



DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

Benrabah Hanen & Dekichene Mohamed

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité: CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DES ALIMENTS

THÈME :

Contribution à l'étude de la qualité et la stabilité d'un lait fermenté alicament additionné d'extrait à l'éthanol de *Thymus vulgaris* (Thym) récolté dans la région de Naama

Soutenues publiquement le : 22/06/2017

DEVANT LE JURY :

Président: BOUCHERF. D.	DOCENT	Université de Mostaganem
Encadreur : AIT SAADA .D.	M.C.A	Université de Mostaganem
Examineur : LABDAOUI. D.	M.C.A	Université de Mostaganem
Invité : HAROUNE. K.	Doctorant	Université de Mostaganem

Année Universitaire : 2016/2017

Le thème est réalisé au niveau du laboratoire de microbiologie et le laboratoire de technologie alimentaire et nutrition Université de Mostaganem.

Abréviations

* : significatif.

** : hautement significatif.

NS : non significatif.

F.A.O : organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.

Kg : Kilogramme.

L : Litre.

O.M.S : Organisation Mondiale de la Santé.

M17 : TERZAGHI et SANDINE, 1975.

MRS : de Man, Rogosa and Shape medium.

S/L : rapport de souche *streptococcus thermophilus* sur *lactobacillus bulgaricus*.

S : Streptococcus.

L : Lactobacillus.

ml : millilitre.

°D : degré Dornic.

°C : degré Celsius.

pH : potentiel hydrogène.

UFC : unité format colonie.

MG : matière grasse.

Na cl : chlorure de sodium.

H : heure.

J : jour.

Liste des figures

Figure 1. Diagramme de la fabrication du yaourt	10
Figure 2. Technologie de fabrication des laits fermentés expérimentaux.	25
Figure3. Evolution du pH des laits fermentés additionnées l'extraits de Thym	29
Figure 4 : Evolution de l'acidité (°D) des laits fermentés additionnés d'extraits de <i>Thymus vulgaris</i>	29
Figure 5: Evolution de la viscosité (Kg /m) des laits fermentés additionnés d'extraits de <i>Thymus vulgaris</i>	31
Figure 6. Evolution du nombre de <i>streptococcus thermophilus</i> des laits fermentés additionnés d'extraits de <i>Thymus vulgaris</i>	33
Figure7. Evolution du nombre de <i>lactobacillus bulgaricus</i> des laits fermentés additionnés d'extraits de <i>Thymus vulgaris</i>	34
Figure8. Evolution sensorielle de la cohésivité des laits fermentés additionnés d'extrait à l'éthanol de Thym	36
Figure9. Evolution sensorielle de l'adhésivité des laits fermentés additionnés d'extrait à l'éthanol de Thym	37
Figure10. Evolution sensorielle de goût acide des laits fermentés additionnés d'extrait à l'éthanol de Thym	38
Figure11. Evolution sensorielle de goût fraîcheur des laits fermentés additionnés d'extrait à l'éthanol de Thym	39
Figure12. Evolution sensorielle d'arrière goût des laits fermentés additionnés d'extrait à l'éthanol de Thym	40
Figure13. Evolution sensorielle de la couleur des laits fermentés additionnés d'extrait à l'éthanol de Thym	41
Figure14. Evolution sensorielle d'odeur des laits fermentés additionnés d'extrait à l'éthanol de Thym	42

Liste des tableaux

Tableau 1. Exigences Canadiennes de composition pour les poudres de lait Canada	3
Tableau 2: principaux caractères de <i>Streptococcus thermophilus</i> et <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	7
Tableau3. Principales altérations du yaourt	11
Tableau 4. Classification botanique de <i>Thymus vulgaris</i>	15
Tableau5. Evolution du pH des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i>	28
Tableau 6. Evolution de l'acidité (°D) des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i>	30
Tableau7. Evolution de la viscosité (Kg/m) des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i>	32
Tableau8. Evolution du nombre de <i>Streptococcus thermophilus</i> (N.10 ⁴ UFC/ml) des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i>	34
Tableau9. Evolution du nombre de <i>Lactobacillus bulgaricus</i> (N.10 ⁴ UFC/ml) des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i>	35
Tableau10. Variation de la cohésivité des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i>	36
Tableau11. Variation de l'adhésivité des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i>	37
Tableau12. Variation du goût acide des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i>	38
Tableau13. Variation du goût fraîcheur des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i>	40
Tableau 14. Variation d'arrière goût des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i>	41
Tableau 15. Variation de la couleur des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i>	42
Tableau 16. Variation d'odeur des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i>	43

Plan du travail

Introduction

Partie1 : Etude bibliographique

Chapitre I : Présentation du yaourt ferme

1. Définitions :	2
1.1. Le lait fermenté	2
1.2. Le yaourt	2
2. Matières utilisées pour la production du yaourt	2
2.1. Lait frais	2
2.2. La poudre de lait	3
3. Les bactéries lactiques	3
3.1. Définition	3
3.2. Origine	3
3.3. Caractéristiques des bactéries du yaourt	4
3.3.1. Streptococcus thermophilus	4
3.3.2. Lactobacillus bulgaricus	4
3.4. Intérêt et fonctions des bactéries du yaourt	5
3.4.1. Production d'acide lactique	5
3.4.2. Activité protéolytique	5
3.4.3. Activité texturant	5
3.5. Symbiose des souches	6
4. Classification du yaourt	7
5. Technologie de fabrication du yaourt	7
5.1. Préparation du lait	8
5.2. Concentration	8
5.3. Homogénéisation	8
5.4. Pasteurisation	8
5.5. Refroidissement	9
5.6. Ensemencement	9
5.7. Conditionnement	9
5.8. Refroidissement	9
5.9. Arrête de la fermentation	9

5.10. Conditionnement	10
6. Accident de fabrication	11
7. Intérêt nutritionnels et thérapeutique du yaourt	12
8. Qualité microbiologique du yaourt	13
9. Facteur influant sur la qualité du yaourt	13

Chapitre II : Le Thym (*Thymus Vulgaris*)

1. Présentation	14
2. Historique	14
3. Classification	15
4. Description	15
5. Production	16
6. Répartition dans le monde	16
6.1. Pays d'origine	16
6.2. Principaux pays producteurs	16
6.3. Principaux pays exportateurs	16
7. Culture	16
8. Récolte	17
9. Conservation	17
10. Constituant	18
11. Application	19
12. Utilisation	19
12.1. Le thym en médecine	19
12.2. Propriétés pharmacologique et recherche en cours	19
12.2.1. Effets antioxydants	20
12.2.2. Effets antimicrobiens	20
12.2.3. Effet Spasmolytique	21
12.2.4. Effet antifongique	21

Partie2 : Méthodologie

1. Objectifs	22
--------------	----

2. Région de prélèvement et traitements préliminaires du matériel végétal	22
3. Méthode d'extraction des composés bioactifs de la plante	22
4. Essai de fabrication d'un lait fermenté alicament enrichi d'extraits de thym	22
4.1. Protocole expérimentale	22
4.2. Préparation des levains	23
4.3. Procédé de fabrication des laits fermentés expérimentaux	23
4.3.1. Pasteurisation	23
4.3.2. Incorporation de l'extrait de thym	23
4.3.3. Ensemencement des souches	24
4.3.4. Etuvage	24
4.3.5. Refroidissement et stockage	24
5. Mesures et contrôles	26
5.1. Paramètres physico-chimiques	26
5.1.1. Acidité	26
5.1.2. pH	26
5.2. Analyses microbiologiques	27
5.3. Tests organoleptiques	27
6. Traitement statistique	27
Partie3: Résultats et discussions	
1. Résultats	28
1.1. Analyses physico-chimiques	28
1.1.1. pH	28
1.1.2. Acidité	29

1.1.3. Viscosité	31
1.2. Analyses microbiologiques	33
1.2.1. <i>Streptococcus thermophilus</i>	33
1.2.2. <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	35
1.3. Test organoleptique	36
1.3.1. Cohésivité	36
1.3.2. Adhésivité	38
1.3.3. Goût acide	39
1.3.4. Goût fraîcheur	40
1.3.5. Arrière- goût	41
1.3.6. Couleur	42
1.3.7. Odeur	43
2. Discussion	44

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Cette étude visé à déterminer l'effet de l'incorporation de l'extrait à l'éthanol de Thym sur la qualité et la stabilité d'un lait fermenté (type yaourt) durant 2 périodes de l'étude, 4 heures de fermentation et 21 jours de conservation à 4°C.

Les échantillons expérimentaux sont préparés à différentes doses de l'extrait du Thym (0%, 2%, 4%, 6%, 8%), les mesures et contrôles suivants ont été effectuées en triple essais sur chaque produit transformé : acidité dornic, pH, viscosité, goût acide, goût de fraîcheur, cohésivité, adhésivité, arrière goût, odeur, couleur.

Durant la conservation il apparait que l'acidité est inversement proportionnelle aux taux d'incorporation de l'extrait à l'éthanol de Thym ; alors que le pH suit une évolution inverse dans les produits en fonction des taux d'extrait ajoutés. L'ajout d'extrait à l'éthanol de Thym à des taux notamment sévères de 8% affecte la viscosité des produits qui diminue relativement par comparaison au yaourt témoin. Les extraits à l'éthanol de Thym ont induit une diminution hautement significative de la croissance de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. Le nombre de ces germes, reste toutefois comparable à celui du yaourt standard (10^6 germes vivants/ml).

Les dégustateurs ont qualifié dans l'ensemble d'acceptable, le goût, l'odorat, l'acidité, l'arrière goût, l'adhésivité, la cohésivité des laits fermentés additionné d'extrait à l'éthanol de Thym.

Mots clés : Lait fermenté, Thym (*Thymus vulgaris*), *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*.

Abstract

This study aimed to determine the effect of incorporation of the Thym ethanol extract on the quality and stability of a fermented milk (yoghurt type) during 2 periods of the study, 4 hours of fermentation and 21 days storage at 4 ° C.

The experimental samples were prepared at different doses of the Thym extract (0%, 2%, 4%, 6%, 8%), the following measurements and controls were carried out in triple tests on each processed product: dornic acidity, PH, viscosity, acid taste, taste of freshness, cohesiveness, adhesiveness, taste, odor, color.

During storage it appears that the acidity is inversely proportional to the incorporation rates of the extract with Thym ethanol; While the pH follows an inverse evolution in the products according to the extract levels added. The addition of Thym ethanol extract at particularly severe levels of 8% affects the viscosity of the products which decreases relatively as compared to the control yoghurt. Thym ethanol extracts induced a highly significant decrease in the growth of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*. The number of these germs, however, remains comparable to that of standard yoghurt (10^6 live organisms / ml).

The tasters rated the taste, smell, acidity, aftertaste, adhesiveness, cohesiveness of the fermented milks and Thym ethanol extract as acceptable.

Key words: Fermented milk, Thyme (*Thymus vulgaris*), *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*.

Introduction

Les produits laitiers frais fermentés sont des aliments de grande consommation dans de nombreux pays. Les Pays-Bas sont considérés comme le premier consommateur dans le monde avec 23.2 Kg par personne par an et la France en deuxième position avec 21Kg par personne par an (**Euromonitor et Nielsen, 2012**).

En Algérie selon l'office national des statistiques, la consommation moyenne des Algériens est de 8.5 kg par personne par an (**Kaci et Sassi, 2007**).

En Algérie comme dans la plupart des pays en voie de développement, les laits fermentés (type yaourt) constituent des aliments de haute valeur nutritionnelle, et présentent une parfaite tolérance qui leur permet d'être proposés à l'ensemble des consommateurs d'une manière plus recommandable que le lait.

Le yaourt est un produit très apprécié par les consommateurs. C'est un produit vivant dont l'intérêt nutritionnel réside en la présence des bactéries lactiques.

La fermentation lactique des aliments constitue l'une des plus anciennes formes de conservation de la nourriture. Des bactéries lactiques sont alors utilisées empiriquement depuis des siècles dans la fabrication de nombreux aliments fermentés comme les produits laitiers (yaourt et fromage), et contribuent surtout à améliorer leurs qualités organoleptiques.

Avec l'évolution du consommateur vers la recherche d'un nouveau goût dans les aliments dépourvus d'additifs chimiques, la dynamique actuelle du marché des denrées alimentaires oblige les industriels à formuler constamment de nouveaux produits sains et diététiques.

Ces dernières années, la consommation des aliments d'origine végétale constitue un enjeu de santé publique. En effet, beaucoup d'études épidémiologiques ont démontré qu'une alimentation riche en aliments d'origine végétale réduit considérablement plusieurs maladies comme les accidents cardiovasculaires et certains types de cancer (**Dauchet et al., 2005**).

Les propriétés préventives des aliments d'origine végétale sont dues à la présence de vitamines C, E, A, d'huiles essentielles, et de polyphénols (**Guo et al., 2003**), qui sont des molécules dotées d'un grand pouvoir antioxydant.

Le thym contient au fait plusieurs composés bioactifs santé tels que les flavonoïdes qui sont utilisés dans plusieurs préparations alimentaires (thymol) pharmaceutique et en parfumerie. À la fois antibactérienne et fongicide, elle possède des propriétés antisparmodiques et antioxydant démontrées grâce à la présence de composés phénoliques. La médecine traditionnelle recommande les infusions, inhalations, décoctions des feuilles de thym contre la toux, pour dégager les voies respiratoires, stimuler l'appétit et favoriser la digestion.

Dans ce contexte, ce travail présenté contribue à l'étude de la qualité et la stabilité d'un lait fermenté alicament (type yaourt étuvé) additionné d'extrait à l'éthanol de *Thymus vulgaris* (thym) récolte dans la région de Naama Algérie.

1. Définition

1.1. Le lait fermenté :

Le lait fermenté est un produit laitier obtenu par la fermentation du lait, lequel peut avoir été fabriqué à base de produits obtenus à partir de lait avec ou sans modification de composition, par l'action de micro-organismes appropriés et résultant dans la réduction du pH avec ou sans coagulation (précipitation isoélectrique). Ces levains (micro-organismes) doivent être viables, actifs et abondants dans le produit à la date de durabilité minimale (**Codex alimentarius, 1975**).

1.2. Le yaourt :

Selon la définition de 1977 établie par la **FAO** et l'**OMS**, le yaourt est un lait coagulé obtenu par la fermentation lactique acide due à *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, ces bactéries lactiques sont cultivées sur du lait préalablement pasteurisée, dans le but d'éliminer la plus grande partie ou la totalité de la flore microbienne préexistante ou lait concentré avec ou sans addition (de lait en poudre, etc.). Après la fermentation, le yaourt est refroidi à une température comprise entre 1 et 10°C, à l'exclusion de tout autre traitement thermique. Il est prêt à être consommé. Les microorganismes du produit final doivent être viables et abondants (**Luquet, 1990**).

2. Matières utilisées pour la production du yaourt :

2.1. Lait frais :

Le lait est un produit de forte valeur nutritionnelle. C'est l'un des rares aliments à contenir une teneur équilibrée en nutriment de base (glucide, lipides et protides). C'est aussi l'un des rares à convenir à toutes les tranches d'âge qui le consomment tel quel à état liquide (lait frais) ou sous forme de produits dérivés (fromages, yaourts, crèmes glacées...etc.). Avec une valeur énergétique de l'ordre de 700Kcal/l, le lait de plusieurs espèces animales constitue une source importante et relativement bon marché d'apport quotidien en acides aminés et acides gras essentiels ainsi qu'en calcium alimentaire. Le lait est aussi riche en d'autres sels minéraux (notamment phosphore et magnésium) et en vitamines du groupe B (B1, B2, B5 et B12) et en vitamine A (**Boubchir-ladj, 2010**).

2.2. La poudre de lait :

Constitué essentiellement de matière sèche du lait et d'une très faible quantité d'eau (2 à 5%), la poudre de lait à l'avantage de pouvoir se stocker et se transporter aisément pour être utilisée via la recombinaison comme matière première pour la production de fromages, de laits fermentés, de crèmes glacées...etc (**Boubchir-ladj, 2010**).

Tableau 1. Exigences Canadiennes de composition pour les poudres de lait Canada (**Vignola, 2002**).

	Poudre de lait écrémé	Poudre de lait partiellement écrémé	Poudre de lait entier
Matière grasse	≤1,2%	23%	≥26,0%
Humidité	≤4,0%	≤4,0%	≤2,5%

3. Les bactéries lactiques :

3.1. Définition :

Les bactéries lactiques sont largement utilisées dans les procédés de fermentation permettant la conservation des produits alimentaires. Ces denrées bénéficient ainsi d'une meilleure de conservation, mais elles acquièrent aussi certaines de leurs propriétés, comme le goût et la texture, voir une action favorable sur la santé. La fermentation lactique est principalement le fait de quelques groupes de bactéries gram-positif dont principalement : *L. lactis*, *S. thermophilus*, et quelque espèces de Lactobacilles et de Leuconostoc (**François, 2008**).

3.2.Origine :

Les bactéries lactiques sont très abondantes dans la nature. Elles se trouvent généralement associées à des aliments riches en sucres simples. Elles peuvent être isolées du lait, du fromage, de la viande, de végétaux ou des aliments ensemencés par les végétaux. Elles se développent avec la levure dans le vin, la bière et le pain. Quelques espèces colonisent le tube digestif de l'homme et des animaux (**Leveau et Bouix, 1993**).

3.3. Caractéristiques des bactéries du yaourt :

3.3.1. *Streptococcus thermophilus* :

Ce sont des cellules immobiles, sphériques ou ovoïdes de 0,7 à 0,9 μm de diamètre. Il se présente sous forme de diplocoques ou de longues chaînettes. Les cultures âgées ont un polymorphisme prononcé, les cellules sont souvent déformées, très grosses, allongées, fusiformes (**Rasic et Kurman, 1978**).

