



DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

M^{lle}. MOGHTIT Kheira

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES

Spécialité: Agroalimentaire et contrôle de qualité

THÈME

**Impact d'ajout des composés phénoliques des graines de fenouil
(*Foeniculum vulgare*) comme additif naturel sur la qualité et la
stabilité d'un fromage frais de terroir type J'ben.**

Soutenu publiquement le 04/05/2023.

DEVANT LE JURY

Président :	M. DJEBLI Noureddine	Professeur	U. Mostaganem.
Encadreur :	M. AIT SAADA Djamel	MCA	U. Mostaganem.
Examineur :	M. BEKADA Ahmed Mohamed El Amine	Professeur	U. Tissemsilt.
Co-encadreur :	Mme. AIT CHABANE Ouiza	MCA	U. Mostaganem.

Thème réalisé au laboratoire de Technologie Alimentaire et Nutrition - Université de Mostaganem

Année universitaire 2022-2023

Remerciements

Tout d'abord louange et grasse à Dieu qui m'a accordé et comblé de ses innombrables bénédictions, et qui m'a orienté à ce domaine et à cette spécialisation distinguée, et qui m'a doté de patience, de détermination pour aboutir mes études et achever ce modeste travail scientifique qui est le fruit de plusieurs d'années remplies de sérieux et de persévérance.

J'adresse aussi mes sincères remerciements et ma profonde gratitude à celui qui a été le véritable précurseur responsable de l'accomplissement de ce manuscrit de recherche en master ; au meilleur de mes professeurs, Monsieur Ait SAADA Djamal, maître de conférences classe A à l'université de Mostaganem, qui m'a fait l'honneur de m'encadrer et de me proposer cette thématique de recherche. Je le remercie pour sa présence constante, ses orientations, ses conseils judicieux, ses encouragements et surtout pour sa confiance constante en moi et en mes capacités qui m'ont donné suffisamment de force pour aller de l'avant afin d'aboutir ce modeste travail. Je tiens à vous exprimer tous mes remerciements pour m'avoir fait bénéficier de votre enthousiasme et capitale expérience dans le domaine de la recherche; je vous exprime mes respectueux dévouements.

J'exprime, dans la même ligne de conduite, mes sincères remerciements et ma gratitude à mon Co-encadrant madame AIT CHABANE Ouiza, maître de conférence classe A à l'université de Mostaganem, pour sa bonté de cœur et sa bonne relation avec tout les étudiants (es), ainsi que pour sa confiance en moi et en mes capacités et pour son soutien et ses encouragements constants depuis le début de mon parcours universitaire à ce jour. Je tiens à lui exprimer mes plus vifs remerciements pour son soutien moral durant mes moments difficiles d'étude, au cours de la réalisation de mes manipulations pratiques au laboratoire, et même pendant les moments difficiles personnels de ma vie.

Je tiens également à remercier monsieur DJEBLI Noureddine, Professeur à l'université de Mostaganem qui a accepté de présider le jury, et aussi pour ses précieux conseils et ses encouragements à mon égard.

Je remercie éventuellement monsieur BEKADA Ahmed Mohamed El Amine, Professeur à l'université de Mostaganem qui m'a fait l'honneur d'examiner ce mémoire et de l'enrichir de ses remarques et orientations.

Mes remerciements s'adressent éventuellement à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste mémoire de fin d'études en particulier Mr. BOUZOUINA Mohamed professeur à l'université de Mostaganem, Mr. BENABDELMOUMEN Djilali maître de conférence classe A à l'université de Mostaganem, Mr. BENBOUZIANE Bouasria maître de conférence classe A à l'université de Mostaganem, Mr. Nabil doctorant à l'université

de Mostaganem, Mr. BENBOUZIANE Djilali ingénieur au laboratoire pédagogique de l'université de Mostaganem et Mr. SOUANE Abdelkader le magasinier de l'université de Mostaganem.

