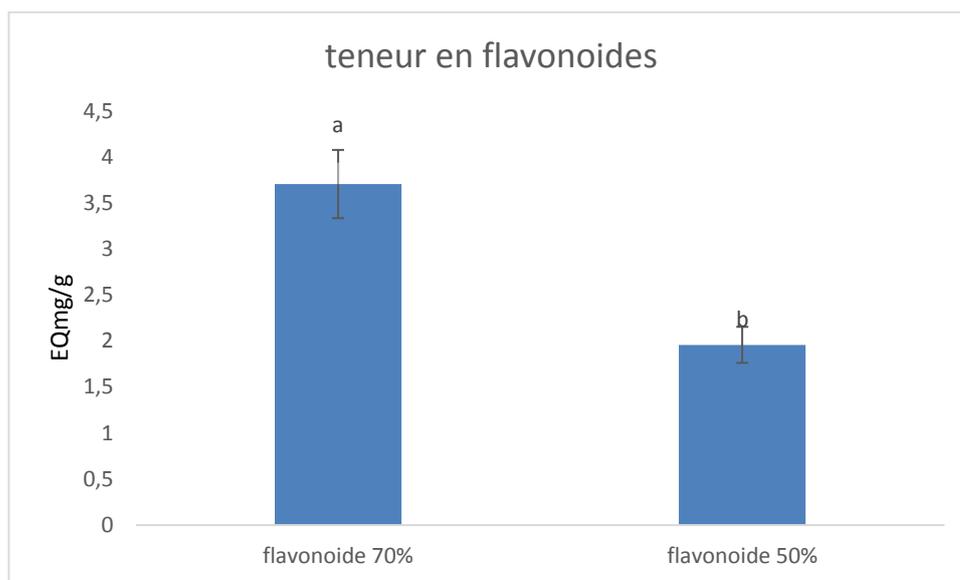


Figure 7 : Teneurs en flavonoïdes dans les feuilles de *Thymus vulgaris* (flav : flavonoïdes, EQ : Equivalent Quercitine, MS :Matière Sèche)

Notre deux extraits éthanoliques (50% et 70%) montrent des taux de flavonoïdes supérieurs à celui rapporté par Taghipour et al. (2017) (0.53 mg EQ/g MS).

Selon Lapronik et al. (2005) la solubilité des flavonoïdes dépend du nombre, du type et de la position de la liaison des glucides avec les flavonoïdes présents dans la plante.

Les conditions d'extraction, la variété, l'origine des échantillons ainsi que la méthode de conservation des plantes peuvent affecter les teneurs en phénols et en flavonoides Rawel et al. (2005).

2. Evaluation de l'activité antiradicalaire (DPPH°)

Le test au DPPH° est un test très utilisé pour évaluer l'activité antioxydante dans les systèmes biologiques (Molyneux, 2004).

Les résultats de l'évaluation de l'activité antioxydante des extraits de feuilles de *Thymus vulgaris* sont représentés sur la **figure 8**.

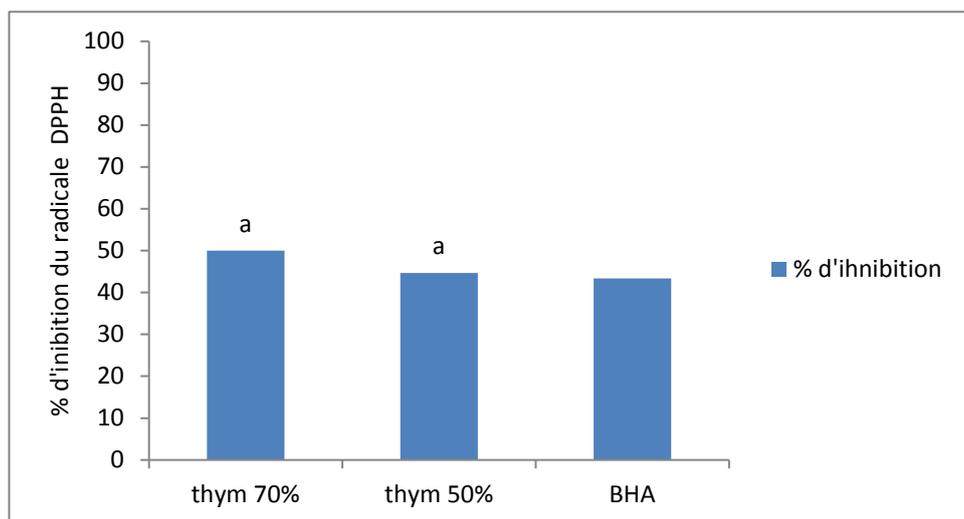


Figure 8 : Evaluation d'activité antioxydants des feuilles du *Thymus vulgaris*

L'efficacité d'un antioxydant peut être définie comme sa capacité à fixer des radicaux libres, donc à arrêter la propagation de la réaction en chaîne. Afin d'évaluer cette efficacité, la méthode au diphényl-picrylhydrazyl a été utilisée. Le degré de décoloration indique le potentiel piègeur des antioxydants présents dans les extraits (Molyneux, 2004).

D'après les résultats enregistrés aucune différence significative n'a été notée entre les extraits (éthanol 70% et éthanol 50%) et la standard (BHA) avec des taux d'activité 49,99%, 44,67% et 43,38% respectivement. Des taux d'inhibition de DPPH comparables ont été rapportés par Amamra et al. (2018). L'inhibition des extraits dépend de la nature des molécules phytochimiques présentes dans l'échantillon. Cette activité anti-radicalaire est causée par la capacité des extraits à chélater les radicaux libres Wu et al. (2009).

4. Dosage des caroténoïdes

Le résultat du dosage des caroténoïdes à partir de la poudre de *Thymus vulgaris* a montré une teneur de 0,356 μg Eq β - carotène /100 g MS (Figure 9). El Qudah, (2014) a enregistré une teneur plus élevée (0,367 μg Eq β - carotène /g MS) à partir de la même plante.

Plusieurs facteurs peuvent justifier cette différence, notamment : les conditions d'extraction, la variété, l'origine des échantillons ainsi que la méthode de conservation des plantes.

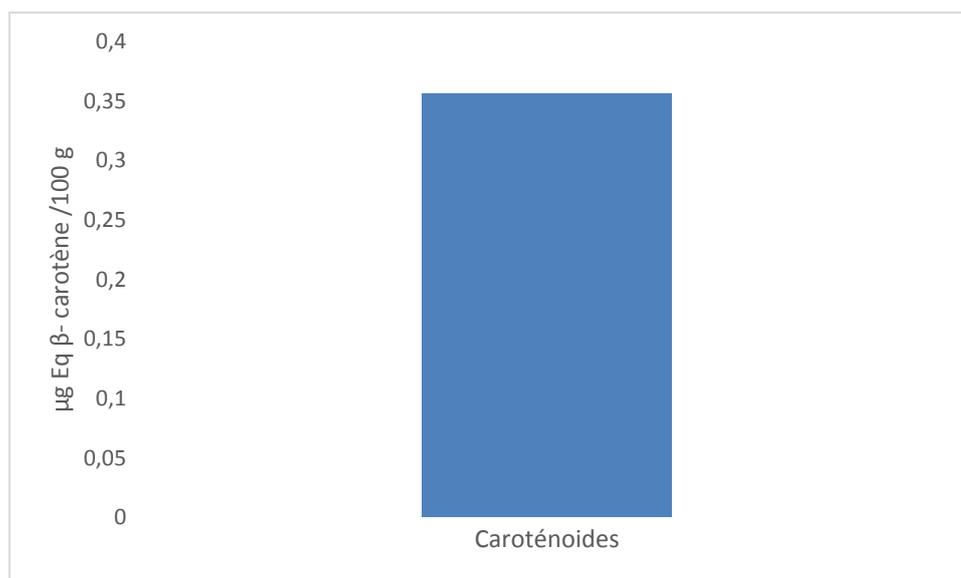


Figure 9 : Teneurs en caroténoïde dans les feuilles de *Thymus vulgaris*, Equivalent µg Eq β-carotène /100 g MS.

Dans deux rapports, la teneur en β-carotène du thym en comparaison avec d'autres fruits et légumes, celui du poivron vert, du céleri ou de la banane, semblable à celui de l'ail et de la tomate, mais était inférieur à celui du poireau, des épinards ou du persil (Murkovic *et al.*, 2000 ; Yoon *et al.*, 2012).

I. Propriétés physico-chimiques

1. Teneur en composés phénoliques du fromage Témoin et Enrichi (0,5%)

Les résultats du dosage des composés phénoliques à partir des extraits des fromages élaborés (Témoin, Enrichi) sont représentés sur la **figure 10**

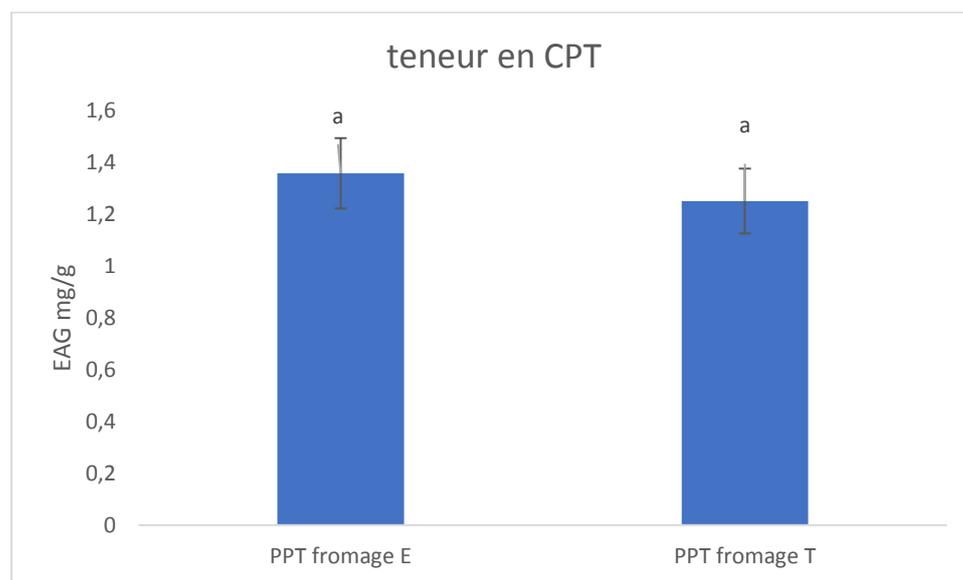


Figure 10 : Teneurs en polyphénols totaux dans fromage T et fromage E (**CPT** : Composé phénolique totaux, **EAG** : Equivalent Acide Gallique, **MS** : Matière Sèche, **T** : Témoin, **E** : Enrichi).