En milieu gélosé (M 17), il forme des colonies lenticulaires de 1 à 2 mm de diamètre. Leur milieu écologique est le lait ou les produits laitiers.

Le Streptocoque ne se cultive pas dans un milieu contenant 2 % de NaCl ; ce caractère le différencie nettement des Streptocoques du groupe sérologique D (culture dans un milieu à 6,5 % de sel) (**Accolas et al. 1980**).

Sa sensibilité aux antibiotiques est grande (0,1 U.I. de pénicilline de lait). Il possède un caractère thermophile accusé : se cultive à 45 °C, ne se cultive pas à 10 °C. C'est l'un des Streptocoques les plus thermorésistants (survit à 65 °C pendant 30 minutes).

Son activité protéolytique est faible. La plupart des acides aminés libérés sont utilisés pendant la phase exponentielle de croissance (**Tamine et Deeth, 1980**).

3.3.2. *Lactobacillus bulgaricus* :

Ce sont des cellules immobiles, en forme de bâtonnets à bords arrondis, seules ou en longues chaînes. Sa taille est en moyenne de 4 à 6 μm de diamètre (**Maria et Bojana, 1978**).

En milieu gélosé (MRS), il donne des colonies lenticulaires souvent polylobées.

C'est un Lactobacille très polymorphe. Sa morphologie varie suivant le milieu utilisé, l'âge de la culture, la température et la souche considérée. Dans les cultures jeunes, les cellules sont des bâtonnets courts ; dans les cultures âgées, elles sont en filament et présentent des renflements ou des ramifications. Les cellules âgées présentent d'abondants granules métachromatiques après coloration au bleu de méthylène (**Gilliland et Kim, 1984**).

C'est une bactérie typique du lait ; elle se cultive mal dans d'autres milieux. Son métabolisme est anaérobie facultatif, homofermentaire. Il est thermophile (cultive à 45 °C et même 50-52°C) (**Gianni de Carvalho et al., 2009**).

Son activité protéolytique est grande et fournit des acides aminés variés. Grâce à la NAD oxydase, il produit de l'eau oxygénée (**Higashiok et al., 1977**).

3.4. Intérêt et fonctions des bactéries du yaourt :

3.4.1. Production d'acide lactique :

La production d'acide lactique est une des principales fonctions des bactéries lactiques en technologie laitière, car cet acide organique permet de concentrer et de conserver la matière sèche du lait, en intervenant comme coagulant et antimicrobien. Le métabolisme est de type homo-fermentaire (production exclusif de l'acide lactique).

L'importance de l'acide lactique durant la fabrication du yaourt peut se résumer comme suit :

- Il aide à déstabiliser les micelles de caséines, ce qui conduit à la formation du gel ;
- Il donne au yaourt son goût distinct et caractéristique, comme il contribue à la saveur et l'aromatisation du yaourt
- Intervient comme inhibiteur vis-à-vis des micro-organismes indésirables (**Schmidt et al, 1994**).

3.4.2. Activité protéolytique :

Les bactéries lactiques sont dotées de protéolytique complexe par leur nature et leur location, car pour satisfaire leur besoin en acides aminés, elles doivent dégrader les protéines.

Elles possèdent des endopeptidases liées aux parois qui peuvent parfois être de type acide ou neutre, des exopeptidases également associées aux enveloppes cellulaires.

Le niveau de ces activités protéolytiques peut varier en fonction de certain nombre de facteurs physico-chimiques ou génétiques.

La température de croissance et le pH du milieu sont également des facteurs qui peuvent affecter le niveau de production d'enzymes (**Vignola, 2002**)

3.4.3. Activité texturante :

La texture et l'onctuosité constituent, pour le consommateur, d'importants éléments d'appréciations de la qualité du yaourt. Certaines souches bactériennes produisent, à partir du glucose, des polysaccharides qui en formant des filaments, limitent l'altération du gel par les traitements mécaniques et contribuent à la viscosité du yaourt.

L'augmentation de la viscosité du yaourt est en général attribuée à la production d'exopolysaccharide (Schmidt et al., 1994).

3.5. Symbiose des souches :

Les deux germes sont micro aérophiles et supportent très bien les milieux acides (pH de 4 à 4.5). Dans le yoghourt, ils vivent en symbiose étroite. En effet, en culture associée, les deux bactéries produisent davantage d'acide lactique que lorsqu'elles sont cultivées seules. Le *Lactobacillus bulgaricus* favorise le développement de *Streptococcus thermophilus* selon le mécanisme suivant. Le lactobacille qui présente une activité protéolytique détache de la caséine certains acides aminés intervenant comme activateurs de streptocoques. Parmi ces acides, la valine joue un rôle particulièrement important (Roger, 1979).

Au début de la fabrication, le pH du lait est favorable aux streptocoques qui prédominent et assurent le départ de la fermentation lactique. L'action caséolytique des lactobacilles stimule le développement des streptocoques. Toutefois, l'acidité se développant, le pH du lait devient défavorable aux streptocoques qui sont remplacés progressivement par les lactobacilles. La coagulation du lait se produit lorsque l'acidité atteint 65 à 70°D (Roger, 1979).

En 1968, on a montré que *Streptococcus thermophilus* stimule également *Lactobacillus bulgaricus* en produisant un métabolite qui peut être remplacé par de l'acide formique. Cette stimulation ne peut être visible que dans du lait modérément chauffé car une action thermique prononcée provoque la formation d'acide formique à partir de lactose. Sur du lait traité à l'autoclave on ne peut donc relever le phénomène. C'est pourquoi il n'a pas été observé plus tôt (Roger, 1979).

En ce qui concerne l'arôme caractéristique du yoghourt, on l'a d'abord attribué au développement du seul streptocoque. Cependant les lactobacilles jouent également un grand rôle (Roger, 1979).

Les micro-organismes du yoghourt interviennent enfin sur la viscosité du yoghourt, après brassage. Suivant les différentes souches utilisées, les mucus élaborés par *Lactobacillus bulgaricus* peuvent être très variables) (Roger, 1979).

Tableau 2: principaux caractères de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* (Corvi, 1997).

<i>Streptococcus thermophilus</i>	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>
<ul style="list-style-type: none"> -Croissance optimale (37-42°C). -Ne se développe pas au-dessus de 20°C. -Se développe encore à 50°C. -Supporte un chauffage de 30 à 65°C. -Homofermentaire, produit très peu de composés contribuant à l'arôme du yaourt (diacetyl, acétones, acétaldéhyde). -Production de l'acide lactique L(+) jusqu'à une concentration de 0,7-0,8%. -Supporte un milieu acide pH (4-4,5). 	<ul style="list-style-type: none"> -Croissance optimale (42-47°C). -Limites de développement (15-52°C). -Homofermentaire, mais produit un peu d'acétaldéhyde responsable de l'arôme du yaourt. -Production d'acide lactique D(-) jusqu'à une concentration de 17%. -Développement une activité protéolytique moyenne et une faible activité lyolytique. -Supporte sans difficulté un milieu d'acide pH (4-4,5).

4. Classification du yaourt :

Avant d'aborder la fabrication du yaourt, il convient dire qu'il existe deux types de yaourts : Les yaourts dits traditionnels ou fermes ou étuvés dont la fermentation a lieu en pots : ce sont généralement des yaourts nature et aromatisés (**Luquet., 1990**).

Les yaourts à caillé brassé ou brassées plus liquides dont la fermentation a lieu en cuve avant le conditionnement. Ce sont généralement des yaourts veloutés nature ou la pulpe de fruits ou yaourts avec morceaux de fruits (**Luquet., 1990**).

D'autre part, pour l'un ou l'autre des types de yaourts, il est possible d'utiliser soit du lait partiellement ou totalement écrémé (les taux en matières grasses correspondants seront alors de 3.5%, 1% et 0%) (**Luquet., 1990**).

5. Technologie de fabrication du yaourt :

Le processus de fabrication des yaourts comporte plusieurs étapes suivantes (figure 01) (**Lucey, 2004**).

5.1. Préparation du lait :

La matière première peut être soit du lait frais, soit du lait recombinaé (à partir du lait en poudre maigre et de matière grasse laitière anhydre), soit du lait reconstitué (à partir du lait en poudre maigre), ou encore un mélange. Dans tous les cas, elle doit être de bonne qualité microbiologique (**Alvarez et al., 1998**).

Lorsqu'on utilise du lait entier et même du lait partiellement écrémé, il est souhaitable de l'homogénéiser afin d'éviter la remontée de la matière grasse au cours de l'incubation (**Alvarez et al., 1998**).

5.2. Concentrations :

La consistance et la viscosité du yaourt sont pour une grande partie sous la dépendance de la matière sèche du lait, le lait doit être enrichi en matière sèche de façon à atteindre une valeur finale de 14-16%. La technique généralement utilisée consiste à ajouter du lait sec, mais on fait parfois recours à une concentration directe par évaporation (**Hermier et al., 1990**).

5.3. Homogénéisation :

C'est une étape très importante qui permet la rupture des globules gras de tailles différentes dans le lait en très petites particules uniformes (**Ebenzer, 1991**).

Selon KURMAN, la température ne doit pas être trop élevée lors de l'homogénéisation (55°C-60°C) sous une pression proche de 250 atmosphères (**Luquet, 1990**).

Mais actuellement cette opération s'effectue à des températures de (85°C-90°C) avec pression proche de 250 atmosphères (**Guyot, 1992**).

5.4. Pasteurisation :

Consiste à appliquer un traitement de (90°C pendant 5 minutes) permettant :

- La destruction de tous les germes pathogènes et la réduction de la flore indésirable (bactérie, levures, moisissure) ainsi que de certains enzymes tels que la phosphatase et la peroxydase.
- La stimulation de la croissance des bactéries lactiques par la formation de facteurs de croissance tels que l'acide formique.

➤ L'amélioration de la texture de yaourt par la dénaturation de 85% des protéines constitutive des caséines (Luquet, 1994).

5.5. Refroidissement :

Le refroidissement des laits s'effectue par l'ajustement de la température à un point auquel le levain lactique peut êtreensemencé, généralement l'abaissement de la température à 45°C donne un corps doux et uniforme (Ebernezer, 1991).

5.6. Ensemencement :

C'est l'inoculation de deux germes spécifiques du yaourt, *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* à des rapports de 1/2 pour le yaourt nature et 1/10 pour les yaourts fruités (Luquet, 1990).

Cette étape est généralement appelée phase d'acidification caractérisant la fabrication du yaourt. La qualité de culture ajoutée au lait peut être influence par l'activité des germes, le temps et la température d'incubation (Corvi, 1997).

5.7. Conditionnement :

La mise en pots de verre ou de plastique s'effectue automatiquement. Le dosage, la fermeture, l'impression de la date limite de consommation est réalisée par des machines (Assche, 1996).

5.8. Refroidissement :

Lorsque l'acidité atteint un seuil (70-80°D) pour les yaourts étuvés et (100-120°D) pour les yaourts brassés le développement des germesensemencés est freiné par l'abaissement de la température à 40°C (Luquet, 1990).

5.9. Arrêt de fermentation :

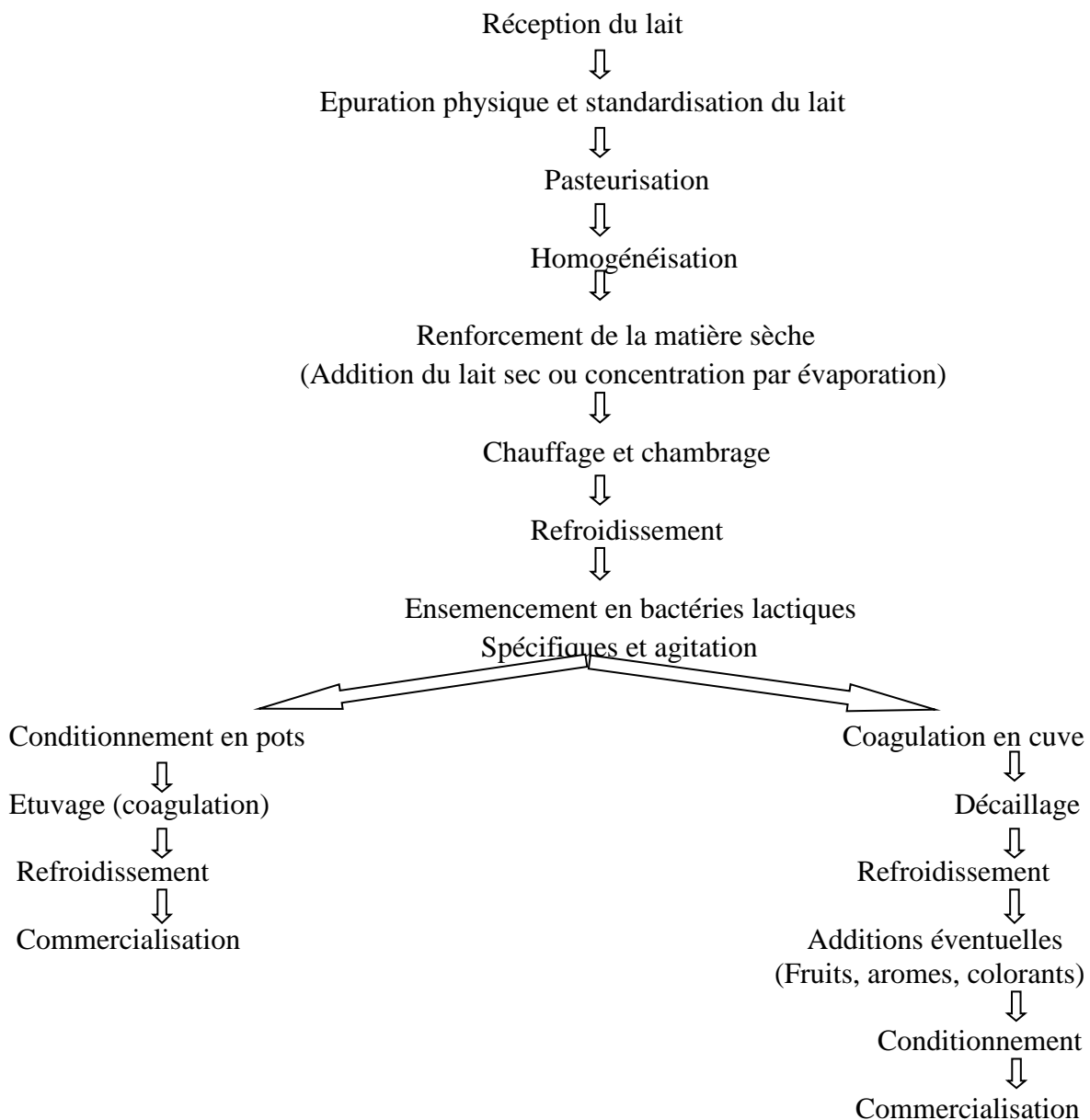
Cette étape consiste à arrêter la fermentation lactique des produits tout en préservant la vitalité des ferments. Les yaourts sont soumis à un refroidissement dans des tunnels avant la conservation dans la chambre froide à moins de 8°C (Luquet, 1990 ; Assche, 1996).

Dans ces conditions, les bactéries ne se multiplient pas, mais conservent néanmoins une certaine activité métabolique (**Hermier et Accolas, 1989**).

5.10. Conditionnement :

C'est la phase ultime de la fabrication. Les yaourts sont généralement conditionnés dans deux types d'emballage : les pots en verre et les pots en plastique. En effet les pots en carton paraffiné ont pratiquement disparu au profit de pots en plastique (**Luquet, 1990**).

Ces pots peuvent être soit fabriqués dans des usines spécialisées (cas de pots en verre et parfois en plastique) soit formés directement sur la machine de conditionnement (**Luquet, 1990**).



Yaourt en pots**yaourt brassé**

Figure 1. Diagramme de la fabrication du yaourt (**Lucey ,2004**).

6. Accidents de fabrication :

On peut regrouper sous 3 catégories les principaux défauts rencontrés chez le yaourt défaut d'apparence, défaut de goût et défaut de texture (**Tableau3**).

Tableau3. Principale altérations du yaourt (*Luquet, 1990*).

Défauts	Types d'altérations	Causes
Texture	Manque de fermeté	Ensemencement trop faible, faible incubation, agitation avant complète coagulation et matière sèche trop faible.
	Trop filante	Mauvais ferment et/ou température d'incubation trop faible.
	Granuleuse	Mauvais brassage, teneur en matière grasse trop élevée et/ou mauvaise choix de ferment.
Apparence	Synérèse	Mauvaise conduite de la fermentation, température trop élevée pendant le stockage, conservation trop longue, refroidissement trop faible et/ou agitation poussée.
	Production du gaz	Contamination par les levures et moisissures et des hétérofermentaires.
	Couche de crème	Absence d'homogénéisation
Goût	Amertume	Trop longue conservation, action protéolytique trop forte des ferments, contamination par les germes protéolytiques et ajout excessive d'arome artificiel
	Rancidité	Contamination par des germes lypolytique et/ou traitement thermique trop faible
	Levure d'alcool et moisissure	Contamination par des levures et/ou par des moisissures

	Oxydé	Mauvaise protection contre la lumière et/ou présence de métaux (Fe, Cu).
	Aigre	Mauvaise conduite les levains (contamination par une flore lactique sauvage et/ou coliforme).

7. Intérêts nutritionnelles et thérapeutiques du yaourt :

Un pot de yaourt nature possède la même valeur nutritive qu'un verre de lait : protéine (4 à 5%) ; lipides (un taux variable de 10 à 26%) ; Glucides (5 à 20%) selon qu'il est nature ou sucré (**Mahaut et al., 2000**).

Au cours de la fermentation ; la composition du lait subit certain nombre de modification. Certaines de ces modifications en font un produit de meilleure valeur nutritionnelle que le lait :

Amélioration de l'absorption du lactose : Le lactose est un élément le plus concerné par ces modifications puisque 30% du lactose est transformé en glucose et acide lactique par action des bactéries lactiques. La présence de bactérie lactique vivante dans le yaourt permet une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactose (**Mahaut et al., 2000**).