Mes remerciements s'adressent aussi à Mme. BENMAHDI Faiza maitres de conférences classe A à l'université de Mostaganem, Mme. BOUCHIBANE Malika et Mme. HAMED Djahira au titre doctorat à l'université de Mostaganem, Mme. FEKNOUS Ines, Mme. BABADJI Khadidja, Mme. GUEMIDI Chafika, Mme. TAKARLI Hayet, Mme. Romaiassa doctorantes à l'université de Mostaganem et Mme. TAYEB Cherifa ingénieur au laboratoire vétérinaire à Hassi Mameche-Mostaganem-Algérie, pour leur soutien continu et encouragements.

Enfin, je tiens à remercier tous les enseignants qui ont contribué à ma bonne formation; merci vivement pour tous les efforts louables prodigué tout au long des cinq années d'études passé à l'université.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À la raison de ma réussite dans la vie, à mes chers parents qui ont été toujours présents pour me soutenir et m'encourager, je ne saurais jamais comment exprimer mes sentiments, jamais je ne peux les remercier assez de m'avoir donné toujours le meilleur.

À mes deux chers frères Mohamed Abdelkader et Abdelnor qui sont mon soutien dans la vie, qui ne supportent pas ma tristesse et font n'importe quoi pour me rendre heureux.

À mon amie proche Khadidja qui a toujours été comme ma sœur en me soutenant dans les moments les plus difficiles et en m'encourageant dans chaque petite et grande chose que je fais dans la vie.

À mon cher oncle et sa femme pour leur soutien à mon égard, en particulier au début de ma carrière universitaire, ainsi que pour leurs encouragements constants et leur confiance constante en mes capacités.

A mes meilleures copines Nesrine, Samira et Aicha ainsi que leur parents, avec qui j'ai partagé tous les bons et mauvais moments, et elles m'ont toujours soutenu et permis de me soulager du stress et de la tristesse dans les moments les plus difficiles.

À ceux qui ont toujours été comme ma famille avec leur soutien continu et leur foi constante en mes capacités. A ceux qui ont eu un grand crédit dans l'accomplissement de ce travail scientifique et dans la construction de ma personnalité actuelle avec leurs précieux conseils et encouragements. À ceux qui m'ont soutenu dans les moments les plus difficiles et m'ont toujours souhaité le meilleur. A mes deux professeurs, monsieur AIT SAADA Djamel et sa femme madame AIT CHABANE Ouiza.

A tous mes professeurs qui ont cru en mes capacités et m'ont toujours encouragé à aller plus loin.

À toute ma famille, mes amies et à tout ce qui me connaissent.

Et en fin A tous ceux qui m'ont encouragé et m'ont apporté leur soutien toute ma vie.

Merci beaucoup d'être toujours là pour moi.

Résumé :

L'objectif de cette étude vise à évaluer les effets d'ajout des composés phénoliques issus des graines de fenouil (*Foeniculum vulgare*) en tant qu'additif alimentaire naturel sur la qualité physicochimique, microbiologique, organoleptique et la stabilité d'un fromage traditionnel très apprécié par la population Algérienne, à savoir le J'ben. Le fromage a été fabriqué à partir de lait de vache selon un processus semi-industriel, utilisant une coagulation mixte. L'extrait phénolique des graines de fenouil a été obtenu par une macération alcoolique (80%). Après la transformation, le J'ben a été répartie en quatre lots contenant chacun trois portions de 100 g. Chaque lot expérimental a ensuite été supplémenté d'extrait obtenu précédemment à des taux successifs de 0, 1, 2 et 3 %. Des analyses physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques ont été effectuées en triple essais sur l'extrait phénolique des graines de fenouil ainsi que sur les fromages expérimentaux tout au long de leur conservation à 4 °C pendant une période de 15 jours.