D'après les résultats obtenus la teneur en polyphénols totaux de l'extrait du fromage enrichi (1,35 mg EAG/g MS) est plus importante que celle du fromage frais (1,25mg EAG/g MS).

2. Teneur en flavonoïdes du fromage Témoin et Enrichi

Les résultats du dosage des flavonoïdes à partir des extraits des fromages élaborés (Témoin, Enrichi) sont représentés sur la **figure 11**.

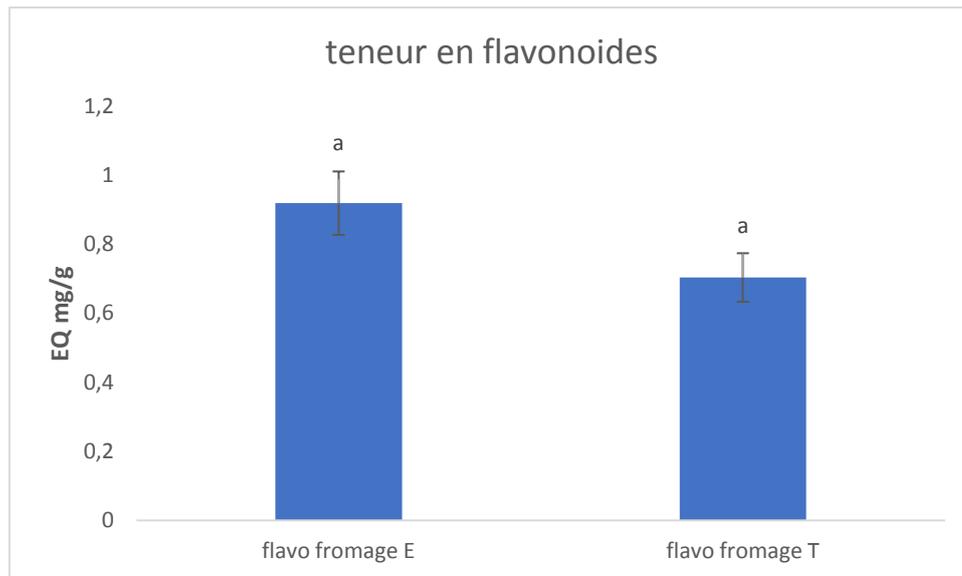


Figure 11 : Teneur en flavonoïdes dans le fromage T et dans le fromage E avec les feuilles de *Thymus vulgaris* (**flavo** : flavonoïdes, **EQ** : Equivalent Quercitine, **MS** : Matière Sèche, **E** : Enrichi, **T** : Témoin).

D'après les résultats obtenus la teneur en flavonoïdes de l'extrait de fromage enrichi est plus importante que dans l'extrait du fromage frais avec des valeurs $0,91 \pm 0,17$ mg EQ /g MS et $0,70 \pm 0,04$ mg EQ/g MS respectivement.

3. Activité antioxydants DPPH

Les résultats du dosage des activité antioxydant à partir des extraits des fromages élaborés (Témoin, Enrichi) sont représentés sur la **figure 12**.

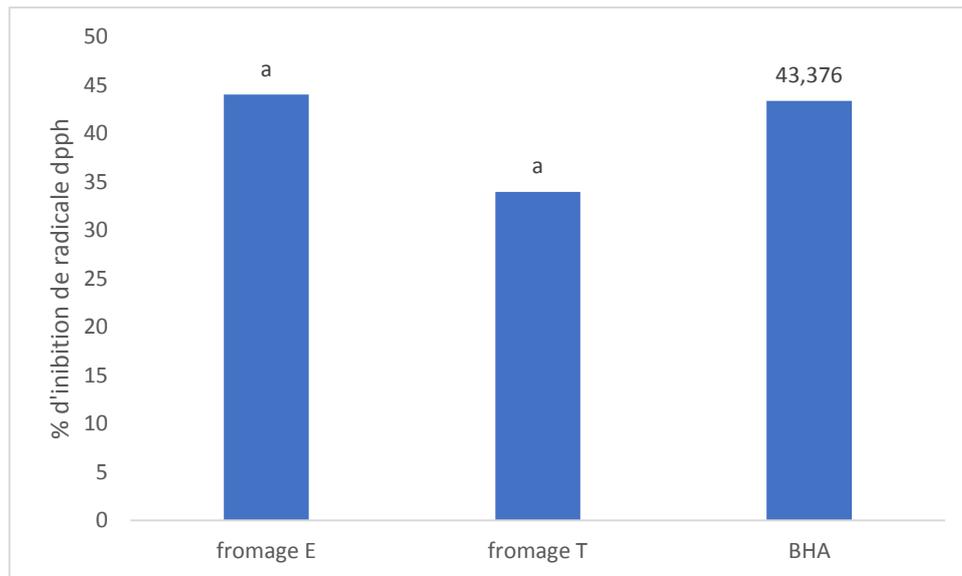


Figure 12 : évaluation d'activité antioxydants des fromage T et E (T : Témoin, E : Enrichi)

L'extrait du fromage enrichi s'est révélé de meilleure activité antioxydante (44,02 %) par rapport à l'extrait du fromage frais (33,97 %). Cette activité étant très proche de celle du BHA (43,37%).

Cuchillo et al. (2009) ont noté un taux d'activité antioxydante égale à 26,9 % pour le fromage au lait cru et un taux de 24,1% pour le fromage à base de lait de chèvre pasteurisé.

4. Les résultats physico-chimiques des fromages élaborés

L'ensemble des résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur les fromages (témoin, enrichi) élaborés sont représentés sur le **tableau 4**

Tableau 4 : les résultats des analyses physico-chimie des différents échantillons

	PH	Acidité titrable	Matière grasse	Extrait sec	Extrait sec digressé	Humidité
Fromage	5,2	64	8	26,314	18,314	73,686
Fromage + thym	5,1	72	7	27,126	20,126	72,874

5. Taux d'humidité

Les fromages témoin et enrichi formulés, la teneur en eau varie de 72,874 à 73,686. Selon la **FAO (2012)**, l'humidité d'un fromage frais doit être supérieure à 80%. La différence est probablement dû à la durée d'égouttage réalisée.

6. pH et acidité

Les résultats des pH et l'acidité des fromages frais et enrichi élaborés et du lait utilisé pour leurs préparation sont représentés sur le **tableau 4**

D'après les résultats enregistrés par **Douik et al. (2003)**, **Sina (1992)**, **Diatta (2005)** et **Carole et Vignola (2002)** le pH du lait utilisé est de 6,6 et 6,9 pour un lait cru.

Le lait présente une acidité de 17°D, cette acidité est comprise dans l'intervalle des valeurs normales du lait de vache qui vont de 16 à 18°D (**J.O.R.A, 1998**). Ce résultat est similaire à celui obtenu par **Diatta (2005)** et **Carole et Vignola (2002)**, qui ont noté que l'acidité est comprise entre 16 et 18°D.

Selon la **FAO (2012)**, l'acidité Dornic les fromages frais, varie de 63 à 76 °D, l'acidité Dornic d'un fromage frais est comprise entre 65 et 80 °D.

Le pH et l'acidité peuvent être influencés par plusieurs facteurs, comme la charge microbienne initiale du lait, le lait de mammite et les conditions d'hygiène de manipulation **Mahaut et al. (2000)**. Dans une étude réalisée sur différents fromages frais issues de différentes régions, **Jimenez-Maroto et al. (2016)**, ont montré que l'humidité influence la valeur du pH qui passe de 5,3 à 6,5 pour une teneur élevée en eau. Ce présent travail montre que lors de la fabrication du fromage frais, le pH et l'acidité passent respectivement de 6 et 17°D pour le lait à 5,1-5,3 et 63-76,5, cette diminution du pH du lait est due à la déstabilisation de la micelle de caséine, l'augmentation de l'acidité Dornic est due à l'acide rajouté **jeantet et al. (2008)**.

7. Teneur en matière grasse

Les résultats du dosage de la matière grasse à partir des fromages frais et enrichi sont respectivement 8% et 7% (**tableau 4**).

Selon **Luquet (1990)**, la teneur en matière grasse dans un fromage frais doit être inférieure ou égale à 20g pour 100g de fromage frais après égouttage.