Amélioration de la digestibilité des microorganismes : bien que l'activité lipolytique des bactéries lactiques soit peu élevée, il y a une augmentation significative de la teneur en acide gras libre dans le yaourt. De plus l'homogénéisation améliore la digestibilité en augmentant la surface des globules (**Mahaut et al., 2000**).

Activité anti microbienne : le yaourt a un rôle préventif contre les infections gastro-intestinales. En dehors de l'acide lactique les bactéries du yaourt produisent des substances antimicrobiennes de prébiotique (**Mahaut et al., 2000**).

Stimulation système immunitaire : L'effet immun-régulateur du yaourt a été démontré. Son rôle dans l'augmentation de la production d'interférons et immunoglobulines et de l'activation des lymphocytes B est attribué aux lactobacilles (**Mahaut et al., 2000**).

Action préventive contre les cancers de la sphère digestive : Les lactobacilles modifieraient les enzymes bactériennes à l'origine des carcinogènes (indicateurs de cancers) dans le tube digestif, inhibant ainsi la formation de ces substances précancéreuses (**Mahaut et al., 2000**).

Action anti-cholestérol émie : La consommation de yaourt permet de prévenir les maladies coronariennes et serait plus efficace que le lait pour maintenir une cholestérolémie basse (**Mahaut *et al.*, 2000**).

8. Qualité microbiologique :

Les yaourts étant des produits acides, ce sont surtout les levures et moisissures qui sont susceptibles de s'y développer. La législation fixe des critères à ce sujet en même temps que des exigences microbiologiques générales (absence de germes pathogènes, de coliforme). D'autres exigences microbiologiques sont également posées, lesquelles garantissent que le yaourt a été obtenu d'un lait sain, traité correctement (pasteurisé et non décontaminé). Dès que ces exigences sont remplies, la qualité du yaourt devient celle qui plait au consommateur (**Ouattara, 2007**).

9. Facteurs influant sur qualité du yaourt :

De nombreux facteurs doivent être contrôlés avec attention pendant le procédé de fabrication pour produire un yaourt de haute qualité (goût, arôme, viscosité, consistance et apparence requis) qui se conserve bien dans le temps dont (**Sanon, 2005**) :

- Choix du lait ;
- Standardisation du lait ;
- Additifs laiteries ;
- Homogénéisation ;
- Traitement thermique ;
- Choix du levain ;
- Préparation du levain ;
- Conception de l'installation.

Le pré – traitement du lait comprend ainsi un certain nombre de mesures qui sont toutes très importantes pour la qualité du produit final. Le traitement mécanique auquel le yaourt est soumis pendant la production a également des effets sur sa qualité.

1. Présentation :

« Thym » est la francisation de thymus qui désignait en latin (également Thymun) et en grec (thymon) ; plusieurs labiées aromatiques de petite taille. Le nom provient de l'égyptien thann non d'une plante servant à embaumer les corps ou de la racine grec que Thym, signifiant « exhiler une odeur ».

Le Thym commun dans le midi et fréquemment cultivé dans les jardins est le thym vulgaire, *Thymus Vulgaris*. Les provençaux le nomment « farigole » en provençal farigoulou. Ce terme provient du latin ferus, sauvage.

Les autres espèces sont des plantes rampantes que l'on regroupe sous le nom global de « serpolet ». Ce nom dérive, via le provençal, du latin serpyllum qui désignait les thymus rampants (également serpillum et serpillum). Il vient du grec herpillon, désignant les plantes **(couplan, 2012)**.

Les Thymus sont des plantes herbacées ou de petits buissons dont la base est ligneuse. Ils poussent bien en pot.

Le genre Thymus, appartenant à la famille des menthes, fédère environ 350 espèces, largement originaires du bassin méditerranéen puisque 70 espèces y sont connues. La majorité des espèces de thymus poussent dans la rocailleuse de l'Europe et de l'ouest de l'Asie. Il en existe plus de 200 cultivars dans les jardins **(Delachaux et Niestlé, 2008 ; Delachaux et Niestlé, 2013)**.

2. Historique :

Dans ses divers pays d'origines, le thym était connu en qualité d'aromate depuis l'Antiquité, bien que l'on ne sache pas avec exactitude quelles espèces de Thym étaient utilisées à cette époque. Dioscoride (2^e moitié de 1^{er} siècle) et Hippocrate (460 à 370 avJ.-C.) le mentionnent déjà dans leurs écrits. Ce sont les Romains qui l'ont introduit en Angleterre. Comme de nombreuses autres plantes médicinales et aromatiques, son usage s'est répandu dans toute l'Europe, dès le début du Moyen Age, grâce aux moines bénédictins. Le Thym entrainait dans la composition de diverses préparations (alcoolature vulnéraire, baume tranquille, baume Opodeldoch...) et faisait aussi partie des espèces vulnérables **(Teuscher, 2005)**.

3. Classification :

Le tableau suivant représente la classification botanique de *Thymus vulgaris* (Valdeyron, 1975).

Tableau 4. Classification botanique de *Thymus vulgaris* (Morale, 2002).

Régne	Plantes
Sous règne	Plantes vasculaire
Embranchement	Apermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Dialypétales
Ordre	Labiales
Famille	Lamiacées
Genre	Thymus
Espèce	Thymus vulgaris

4. Description :

Plante : Herbacée, souvent velue, c'est un petit sous-arbrisseau vivace, touffu dont les rameaux sont très aromatiques, de 7 à 30 cm de hauteur qui ont un aspect grisâtre ou vert grisâtre.

Tige : elle est généralement quadrangulaire, souvent renflée aux nœuds. Elle est ligneuse à la base, et herbacée supérieurement ou elle devient presque cylindrique. Les tiges ligneuses et très ramifiées sont groupées en touffe ou en buisson très dense.

Feuille : elles sont très petites, ovales à bord roulé. En dessous les nervures latérales sont distinctes, obtuses au sommet, ponctuées supérieurement, aux pétioles extrêmement courts, et blanchâtre à leurs faces inférieures opposées en paire se croisant d'un nœud à l'autre

Racine : les racines sont pivotantes, ce qui permet à la plante d'aller chercher l'eau en profondeur. (Assouad et Valdeyron 1975)

5. Production :

Durant la première année de culture, la récolte a lieu juste avant la floraison (jusqu'à fin septembre) et dans la seconde année, de juin à début septembre, à environ 10 cm au-dessus du sol. Deux coupes annuelles sont donc possible, la première en début de floraison, la seconde en début d'automne. C'est en début d'après –midi que la teneur en huile essentielle est maximale. Après un séchage entre 35 et 40°C, le montage et le tamisage sont réalisés, de manière mécanique. Pour un usage personnel, il est recommandé de récolter les feuilles fraîches et les tiges fleuries au fur et à mesure des besoins. Dans un contexte industriel, le thym est récolté encore aujourd'hui en partie, à partir de pieds sauvages (**Teuscher, 2005**).

6. Répartition dans le monde :

6.1. Pays d'origine :

Les pays d'origine du Thym sont localisés dans les Régions méditerranéennes, s'étalant de l'ouest de l'Europe juste au sud de l'Italie (**Teuchland et al., 2005**).

6.2. Principaux pays producteurs :

L'Europe, plus particulièrement la France, l'Espagne, la Grèce, le Portugal, l'Italie, la Tchétchénie, la Hongrie, la Pologne, l'Allemagne, l'Ukraine, le Maroc, l'Algérie, et les Etats Unis, l'Inde, l'Argentine, l'Afrique, de l'ouest et du sud (**Teusch et al., 2005**).

6.3. Principaux pays exportateurs :

Les pays exportateurs regroupent l'Espagne, le Pologne, la Hongrie, avec en outre le Maroc, l'Autriche, l'Italie, l'Albanie, la Bulgarie, la Roumanie, le Portugal, la France, l'Angleterre, l'Allemagne, et le nord de l'Amérique (**Teuschet al., 2005**).

7. Culture :

Le thym pousse bien sur des endroits naturels, sur sol légers et calcaires ; mais il prospère tout aussi bien sur sols fertiles argileux non détrempés. Il nécessite des endroits bien ensoleillés et supporte relativement bien la sécheresse. C'est d'ailleurs sur sol pauvre (maquis, rocaille de garrigues) que se développe le mieux son arôme. Dans les endroits de fortes gelées, une protection est recommandée durant l'hiver.

Sa multiplication se fait par semi superficiel (germination à la lumière !), réalisé mi-avril ou plus rarement en août, en rangées écartées d'environ 20 à 30 cm, de préférence sur sol léger et sablonneux. Une pré-culture sous châssis dès la mi-mars, suivie d'une plantation définitive, est également possible. Pour éviter l'hétérogénéité des qualités de semences, la multiplication peut également se faire par division des souches, de préférence au printemps, ce qui permet d'obtenir rapidement des plants rigoureux. Le thym croît également bien dans les rocailles et se cultive également en pots la culture est possible durant 4 à 6 années. Elle peut se faire à partir de diverse qualités comme par exemple « Deutscher Winter ». « Sloneeczko », « Kradjovy », « Aroma », « Lemonal » ainsi que « Mixta » et « Varico ». les qualités de semences française ne conviennent pas aux régions d'Allemagne, aux hivers trop rudes (Teuscher et al., 2005).

8. Récolte :

Les sommités (berba thymi) sont récoltées à des fins médicinales. Les jeunes branches sont coupées à la main, au début de la floraison, pour préparer les produits pendant l'été. Elles sont mises à sécher en couches fines, à l'ombre ou dans un séchoir à 35°C au maximum. Les tiges contiennent des tanins, des principes amers, des saponines, des antiseptiques végétaux et une huile essentielle dont les principaux composants sont le thymol et le carvacrol (Blot et gouillier,2012).

9. Conservation :

Les feuilles fraîches ou les rameaux fleuris frais se conservent quelques jours dans des sacs plastiques, au réfrigérateur. Ils peuvent également être congelés ou mis dans des bacs à glaçons. Le thym se sèche parfaitement bien, sans perte considérable de son caractère aromatique.

Au contraire, il semble que la force de l'arôme d'un thym sec soit renforcée. Séchée, la drogue se conserve au frais, protégée de l'humidité et de la lumière, dans des récipients hermétiques(en porcelaine, en verre ou en métal) ; dans ces conditions, elle est relativement stable. Les pertes en huiles essentielle, après une conservation de 15 mois après la récolte, n'atteignent en effet que 0.075ml/100g (Teusch et al.,2005).

10. Constituants :

- Huile essentielle : 1.5 à 4% (dans le thym d'origine française et récolté en été, les teneurs peuvent même atteindre 6.5%). Les constituants principaux sont très différents selon les races chimiques. En France, une demi-douzaine de chimiotypes différents ont été décrits pour la seule région méridionale.

Divers compositions ont été décrites : ainsi, le thymol, le carvacrol (teneur jusqu'à 85%), le p-cymène (jusqu'à 45%), le linalil, l' α -terpinéol, le camphre, le mélange thymol (jusqu'à 65%) + carvacrol (5 à 10%), le mélange thymol (environ 35%) + γ -terpinéol (environ 18%), le mélange géraniol + acétate de géranyle (jusqu'à 90%), le mélange linalol + acétate de linalyle (jusqu'à 95%), le mélange α -terpinéol + acétate d' α -terpényle (jusqu'à 96%), le mélange hydrate de trans-sabinène (jusqu'à 56%) + terpinéol-4 (jusqu'à 43%), le mélange 1.8-cinéole + camphre ainsi que le mélange trans-thujanol + terpinéol-4 peuvent dominer.

Dans l'huile essentielle de thym du commerce, le thymol pr «domine» (teneur comprise entre 30 et 50%), souvent accompagné de p-cymène (15 à 20%), de γ -terpinène (5 à 10%) et de carvacrol (1 à 5%), les constituants minoritaires sont notamment les suivants : thymol méthyléther, (-) bornéol, camphre, limonène, linalol, β -myrcène, β -pinène, hydrate de cis-sabinène, α -terpinène et terpinéol-4.

La pharmacopée européenne exige que l'huile essentielle de thym renferme entre 36 et 55% de thymol, 15 à 28% de p-cymène, 5 à 10% de γ -terpinène, 4 à 6.5% de linalil, 1 à 4% de carvacrol et 0.2 et 2.5% de terpinéol-4.

- Flavonoïdes : des flavones libres (notamment l'apigénine, la 6-hydroxylutéoline et la lutéoline), des flavanones comme la taxifoline, des flavonones comme la naringénine, de nombreuses flavones méthoxylées (cirsilinéol, 8-méthoxycirsilinéol, cirsimaritine, ériodictyol, genkwanine, sacuranétine, salvgénine, sidéritoflavone, thymonine et thymusine) accompagnés d'hétéroïdes flavoniques plus courants comme l'apigénine-7-glucoside, la lutéoline-7-glucoside et la vicénine-2.
- Dérivés de l'acide hydroxycinnamique (principe amer des lamiacées) : environ 4% avec notamment l'acide rosmarinique (environ 0.8 à 2.6%).
- Dérivés de l'acétophénone : 4-hydroxyacétophénone et des hétéroïdes estérifiés avec des dérivés de l'acide benzoïque.
- Triterpènes : acide usolique (1.9%), acide oléanolique (0.6%) (Teusche et al., 2005).

11. Application :

Préparé en infusion à raison d'une cuillerée à café dans une tasse d'eau à consommée trois fois par jours, il est résolutif et calme la toux. Il soulage également les crampes et agit comme un déodorant. Il complète les gargarismes et les bains dans les cures d'amincissement.

Les tiges fraîches servent à obtenir l'essence de thym, riche en thymol et utilisée en odontologie et dans l'industrie cosmétique pour fabriquer des dentifrices des bains de bouche. Le Thym est un herbe aromatiques qui sert à parfumer les sauces la charcuterie et les conserves de poisson (**Blot et gouillier, 2012**).

12. Utilisation :

12.1. Le Thym en médecine :

Le Thym était avant tout considéré comme une plante médicinale traitant les affections respiratoires, et non comme un aromate. De nos jours, il est certes mieux connu dans les cuisines mais bénéficie d'un regain d'intérêt pour ses qualités médicinales. L'usage thérapeutique du Thym est autorisé en Allemagne où il est agréé pour traiter « les symptômes de bronchite, de toux sèche et de catarrhe des voies aériennes supérieures ». L'infusion est préparée en jetant une cuillère à soupe de feuilles sèches dans l'eau frémissante. De nombreuses préparations phytopharmaceutiques renferment du Thym. Le principal constituant de son huile essentielle, le thymol, est un antiseptique puissant, largement utilisé avant l'essor des antibiotiques, dont l'odeur et la saveur sont connues de tous : c'est un ingrédient usuel des bains de bouches médicaux. (**Delachaux et Niestlé, 2013**)

12-2-Propriétés pharmacologique et recherche en cours :

Les propriétés pharmacologiques de la plante *Thymus vulgaris* et de ses différents extraits, en particulier l'huile essentielle et l'extrait aqueux, ont été bien étudié. En plus de leurs nombreuses utilisations traditionnelles, la plante et ses extraits ont trouvé de nombreuses applications industrielles (principalement comme additifs alimentaires) et médicinales.

Les recherches actuelles réalisées sur les effets des extraits de cette plante sur différents systèmes in vitro et in vivo ont ressorti plusieurs effets de grande importance pour la médecine, la pharmacie et l'industrie moderne, parmi lesquelles on cite les plus importants :

12-2-1-Effets antioxydants :

Thymus vulgaris est parmi les fines herbes séchées contenant les plus grandes capacités antioxydants. Différents composés du thym lui permettent de posséder un tel statut, comme les phénols (thymol et carvacrol), les flavonoïdes, l'acide rosmarinique, l'acide caféïque et la vitamine E. Ces constituants inhibent la peroxydation lipidique induite in vitro au niveau des mitochondries et des microsomes. Ils inhibent également la production de l'anion superoxyde (**Bruneton, 1999**).

Des recherches menées dans les années 1990 en Écosse ont établi les vertus potentielles de la plante et de son huile essentielle, en prévention du vieillissement. Des études récentes indiquent que *Thymus vulgaris* est un puissant antioxydant et assure des doses élevées d'acides gras essentiels dans le cerveau (**Iserine, 2001**).

L'activité antioxydant de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* évaluée par deux méthodes différentes : la technique de décoloration du β carotène et le test du DPPH. Montrent que cette essence exerce une activité antioxydant in vitro très puissante.

En parallèle l'extrait aqueux de la même plante a présenté une activité antioxydant importante, les caractéristiques antioxydantes observées sont fortement liées à la présence et la teneur de l'acide rosmarinique, composé phénolique principal dans l'extrait aqueux de *Thymus vulgaris*.

12-2-2-Effets antimicrobiens :

L'huile essentielle de Thym, riche en phénols, est douée de propriétés antibactériennes puissantes. L'huile essentielle de trois plantes dont *Thymus vulgaris* a été testée, par **Bouhdid** et ses collaborateurs, pour leur activité antibactérienne, l'huile de *Thymus vulgaris* témoigne d'une activité antibactérienne intéressante sur les bactéries gram positives comme sur les bactéries gram négatives.

L'activité antibactérienne de 11 huiles essentielles de plantes aromatiques contre la souche bactérienne *Bacillus cereus*, montre une inhibition totale de la croissance des spores bactériennes a été observée sous l'effet des extraits de *Thymus vulgaris*.

En outre, les hydrosols de thym ont empêché la croissance des trois microbes pathogène (*E. coli*, *Staphylococcus aureus* et *Yersinia enterocolitica*). Les hydrosols de thym à concentration de 50 à 75ml/100ml étaient complètement prohibitif sur la croissance bactérienne dans de

culture en suspension. Les résultats de cette étude ont confirmé la possibilité d'employer des hydrosols de thym dans la conservation des aliments et des boissons.