Les résultats du test de DPPH et de FRAP ont révélé que l'extrait hydroéthanolique de *Foeniculum vulgare* possède une activité antioxydante très élevée (43,239 vs 48,033 mg/ml) et ceci est dû à sa grande richesse en composés phénoliques (1528,27mgEAG/100g MB) et en flavonoïdes (112,96 mg EQ/100g MB).

Une évolution inverse entre l'acidité des fromages et les valeurs de pH ($P < 0.01$) a été observée en fonction des périodes de conservation ; 14,94 à 17,24 °D vs 4,59 à 4,38°D, respectivement. Cette tendance semble se maintenir avec l'augmentation des taux d'extrait de la plante de 0 à 3% dans les fromages ($P < 0,05$) ; 17,22 à 15,49 °D vs 4,45 à 4,49°D, successivement. L'élévation des taux d'extrait additionnés comme additif a entraîné, par ailleurs, des modifications importantes dans les taux de matière sèche ($P < 0,01$) qui ont baissées sensiblement de 42,18 à 36,15 %MB, des valeurs d'humidité ($P < 0,001$) qui ont à leur tour augmenté de 57,82 à 63,85%MB et les valeurs de matière organique ($P < 0,001$) qui ont baissées aussi de 39,91 à 33,71 %MB, respectivement, dans les fromages. La matière grasse a augmenté sensiblement en fonction du temps de stockage de 31,58 à 51,5%MB et de 35,44 à 41,97 %MB selon le taux d'addition d'extrait de *Foeniculum vulgare* ($P < 0,05$). Une nette diminution du taux de Malondialdéhydes a été enregistrées dans le fromage traité à 3% d'extrait par comparaison au témoin (0,24 vs 0,29 mg/100 g) et cela est dû à la forte activité antioxydants révélée dans respectivement les produits avec le test de DPPH (197,21 mg/ml contre 266,53 mg/ml).

Les résultats microbiologiques ont bien révélé que l'extrait hydroéthanolique de *Foeniculum vulgare* a présenté des propriétés antimicrobiennes et un pouvoir prébiotique remarquable qui ont permis de préserver le J'ben au cours de 15 jour de conservation de toute contamination à certains germes pathogènes, de réduire le développement d'autres bactéries indésirables d'altération et de favoriser la croissance de bactéries lactiques bénéfiques des produits.

Par ailleurs, les fromages additionnés d'extrait phénolique de fenouil ont été très bien acceptés par les panélistes au même titre sinon meilleur que le témoin pour certain critères lors des tests de dégustation.

Mots clés : *Foeniculum vulgare*, extrait, hydroéthanolique, composés phénoliques, J'ben, qualité, conservation.

Abstract :

The aim of this study was to evaluate the effects of adding phenolic compounds from fennel seeds (*Foeniculum vulgare*) as a natural food additive on the physicochemical, microbiological, organoleptic quality and stability of a traditional cheese much appreciated by the Algerian population, namely J'ben. The cheese was made from cow's milk in a semi-industrial process using mixed coagulation. The phenolic extract of fennel seeds was obtained by alcoholic maceration (80%). After processing, the J'ben was divided into four batches, each containing three 100 g portions. Each experimental batch was then supplemented with the extract obtained previously at successive rates of 0, 1, 2 and 3%. Physico-chemical, microbiological and organoleptic analyses were carried out in triplicate on the fennel seed phenolic extract and on the experimental cheeses throughout their 15-day storage at 4°C.

DPPH and FRAP test results revealed that the hydroethanolic extract of *Foeniculum vulgare* has a very high antioxidant activity (43.239 vs. 48.033 mg/ml), due to its high phenolic (1528.27mgEAG/100g MB) and flavonoid (112.96 mg EQ/100g MB) content.