L'écart entre ces deux moyennes peut s'expliquer par la différence de la composition en matière grasse du lait utilisé pour la fabrication, il faut souligner que le mode de fabrication, dont l'égouttage et le passage de la matière grasse vers le lactosérum peut engendrer la diminution de la quantité de la MG dans le fromage. Lors de la formation du caillé, la MG reste entrappée dans le réseau protéique, les pertes de matière grasse peuvent atteindre de 4 à 20 % de

la teneur de MG initiale. L'importance des pertes dépend de la taille des globules gras, à faible poids moléculaires, ces derniers sont moins susceptibles d'être retenus dans gel mais seront éliminés dans le lactosérum, d'autres part la teneur en caséines engendre une perte de matière grasse, c'est pour cela le lait utilisé pour la production doit présenter un rapport caséines/MG précis afin de limiter les pertes (**Vingola, 2002**)

La matière grasse intervient dans la qualité organoleptique, contribue au développement d'arômes et la saveur du fait qu'elle est une source de composés aromatiques liposolubles **Gelais et al. (2002)**.

Les fromages frais nature non sucrés, possédant une teneur en lipides inférieure ou égale 3,8 g/100 g. Ce seuil de teneur en lipides équivaut au taux de MG du lait entier auquel est appliqué un facteur de concentration dû l'égouttage lié à la technique de fabrication des fromages frais. **Ciquel, (2013)**.

8. Teneur en extrait sec

La teneur du fromage frais et enrichi en extrait sec total étaient respectivement de 26,31% 27,126, des valeurs proches de celle rapportée par (**Abdelaziz et Ait Kaci 1992**) pour le lben algérien 35,23 % ; mais ces deux valeurs sont inférieures à celles rapportées par (**Ramet 1985**), 45 à 47 %.

L'extrait sec total est en fonction de la teneur en matière sèche du lait et de l'importance de l'égouttage, car l'élimination du lactosérum entraîne une forte augmentation de la teneur en matière sèche du fromage (**Fredot, 2009**), la quantité de lactosérum enlevée détermine la teneur en EST du fromage **Gelais et al. (2002)**.

9. Analyses microbiologiques

Une absence de Salmonella, Staphylococcus aureus et Escherichia coli a été enregistrée dans les différents échantillons de fromages analysés. Cela indique le respect des mesures hygiéniques durant les étapes de la fabrication et l'enrichissement par la poudre de *Thymus vulgaris*

Tous les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les différents échantillons du fromage frais et enrichi sont conformes aux normes du (**JORA 1998**) et de (**AFNOR 1985**). L'absence totale des coliformes totaux, Salmonelle, Escherichia coli s'explique par le bon déroulement de la collecte et du transport du lait dans des conditions hygiéniques et aussi cette absence s'explique par l'efficacité du traitement thermique qui a permis la destruction de la totalité de ces micro-organismes aérobies mésophiles dénombrés au

préalable dans le lait cru, en plus du respect des mesures hygiéniques durant les étapes d'élaboration du fromage.

La flore lactique joue un rôle dans le développement des caractéristiques de divers fromages, son élimination provoque la réduction de la saveur et de l'effet bio-conservation.

L'intérêt technologique des bactéries lactiques réside dans la production de l'acide lactique par la fermentation du lactose, certaines bactéries lactiques produisent du gaz carbonique ainsi que divers composés qui contribuent à l'arôme des produits laitiers. **Paul Ross et al. (2002).**

1. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle est la science développée pour permettre la mesure des propriétés sensorielles des aliments. Cette mesure est réalisée par un panel de sujets experts sensoriels, préalablement sélectionnés et entraînés, qui vont évaluer les produits de façon objective et répétable (**Lefebvre, 2003**).

L'évaluation sensorielle des 3 fromages frais fabriqués a été réalisée au niveau du laboratoire d'analyse sensorielles de l'Université de Bejaia, par 8 jury expert.

Les sujets sont invités à se manifester sur les caractéristiques : couleur, odeur, gout, arôme et la texture des différents fromages. Ces sujets sont également invités à exprimer leurs préférences comme illustré dans le questionnaire.

En vue de faire l'analyse sensorielle des 3 échantillons de fromage formulés, ces derniers sont présentés dans des flacons propres et hygiéniques, transparents et codés comme suite :

A : Fromage frais témoin ;

B : Fromage frais enrichi en feuilles de thymus vulgaris séchés de concentration 0,5% ;

C : Fromage frais enrichi en feuilles de thymus vulgaris séchés de concentration 1 %.

La quantité de fromage frais présentée de chaque échantillon pour les dégustateurs était en quantité suffisante pour effectuer toutes les analyses et répondre aux caractéristiques mentionnées dans le questionnaire d'évaluation.

Les données rassemblées à partir des questionnaires distribués aux juges, ont été traitées en utilisant le logiciel XL STAT version 2014, qui est un outil complet d'analyse de données et de statistiques, impliqués dans les études de marketing et l'analyse du comportement des consommateurs. Ce logiciel utilise Microsoft Excel comme une interface de récupération des données et d'affichage des résultats. Cependant, tous les calculs mathématiques sont réalisés en dehors d'Excel. L'accès aux différents modules est possible grâce à des menus et à des barres d'outils. (**Addinsoft, 2013**)

1.1. Teste du plan d'expériences

La planification expérimentale est une étape fondamentale pour quiconque veut s'assurer que les données collectées seront exploitables dans les meilleures conditions statistiques possibles.

Il est conçu pour créer un plan d'expériences optimal, ou quasi-optimal, dans le cadre d'expériences visant à modéliser les préférences d'un ensemble de consommateurs ou de différents experts pour différents produits **Husson et al, (2009)**.

La procédure de génération d'un plan d'expérience est lancée

1.2. Caractérisation du produit

Il s'agit d'identifier les descripteurs qui discriminent le mieux les produits et de déterminer leurs caractéristiques en fonction des préférences du jury. Quand ça apparait en bleu, c'est que le coefficient du descripteur est positif (apprécié) ; en rouge, le coefficient est significativement négatif (non apprécié). Alors qu'en blanc, ça signifie que les caractéristiques détectées sont non significatives (moyenne). **Husson et al, (2009)**.

1.3. Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test affiche les descripteurs qui sont ordonnés de celui qui a le plus fort pouvoir discriminant sur les produits à celui qui en a le plus faible (de gauche à droite).

Les résultats obtenus sont présentés dans la figure suivante :

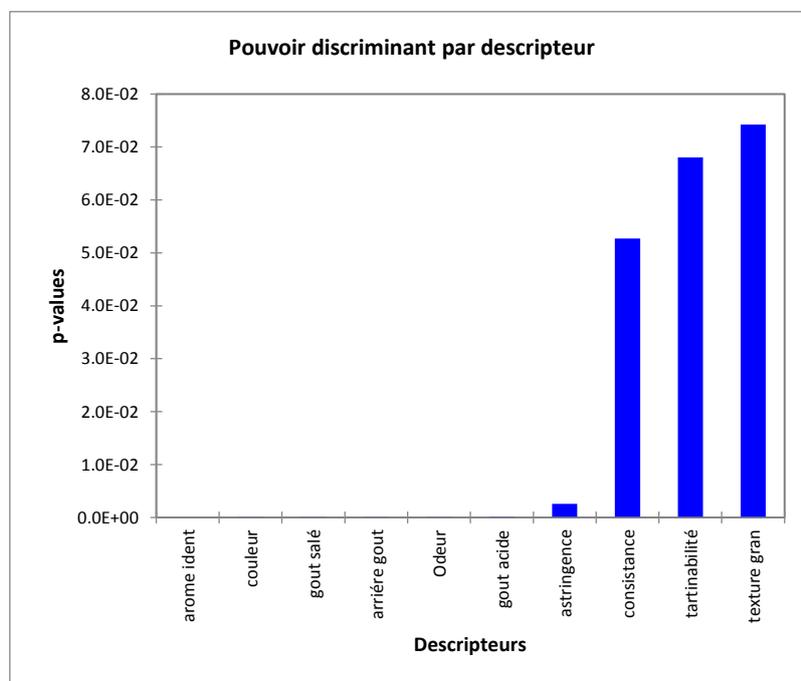


Figure 13 : Pouvoir discriminant par descripteur

Selon les résultats présentés dans cette **figure 12**, nous remarquons qu'arôme identifier, couleur et gout salé sont les descripteurs qui ont le plus fort pouvoir discriminant sur les trois produits. Cela signifie que les sujets experts ont constatés des différences entre les caractéristiques précédentes. Le pouvoir discriminant du gout acide, arrière-gout, odeur, astringence, sont moyens, cependant les descripteurs tartinabilité, consistance, texture granuleuse est celui a le pouvoir discriminant le plus faible.

D'une manière générale, nous concluons que les trois échantillons de fromage ont des descripteurs différents qui les distinguent les uns des autres à l'exception de la texture granuleuse, consistance, tartinabilité.