En plus de l'activité antibactérienne, des études ont prouvé que l'huile essentielle (à thymol) de *Thymus vulgaris* possède des propriétés antifongiques contre certain nombre de mycètes (Iserine, 2001)

12-2-3-Effet Spasmolytique :

L'activité spasmolytique de *Thymus vulgaris* est le plus souvent attribuée aux phénols de l'huile essentielle. Beeret ses collaborateurs (2007) dans leur étude ont montré que l'effet spasmolytique du thymol est enregistré à la concentration de 10^{-6} M. A cette concentration le thymol inhibe à 100% l'activité contractile spontanée des muscles lisses de l'estomac du cobaye par contre à 10^{-5} M réduit les effets de l'acétyl choline à 35%.

Par ailleurs, d'après Bruneton, (1999), les phénols de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* s'opposent effectivement aux contractions provoquées sur les muscles lisses du cobaye par l'histamine, l'acétyl choline ou d'autres réactifs, leurs concentration dans les préparations aqueuses de la drogue est insuffisante pour justifier leur activité. Ces auteurs ont montré que l'activité spasmolytique de ces préparations est liée à la présence des polyméthoxyflavones.

12-2-4-Effet antifongique :

L'accroissement des infections fongiques parmi les patients immunodéprimés et le développement de la résistance aux antifongiques nécessitent la découverte de nouveaux agents antifongiques. Pour cela, les sécrétions végétales telles que les huiles essentielles sont intéressantes en raison de leur pouvoir fongistatique.

Bhashara et al, ont testé l'activité antifongique du *thymus vulgaris* contre deux agents pathogènes :(le *Botrytis cinerea* et le *Rhizopus stolonifer*) qui sont responsable de la détérioration de la fraise. Ils ont montré que le thymol et le carvacrol présents à 27% dans l'huile jouent un rôle important dans l'inhibition fongique.

1. Objectifs :

Ce travail expérimental consiste à suivre l'effet des extraits d'une variété de plante médicinale très largement consommée par la population Algérienne à savoir le thym (*Thymus vulgaris*) sur la qualité physicochimique, microbiologique et organoleptique d'un lait fermenté type yaourt étuvé au cours de la période de fermentation et de poste acidification durant 21 jours de conservation des produits à 4°C

L'idée visée à concrétiser est d'essayer de concevoir un aliment santé (alicament) ayant des vertus thérapeutiques particulières en vue de suivre sa stabilité physicochimique, microbiologique, organoleptique et diététique durant la conservation des produits au froid.

2. Région de prélèvement et traitements préliminaires du matériel végétal

Le matériel végétal objet de l'étude le **Thym (*Thymus vulgaris*)** a été prélevé le mois de Mars 2017, dans la Wilaya de Naama au sud d'Algérie. Un échantillon de 2 à 3 kg pris uniquement sur la partie aérienne de l'espèce étudiée à été récolté d'une manière aléatoire dans la région de Méchria relevant de la Wilaya de l'étude. La matière végétale à été ensuite étalée sur du papier aluminium, puis séchée à l'air ambiant durant 2 semaines. Les échantillons séchés sont enfin broyés dans un broyeur à lame de cuisine puis mis dans des bocaux hermétiques et conservés à sec (température ambiante) et à l'abri de l'humidité.

3. Méthodes d'extraction des principes actifs de la plante :

Les principaux composés bioactifs de la plante ont été extraits par infusion à des taux respectifs de 0,2,4,6 et 8 g de matière végétale brute prélevé séparément et mis chacune dans 100 ml de lait cru pasteurisé maintenu à environ 100°C pendant 10 minutes.

4. Essai de fabrication d'un lait fermenté alicament enrichi d'extraits de thym

4.1. Protocole expérimental :

Le lait cru destiner à la fabrication des yaourts expérimentaux à été arrivé à GipLait de mostaganem.

Une fois prélevé, le lait a été pasteurisé à 100°C durant 5 minutes en vue de détruire tous les germes pathogènes et réduire le nombre de germes banaux jusqu'à un seuil acceptable par le Journal officiel de la République Algérienne de 10⁵ germes/ml.

L'incorporation du thym à été effectuée ensuite dans des échantillons de lait maintenus à environ 100°C à des taux de 0, 2, 4,6 et 8%. Après extraction des principaux composés actifs de la plante par infusion durant 10 minutes, le lait est débarrassé de la matière végétale ajoutée par simple filtration.

Les échantillons de lait récupérés ont été par la suite refroidis à 45°C, puisensemencés avec les souches spécifiques du yaourt à un taux de levains de 3% et à un rapport de souches *Streptococcus thermophilus* sur *Lactobacillus bulgaricus* de 2S/1L.

Chaque paramètre étudié a été représenté par un nombre de répétitions de trois pots d'une capacité de 100ml, soit un nombre total de 15 échantillons expérimentaux.

4.2. Préparation du levain :

Un litre de lait servant à la préparation du ferment sera préparé à un taux de 130g/l de poudre de lait « écrémé », puis subira une pasteurisation durant 2 minutes à 100°C, et un refroidissement à 45°C.

Ce lait sera fractionné en deux échantillons de 500 et 250 ml. Le premier seraensemencé avec 0,5 g d'une prise de la souche lactique lyophilisée pure de *Streptococcus thermophilus*. Le second échantillon sera à son tourensemencé avec 0,25 g de la souche pures de *Lactobacillus bulgaricus*. Ces deux échantillons après ensemencement aux deux ferments spécifiques seront mélangés ensemble dans un bécher et étuvés à 45°C pendant 1 heure.

Le levain prés a l'emploi avec un rapport de souches de 2 *Streptococcus thermophilus* pour 1 *Lactobacillus bulgaricus* (2S/1L, v/v) sera enfin incorporé dans les laits destinés à la fabrication des laits fermentés alicaments a un taux de 3% (3ml de levain dans 100 ml de lait cru pasteurisé enrichi d'extrait de Thym et maintenu durant environ 3 heures à 45 °C) .

4.3. Procédé de fabrication des laits fermentés expérimentaux :

4.3.1. Pasteurisation :

Le lait utilisé dans l'étude est un lait de vache cru pasteuriser à 100°C durant 5 minutes.

4.3.2. Incorporation de l'extrait de thym :

La plante objet de l'étude a été additionnée à des taux de 0, 2, 4,6 et 8% dans 3 fois 100 ml de lait cru maintenu chauffé à environ 100° C chacun, successivement. Les échantillons furent par la suite débarrassés de la matière première végétale par filtration et répartis dans des pots de 100 ml chacun.

4.3.3. Ensemencement des souches :

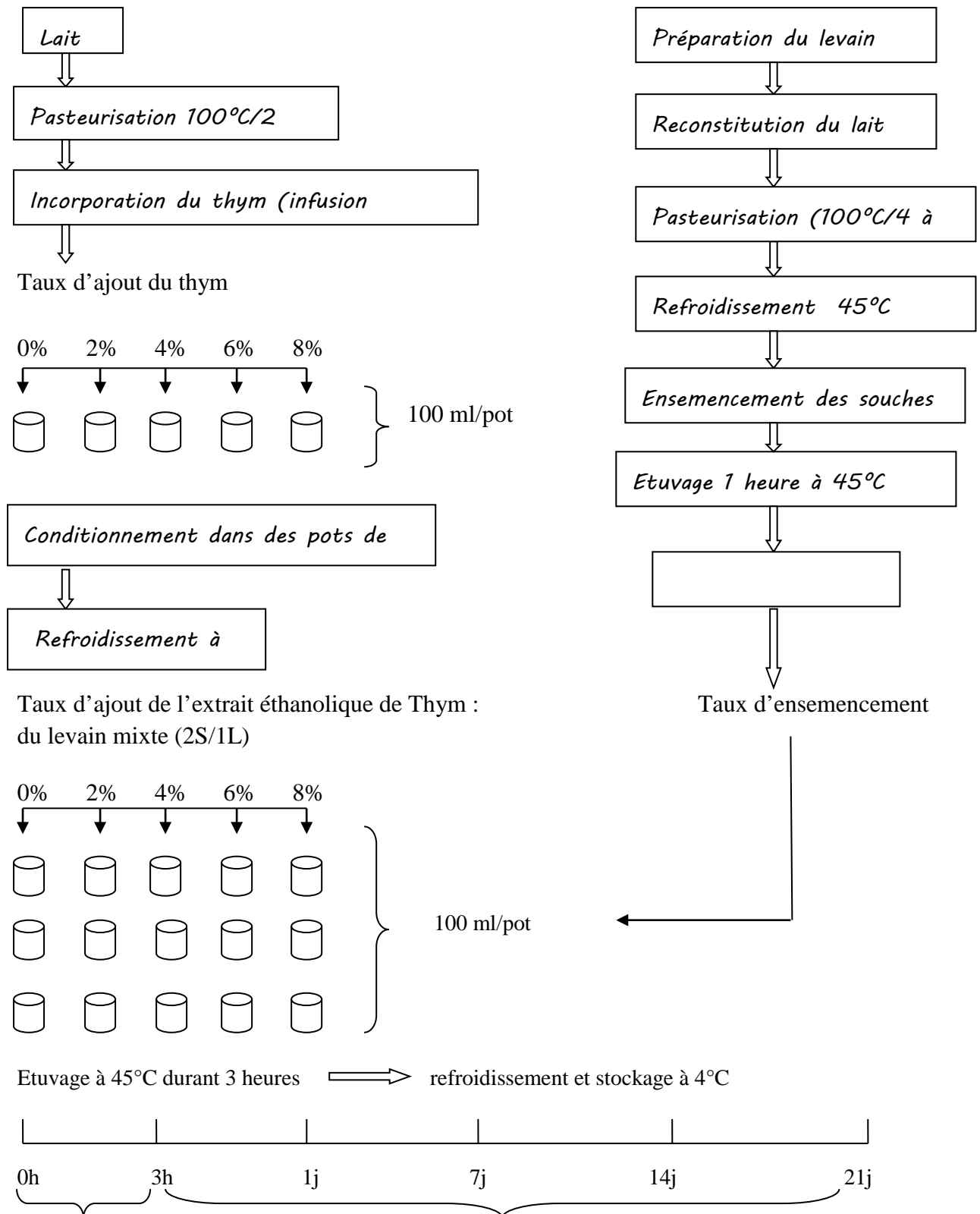
Après refroidissement à 45°C les échantillons de laits ont étéensemencés à 3% avec un levain lactique renfermant un rapport de souches *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* de 2S/1L. Les pots de différentes préparations furent ensuite sertis par du papier aluminium et orienté à la fermentation.

4.3.4. Etuvage :

L'étuvage consiste à incuber les échantillons expérimentaux à une température de 45°C durant 3 heures.

4.3.5. Refroidissement et stockage :

Au terme de la fermentation les produits expérimentaux une fois caillés furent conservés à 4°C au réfrigérateur pendant une période de 21 jours (Figure 2).



Période de fermentation période de poste acidification

Figure 2. Technologie de fabrication des laits fermentés expérimentaux.

5. Mesures et contrôle :

5.1. Paramètres physicochimiques :

5.1.1. Acidité :

L'acidité a été déterminée d'une façon précise par titration de 10 ml d'une prise de yaourt à l'aide d'une soude caustique NaOH préparée en présence de 4 à 5 gouttes de phénol phtaléine préparé à 1% dans l'éthanol (100ml) (**Annexe 1**).

5.1.2. pH :

Le dosage de pH est réalisé par un pH mètre étalonné par 2 solutions, l'une acide et l'autre basique, l'expression des résultats est directe, il suffit de lire sur le pH mètre le numéro détecté est affiché sur l'écran (**Milkas, 1993**).

5.1.3. Viscosité :

La viscosité a été mesurée par l'utilisation d'un tube en verre de diamètre égale à 2cm et de 18cm de longueur, équipé d'un chronomètre et d'une bille normalisé (**Annexe 1**).

Le yaourt est défini comme un fluide viscoélastique. Il possède donc à la fois les propriétés visqueuses d'un liquide et les propriétés élastiques d'un solide. Le comportement rhéologique du yaourt est de type non newtonien, dans ce sens où la viscosité du produit dépend de la vitesse de cisaillement ou de la contrainte exercée. La viscosité est déterminée comme suite :

$$\mu = K \cdot (\xi_{bille} - \xi) \quad K = \frac{2 \cdot r^2 g}{9 \cdot x}$$

$$\mu = \frac{2r^2g}{9x} \cdot (\xi_{bille} - \xi)$$

μ : viscosité dynamique ($\text{Kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$).

K : constante, tel que $K = 8,175 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-2}$.

R : rayon de la bille tel que, $r = D/2 = 7,7 \text{ mm}$.

x : la distance d'écoulement de la bille, $x = 16 \text{ cm}$.

g : la force de pasteur, tel que $g = 9.8 \text{ m/s}^2$.

ξ_{bille} : la masse volumique de la bille $= 7861,27 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

ξ_{yaourt} : la masse volumique de yaourt ($\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}$).

t : temps parcouru pour la bille entre deux points A et B.

5.2. Analyses microbiologiques :

- ***Streptococcus thermophilus*** : Le dénombrement des germes à été réalisé par culture d'une prise de dilution sur un milieu de culture sélectif « M17 » incubé a 37°C pendant 48h.
- ***Lactobacillus bulgaricus*** : Le dénombrement des germes à été effectué par culture d'une prise de dilution sur un milieu de culture sélectif « MRS » incubé a 30°C pendant 48h.

5.3. Test organoleptique :

Chaque 7 jours durant toute la période de poste acidification, la qualité des laits fermentés expérimentaux à été évaluée par un jury composé de 10 panelistes, qui ont apprécié selon une échelle de notation variable de 1 à 10 les critères des produits suivants :

- **Gout acide** : Consiste à apprécier l'ampleur de l'acidité développée par les germes lactiquesensemencées dans les laits fermentés type yaourt au cours de l'entreposage.
- **Gout de fraîcheur** : Consiste à apprécier l'ampleur de la sensation de fraîcheur lors de la mise en bouche du produit.
- **Cohésivité** : Consiste à déterminer la capacité maximale de déformation en pot de l'échantillon avant de se rompre lorsqu'il est écrasé entre les doigts.
- **Adhésivité** : Exprime l'intensité des forces inter faciales développées entre la surface d'une cuillère et celle de l'échantillon lors d'une prise en pot du produit.
- **Odeur** : Le panéliste est appelé à apprécié la sensation d'odeur désagréable des produits conservés au froid à 4°C.
- **Arrière-goût** : Le panéliste est appelé à apprécier la sensation de l'arrière gout amère dans les produits présentés.
- **Couleur** : Consiste à apprécier le niveau d'acceptabilité de la couleur des produits par les consommateurs.

6. Traitement statistique :

Les résultats paramétriques vont être traités statistiquement par une analyse de variance bi factorielle en randomisation totale suivie d'une comparaison des moyennes deux à deux selon le test de NEWMAN et KEULS. Par contre, ceux relatifs au test organoleptique vont être analysés statistiquement par le test non paramétrique de Friedman.

1- Résultats :

1.1. Analyses physicochimiques:

1.1.1. pH:

En général, en fin de la fermentation et toute la période de post-acidification les valeurs du pH marquant une évolution légèrement décroissante de 6,25 à 0H (1^{er} jour avant la fermentation) jusqu'à 4,38 au 21^{ème} jour de conservation (**Figure 3**).

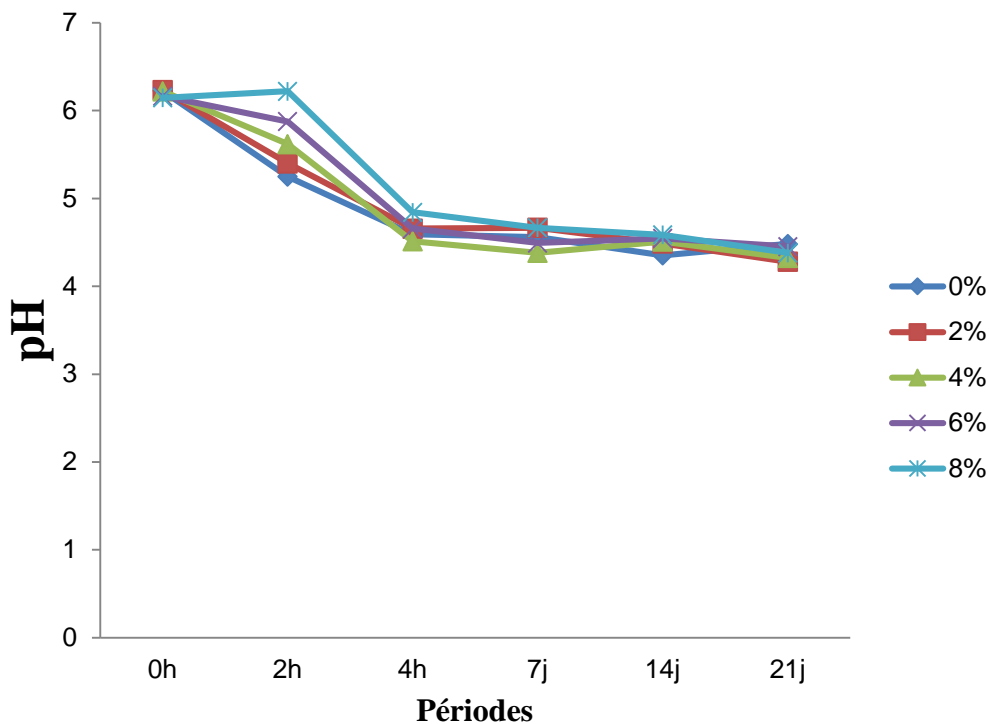


Figure3. Evolution du pH des laits fermentés additionnés l'extraits de Thym.