An inverse trend between cheese acidity and pH values ($P < 0.01$) was observed as a function of storage periods; 14.94 to 17.24°D vs. 4.59 to 4.38°D, respectively. This trend seems to be maintained with increasing plant extract levels from 0 to 3% in cheeses ($P < 0.05$); 17.22 to 15.49 °D vs 4.45 to 4.49°D, successively. The increase in extract levels added as an additive also led to significant changes in dry matter levels ($P < 0.01$), which fell significantly from 42.18 to 36.15%MB, moisture values ($P < 0.001$), which in turn rose from 57.82 to 63.85%MB, and organic matter values ($P < 0.001$), which also fell from 39.91 to 33.71%MB, respectively, in cheeses. Fat content increased significantly with storage time, from 31.58 to 51.5%MB and from 35.44 to 41.97%MB, depending on the rate of addition of *Foeniculum vulgare* extract ($P < 0.05$). A clear decrease in Malondialdehydes was recorded in cheese treated with 3% extract compared with the control (0.24 vs. 0.29 mg/100 g), due to the high antioxidant activity revealed in the respective products with the DPPH test (197.21 mg/ml vs. 266.53 mg/ml).

The microbiological results clearly showed that the hydroethanol extract of *Foeniculum vulgare* exhibited remarkable antimicrobial properties and prebiotic power, which enabled J'ben to be preserved for 15 days from contamination by certain pathogenic germs, to reduce the development of other undesirable spoilage bacteria and to promote the growth of beneficial lactic acid bacteria in the products.

Furthermore, cheeses with added fennel phenolic extract were very well accepted by panelists, as well as, if not better than, the control for certain criteria during tasting tests.

Key words : *Foeniculum vulgare*, extract, hydroethanolic, phenolic compounds, J'ben, quality, preservation.

ملخص :

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم آثار إضافة المركبات الفينولية لبذور الشمر (فونيكولوم فولغار) كمضاف غذائي طبيعي على الجودة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية والحسية واستقرار الجبن التقليدي الذي يحظى بتقدير كبير من قبل السكان الجزائريين. تم صنع الجبن من حليب البقر وفقا لعملية شبيهة صناعية ، باستخدام التخثر المختلط. تم الحصول على مستخلص الفينولي بذور الشمر عن طريق النقع الكحولي (80٪). بعد صناعة الجبن ، تم تقسيمه إلى أربع دفعات تحتوي كل واحدة منها على ثلاثة قطع من حجم 100 جرام ، ثم تم معالجة كل دفعة بالمستخلص الذي تم الحصول عليه مسبقا بنسب متتالية (0 و 1 و 2 و 3٪). تم إجراء التحليلات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية والحسية على المستخلص الفينولي لبذور الشمر وكذلك على الأجبان التجريبية طوال فترة تخزينها عند درجة حرارة 4°C لمدة 15 يوما.

كشفت نتائج اختبار DPPH و FRAP أن المستخلص الهيدروإيثانولي لبذور الشمر لديه نشاط مضاد للأكسدة عالي جدا (43.239 مقابل 48.033 ملغ/مل) وهذا يرجع إلى ثراءه الكبير بالمركبات الفينولية (1528.27 ملغ مقابل حمض الغاليك/100 غرام من المادة الجافة) والفلافونويدات (112.96 ملغ مقابل الكارسيتين/100 غرام من المادة الجافة).