1.4. Coefficients des modèles

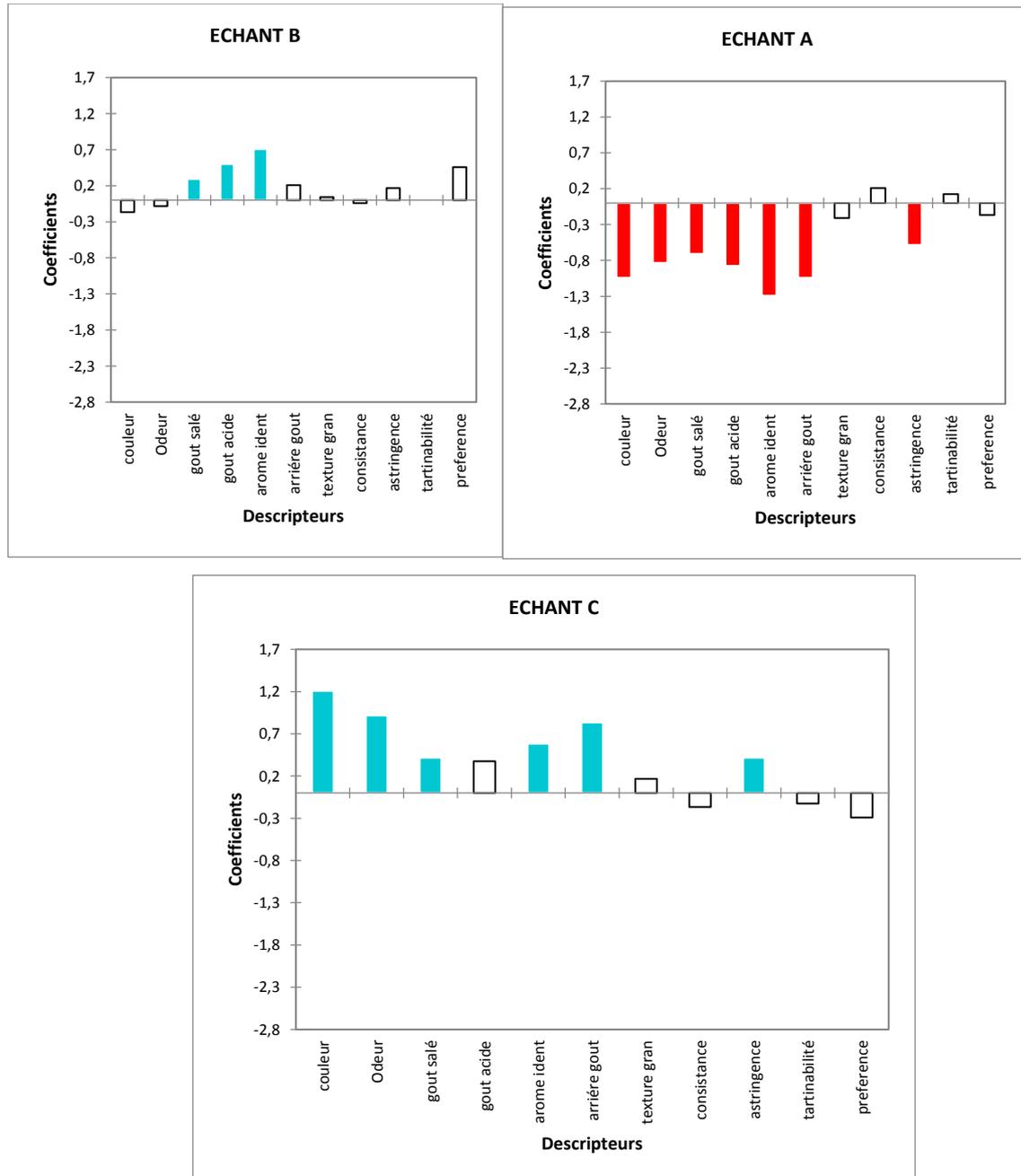


Figure 14 : Histogramme montrant les coefficients des modèles d'échantillons des fromages B, C et A.

L'ensemble des résultats obtenus sont :

- Fromage B (fromage frais enrichi avec les feuilles de thymus vulgaris séchées de concentration 0,5%) : En blanc, sont affichées les caractéristiques qui ne sont pas significatives. En bleu, sont présentés toutes les caractéristiques, dont le coefficient est significativement positif.
- Le fromage C (fromage frais enrichi avec les feuilles de thymus vulgaris séchées de concentration 1). En blanc, sont affichées les caractéristiques qui ne sont pas significatives. En bleu, sont présentés toutes les caractéristiques, dont le coefficient est significativement positif.
- Le fromage A (fromage frais témoin) : Les caractéristiques dont le coefficient est significativement négatif (en rouge). A l'exception de la texture granuleux, consistance, tartinabilité sont non significatifs, donc il est caractérisé par une couleur blanchâtre, ne présente pas d'arrière-gout, odeur et d'astringence.

1.5. Cartographie des préférences (Préférence MAPING)

La cartographie externe des préférences (en anglais External Preference Mapping - PREFMAP) permet de visualiser sur une même représentation graphique d'une part des objets (produits), et d'autre part des indications montrant le niveau de préférence du jury expert en certains points de l'espace de représentation.

❖ Analyse en composantes principales

Qui consiste à transformer des variables liées entre elles (dites « corrélées » en statistique) en nouvelles variables décorréélées les unes des autres. Si l'information associée aux 2 ou 3 premiers axes représente un pourcentage suffisant de la variabilité totale du nuage de points, nous pourrions représenter les observations sur un graphique à 2 ou 3 dimensions, facilitant ainsi grandement l'interprétation (Jolliffe, 2002).

La carte présentée dans la **figure 15** permet de présenter les corrélations entre les variables et les facteurs par l'ACP.

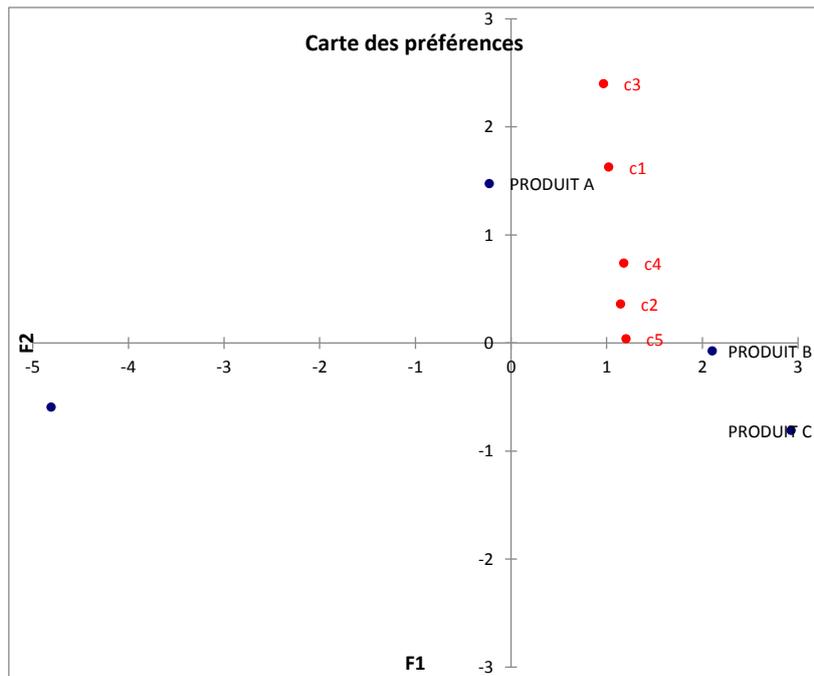


Figure 15 : Corrélations entre variables/facteurs et Coordonnées des observations.

La figure 16 représente le résultat de la superposition de deux cartes obtenues (corrélations entre variables/facteurs et coordonnées des observations), dont la qualité est assez bonne. Puis qu'elles permettent de représenter 98,38 % de la variabilité et de l'observation, permettent de constater que les produits ont été perçus par les experts comme assez différents.

Etant donné que cette figure montre que tous les descripteurs sont présentés dans le cercle.

Les descripteurs et les produits sont présentés sur la carte, cette dernière permet ainsi l'identification des tendances sur la base des variables des descripteurs. Il est constaté que les fromages B et C semblent partager des caractéristiques en regardant les données et il est perçu qu'ils sont légèrement acides, astringence et avec une odeur légèrement forte.

❖ **Synthèse de mapping d'appréciation**

Les résultats de cette analyse sont présentés dans les **tableaux 5 et 6**, et la **figure 16**

Tableau 5 : Objets classés par ordre croissant de préférence

Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
PRODUIT C	PRODUIT A	PRODUIT C	PRODUIT A	PRODUIT A
PRODUIT B	PRODUIT B	PRODUIT B	PRODUIT B	PRODUIT B
PRODUIT A	PRODUIT C	PRODUIT A	PRODUIT C	PRODUIT C

Tableau 6 : Pourcentage de juges satisfaits pour chaque objet.