Les valeurs moyennes de pH des produits en fonction des doses incorporés de thym varient légèrement ($P < 0,01$) de 4,91 à 5,18. Les valeurs de pH s'avèrent proportionnels aux concentrations élevées d'extrait à l'éthanol ajoutées dans les laits fermentés ($p < 0,01$) ; soit des augmentation de 4,9 à 4,95 à 4,93, à 5,05 et à 5,18 pour les doses additionnées de 0, 2, 4, 6 et 8% respectivement dans les produits (**Tableau5**).

Tableau5. Evolution du pH des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de *Thymus vulgaris*

Facteur étudié Périodes		Doses d'extraits à l'eau de <i>Thymus vulgaris</i> incorporées					Moyenne	Effet d'extrait de Thym
		0%	2%	4%	6%	8%		
Fermentation	0H	6,227 ^b ± 0,31	6,233 ^b ± 0,031	6,22 ^b ± 0,079	6,167 ^b ± 0,095	6,417 ^a ± 0,035	6,25	** p<0,01
	2H	5,25 ^e ± 0,03	5,4 ^d ± 0,02	5,62 ^c ± 0,075	5,877 ^b ± 0,068	6,22 ^a ± 0,121	5,67	** p<0,01
	4H (1J)	4,593 ^{bc} ± 0,021	4,657 ^b ± 0,035	4,513 ^c ± 0,035	4,657 ^b ± 0,068	4,843 ^a ± 0,078	4,65	** p<0,01
Post-acidification (4°C)	7 ^{ème} J	4,56 ^{ab} ± 0,053	4,667 ^a ± 0,059	4,383 ^b ± 0,025	4,493 ^{ab} ± 0,021	4,667 ^a ± 0,158	4,55	** p<0,01
	14 ^{ème} J	4,353 ^d ± 0,015	4,487 ^c ± 0,015	4,51 ^c ± 0,01	4,547 ^b ± 0,015	4,587 ^a ± 0,015	4,49	** p<0,01
	21 ^{ème} J	4,483 ± 0,359	4,28 ± 0,27	4,323 ± 0,112	4,453 ± 0,042	4,38 ± 0,02	4,38	NS p>0,05
Moyenne		4,91	4,95	4,93	5,049	5,18		

Les résultats sont exprimé en valeur moyennes plus ou moins écarte type ; F₁ : Facteur étudié doses de thym incorporées lors de l'infusion ; ** : Effet hautement significatif du facteur étudié ; NS : Effet non significatif ; a, b, c, d : Comparaison statistique des moyennes deux à deux selon le teste Newman et Keuls ; H : heures ; J : jours.

1.1.2. Acidité :

Au cours de la phase de fermentation, l'évolution de l'acidité des laits fermentés est caractérisée par une augmentation moyenne croissante de 19,06°D à 0 heure à 75,13°D au 1^{er} jour.

Au cours de la phase de post acidification, l'évolution de l'acidité des laits fermentés est caractérisée par une augmentation à 75,93°D au 7^{ème} jour, à 98,53°D au 14^{ème} jour, puis les valeurs diminuent légèrement à 88,93°D en moyenne au 21^{ème} jour de la période de conservation (**Figure4**).

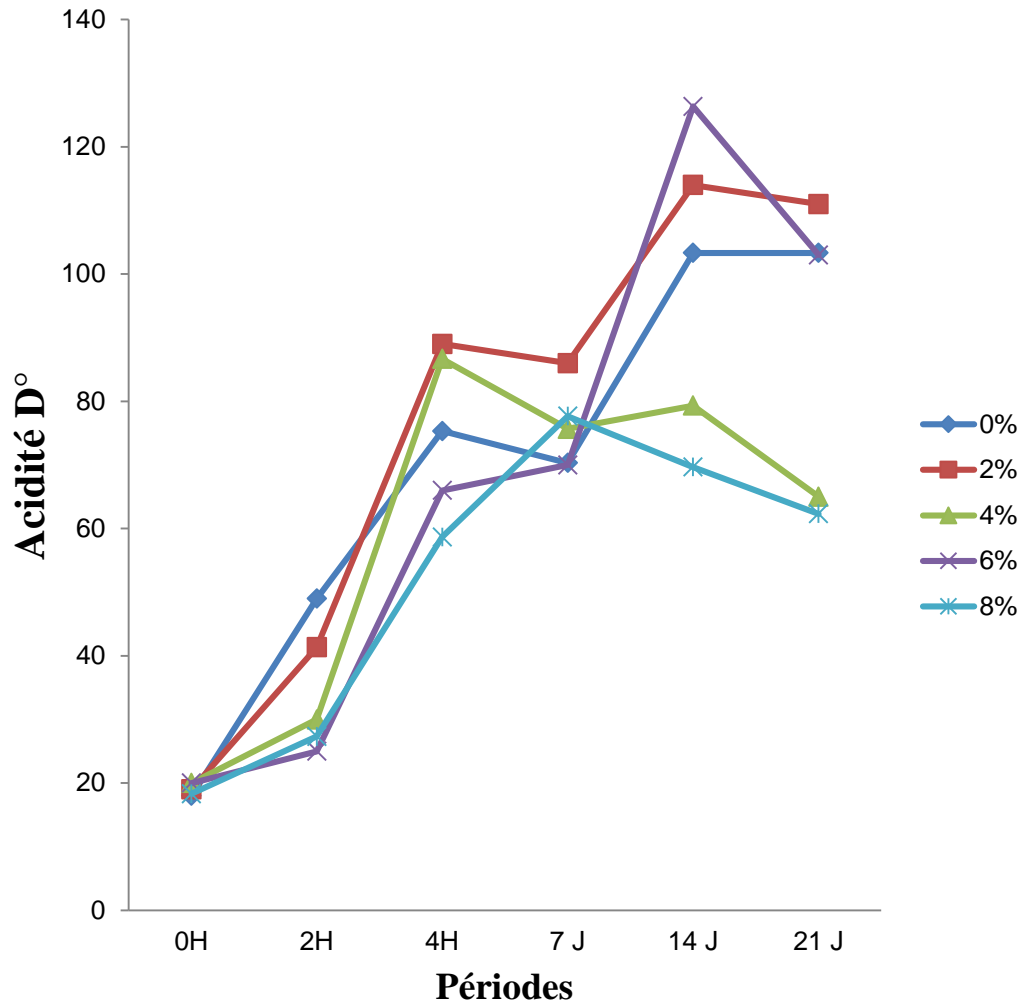


Figure 4. Evolution de l'acidité (°D) des laits fermentés additionnés d'extraits de *Thymus Vulgaris*.

Egalement, ces valeurs s'avèrent augmenter ($p < 0,01$) avec les doses de Thym incorporées dans les produits par infusion ; soit des valeurs qui augmentent de 69,89 à 76,72 à 59,45 à 82,07 et à 62,8°D en moyenne pour les doses de Thym variant de 0, 2, 4, 6, 8%, respectivement, dans les laits fermentés.

L'analyse de la variance montre l'effet hautement significatif des taux de Thym incorporées sur la variation de la moyenne de l'acidité des laits fermentés au 1^{er}, 7^{ème}, 14^{ème} et 21^{ème} jour de la période de fermentation et de post acidification. Par ailleurs la période montre un effet hautement significatif sur l'évolution de l'acidité des produits (**Tableau6**).

Tableau 6. Evolution de l'acidité (°D) des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de *Thymus Vulgaris*.

Facteur étudié Périodes		Doses d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i> incorporées					Moyenne	Effet d'extrait de Thym
		0%	2%	4%	6%	8%		
Fermentation	0H	18 ± 1	19 ± 1	20 ± 1	20 ± 1	18,33 ± 1,53	19,067	NS p>0,05
	2H	49 ^a ± 4,58	41,33 ^a ± 1,53	30 ^b ± 1	25 ^b ± 2,65	27,33 ^b ± 8,02	34,53	** p<0,01
	4H (1J)	75,33 ^{ab} ± 8,15	89 ^a ± 1	86,67 ^a ± 7,64	66 ^{bc} ± 4,58	58,67 ^c ± 8,51	75,13	** p<0,01
Poste – acidification (4°C)	7 ^{ème} J	70,33 ± 5,51	86 ± 2,65	75,67 ± 12,1	70 ± 1	77,67 ± 17,79	75,93	NS p>0,05
	14 ^{ème} J	103,33 ^b ± 11,50	114 ^{ab} ± 9,17	79,33 ^c ± 16,29	126,3 3 ^a ± 4,93	69,67 ^c ± 2,08	98,53	** p<0,01
	21 ^{ème} J	103,33 ^a ± 4,73	111 ^a ± 3,61	65 ^b ± 3,61	103 ^a ± 6,25	62,33 ^b ± 4,93	88,93	** p<0,01
Moyenne		69,89	76,72	59,45	82,07	62,8		

Les résultats sont exprimé en valeur moyennes plus ou moins écarte type ; F₁ : Facteur étudié doses de thym incorporées lors de l'infusion ; ** : Effet hautement significatif du facteur étudié ; * : Effet significatif du facteur étudié ; a, b, c: Comparaison statistique des moyennes deux à deux selon le teste Newman et Keuls ; H : heures ; J : jours.

1.1.3. Viscosité :

Durant les deux périodes d'études ; de fermentation et de post acidification, les valeurs moyennes de la viscosité des laits fermentés expérimentaux ont tendance à augmenter de 62,12 à 304,35 Kg/ms de 0H jusqu'à la dernière semaine de conservation (**Figure5**).

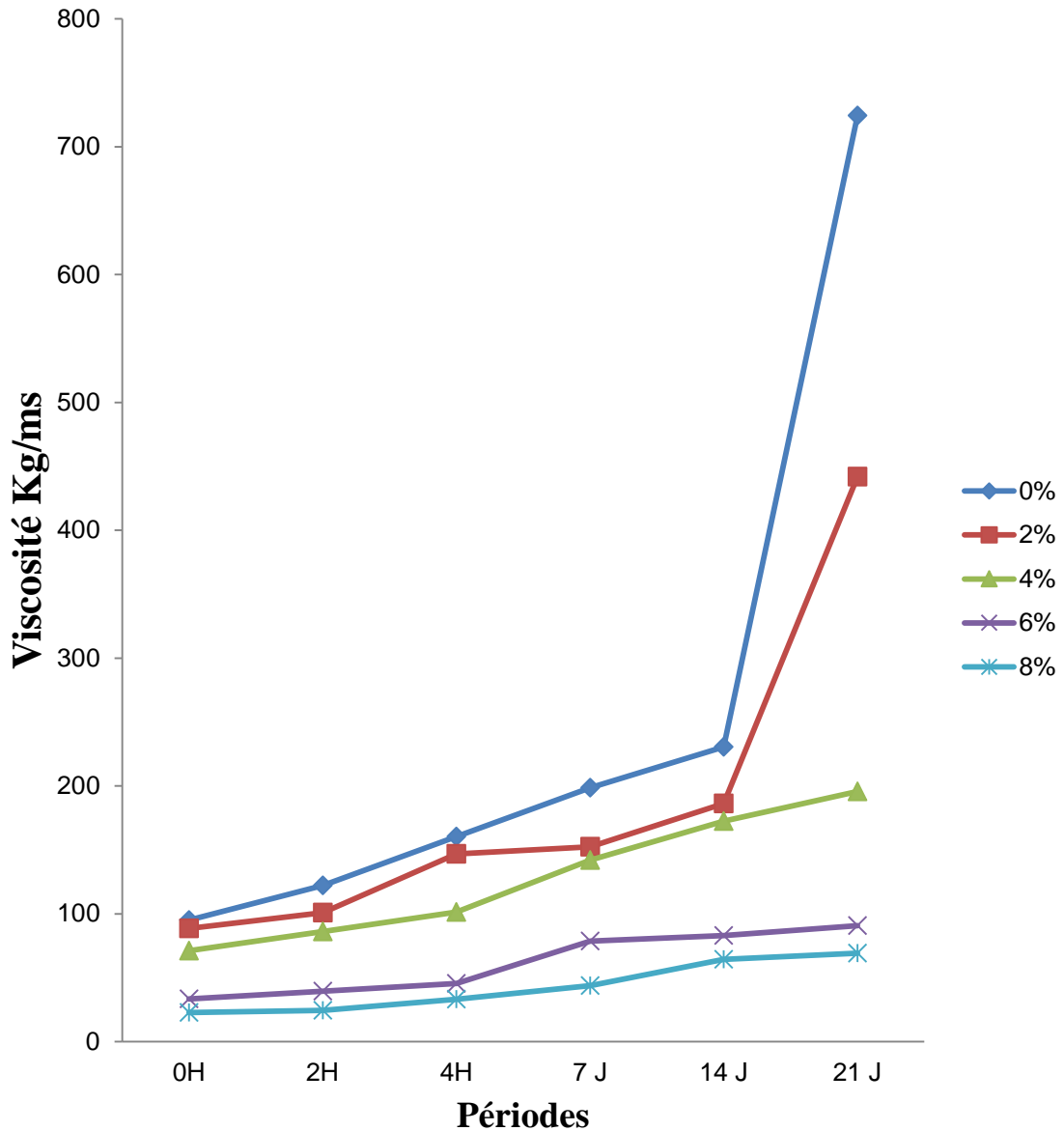


Figure 5: Evolution de la viscosité (Kg /ms) des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de *Thymus vulgaris*.

En outre , il est observé une relation inversement proportionnelle des valeurs de la viscosité avec l'augmentation des taux d'incorporation de Thym de 0 à 2 à 4 à 6 à 8% lors de la préparation des produits ; les moyennes sont de l'ordre de 255,15 , 186,13, 128,08 , 61,75 , 42,93(Kg/ms), successivement (**Tableau7**).

Tableau7. Evolution de la viscosité (Kg/ms) des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de *Thymus Vulgaris*.

Facteur étudié Période		Doses d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i> incorporées					Moyenne	Effet d'extrait de Thym
		0%	2%	4%	6%	8%		
Fermentation	0H	95,10 ^a ± 0,02	88,44 ^b ± 0,04	71,03 ^c ± 0,021	33,32 ^d ± 0,025	22,72 ^e ± 0,02	62,12	** p<0.01
	2H	122,15 ^a ± 0,02	100,9 ^b ± 0,02	86,18 ^c ± 0,015	39,52 ^d ± 0,02	24,33 ^e ± 0,03	74,62	** p<0.01
	4H (1J)	160,23 ^a ± 0,031	146,87 ^b ± 0,03	101,32 ^c ± 0,026	45,41 ^d ± 0,015	33,23 ^e ± 0,025	101,01	** p<0.01
Poste – acidification (4°C)	7 ^{ème} J	198,66 ^a ± 0,03	152,34 ^b ± 0,02	141,95 ^c ± 0,03	78,54 ^d ± 0,04	43,72 ^e ± 0,02	123,04	** p<0.01
	14 ^{ème} J	230,47 ^a ± 0,02	186,34 ^b ± 0,02	172,46 ^c ± 0,01	82,91 ^d ± 0,01	64,36 ^e ± 0,01	147,31	** p<0.01
	21 ^{ème} J	724,31 ^a ± 0,01	441,87 ^b ± 34,63	195,54 ^c ± 0,01	90,8 ^d ± 0,61	69,24 ^d ± 0,04	304,35	** p<0.01
Moyenne		255,15	186,13	128,08	61,75	42,93		

Les résultats sont exprimé en valeur moyennes plus ou moins écarte type ; F₁ : Facteur étudié doses de thym incorporées lors de l'infusion ; ** : Effet hautement significatif du facteur étudié; a, b, c, d, e: Comparaison statistique des moyennes deux à deux selon le teste Newman et Keuls ; H : heures ; J : jours.

1.2. Analyses microbiologique:

1.2.1. *Streptococcus thermophilus* :

Au cours des deux périodes de fermentation et de poste acidification le nombre des germes *Streptococcus thermophilus* connaît une augmentation de 38.10^4 à 156.10^4 UFC/ml en moyenne de 0 heure jusqu'au 14^{ème} jour, puis diminue à 108.10^4 UFC/ml aux 21 jours de la période de conservation (**Figure6**).