لوحظ تطور عكسي بين حموضة الجبن وقيم الأس الهيدروجيني ($P<0,01$) خلال فترة التخزين ؛ 14.94 إلى 17.24°D مقابل 4.59 إلى 4.38°D ، على التوالي. يبدو أن هذا الاتجاه يتم الحفاظ عليه مع زيادة مستويات المستخلصات النباتية من 0 إلى 3 ٪ في الجبن ($p<0,05$) ؛ 17.22 إلى 15.49°D مقابل 4.45 إلى 4.49°D ، على التوالي. كما أدت الزيادة في مستويات المستخلص المضاف كمادة مضافة إلى تعديلات كبيرة في مستويات المادة الجافة ($P<0,01$) والتي انخفضت بشكل كبير من 42.18 إلى 36.15 ٪ ، وقيم الرطوبة ($P<0,01$) والتي بدورها زادت من 57.82 إلى 63.85 ٪. وقيم المواد العضوية ($P<0,01$) التي انخفضت من 39.91 إلى 33.71 ٪ ، على التوالي ، في الجبن. زاد محتوى الدهون بشكل كبير خلال فترة التخزين من 31.58 إلى 51.5 ٪ ومن 35.44 إلى 41.97 ٪ مع زيادة المستخلص الفينولي ($p<0,05$). تم تسجيل انخفاض واضح في مستوى مالونديالديهيد في الجبن المعالج بمستخلص 3 ٪ مقارنة بالشاهد (0.24 مقابل 0.29 ملغ/100 جم) ويرجع ذلك إلى النشاط العالي كمضاد للأكسدة الذي تم الكشف عنه في المنتجات على التوالي مع اختبار DPPH (197.21 ملغ/مل مقابل 266.53 ملغ/مل).

وكما كشفت النتائج الميكروبيولوجية بوضوح أن المستخلص الهيدروإيثانولي لبذور الشمر قدم خصائص مضادة للميكروبات ملحوظة و التي جعلت من الممكن الحفاظ على جبين خلال 15 يوما من التخزين من أي تلوث من بعض الجراثيم المسببة للأمراض، الحد من تطور البكتيريا غير المرغوب فيها والتي تسبب في بعض الأحيان تغير في جودة الأغذية وتعزيز نمو بكتيريا حمض اللاكتيك المفيدة جدا من المنتجات اللبنية.

بالإضافة إلى ذلك ، تم تقبل الجبن المعالج بمستخلص الفينولي لبذور الشمر بشكل جيد جدا من قبل أعضاء لجنة التذوق بنفس الطريقة او حتى أفضل من الشاهد نفسه في معايير معينة أثناء اختبارات التذوق.

الكلمات المفتاحية: فونيكولوم فولغار ، استخلاص ، هيدروإيثانوليك ، المركبات الفينولية ، جبين ، الجودة ، الحفظ.

Liste des abréviations :

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

OMS : Site officiel de l'Organisation mondiale de la Santé.

ITCMI : Institut Technique Des Cultures Maraichères et Industrielles.

USDA : Département de l'Agriculture des États-Unis.

USA : États-Unis.

UFC : Unité formant colonie.

LAB : Bactérie de l'acide lactique.

Ca Cl₂ : Chlorure de calcium.

Fe Cl₃ : Chlorure de fer.

Abs : Absance.

Na OH : Hydroxyde de sodium.

TBARS : Thiobarbituric Acid Reactive Substances.

Na cl : Chlorure de sodium.

SM : Solution mère.

OGA : Oxytetracycline-Glucose-Yeast Extract Agar.

EC 50 : La concentration efficace médiane.

F. vulgare : *Foeniculum vulgare*.

Liste des figures :

N°	Titre	Page
Figure 01.	Foeniculumvulgare Mill : (a) dans son habitat naturel ; (b) tige ; (c) feuilles ; (d) inflorescences et fleurs ; (e) fruits ; et (f) population de <i>F. vulgare</i> Mill.	06
Figure 02.	Les graines de fenouil brutes (a)et séchées (b).	08
Figure 03.	Structures moléculaires de certains phénols et glucosides phénoliques isolés de <i>Foeniculumvulgare</i> .	12
Figure 04.	Diagramme technologie de fabrication des fromages frais.	18
Figure 05.	Fréquences de catégories d'additifs alimentaires utilisés dans les fromages (n=21).	22
Figure 06.	Localisation de la région d'Ain Defla.	25
Figure 07.	Diagramme d'extraction des composés phénoliques des graines de fenouil.	26
Figure 08.	Etapes d'extraction de l'extrait hydroéthanolyque des graines de fenouil.	27
Figure 09.	Diagramme de préparation du levain lactique.	27
Figure 10.	Etapes de la préparation du levain lactique.	28
Figure 11.	Procédure expérimentale.	29
Figure 12.	Etapes de fabrication et de traitement du J'ben.	30
Figure 13.	Représentation du fromage J'ben obtenu à la fin du procédé de fabrication.	31
Figure 14.	Etapes d'évaluation du pH du J'ben.	35
Figure 15.	Phases de détermination de l'acidité titrable.	36
Figure 16.	Etapes de détermination de la matière sèche.	37
Figure 17.	Etapes de détermination de taux de cendre.	40