Objet	%
PRODUIT A	80%
PRODUIT B	100%
PRODUIT C	100%

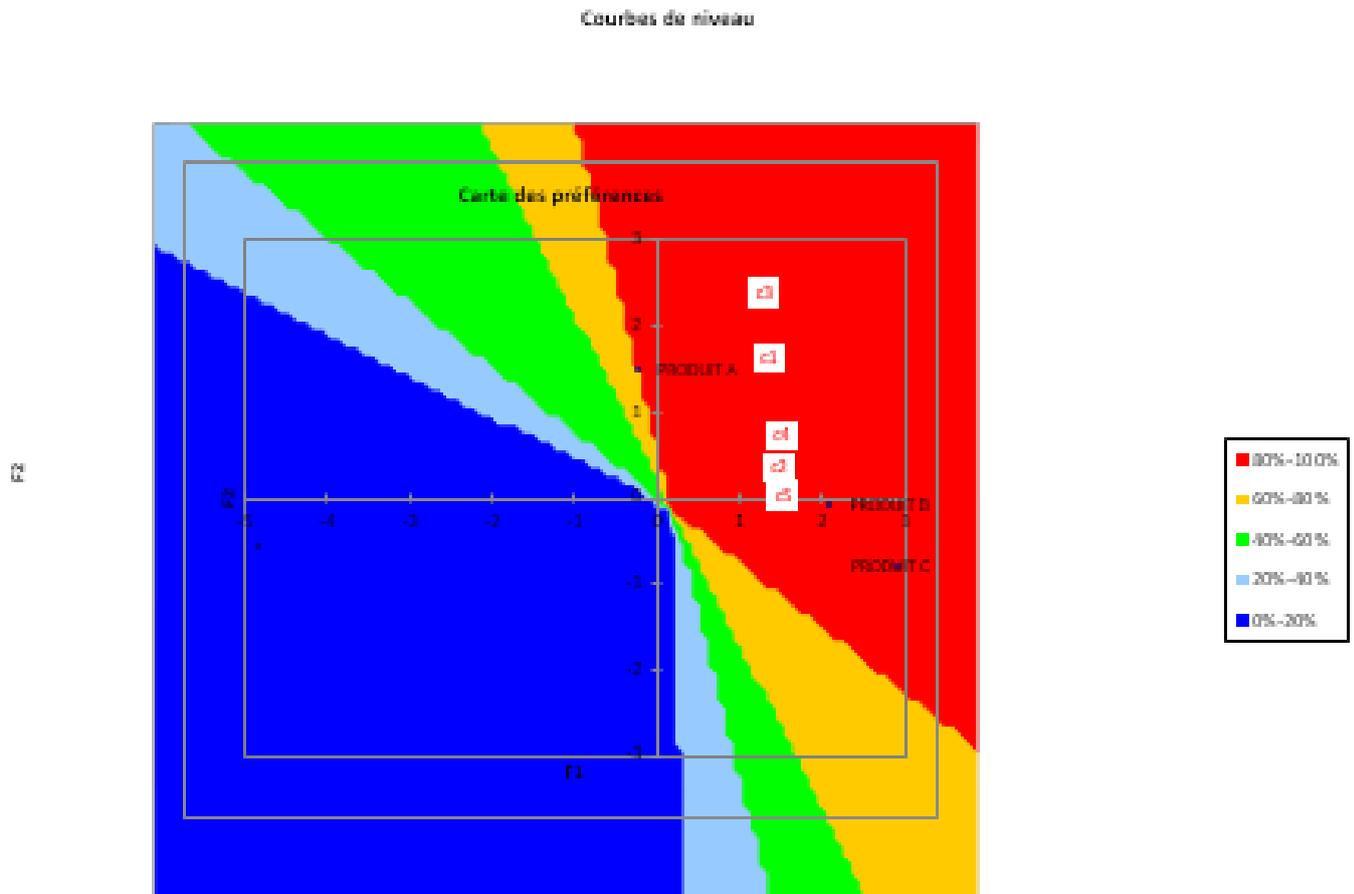


Figure 16 : Courbe de niveau et carte des préférences

- ✓ Le tableau 1 : correspond à la classification des objets (fromage) par ordre croissant des préférences. Le fromage B est le plus préféré pour la classe 1 et 3, et pour la classe 2, 4, 5 le fromage le plus préféré est le C.
- ✓ Le tableau 2 : correspond aux pourcentages de satisfaction des juges pour chaque produit. Les deux fromages C, B et ont un pourcentage de satisfaction de 100%, suivi du fromage A avec un pourcentage 80%.
- ✓ D'après la courbe de niveau (**figure 15**) et la carte des préférences, les classes 1 et 3 aiment le fromage A qui est caractérisé par l'absence d'odeur, d'arrière-gout, et d'astringence et la classe 2, 4 et 5 aime le fromage et C.

A la lumière des résultats de l'analyse sensorielle, nous concluons que les juges apprécient les fromages B et C.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

La présente étude a permis l'évaluation phytochimique de *Thymus vulgaris* ainsi que l'élaboration d'un produit laitier fonctionnel « fromages frais ». Plusieurs paramètres physico-chimiques, microbiologiques et sensoriels ont été établis.

Une étude phytochimique (dosage des polyphénols totaux, des flavonoïdes, caroténoïdes ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydante) a été réalisée pour les extraits éthanoliques de feuilles de *Thymus vulgaris* et de fromage frais enrichi au thym et du témoin.

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques ont montré que les fromages frais élaborés sont propres à la consommation et possèdent une qualité satisfaisante et conforme aux normes en vigueur.

L'analyse sensorielle réalisée montre que parmi les trois fromages élaborés, c'est le fromage B et C enrichi en feuilles *Thymus vulgaris*, qui sont les plus appréciés par tout le jury expert.

Les résultats des dosages phytochimiques montrent que l'extrait des feuilles de *Thymus vulgaris* de 70% et 50% contiennent respectivement 36,16 et 15,98 mg EAG / g MS en polyphénols totaux et pour les flavonoïdes est 3,70 et 195,79 mg/EAG g et 0,70 et 0,17 mg/EAG g, alors que l'extrait du fromage frais et enrichi représente 0,70 et 0,17, mg/ 10 EAG g.

L'évaluation des propriétés antioxydantes par le radical DPPH révèle que l'extrait de fromage enrichi avec des feuilles de *Thymus vulgaris* manifeste une forte activité antioxydante par rapport au fromage témoin.

Les résultats de la présente étude restent préliminaires. Il serait donc intéressant d'approfondir cette étude en faisant :

- ✓ Etude de la formulation du fromage frais par le plan d'expériences pour trouver la meilleure formule possible ;
- ✓ Utilisation de la présure pour faire cailler le lait ;
- ✓ Etude des propriétés rhéologiques et structurales du fromage ;
- ✓ Caractérisation de l'extrait du thym.

Annexe I :