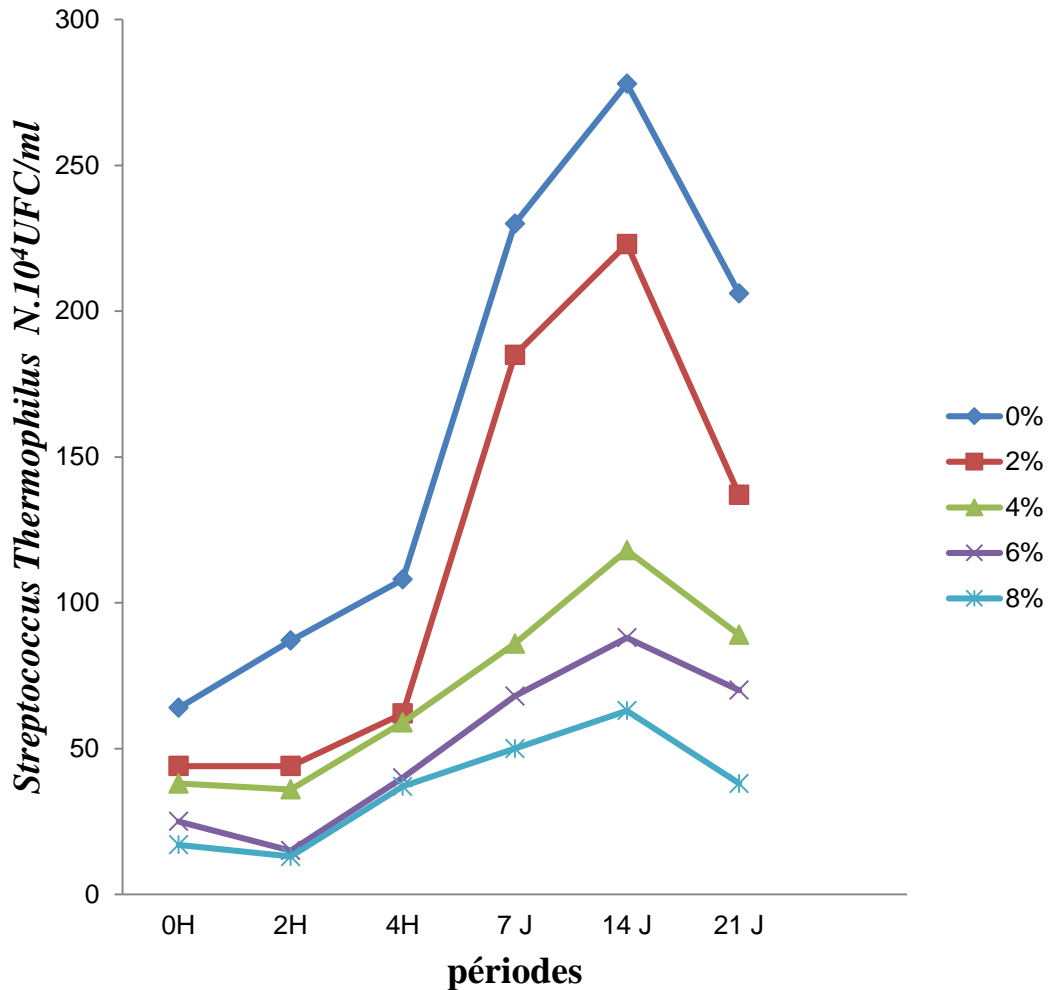


Figure 6. Evolution du nombre de *Streptococcus thermophilus* des laits fermentés additionnés d'extraits de *Thymus vulgaris*

Durant l'expérimentation, le nombre de *Streptococcus thermophilus* s'avère diminuer de $163,17 \cdot 10^4$ à $117,5 \cdot 10^4$ à $71 \cdot 10^4$ à $51 \cdot 10^4$ et à $36,33 \cdot 10^4$ UFC/ml avec l'élévation de 0 à 2 à 4 à 6 et à 8% d'extrait de thym l'infusion dans les essais expérimentaux.

L'analyse de variance sur l'évolution du nombre de *Streptococcus thermophilus* au cours des périodes (fermentation et post acidification) montre un effet hautement significatif du facteur étudié : taux d'incorporation d'extrait de Thym (**Tableau8**).

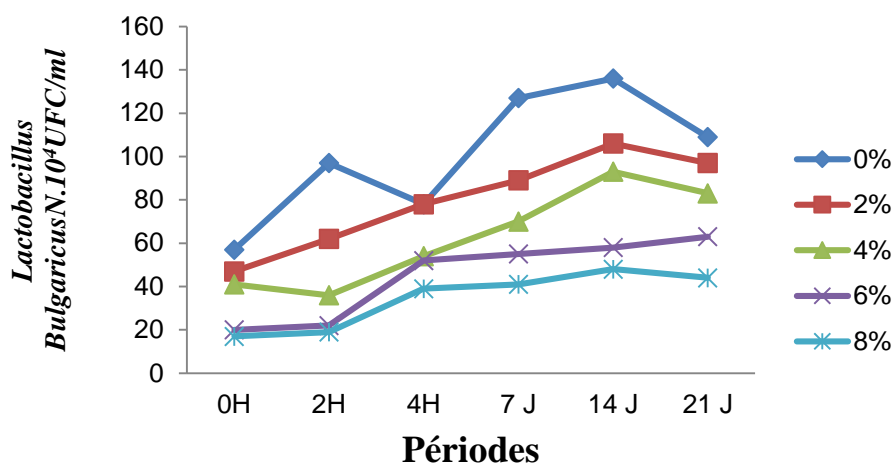
Tableau8. Evolution du nombre de *Streptococcus thermophilus* ($N.10^4$ UFC/ml) des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de *Thymus vulgaris*.

Facteur étudié Période		Doses d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i> incorporées					Moyenne	Effet d'extrait de Thym
		0%	2%	4%	6%	8%		
Fermentation	0H	64 ^a	44 ^b	38 ^{bc}	25 ^{bc}	17 ^c	38	** p<0.01
	2H	87 ^a	44 ^b	36 ^b	15 ^c	13 ^c	39	** p<0.01
	4H (1J)	108 ^a	62 ^b	59 ^b	40 ^b	37 ^b	61,2	** p<0.01
Poste – acidification (4 °C)	7 ^{ème} J	230 ^a	185 ^b	86 ^c	68 ^c	50 ^c	124	** p<0.01
	14 ^{ème} J	278 ^a	233 ^b	118 ^c	88 ^d	63 ^e	156	** p<0.01
	21 ^{ème} J	206 ^a	137 ^b	89 ^c	70 ^c	38 ^d	108	** p<0.01
Moyenne		161,17	117,5	71	51	36,33		

Les résultats sont exprimé en valeur moyennes plus ou moins écarte type ; F₁ : Facteur étudié doses de thym incorporées lors de l'infusion ; ** : Effet hautement significatif du facteur étudié; a, b, c, d, e: Comparaison statistique des moyennes deux à deux selon le teste Newman et Keuls ; H : heures ; J : jours.

1.2.2. *Lactobacillus bulgaricus* :

Le nombre des germes *Lactobacillus bulgaricus* évolue de $36,4.10^4$ UFC/ml à 0 heure jusqu'à $88,2.10^4$ UFC/ml en moyenne au 14^{ème} jour, puis diminue à $79,2.10^4$ UFC/ml à la fin d'entreposage des produits au 21^{ème} jour (**Figure7**).

**Figure7.** Evolution du nombre de *Lactobacillus bulgaricus* des laits fermentés additionnés d'extraits de *Thymus vulgaris*.

Durant l'expérimentation, le nombre de *Lactobacillus bulgaricus* a connu une diminution de $100,67 \cdot 10^4$ à $79,83 \cdot 10^4$ à $62,83 \cdot 10^4$ à $45 \cdot 10^4$ et à $34,67 \cdot 10^4$ UFC/ml avec l'élévation de 0 à 2 à 4 à 6 et à 8% des taux d'extrait à l'éthanol de thym incorporés dans les essais expérimentaux.

L'analyse de variance sur l'évolution du nombre de *Lactobacillus bulgaricus* au cours de la fermentation et la période de post acidification montre un effet hautement significatif d'incorporation d'extrait à l'éthanol de Thym (**Tableau9**).

Tableau9. Evolution du nombre de *Lactobacillus bulgaricus* ($N \cdot 10^4$ UFC/ml) des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de *Thymus vulgaris*.

Facteur étudié Période		Doses d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i> incorporées					Moyenne	Effet d'extrait de Thym
		0%	2%	4%	6%	8%		
Fermentation	0H	57 ^a	47 ^{ab}	41 ^b	20 ^c	17 ^c	36,4	** p<0.01
	2H	97 ^a	62 ^b	36 ^c	22 ^c	19 ^c	47,2	** p<0.01
	4H (1J)	78	78	54	52	39	60,2	* p>0.05
Post-acidification	7 ^{ème} J	127 ^a	89 ^b	70 ^{bc}	55 ^{bc}	41 ^c	76,4	** p<0.01
	14 ^{ème} J	136 ^a	106 ^b	93 ^b	58 ^c	48 ^c	88,2	** p<0.01
	21 ^{ème} J	109 ^a	97 ^{ab}	83 ^b	63 ^c	44 ^d	79,2	** p<0.01
Moyenne		100,67	79,83	62,83	45	34,67		

Les résultats sont exprimés en valeur moyennes plus ou moins écarte type ; F₁ : Facteur étudié doses de thym incorporées lors de l'infusion ; ** : Effet hautement significatif du facteur étudié ; * : Effet significatif ; a, b, c, d, e : Comparaison statistique des moyennes deux à deux selon le teste Newman et Keuls ; H : heures ; J : jours.

1.3. Test organoleptique :

1.3.1. Cohésivité :

Au premier jour de la conservation les dégustateurs ont qualifié la cohésivité du témoin de meilleur ; avec des moyennes des sommes des rangs de (10) pour le témoin contre 20,5, 32,5, 43,5 et 43,5 pour les laits fermentés additionnés d'extrait de thym à des doses de 2, 4, 6 et 8%, respectivement.

Au 7^{ème} et 14^{ème} jour les meilleurs cohésivités sont enregistrées dans les laits fermentés additionnés d'extrait à l'éthanol de Thym 0, 2, 4% (**Figure8**).

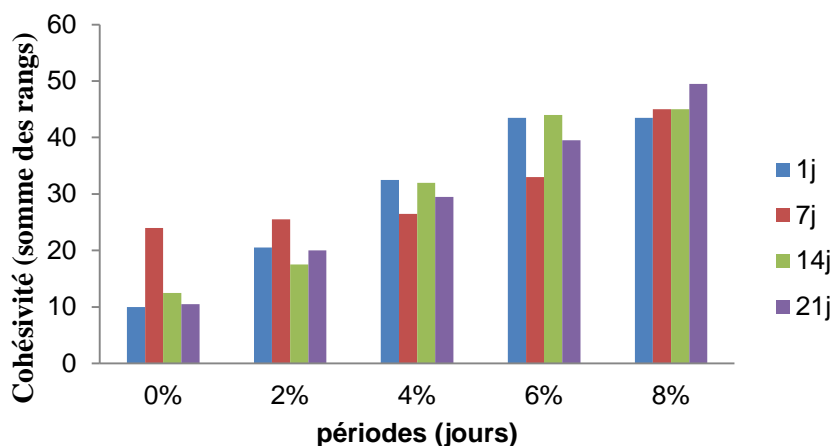


Figure8. Evolution sensorielle de la cohésivité des laits fermentés additionnés d'extrait à l'éthanol de Thym.

L'analyse de variance montre un effet hautement significatif des taux d'extrait à l'éthanol de Thym incorporés sur l'évolution de la cohésivité des laits fermentés (**Tableau10**).

Tableau10. Variation sensorielle de la cohésivité des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de *Thymus vulgaris*.

Facteur étudié Période	Doses d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i> incorporées					Moyenne	Effet d'extrait de Thym
	0%	2%	4%	6%	8%		
1 ^{er} j	10 ^a	20,5 ^c	32,5 ^b	43,5 ^a	43,5 ^a	30	p<0,01 **
7 ^{ème} j	24 ^b	25,5 ^b	26,5 ^b	33 ^b	45 ^a	30,8	p<0,01 **
14 ^{ème} j	12,5 ^d	17,5 ^c	32 ^b	44 ^a	45 ^a	30,2	p<0,01 **
21 ^{ème} j	10,5 ^e	20 ^d	29,5 ^c	39,5 ^b	49,5 ^a	29,8	p<0,01 **
Moyenne	14,25	20,88	30,13	40	45,75		

Les résultats sont exprimé en somme des rangs ; F₁ : Facteur étudié doses de thym incorporées lors de l'infusion ; ** : Effet hautement significatif du facteur étudié ; a, b, c, d, e: Comparaison statistique des sommes des rangs deux à deux selon le teste Newman et Keuls ; J : jours.

1.3.2. Adhésivité :

Pendant toute la période de poste acidification, l'adhésivité a tendance à diminuer avec l'augmentation de la dose d'extrait à l'éthanol de Thym dans les produits ; soit des moyennes de somme des rangs qui varient de 15 à 18,88 à 31,31 à 41,75 et à 45,75 pour les doses d'extrait à l'éthanol de Thym incorporées variable de 0 à 2 à 4 à 6 et à 8% successivement (**Figure9**).

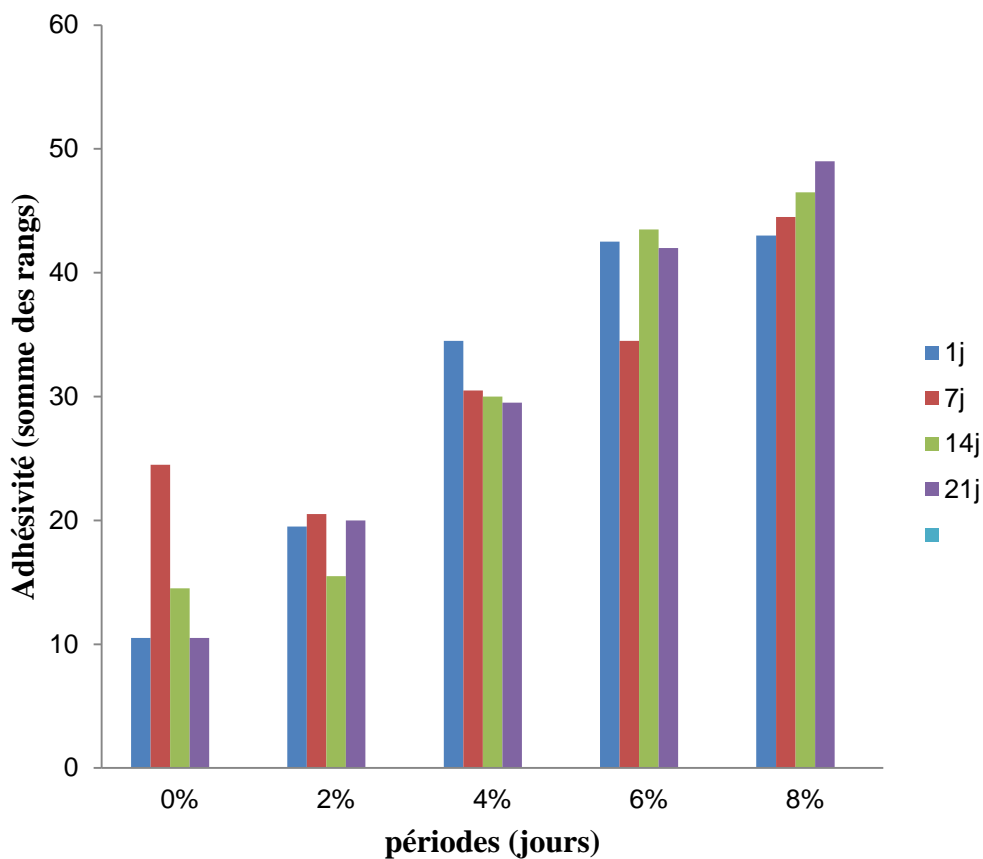


Figure9. Evolution sensorielle de l'adhésivité des laits fermentés additionnés d'extrait à l'éthanol de Thym.

L'analyse de variance sur l'évolution de l'adhésivité des produits additionnés de Thym démontre un effet hautement significatif des doses d'extrait incorporées au cours de toute la période expérimentale (**Tableau11**).

Tableau11. Variation sensorielle de l'adhésivité des laits fermentés additionnés

Facteur étudié Période	Doses d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i> incorporées					Moyenne	Effet d'extrait de Thym
	0%	2%	4%	6%	8%		
1 ^{er} J	10,5 ^d	19,5 ^c	34,5 ^b	42,5 ^a	43 ^a	30	p<0,01 **
7 ^{ème} J	24,5 ^c	20,5 ^c	30,5 ^c	34,5 ^b	44,5 ^a	30,9	p<0,01 **
14 ^{ème} J	14,5 ^d	15,5 ^d	30 ^c	43,5 ^b	46,5 ^a	30	p<0,01 **
21 ^{ème} J	10,5 ^e	20 ^d	29,5 ^c	42 ^b	49 ^a	32	p<0,01 **
Moyenne	15	18,88	31,31	41,75	45,75		

d'extraits à l'éthanol de *Thymus vulgaris*.

Les résultats sont exprimé en somme des rangs ; F₁ : Facteur étudié doses de thym incorporées lors de l'infusion ; ** : Effet hautement significatif du facteur étudié ; a, b, c, d, e : Comparaison statistique des sommes des rangs deux à deux selon le teste Newman et Keuls ; J : jours.

1.3.3. Goût acide :

Durant l'expérimentation les dégustateurs ont classé au premier rang l'acidité du yaourt témoin préparé sans Thym par rapport aux autres essais expérimentaux.

Pendant toutes la période de poste acidification, le goût acide à tendance à augmenté avec l'augmentation de la dose de Thym dans les produits ; soit des moyennes de somme des rangs qui varie de 11,38, 20, 30,88, 42, 45,88 pour les doses d'extrait à l'éthanol de Thym incorporées variable de 0 à 2 à 4 à 6 et à 8% successivement (Figure10).

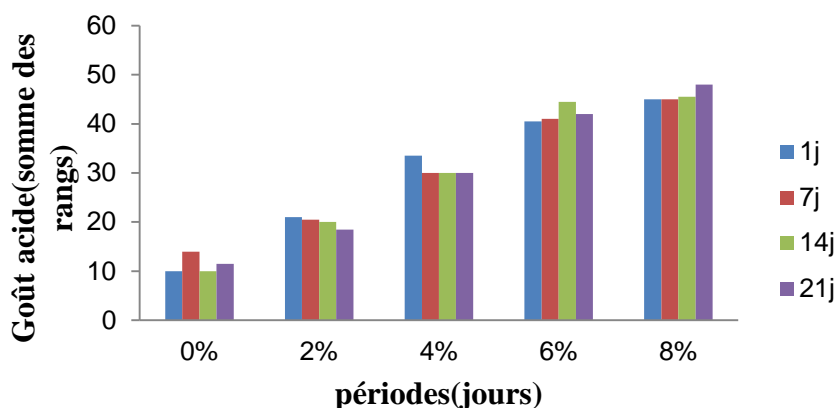


Figure10. Evolution sensorielle de goût acide des laits fermentés additionnés d'extrait à l'éthanol de Thym.

L'analyse de variance démontre un effet hautement significatif des doses d'extrait incorporées sur l'évolution de goût acide des produits au cours de toute la période expérimentale (**Tableau12**).

Tableau12. Variation sensorielle du goût acide des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de *Thymus vulgaris*.