Courbe d'étalonnage de dosage des différents composés phénoliques

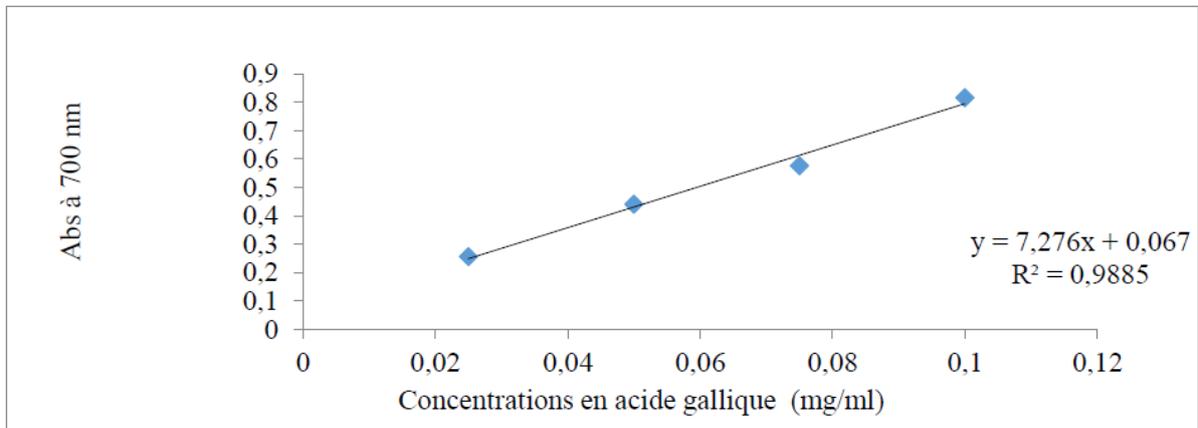


Figure 1 : courbe d'étalonnage du dosage des polyphénols totaux

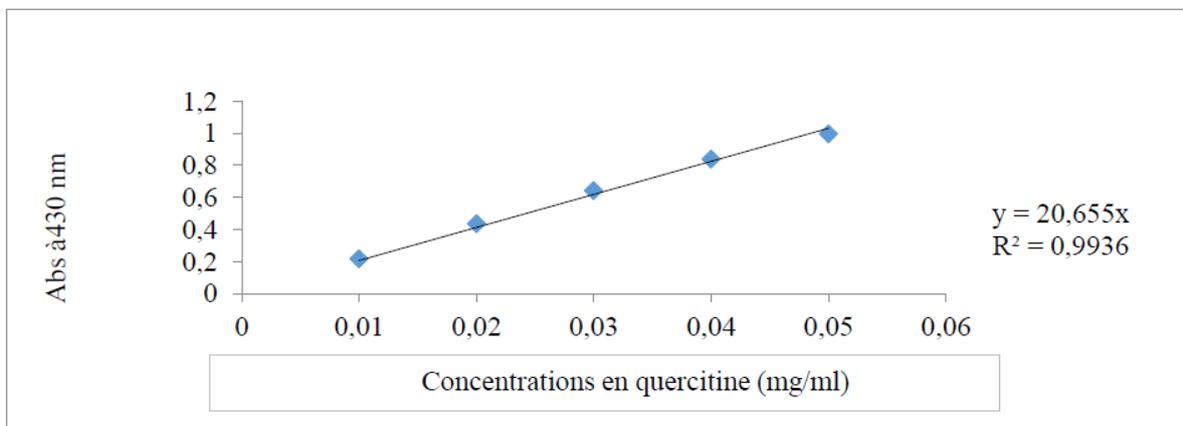


Figure 2 : courbe d'étalonnage du dosage des flavonoïdes

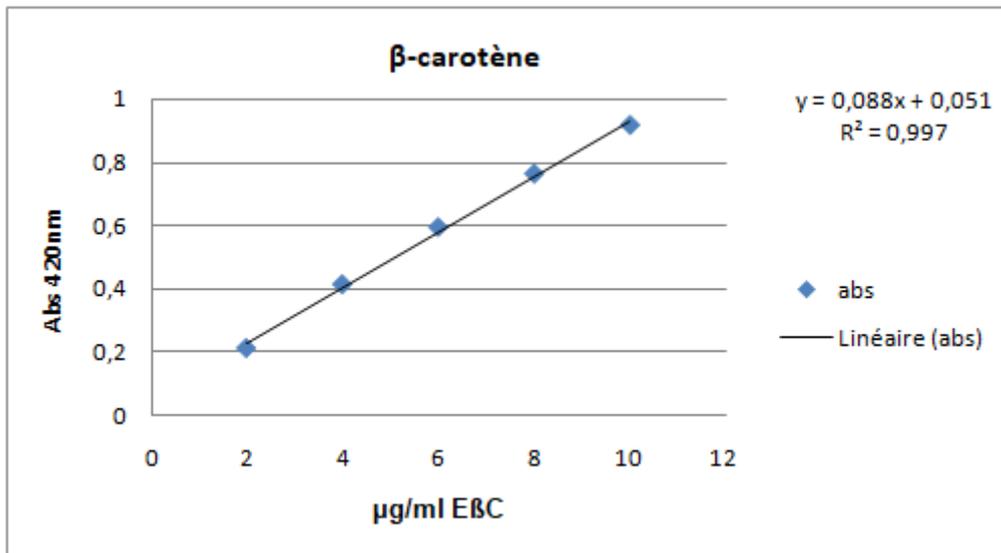


Figure 3 : courbe d'étalonnage du dosage des caroténoïdes

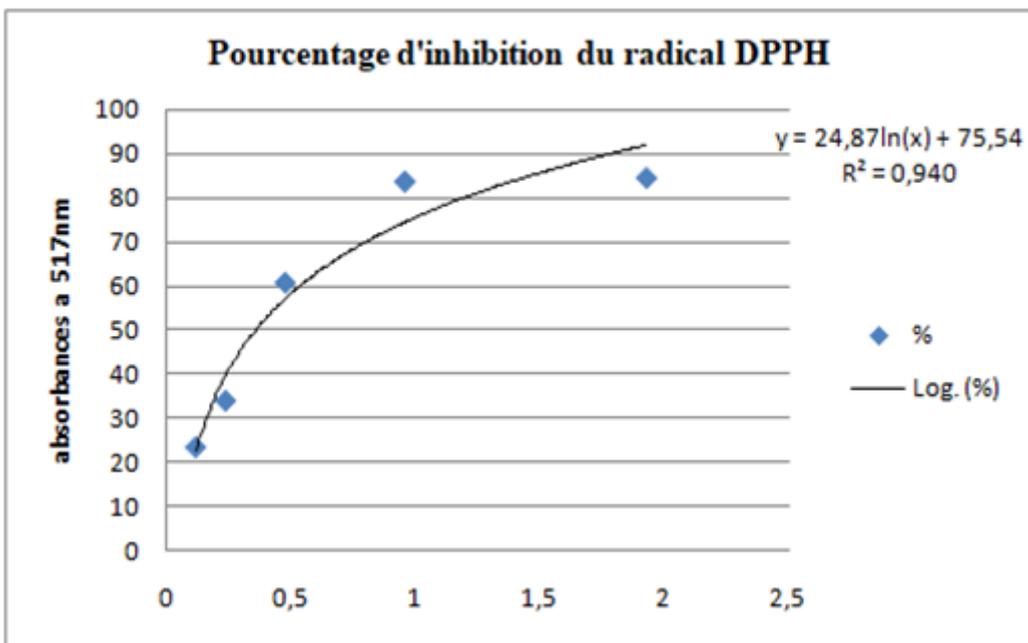


Figure 4 : courbe d'étalonnage pour déterminer l'activité antioxydants

3- Goût :**Goût salé :**

Echantillon	A	B	C
Note			

1-Absent

2-Faible

3-Moyen

4-Fort

5-très fort

Goût acide :

Echantillon	A	B	C
Note			

1-Absent

2-Faible

3-Moyen

4-Fort

5-Très fort

Arôme identifié :

Echantillon	A	B	C
Note			

- 1- Absent
- 2- Non identifié
- 3- Thym
- 4- Percil
- 5- Romarin

Arrière goût :

Echantillon	A	B	C
Note			

1-Absent

2-Faible

3-Moyen

4-Fort

5-très fort

4- texture en bouche :**Texture granuleuse :**

Echantillon	A	B	C
Note			

1- Absent

2- Faible

3- Moyenne

4- Forte

5- très forte

Consistance :

Echantillon	A	B	C
Note			

1-Très Mou

2-Mou

3-Moyenne

4-Ferme

5-très ferme

Astringence :

Echantillon	A	B	C
Note			

1-Absent

2-Faible

- 3-Moyenne
- 4-Forte
- 5-très forte

5-Tartinabilité : (tartiner SUR UN morceau de pain)

Echantillon	A	B	C
Note			

- 1-Très facile
- 2-Facile
- 3-Moyenne
- 4-Difficile
- 5-Très difficile

6- préférence :

- Classez les 03 échantillons par ordre de préférence, en attribuant une note entre 1 et 9, sachant que 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et la note 9 à l'échantillon le plus préféré .

Echantillon	A	B	C
Note			

Merci pour votre coopération

References

A

Abdelaziz et Ait Kaci (1992). Contribution à l'étude physico-chimique et microbiologique d'un fromage traditionnel algérien fabriqué à partir du lait de chèvre le "Djben". Mémoire d'ingénieur d'état en agronomie. Institut national agronomique d'El Harrach, Alger. 67p.

ADDINSOFT, (2013). XLSTAT, Analyse de données et statistique avec Mx Excel. Addinsoft, NY, USA .

Adwan G., Abu-Shanab B., Adwan K., Abu-Shanab F, (2006), Antibacterial effects of nutraceutical plants growing in Palestine on *Pseudomonas aeruginosa*. *Turk. J. Biol*, **30**, 239-242p.

AFNOR, N. (1980). Lait et produits laitiers-Méthodes d'analyse.

AFNOR, F. (1980). Détermination de la matière sèche (méthode par étuvage). NF V04 282. *Recueil de normes françaises. Lait et produits laitiers. Méthodes d'analyse, Afnor, Paris, France*, 104-105.

Afnor., (1985). Contrôle de la qualité des produits laitiers –Analyses physiques et chimiques, 3^{ème} édition :321 pages.

Alenisan, M. A., Alqattan, H. H., Tolbah, L. S., and Shori, A. B. (2017) Antioxidant properties of dairy products fortified with natural additives: A review. *J. Assoc. Arab Universities for Basic and Applied Sci.* **24**, 101-106.

Amiot J. (2005) Thymus vulgaires, un cas de polymorphisme chimique pour comprendre l'écologie évolutive des composés secondaires. Thèse de doctorat-Ecole nationale supérieure d'Agronomie de Montpellier.

Amiot J., FOUR S., Lebeuf Y., Paquin P., et simpson R., (2002). Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. Pp. 1 à 68. Dans science et technologie du lait. Coord.VIGNOLA. Edition école polytechnique. 600 p.

Ana Carolina Cabral Carvalhaes Costa, Aline Neves Pereira,Adrielle Cristina de Andrade e Silva, Flávio Alves da Silva2 Keyla de Oliveira Ribeiro ,Jeda Maria Sapateiro Torres ,Elaine Cristina Pereira De Martinis , Virgínia Farias Alves (2009). Antilisterial and ant staphylococcal activity of a *Lactococcus lactis* strain isolated from Brazilian fresh Minas cheese.

ANONYME ,(2005). Ministère du commerce. Guide des déterminations analytique des laits et produits laitiers élaboré par la direction Générale du contrôle économique et de la répression des fraudes juin 2005.

References

Ait abdelouahab N., (2008). Microbiologie alimentaire.3eme Edition. Ben aknon (Alger).22p.

Aïssou, R. C., Aïssi, M. V., Youssao, A. I., & Soumanou, M. M. (2016). Caractéristiques physico-chimiques du fromage Peulh produit dans les conditions optimales de coagulation à partir du lait de deux races de vaches du Bénin. *Nature & Technology*, (14), 33

A Lefebvre, JF Bassereau - Application aux emballages, (2003). L'analyse sensorielle, une méthode de mesure au service des acteurs de la conception : ses avantages, ses limites, ses voies d'amélioration .

Awad S., Ahmed N., et El Soda M., (2007). Evaluation of isolated starter lactic acid bacteria in Ras cheese ripening and flavor development. *Food Chem.* 104 : 1192- 1199.

B

Benkerroum N et tamime AY. (2004) Technology transfer of some morocan tradition dairy products (lben , jben, smen) to smail industrial scale. *microbiol .21* :314-399pp

Bor, T., Aljaloud, S. O., Gyawali, R., and Ibrahim, S. A.(2016) Antimicrobials from herbs, spices, and plants. Pages 551-578 in *Fruits, Vegetables, and Herbs: Bioactive Foods in Health Promotion Vol. 2.* Elsevier Inc

Brahmi Fatiha, Madani Khodir , Dahmoune Farid , Rahmani Tiziri , Bousbaa Karima ,Oukmanou Sonia , Chibane Mohamed (2012) Optimisation Of Solvent Extraction Of Antioxidants(Phenolic Compounds) From Algerian Mint (*Mentha spicata L.*)

Brule G., Lenoir J. et Ramet J.P. (1997). Les mécanismes généraux de transformation du lait en fromage, chapitre I, la micelle de caséine et la coagulation du lait. Pp. 7 à 39. Dans le fromage. Coord.ECK A., et GILLIS J.C. 3ème édition Tec et Doc. Lavoisier. 875 P.

Balladin, D, A, et Headley, O.(1999).Evaluation of solar dried thyme(*Thymus vulgaris* Linne) herbs .*Renewable Energy*,17(4),523-531.

References

C

CAROLE L. VIGNOLA, (2002). Science et technologie du lait : transformation du lait. Presses internationales Polytechnique. Canada. 54-55p.

Cazes D.-J. (2005). Encyclopedia of Chromatography in Phenolic Acids in Natural Plants: Analysis by HPLC.P1806.

Chirinos R., Rogez H., Campos D., Pedreschi R., et Larondelle Y. (2007). Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavon) tubers. Separation and purification technology.55 :217-225.

CIQUAL ; (2013). Observatoire de la Qualité de l'Alimentation (OQALI). Étude de l'évolution du secteur des produits laitiers frais et assimilés entre 2009 et 20112013.[12] Table de composition des aliments.

Codex Alimentarius. (2010).

Codex STAN 283-1978. Norme générale pour le fromage

D

Dauqan EMA, Abdullah A. (2017); Medicinal and Functional Values of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) Herb.JApp Biol Biotech. 5 (02) : 017 - 022. DOI 10.7324/JABB.2017.50203.

DIATTA O, (2005). Etude de la qualité des laits caillés artisanaux fabriqués par le G.I.E. des éleveurs de Nguekokh. Mémoire DEA/production animale : Dakar ; N° 03. EISMV. 31p

DULOR JP, (2002). La France aux 400 fromages. Ecole National Agronomique de Montpellier. France.

DOUIK R, ETTRIQUI A et ZRELLI S, (2003). Relation entre le test à l'alcool et la qualité du lait à la réception.Microb. Hyg.Alim.,15(42) :19-26

Djeridane A., Yous M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P., Vidal N. (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic Compounds. *Food Chem.*

Djeridane, A.; Yousfi, M.; Nadjemi, B.; Boutassouna, D.; Stocker, P.; Vidal, N. Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. Food Chemistry 2006, 97, 654–660.

References

E

- Eck A et Gillis J.C. (2006).** Le fromage. 3eme édition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris. 891p.
- Embuscado, M. E.(2015)** Herbs and spices as antioxidants for food preservation. Pages 251-283 in Handbook of antioxidants for food preservation. Elsevier
- Eqbal M. A. Dauqan, Aminah Abdullah, (2017).** Medicinal and Functional Values of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) Herb.

F

- Fadili K., Amalich F., Soro K. N' DEDIANHOUA., Bouachrine M, Mahjoub M., El Hilali F., and Zair H. (2015).** Teneurs en polyphénols et évaluation de l'activité antioxydante des extraits de deux espèces du Haut Atlas du Maroc : Rosmarinus Officinalis et Thymus Satureioides).
- FAO. 2012.** Secteur Porcin Burkina Faso. Revues nationales de l'élevage de la division de la production et de la santé animales de la FAO. No. 1. Rome.
<http://www.fao.org/docrep/015/i2567f/i2567f00.pdf>
- Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bouraoui N., Trabelsi N., Boulaaba M., Abdelly C. (2008).** Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *C. R. Biologies.* **331** : 372-379.
- FAO/OMS., (1999).** Norme générale pour le fromage. CODEX STAN A-6- 1978, Rev.1-1999, 6 Pages.
- (FAO, 2019).** <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/fr/> consulté Mai 2019.
- Fredot, 2009), Fredot. (2009).** Connaissance des aliments-Bases aliments et nutritionnelles de la diététique. Edition : TEC et DOC, Lavoisier, Paris, France, 397p.

G

References

Gortzi, O., Lalas, S., Chinou, I., Tsaknis, J. (2007). Evaluation of the Antimicrobial and Antioxidant Activities of *Origanum dictamnus* Extracts before and after Encapsulation in Liposomes. *Molecules*. **12**: 932-945.;

Goli A H., Berzeger M and Sahari M A. (2005). Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*pistachia vera*) hull extracts. *Food Chemistry*. **92** :521- 525

Gelais-St. D, Tirard-C.P.Belonger G, Couture R. et Drapeau R, (2002). Chapitre 6: Fromage. Pp 349 à 412. *Science et Technologie du lait, transformation du lait*. Coord. VIGNOLA. Edition: école polytechnique. 600 p.

H

Hala, M., Ebtisam, E., Sanaa, I., Badran, M., Marwa, A., and Said, M. (2010) Manufacture of low fat UF-soft cheese supplemented with rosemary extract (as natural antioxidant). *J. Am. Sci.* **6**, 570-579.

Hashim S., Gamil M, 1988, Plants and herbs between the Iraqi folk medicine and scientific research. *Baghdad, Dar revolution of Press and Publication*.

Hayaloglu, A. and Farkye, N.(2011) Cheese with Added Herbs, Spices and Condiments. *Encyclopedia of Dairy Sci.* 783-789.

HUSSON F LÊ S et PAGÈS J, (2009). SensoMineR dans Evaluation sensorielle – Manuel Méthodologique, 3^{ème} éd. Lavoisier, vol. 23, p. 16.

Hayaloglu, A. and Farkye, N.(2011) Cheese with Added Herbs, Spices and Condiments. *Encyclopedia of Dairy Sci.* 783-789.

Hsieh, P.-C., Mau, J.-L., and Huang, S.-H. (2001) Antimicrobial effect of various combinations of plant extracts. *Food Micrb.* **18**, 35-43

J

JEANTET R, CROGUENNEC T, MAHAUT M, SCHUCK P, BRULE G, (2008). Les produits laitiers. 2eme Ed tec et doc, Lavoisier. p185 .

JIMENEZ-MAROTO L. A, LOPEZ-HERNANDEZ A, BORNEMAN D. L ET RANKIN S. A, (2016). Department of Food Science, University of Wisconsin-Madison, 1605 Linden Drive, Madison 53706-1565

References

JORA n°35. Arrêté interministériel du 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté interministériel du 24 août 1997 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires, **Journal Officiel de la République Algérienne:** p. 7-25.

Johnson, (1998). CRC ethnobotany desk reference. *CRC Press*, 1224p.

JOLLIFFE I.T, (2002). Principal Component Analysis, 2 Ed. Springer, New York, p. 13-18.

J. O N 70 Art du 11.09.04

J. O N 42 Art du 23 .01.05

K

Kabouche Z, a, N. Boutaghane a, S. Laggoune a, A. Kabouche a,

Z. Ait-Kaki b, K. Benlabeled b (2005) Comparative antibacterial activity of five Lamiaceae essential oils from Algeria

Kaptan, B. and Sivri, G. (2018) Utilization of Medicinal and Aromatic Plants in Dairy Products. *J Adv Plant Sci.* **1**, 207

Khorshidian, N., Yousefi, M., Khanniri, E., and Mortazavian, A. M. (2018) Potential application of essential oils as antimicrobial preservatives in cheese. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **45**, 62-72

Kindstedt, p. (2012). Cheese and Culture: a history of cheese and its place in western civilization, Chelsea Green publishing

L

Lako, J., Trenerry, V. C., Wahlqvist, M., Wattanapenpaiboon, N., Sotheeswaran, S., & Premier, R. (2007). Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. *Food Chemistry*, **101**(4), 1727-1741.

Lapornik B., Prosek M. et Wondra A.G. (2005). Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of Food Engineering*. **71**:214-222.

References

Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J., & Cheng, S. (2006). Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food chemistry*, 96(2), 254-260.

LUQUET F, (1990). Laits et produits laitiers vache brebis chèvre : les produits laitiers transformation et technologies. Ed 2 tec & doc-Lavoisier.100p.

Luquet F et Corrieu G. (2005) : Bactéries lactiques et probiotiques. Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris. 307p.

M

Mabberley D.J, (1997), The plant-book: A portable dictionary of the vascular plants. *Cambridge University Press*, 858p.

Mahaut M., Jeantet R et Brule G. (2000). Initiation à la technologie fromagère. Ed. Paris : Techniqueet documentation Lavoisier. 185p.

Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. Sci. Technol*, 26(2), 211-219.

Morales, R. (2002) The history, botany and taxonomy of the genus *Thymus*. In:Thyme: the genus *Thymus*. Ed. *Taylor & Francis, London*. pp. 1-43.

Morales R, (1997), Synopsis of the genus *Thymus* L. in the Mediterranean area. *Lagasalia*, 19(1-2), 249

Mario Cuchillo hilario, Claudia Delgadillo puga, Arturo NAVARRO Oana and fernando

Murkovic, M., K. Gams, S. Draxl and W. Pfannhauser, (2000). Development of an Austrian database, *J. Food Compos. Anal.*, 13: 435-440.

N

Naczk M. et Shahidi F. (2006). Phenolic incereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*. 41 :1523- 1542.

Nadia BACHTARZI, Leila AMOURACHE, and Gamra DEHKAL (2015). Quality of raw milk for the manufacture of a Camembert -type soft cheese in a dairy of Constantine (eastern Algeria).

References

- Namsa N.D., Tag H., Mandal M., Kalita P., Das A.K. (2009)**, An ethnobotanical study of traditional anti-inflammatory plants used by the Lohit Community of Arunachal Pradesh, India. *Journal of Ethnopharmacology*, **125**, 234-245p.
- Nieto, G., Ros, G., and Castillo, J. (2018)** Antioxidant and Antimicrobial Properties of Rosemary (*Rosmarinus officinalis*, L.): A Review. *J. Medicines* **5**, 98
- Norme, N. F. V04-287 (1990)** Lait: Détermination de la teneur en matière grasse. Méthode acido-butyrométrique. *Recueil de normes françaises. Contrôle de la qualité de produits alimentaires: Lait et produits laitiers. Analyses physicochimiques. Afnor-dgccrf.(4ème ed.)*. La Défense, Paris, 195-211.
- O
- Olmedo, R. H., Nepote, V., and Grosso, N. R. (2013)** Preservation of sensory and chemical properties in flavoured cheese prepared with cream cheese base using oregano and rosemary essential oils. *Food Sci. and Techn.* **53**, 409-417
- Oraon, L., Jana, A., Prajapati, P., and Suvera, P. (2017)** Application of Herbs in Functional Dairy Products – A Review. *J. Dairy Vet. Anim Res.* **5**:109-115
- Özgüven M. et Tansi S. (1998)**. Drug yield and essential oil of *Thymus vulgaris* L as in influenced by ecological and ontogenetical variation. *The Turkish journal of agriculture and forestry*, 22 : 537-542.