Facteur étudié Période	Doses d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i> incorporées					Moyenne	Effet d'extrait de Thym
	0%	2%	4%	6%	8%		
1 ^{er} J	10 ^e	21 ^d	33,5 ^c	40,5 ^b	45 ^a	31,6	$p < 0,01$ **
7 ^{ème} J	14 ^d	20,5 ^c	30 ^b	41 ^a	45 ^a	30,1	$p < 0,01$ **
14 ^{ème} J	10 ^d	20 ^c	30 ^b	44,5 ^a	45,5 ^a	30	$p < 0,01$ **
21 ^{ème} J	11,5 ^e	18,5 ^d	30 ^c	42 ^b	48 ^a	30	$p < 0,01$ **
Moyenne	11,38	20	30,88	42	45,88		

Les résultats sont exprimé en somme des rangs ; F₁ : Facteur étudié doses de thym incorporées lors de l'infusion ; ** : Effet hautement significatif du facteur étudié; a, b, c, d, e: Comparaison statistique des sommes des rangs deux à deux selon le teste Newman et Keuls ; J : jours.

1.3.4. Goût fraîcheur :

Les meilleurs goûts de fraîcheur sont réservés dans les essais préparés à 0 et 2% d'extrait éthanolique de *Thymus vulgaris* ($p > 0,05$) ; 12,88 et 21,88, somme des rangs, en moyenne.

En revanche, ceux préparés à des taux supérieurs de 4, 6, 8% ont marqué de médiocre résultats ; 30,25, 40,13 et 44,88 somme des rangs, en moyenne, respectivement (**Figure11**).

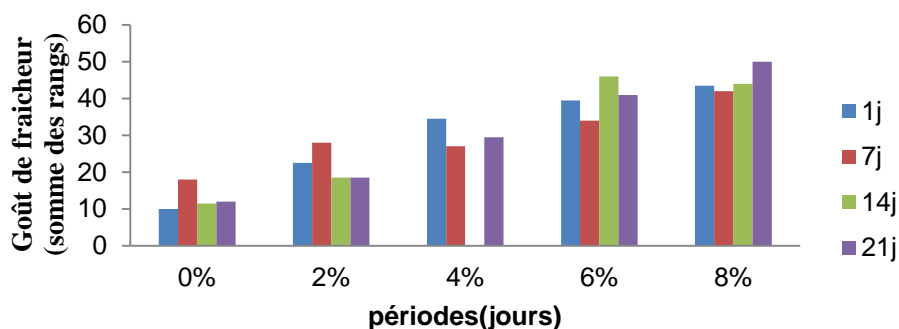


Figure11. Evolution sensorielle de goût de fraîcheur des laits fermentés additionnés d'extrait à l'éthanol de Thym.

L'analyse de variance démontre un effet hautement significatif des doses d'extrait à l'éthanol de thym sur les variations du goût de fraîcheur chez les panelistes au cours de toute la période expérimentale (**Tableau13**).

Facteur étudié Période	Doses d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i> incorporées					Moyenne	Effet d'extrait de Thym
	0%	2%	4%	6%	8%		
1 ^{er} J	10 ^d	22,5 ^c	34,5 ^b	39,5 ^a	43,5 ^a	30	p<0,01 **
7 ^{ème} J	18 ^b	28 ^{ab}	27 ^{ab}	34 ^a	42 ^a	29,8	p<0,01 **
14 ^{ème} J	11,5 ^d	18,5 ^c	30 ^b	46 ^a	44 ^a	30	p<0,01 **
21 ^{ème} J	12 ^e	18,5 ^d	29,5 ^c	47 ^b	50 ^a	30,2	p<0,01 **
Moyenne	12,88	21,88	30,25	40,13	44,88		

Tableau13. Variation sensorielle du goût fraîcheur des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de *Thymus vulgaris*.

Les résultats sont exprimé en valeur moyennes plus ou moins écarte type ; F₁ : Facteur étudié doses de thym incorporées lors de l'infusion ; ** : Effet hautement significatif du facteur étudié; a, b, c, d, e: Comparaison statistique des moyennes deux à deux selon le teste Newman et Keuls ; J : jours.

1.3.5. Arrière- goût :

Durant les 4 périodes de la phase de poste acidification le yaourt témoin à été nettement mieux apprécié au plan de l'arrière goût par les panelistes que les laits fermentés additionnés d'extrait à l'éthanol de Thym. (**Figure12**)

Facteur étudié Périodes	Doses d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i> incorporées					Moyenne	Effet d'extrait de Thym
	0%	2%	4%	6%	8%		

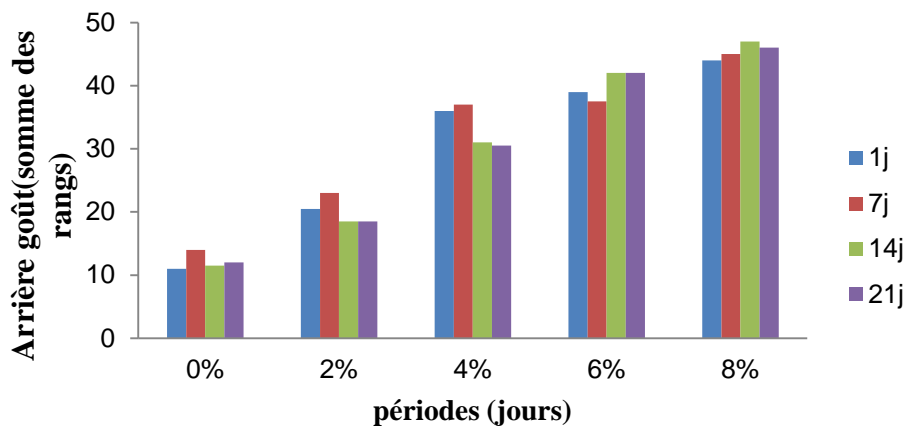


Figure12. Evolution sensorielle d'arrière goût des laits fermentés additionnés d'extrait à l'éthanol de Thym.

L'analyse de variance des extraits de thym ajoutés à différentes doses sur l'évolution de l'arrière-goût des laits fermentés montre un effet hautement significatif durant toute la période d'entreposage des produits à 4°C (**Tableau14**)

1^{er} J	11 ^d	20,5 ^c	34 ^b	41,5 ^a	44,5 ^a	30,2	p<0,01 **
7^{ème} J	13,5 ^c	19,5 ^c	33 ^b	39,5 ^{ab}	45 ^a	31,1	p<0,01 **
14^{ème} J	12,5 ^d	17,5 ^c	32 ^b	44 ^a	44 ^a	30	p<0,01 **
21^{ème} J	12,5 ^e	17,5 ^d	30,5 ^b	40 ^b	49,5 ^a	30	p<0,01 **
Facteur étudié	Doses d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus</i>					Moyenne	Effet
Moyenne	12,38	18,63	32,38	23,25	45,75		d'extract de

Tableau 14. Variation sensorielle d'arrière goût des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de *Thymus vulgaris*.

Les résultats sont exprimé en somme des rangs ; F₁ : Facteur étudié doses de thym incorporées lors de l'infusion ; ** : Effet hautement significatif du facteur étudié; a, b, c, d, e: Comparaison statistique des sommes des rangs deux à deux selon le teste Newman et Keuls ; J : jours.

1.3.6. Couleur :

D'une façon générale, la couleur des produits est sensiblement (p<0,01) altérée avec l'ajout de 0 à 2 à 4 à 6 à 8% d'extrait à l'éthanol de Thym, avec des sommes des rangs qui ont varié de 12,38 à 18,63 à 32,38 à 23,25 et à 45,75, en moyenne successivement. (Figure13).

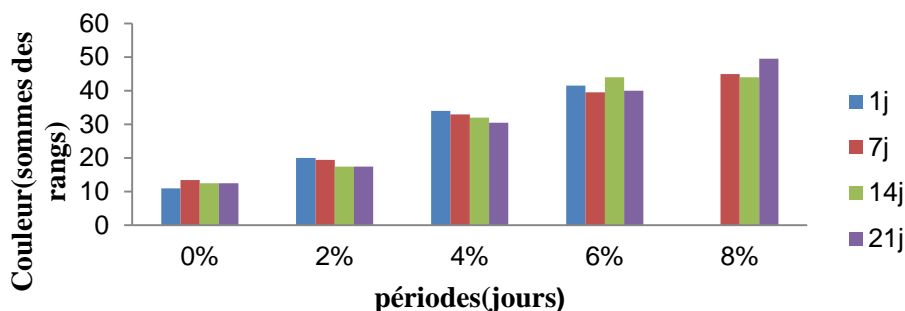


Figure13. Evolution sensorielle de la couleur des laits fermentés additionnés d'extract à l'éthanol de Thym.

L'analyse de variance sur l'évolution de la couleur des laits fermentés additionnés ou non d'extract à l'éthanol de Thym montre des effets hautement significatifs durant toutes les périodes d'entreposage (Tableau15).

Périodes \	0%	2%	4%	6%	8%		Thym
1^{er} J	11 ^d	20,5 ^c	36 ^b	39 ^b	44 ^a	30,1	p<0,01 **
7^{ème} J	14 ^c	23 ^b	37 ^a	37,5 ^a	45 ^a	31,3	p<0,01 **
14^{ème} J	11,5 ^e	18,5 ^d	31 ^c	42 ^b	47 ^a	30	p<0,01 **
21^{ème} J	12 ^d	18,5 ^c	30,5 ^b	42 ^a	46 ^a	29,8	p<0,01 **
Moyenne	12,12	20,12	33,63	40,13	45,5		

Tableau 15. Variation sensorielle de la couleur des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de *Thymus vulgaris*

Les résultats sont exprimé en somme des rangs ; F₁ : Facteur étudié doses de thym incorporées lors de l'infusion ; ** : Effet hautement significatif du facteur étudié ; a, b, c, d, e : Comparaison statistique des sommes des rangs deux à deux selon le teste Newman et Keuls ; J : jours.

1.3.7. Odeur :

L'odorat du témoin s'avère meilleur que ceux des autres produits expérimentaux (**Tableau 14**).

Apparemment, plus le taux d'incorporation de l'extrait à l'éthanol de thym est élevé plus les produits sont moins bien appréciés par les dégustateurs au plan de l'odorat (p<0,01), le sure de notation augmente de 12,38 pour le témoin à plus de 45 somme des rangs pour l'échantillon préparé à 8% d'extrait de thym.

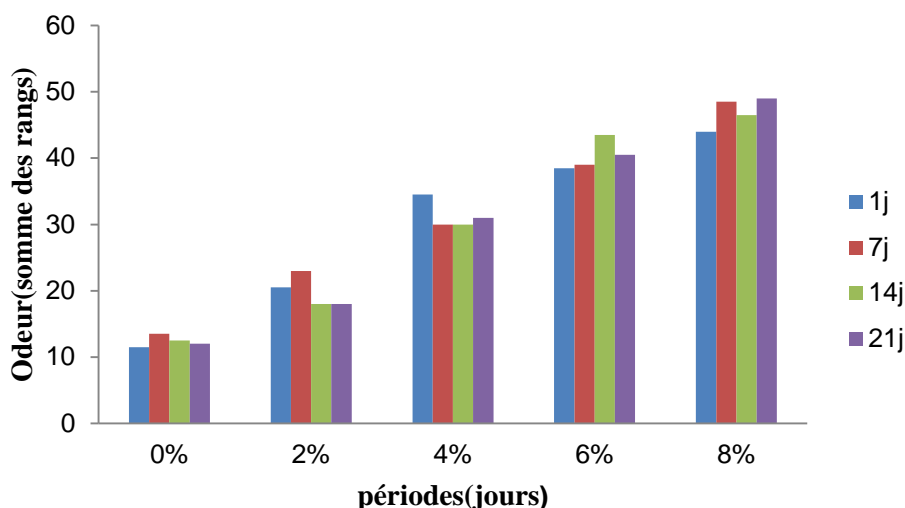


Figure 14. Evolution sensorielle d'odeur des laits fermentés additionnés d'extrait à l'éthanol de Thym.

L'analyse de variance montre un effet hautement des doses d'extrait à l'éthanol de thym incorporées des laits fermentés pendant toute la durée d'entreposage (**Tableau 16**).

Tableau 16. Variation sensorielle d'odeur des laits fermentés additionnés d'extraits à l'éthanol de *Thymus vulgaris*.

Facteur étudié Périodes	Doses d'extraits à l'éthanol de <i>Thymus vulgaris</i> incorporées					Moyenne	Effet d'extrait de Thym
	0%	2%	4%	6%	8%		
1^{er} J	11,5 ^d	20,5 ^c	34,5 ^b	38,5 ^b	44 ^a	29,8	$p < 0,01$ **
7^{ème} J	13,5 ^e	23 ^d	30 ^c	39 ^b	48,5 ^a	30,8	$p < 0,01$ **
14^{ème} J	12,5 ^d	18 ^c	30 ^b	43,5 ^b	46,5 ^a	30,1	$p < 0,01$ **
21^{ème} J	12 ^e	18 ^d	31 ^c	40,5 ^b	49 ^a	30,1	$p < 0,01$ **
Moyenne	12,38	19,88	31,38	40,38	47		

Les résultats sont exprimés en somme des rangs ; F₁ : Facteur étudié doses de thym incorporées lors de l'infusion ; ** : Effet hautement significatif du facteur étudié ; a, b, c, d, e : Comparaison statistique des sommes des rangs deux à deux selon le teste Newman et Keuls ; J : jours.

2. Discussion

2.1. pH et l'acidité Dornic des laits fermentés

D'une manière générale, durant les périodes expérimentales, les laits fermentés sont caractérisés par une nette diminution du pH de 6,25 à 4.38 en moyenne accompagné, d'une légère augmentation d'acidité Dornic en moyenne de 19.06 à 88.93. Cette réduction du pH est la conséquence d'une fermentation du lait en acide lactique effectuée par les souches spécifique du yaourt (**Cachon et al., 1998**).

Durant les 21 jours de la période de post acidification, il est remarqué que les moyennes de l'acidité diminuent notablement avec les doses d'extrait ethanolique de Thym incorporées dans les produits. Ce qui s'est traduit par une hausse des valeurs de pH des produits conservés. Ceci suppose que les principaux composés antimicrobiens contenus dans le thym dont (huiles essentielles, flavonoïde, dérivés de l'acétophénone et triterpènes) (**Theusber, 2005**), n'ont pas réduits aux différentes doses incorporées l'activité fermentaire des souches spécifiques du yaourt à savoir *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. D'autres substances bioactives contenues dans l'espèce végétale de Thym autochtone et non encore identifiées à ce jour peuvent avoir sans doute un effet antimicrobien certain sur ces deux germes.

Les produits principaux du métabolisme des bactéries lactiques comme les acides organiques, qui sont produits soit par la voie homofermentaire, soit par la voie hétérofermentaire peuvent également être affectés par les composés bioactifs du Thym.

Cependant l'acidité des laits fermentés additionnés d'extrait de thym reste stable même en fin de la période de conservation de 21 jours au les résultats semblent très acceptables et inférieures au seuil critique normal admis de 150°D.

1. Viscosité dynamique:

Les laits fermentés type yaourt dénotent des faibles valeurs de viscosité pendant la période de fermentation. La période de post acidification enregistre au contraire une légère augmentation de la viscosité par rapport à la période précédente

Ces résultats peuvent être expliqués par le fait que les souches spécifiques du yaourt dont les *Streptococcus thermophilus* moins acidotolérantes sont à l'origine du démarrage de la fermentation lactique ; alors que leur équivalent les *Lactobacillus bulgaricus* l'achèvent et sont plus actives en période de post acidification ou le pH du milieu est acide (**Fazel, 1997**).

Les *Lactobacillus* peuvent donc aussi sécréter des d'exo polysaccharides dans le milieu qui sont, sortes des fibres polysaccharidiques composée du galactose, glucose ainsi que de petites quantité de rhamnose, arabinose et de mannose capable d'augmenter la viscosité du milieu (**Bergamaier, 2002**).

Ces exo polysaccharides sont des composés glucidiques constitués particulièrement de β glucane et de β fructane capable de ce lier aux caséines des laits avec comme conséquence un accroissement de la viscosité des yaourts (**Cerniver et al., 1986**). Cependant, la consistance et la viscosité du yaourt sont pour une grande partie sous la dépendance de la matière sèche du lait. La matière grasse confère de l'onctuosité, masque l'acidité et améliore la saveur. Les protéines améliorent la texture et masquent aussi l'acidité.

La texture et l'onctuosité constituent, pour le consommateur, d'importants éléments d'appréciation de la qualité du yaourt. Certaines souches bactériennes produisent, à partir du glucose, des poly saccharides qui, en formant des filaments, limitent l'altération du gel par les traitements mécaniques et contribuent à la viscosité du yaourt.

2.3. *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* :

Le nombre de germes spécifiques (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*) dans les laits fermentés expérimentaux répond à la norme de 10^6 UFC/ml admise pour un yaourt (**Libnor, 1999**).

Enfin de la période de fermentation le nombre de *streptococcus* accusé dans les produits est plus important que *Lactobacillus bulgaricus*. Cette tendance est maintenue au cours de la période de 21 jours de conservation des laits fermentés au froid à 4°C.

Au fait, c'est les *Streptococcus thermophilus* qui assurent le démarrage de la fermentation lactique en utilisant comme facteurs de croissance, les acides aminés se trouvant dans le milieu ou libérés par hydrolyse partielle des caséines par les *Lactobacillus bulgaricus*. En fin de fermentation à des pH bas avoisinant 4,38, la croissance des *Streptococcus* est achevée, puis relayée par celle des *Lactobacillus* qui continuent à produire du lactate même au cours de la conservation des produits au froids à 4°C pendant 21 jours et ce en utilisant comme facteur de croissance l'acide formique et le CO₂ produits durant la 1^{ère} période par les *streptococcus thermophilus* (**Guyot, 1992**).