P

- Paris R. et Moyse M. (1965)**. Précis de matière médicale. Edit. Masson. Paris. 412 p..
- Pariente L. (2001)** Dictionnaire des sciences pharmaceutiques et biologique. *2ème Ed.* Académie nationale de pharmacie. Paris 1643 p.
- Paul Ross, R, Morgan, S. et Hill C. (2002)**. Preservation and Fermentation: present and future. *Int. J. Food. Microbiol*, 79: 3 – 16pp.
- Perez M.B., Calderon N.L., Croci C.A. (2007)**. Radiation-induced enhancement of antioxidant activity in extracts of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Food Chem.* **104**: 585-592.
-

References

pérez-Gil Ramo (2009). ANTIOXIDANT bioactivity, bioactive polyphenols in Mexican goat's milk cheeses on summer grazing.

Pisoschi, A. M., Pop, A., Georgescu, C., Turcuş, V., Olah, N. K., and Mathe, E. (2018)
An overview of natural antimicrobials role in food. *European J. Medicinal Chemistry*
143, 922-935

Q

Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, C., Luyckx, M., . . .

Trotin, F. (2000). Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. *Journal of ethnopharmacology*, 72(1-2), 35-42.

Quezel P., Santa S, (1962), Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. *CNRS, Paris*, 636p

R

Razzaghi-Abyaneh, M., & Rai, M. (Eds.). (2013). *Antifungal metabolites from plants*. Berlin, Heidelberg: Springer.

Ramet (1985) Ramet J.P. (1985). La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen. Collection FAO Alimentation et nutrition n°48

Rawel H. M., Meidtner K., Kroll J. (2005). Binding of selected phenolic compounds to proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (10) : 4228-4235.

RIBERAU-GAYON P, (1968). Notions générales sur les composés phénoliques. In « les composés phénoliques des végétaux ». Ed Dunod :1-27.

**RYSZARD AMAROWICZ, OLGA NAROLEWSKA, MAGDALENA KARAMAĆ ,
AGNIESZKA KOSIŃSKA , STANISŁAW WEIDNER, (2008).** Grapevine leaves as a source of natural antioxidants. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* Vol. 58, No. 1, pp. 73-78

Romani, A., Pinelli, P., Cantini, C., Cimato, A., & Heimler, D. (2006). Characterization of Violetto di Toscana, a typical Italian variety of artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Food chemistry*, 95(2), 221-225.

References

S

Sass-Kiss, A., Kiss, J., Milotay, P., Kerek, M., & Toth-Markus, M. (2005). Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*, 38(8-9), 1023-1029.

Sadegh TAGHIPOUR, Amir RAHIMI , Mohammad Reza ZARTOSHTI , Yusuf ARSLAN. The Effect of Micronutrients on Antioxidant Properties of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) under Humic Acid Using Condition. 2017, (YYU J AGR SCI) 27(4): 589-600.

Samra Amamra, Maria Elena Cartea, Oum Elkheir Belhaddad, Pilar Soengas, Abderrahmane Baghiani , Ilhem Kaabi and Lekhmici Arrar (2018). Determination of Total Phenolics Contents, Antioxidant Capacity of *Thymus vulgaris* Extracts using Electrochemical and Spectrophotometric methods. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 13 (2018) 7882 – 7893

Shori, A. B., & Baba, A. S. (2013). Antioxidant activity and inhibition of key enzymes linked to type-2 diabetes and hypertension by *Azadirachta indica*-yogurt. *Journal of Saudi Chemical Society*, 17(3), 295-301.

SINA L, (1992). Contrôle de la qualité du lait et produits laitiers fabriqués par la SOCA. Thèse : Méd. Vét. : Dakar ; N°33, 73p.

S. U. Wisam, T.K. Nahla and N.M. Tariq. Antioxidant Activities of Thyme Extracts. *Pak. J. Nutr.*, 17 (1): 46-50, 2018

Stahl-Biskup, E, et Saez, F. (2002). *Thymus* : the genus. *Thymus*, 331.

St-Gelais D., Tirard-Coller P., Bélanger G., Couture R. et Drapeau R., (2002). Fromage. In : *Science et technologie du lait : transformation du lait* (Vignola C.L.). Presses. Int. Polytechnique. 3

T

Tamegart, L., Abbaoui, A., Makbal, R., Zroudi, M., Bouizgarne, B., Bouyatas, M. M., & Gamrani, H. (2019). *Crocus sativus* restores dopaminergic and noradrenergic damages induced by lead in *Meriones shawi*: A possible link with Parkinson's disease. *Acta histochemica*, 121(2), 171-181.

References

Tawaha K., Alali F.Q., Gharaibeh M., Mohammad M., El-Elimat T. (2007). Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species. *Food Chem.* (in press).

Tasao R. and Deng Z. (2004). Separation procedures for naturally occurring antioxidant phytochemicals. *Journal of Chromatography B.* 812:85-9

V

Vignola C. (2002). *Science et Technologie du Lait Transformation du Lait.* Edition Presses International es Polytechnique, Canada. pp. 3600.

Vuorela S. (2005). Analysis, isolation, and bioactivities of rapeseed phenolics. Helsinki.

W

Wilson R. (2002), Aromatherapy: Essential oils for vibrant health and beauty. *Penguin edition,* 340p.

Wu N, Fu K, Fu YJ, Zu YG, Chang FR, Chen YH, et al. Antioxidant activities of extracts and main components of pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp. leaves. *Molecules.* 2009; 14:1032-1043.

Y

Yizhong Caia., Qiong Luob., Mei Sunc. Et Harold Corkea. (2003). Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sciences.* 74 :2160-2161.

Yoon, G., K. Yeum, Y. Cho, C.O. Chen, G. Tang, J.B. Blumberg, R.M. Russell, S. Yoon and Y.C. LeeAgric., 81: 918-923. Kim, 2012. Carotenoids and total phenolic contents in plant foods commonly consumed in Korea. *Nutr. Res. Pract.,* 6:481

Z

Zeghad-N, 2018, Evaluation de l'activité antibactérienne de deux plantes médicinales, *Thymus vulgaris* et *Rosmarinus officinalis*. ISBN 10: [6131592977](#) / ISBN 13: [9786131592973](#). Published by Omniscryptum, France, 2018

References

Zhang, H., Wu, J., and Guo, X. (2016) Effects of antimicrobial and antioxidant activities of spice extracts on raw chicken meat quality. *Food Sci. and Human Wellness* **5**, 39-48



Résumé

Le présent travail a pour but d'élaborer un fromage frais enrichi aux feuilles séchées de *Thymus vulgaris*, et l'évaluation de la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante de la matrice végétale et du produit fini. Des analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles des fromages élaborés (frais, enrichi) ont également été réalisées. L'éthanol 70% a permis une meilleure extraction en polyphénols totaux ($36,16 \text{ mgEAG/g} \pm 6,94$) et en flavonoïdes à partir des feuilles du thym avec une meilleure activité antioxydante par rapport à l'éthanol 50% ($15,98 \pm 4,78 \text{ mg EAG / g}$). Le fromage enrichi renferme la teneur la plus importante en composés phénolique et en flavonoïde avec une meilleure activité antioxydante ($1,35 \text{ mg EAG/ g} \pm 0,24$, $0,91 \text{ mg EQ/g} \pm 0,17$ et $44,02 \%$ respectivement) comparé au fromage frais ($1,25 \text{ mg EAG/ g} \pm 0,21$, $0,70 \text{ mg EQ/g} \pm 0,04$ et $33,97\%$ respectivement). Les fromages élaborés (frais, enrichi) sont de qualité hygiénique très satisfaisante avec aucune différence significative des caractéristiques physico-chimiques (pH, acidité, humidité, matière grasse). L'analyse sensorielle a révélé que les fromages B et C, enrichis aux feuilles de *Thymus vulgaris*, sont les plus appréciés par le jury expert.

Mots clés : Fromage frais, *thymus vulgaris*, activité antioxydante, composés phénoliques.

Abstract

The present work aims to develop an enriched cream cheese with dried leaves of *Thymus vulgaris*. Total phenolic content, flavonoids and antioxidant activity of the plant and the cheese product were evaluated. Physicochemical, microbiological and sensory analyzes of the processed cheeses (fresh, enriched) were also carried out. The ethanol 70% allowed the better extraction of total polyphenols, flavonoids of thyme leaves ($36,16 \pm 6,94 \text{ mg EAG / g}$) with a better antioxidant activity compared to ethanol 50% ($15,98 \pm 4,78 \text{ mg EAG / g}$). Enriched cheese contains the highest content of phenolic compounds and flavonoids ($1,35 \text{ mg EAG/ g} \pm 0,24$ and $0,91 \text{ mg EQ/g} \pm 0,17$ respectively) with a better antioxidant activity $44,02 \%$ compared to fresh cheese ($1,25 \text{ mg EAG/ g} \pm 0,21$, $0,70 \text{ mg EQ/g} \pm 0,04$ and $33,97\%$). The elaborated cheeses (fresh, enriched) showed a satisfactory hygienic quality with no significant difference of physicochemical characteristics (pH, acidity, humidity, fat). Sensory analysis revealed that enriched cheeses B and C with leaves of *Thymus vulgaris*, are the most appreciated cheeses by the expert jury.

Key words: Cream cheese, *thymus vulgaris*, antioxidant activity, phenolic compounds.