Apparemment, l'augmentation d'extrait à l'éthanol réduit remarquablement le nombre de germes *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* dans les essais expérimentaux. Ceci justifie bien l'existence de substance bioactives dans l'extrait de la plante objet à l'étude ayant pouvoir inhiber la croissance des germes spécifiques du yaourt.

2. Qualité organoleptique :

En fin il s'avère que les panelistes ont très bien acceptés les laits fermentés additionnées à des taux de 2 et 4% d'extrait de Thym qu'ils ont qualifié de proche au yaourt témoin pour les critères suivants (cohésivité, adhésivité, couleur, arrière gout, gout acide, gout de fraîcheur et odeur). Cette matière végétale naturelle qui pousse bien en Algérie peut donc être aisément utilisée en yaourterie pour fabriquer un alicament ayant des vertus thérapeutiques particulières.

Conclusion

La mise au point et la diffusion de produits alimentaires portant le label « produit naturel » ou « alicament » paraît souhaitable par une large publique soit malade ou en bonne santé.

Au terme de cette étude et à la lumière des résultats obtenus au cours de la fermentation et la période de post acidification, il apparaît que les valeurs moyennes de l'acidité démontrent une croissance proportionnelle aux doses d'extrait à l'éthanol de Thym additionnées dans les laits fermentés.

De même, il s'avère que plus le taux d'incorporation d'extrait de thym est élevé, plus le nombre moyen des germes spécifiques du yaourt est diminué. Le nombre de *Streptococcus thermophilus* et de *Lactobacillus bulgaricus* trouvé dans les laits fermentés expérimentaux au thym répond toute fois au nombre requis pour un yaourt étuvé ; de 10^7 germes vivants/ml.

Pendant toute la période de l'étude, le jury de dégustation a qualifié les meilleurs critères sensoriels (goût, odeur, acidité, adhésivité et cohésivité) dans les yaourts non additionnés d'extrait à l'éthanol de thym dont la qualité a tendance à diminuer relativement avec l'augmentation de la dose de l'additif incorporé (Thym).

Notre contribution n'est qu'un premier pas dans la formulation ou la création d'un nouveau produit qui nécessite d'autre participation dans un but de confirmer les points suivants :

- Etude de la stabilité point de vue microbiologique
- Etude biochimique avancé pour isoler et connaître l'effet de substances actives du Thym ainsi que leurs actions directes sur la stabilité du yaourt.
- Etude Technico-économique du produit pour toute éventuelle production à une large échelle industrielle.

Références bibliographiques

- Accolas J.P., Hemme D., Desmazeaud M.J., Vassal L., Bouil-Lanne C. et Veaux M. (1980).** Les levains lactiques ethermophiles : propriétés et comporte-menten technologie laitière. *Le Lait*, 60,487-524.
- Assche. 1996:** La fabrication du yaourt .Ed Lavoisier, Tec; P (3-9).
- Assouad W, Valdeyron G, 1975.** Remarque sur la biologie du Thym (*Thymus vulgaris*).
- Beer A.M, Lukanov J, Sagroche V, 2007.** Effect of Thymol on the spontaneous contractile activity of the smooth muscles.Phytomedicine. P 65
- Bergamaier D. 2002.** Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de *Lactobacillus rhamnosus* RW-959M dans un milieu à base de permeat de lactosérum. Thèse de doctorat, université de Laval, Canada.
- Boubchir-ladj K. 2010.** Effet de l'enrichissement (avec des concentres de protéines laitiers) et des paramètres technologiques sur la qualité du yaourt fabrique à la laiterie Soummam d'akbou. Université de mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, p4.
- Bouhdid S, Idanomar M, Zhiri A, Bouhdid D, Skali N S, Abrini J, 2006.** Thymus essential oils: chemical composition and in vitro antioxidant and antibacterial activities. *Biochimie, substances Naturelles et environnement, Congrès International de biochimie, Agadir.* P324
- Bruneton J. (b), 1999.** Pharmacognoise – phytochimie, plantes médicinales. 3^{ème} Ed Lavoisier. Paris. France. P 56-57
- Cachon R, Anterieux P, Divies C, 1998.** The coparativebehaviour of *Lactococcuslactis* in free immobilized culture processes *J. Biotechnol*
- Codex Alimentarius. 1975.-**Norme n°A 11(A).-Rome : FAO/OMS.- 86p.
- Corvi A, 1997.** Evénement, le yaourt, les laits ferments. Tech&Doc. Sepiac. Paris. P14
- Delachaux, Niestlé, 2013.** 500 plantes comestibles « histoires botanique alimentation ». p 272
- Gianni de Carvalho K.L., Kruger M.F., Behrens J., Destro M.T., Landgraf M. et Gombossy de Melo Franco B.D. (2009).** Evaluation of culture media for enumeration of *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* and *Bifido bacterium animalis* in the

presence of *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*, LWT - Food Science and Technology, 42:491–495.

Gilliland S.E. et Kim H.S. (1984). Effet of Viable Starter Culture Bacteria in yogurt on Lactose Utilization in Humans. Journal of Dairy Science, Vol. 67, nO 1, pp.1-6.

Guyot. 1992: les yaourt D.L.G Food Tec; p (5-12-13-35).

Higashio K, Yoshioka Y. et Kikuchi T. (1977). Studies on Symbiosis in yogurt cultures. Part. I, pp. 203-208; part. II, pp.209-215.

Iserin P, 2001. Encyclopédie des plantes médicinales. 2^{ème} Ed. Larousse. Londres. P143

Leveau J Y et Bouix M, 1993. Microbiologie industrielle : les micro-organismes d'intérêt industriel. Tec and Doc. Lavoisier. Paris. P 85

Luquet F.M. 1990. Les produits laitiers transformation et technologie. 2^{ème} édition lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Tech& doc Apria lavoisier p2-85-206.

M.V. Bhashara Reddy, P. Angrers, A. Gossin, J. Paul. Caractérisation of essential oil from *Thymus vulgaris* against *Bortytiscinerea* and stolonifier in strawberry fruits. Phytochemistry . p47

Mahaut M, Romain J, Gerard B, Pierre S. 2000. Les produits industriels laitiers. Edition Tec et Doc, Lavoisier. P26

Morale R, 2002. The history, botany and taxonomy of the genre *Thymus* in Thyme. Ed Taylor. P12

Ouattara M. (2007). Qualité microbiologique et physicochimique de quelques yaourts industriels et locaux prélevés à Ouagadougou. Rapport de stage DUT Contrôle de Qualité en Industrie Agroalimentaire

Roger V., 1979 : Technologie du lait. Ed entièrement refondue de Technique laitières Retirage; p (1-330-331).

Sanon Y.S.H. (2005). Diagnostic de la filière lait au Burkina Faso.-Dakar : CESAG.- 46p (Atelier de lancement du projet de recherche en collaboration intégration régionale, accès aux marchés et diversification de l'agriculture dans la zone UEMOA).

Schmidt J.L, Tourneur C et Lenoir J, 1994. Fonction et choix des bactéries lactiques laitières. Ed. Loriga. Paris. P37

TAMINE A.Y.et DEETAH.C.1990.yogourt : technologie and biochimistry. Journal of food protection, P :43.

Vignola C.L, 2002. Science et technologie du lait. Transformation du lait. Québec : fondation et technologie laitière. P600.

Annexes :

Annexe 01 :

1. Les analyses physico-chimiques :

1.1. Mesures acidité :

1.1.1. Réactifs et appareillages :

- 15g de soude (NaOH, N/9)
- 1g de phénolphtaléine (1%)
- 100 ml d'éthanol
- Burette
- Béchers
- Pipettes (10ml)

1.1.2. Mode opératoire :

L'acidité dornic est déterminée par titration d'un échantillon de 10 ml à l'aide de soude dornic (N/9) en présence d'indicateur coloré (phénolphtaléine 3 à 5 gouttes) jusqu'au virage au rose pâle

1.1.3. Expression des résultats :

$$\text{Acidité dornic} = V(\text{NaOH}) \cdot 10$$

V(NaOH) : le volume de NaOH (N/9) nécessaire pour titrer l'échantillon jusqu'à l'apparition de la couleur rose pâle

1.2. PH :

Le dosage du pH est réalisé par un pH-mètre étalonné par deux solutions : l'une acide et l'autre basique.

1.3. Mesure de la viscosité :

1.3.1. Appareillage :

- Bille de 14.19 masse, de 16 mm de diamètre et de masse volumique égale à $7861,27 \text{ kg.m}^{-3}$.
- tube cylindrique de 20 cm de longueur.
- Chronomètre servant à mesurer le temps de chute de la bille.

Annexes :

1.3.2. Mode opératoire :

Introduire la bille de dans le tube cylindrique rempli avec le produit à analyser par une chute libre sur une distance constante de 16 cm, tout en mesurant le temps par le biais d'un chronomètre.

1.3.3. Expression des résultats :

$$\mu = K.(\xi_{\text{bille}} - \xi_{\text{yaourt}}). t$$

$$K = 2r^2g/9x$$

Donc :

$$\mu = 2r^2g/9x.(\xi_{\text{bille}} - \xi_{\text{yaourt}}). t$$

μ : Viscosité dynamique ($\text{kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$)

K : constante, tel que $K = 8,175.10^{-4} \text{ m}^{-2}$

r : rayon de la bille tel que, $r = D/2 =$

x : la distance d'écoulement de la bille, $x =$

g : la force de pasteur, tel que $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

ξ : La masse volumique de la bille

ξ : La masse volumique de yaourt (kg.m^{-3})

t : temps parcourus pour la bille entre deux points A et B

2. Les analyses microbiologiques :

2.1. Dénombrement des streptococcus thermophilus et lactobacillus bulgaricus :

2.1.1. Préparation des dilutions décimales :

Il nécessite de introduire 1 ml de yaourt dans 9 ml d'eau physiologie stérile. Cette dernière solution correspond la première dilution (10^{-1}). La réalisation de la seconde dilution s'effectue en prélevant 1 ml de la première dilution et à introduire dans un nouveau tube stérile de 9 ml eau physiologie, on obtient alors une dilution au

Annexes :

1/100^{ème}. Les autres dilutions décimales s'effectuent de la même manière. (Jusqu'à la dilution 10⁻⁴)

2.1.2. Ensemencement :

Transférer à l'aide d'une pipette stérile 1 ml d'une dilution et introduire dans une boîte de pétri stérile en petites gouttes. (Ensemencement en masse)

Puis, pour *lactobacillus bulgaricus*, verser 12 à 15 ml du milieu MRS fondu et maintenu à 45°C dans un bain- marie.

Et pour *streptococcus thermophilus*, filtrer 12 à 15 ml du milieu M17.

Immédiatement après l'avoir versé dans *streptococcus thermophilus* les boîtes. Mélanger soigneusement l'inoculum avec le milieu par rotation des boîtes, puis laisser le mélange solidifier.

2.1.3. Incubation :

Incuber les boîtes pour le dénombrement de *lactobacillus bulgaricus* pendant 48 à 72 h à 37°C.

Incuber les boîtes pour le dénombrement de pendant 48 à 72 h à 45°C.

Annexes 02 : L'eau physiologique pour la préparation des dilutions

- **L'eau physiologie** : Solution préparée par ajout de 9g de chlorure de sodium à 1000 ml d'eau distillée. C'est une solution isotonique, qui permet de préserver le volume cellulaire.

❖ Composition et préparation de l'eau physiologie :

Constituants	Quantité en g/l
Chlorure	9
Dissoudre 9 g dans un litre d'eau distillée ; autoclaver 15min à 121°C ; pH=7	

Annexes :

Annexes 03: Composition des principaux milieux de culture.

❖ **Composition M17 :**

Peptone	10g
Extrait de viande	5g
Extrait de levure.....	2,5g
Glycérophosphate de sodium.....	19g
Sulfate de magnésium.....	0,25g
Acide ascorbique.....	50g
Agar-agar.....	9-18g
Eau distillée.....	1L
Ajuster le pH du milieu entre.....	7,1 à 7,2

❖ **Composition de MRS :**

Peptone	10g
Extrait de viande	10g
Extrait de levure déshydraté.....	5g
Glucose (C ₆ H ₁₂ O ₆).....	20g
Tween80 (sorbitannemonoléate)	1ml
Phosphate di potassique.....	2g
Acétate de sodium, trihydraté.....	2g
Citrate d'ammonium.....	2g

Annexes :

Sulfate de magnésium.....0,2g

Sulfate de manganèse.....0,05g

Agar-agar.....9,18g

Eau distillé.....1L

Ajuster le pH du milieu entre.....6,4 à 6,7

Annexe 04 : Taxonomie des espèces étudiées.

Taxonomie des espèces étudiées	Streptococcus salivarius ssp. thermophilus	Lactobacillus delbruckii ssp. bulgaricus
Règne	Bacteria	Bacteria
Division	Firmicutes	Firmicutes
Classe	Coccus	Bacilli
Ordre	Lactobacillales	Lactobacillales
Famille	Streptococcaceae	Lactobacillaceae
Genre	Streptococcus	Lactobacillus
Espèce	Streptococcus thermophilus	Lactobacillus delbruckii
Sous espèce	Streptococcus salivarius ssp.thermophilus	Lactobacillus delbruckii bulgaricus

Annexes :

Annexe 05 : Fiche de dégustation d'un yaourt additionné d'extrait à l'éthanol de *Thymus vulgaris*.

Paneliste N° :.....

Nom :.....

Prénom :

Sexe :.....

Fonction :.....

Fiche de dégustation

	Echan. 1	Echan. 2	Echan. 3	Echan. 4	Echan. 5
Gout acide					
Gout de fraîcheur					
Cohésivité					
Adhésivité					
Odeur					
Arrière-goût					
Couleur					

Il est demandé aux panelistes d'apprécier la qualité des produits selon les critères suivants et une échelle variable de 1 à 10 :

- **1,2,3 : Mauvais (e) ,**
- **3,4,5 : Bon (Bonne)**
- **6,7,8 : Très bon (bonne)**
- **9 et 10 : Excellent (Excellente).**

Annexes :

Définitions :

- **Gout acide** : Consiste à apprécier l'ampleur de l'acidité développée par les germes lactiquesensemencées dans les laits fermentés type yaourt au cours de l'entreposage.

- **Gout de fraîcheur** : Consiste à apprécier l'ampleur de la sensation de fraîcheur lors de la mise en bouche du produit.

- **Cohésivité** : Consiste à déterminer la capacité maximale de déformation en pot de l'échantillon avant de se rompre lorsqu'il est écrasé entre les doigts.

- **Adhésivité** : Exprime l'intensité des forces inter faciales développées entre la surface d'une cuillère et celle de l'échantillon lors d'une prise en pot du produit.

- **Odeur** : Le panéliste est appelé à apprécié la sensation d'odeur désagréable des produits conservés au froid à 4°C.

- **Arrière-goût** : Le panéliste est appelé à apprécier la sensation de l'arrière gout amère dans les produits présentés.

- **Couleur** : Consiste à apprécier le niveau d'acceptabilité de la couleur des produits par les consommateurs.

Résumé

Cette étude visé à déterminer l'effet de l'incorporation de l'extrait à l'éthanol de Thym sur la qualité et la stabilité d'un lait fermenté (type yaourt) durant 2 périodes de l'étude, 4 heures de fermentation et 21 jours de conservation à 4°C.

Les échantillons expérimentaux sont préparés à différentes doses de l'extrait du Thym (0%, 2%, 4%, 6%, 8%), les mesures et contrôles suivants ont été effectuées en triple essais sur chaque produit transformé : acidité dornic, pH, viscosité, goût acide, goût de fraîcheur, cohésivité, adhésivité, arrière goût, odeur, couleur.

Durant la conservation il apparait que l'acidité est inversement proportionnelle aux taux d'incorporation de l'extrait à l'éthanol de Thym ; alors que le pH suit une évolution inverse dans les produits en fonction des taux d'extrait ajoutés. L'ajout d'extrait à l'éthanol de Thym à des taux notamment sévères de 8% affecte la viscosité des produits qui diminue relativement par comparaison au yaourt témoin. Les extraits à l'éthanol de Thym ont induit une diminution hautement significative de la croissance de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. Le nombre de ces germes, reste toutefois comparable à celui du yaourt standard (10^6 germes vivants/ml).

Les dégustateurs ont qualifié dans l'ensemble d'acceptable, le goût, l'odorat, l'acidité, l'arrière goût, l'adhésivité, la cohésivité des laits fermentés additionné d'extrait à l'éthanol de Thym.

Mots clés : Lait fermenté, Thym (*Thymus vulgaris*), *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*.

Abstract

This study aimed to determine the effect of incorporation of the Thym ethanol extract on the quality and stability of a fermented milk (yoghurt type) during 2 periods of the study, 4 hours of fermentation and 21 days storage at 4 ° C.

The experimental samples were prepared at different doses of the Thym extract (0%, 2%, 4%, 6%, 8%), the following measurements and controls were carried out in triple tests on each processed product: dornic acidity, PH, viscosity, acid taste, taste of freshness, cohesiveness, adhesiveness, taste, odor, color.

During storage it appears that the acidity is inversely proportional to the incorporation rates of the extract with Thym ethanol; While the pH follows an inverse evolution in the products according to the extract levels added. The addition of Thym ethanol extract at particularly severe levels of 8% affects the viscosity of the products which decreases relatively as compared to the control yoghurt. Thym ethanol extracts induced a highly significant decrease in the growth of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*. The number of these germs, however, remains comparable to that of standard yoghurt (10^6 live organisms / ml).

The tasters rated the taste, smell, acidity, aftertaste, adhesiveness, cohesiveness of the fermented milks and Thym ethanol extract as acceptable.

Key words: Fermented milk, Thyme (*Thymus vulgaris*), *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*.