Figure 18.	Etapes d'estimation du degré d'oxydation des lipides (TBARS).	41
Figure 19.	Evaluation de l'activité antioxydante du J'ben par le test de DPPH.	42
Figure 20.	Bref Regard sur les étapes d'évaluation de la qualité microbiologique des fromages.	44
Figure 21.	Technique de dilution.	45
Figure 22.	Conditions de déroulement du Test organoleptique.	48
Figure 23.	Dosages des polyphénols et des flavonoïdes.	50
Figure 24.	Test de DPPH.	51

Liste des tableaux :

N°	Titre	Page
Tableau 01.	Classification de <i>Foeniculum vulgare</i> .	07
Tableau 02.	Nutriments contenus dans le fenouil séché (USDA, USA).	09
Tableau 03.	Dosage des polyphénols et flavonoïdes d'extrait hydroethanolique des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> .	50
Tableau 04.	Evaluation de l'activité antioxydante de l'extrait hydroethanolique des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> .	51
Tableau 05.	Effet d'ajout d'extrait phénolique de <i>Foeniculum vulgare</i> sur le pH des fromages frais type J'ben au cours de la conservation.	53
Tableau 06.	Impact d'ajout d'extrait phénolique de <i>Foeniculum vulgare</i> sur l'acidité titrable (°D) du fromages au cours de la conservation.	54
Tableau 07.	Variation des teneurs en matière sèche (%MB) des fromages frais type J'ben supplémentés d'extrait de <i>Foeniculum vulgare</i> au cours de la conservation.	55
Tableau 08.	Impact d'ajout d'extrait phénolique de <i>Foeniculum vulgare</i> sur le taux d'humidité (% MB) des fromages type J'ben au cours de la conservation.	57
Tableau 09.	Effet d'ajout d'extrait phénolique de <i>Foeniculum vulgare</i> sur les variations des taux de matière organique (% MB) des fromages type J'ben au cours de la conservation.	58
Tableau 10.	Effet d'ajout d'extrait de <i>Foeniculum vulgare</i> sur les variations de matière minérale (% MB) des fromages au cours de la conservation.	59

Tableau 11.	Evaluation d'ajout d'extrait phénolique de <i>Foeniculum vulgare</i> comme additif naturel sur la matière grasse (% MB) des fromages frais type J'ben au cours de la conservation.	60
Tableau 12.	Effet d'ajout d'extrait de <i>Foeniculum vulgare</i> sur les variations de rapport (matière grasse / matière sèche) des fromages au cours de la conservation.	62
Tableau 13.	Effet d'ajout d'extrait phénolique de <i>Foeniculum vulgare</i> comme additif naturel sur le taux de Malondialdehydes (mg MADA /100 g) des fromages au cours de la conservation.	63
Tableau 14.	Evaluation de l'activité antioxydante des fromages (mg de lyophilisat /100g) par le test de DPPH.	64
Tableau 15.	Impact d'ajout d'extrait de <i>Foeniculum vulgare</i> sur le niveau de contamination à le FTAM (UFC/g) dans les fromages au cours de la conservation.	65
Tableau 16.	Effet d'ajout d'extrait de <i>Foeniculum vulgare</i> sur la croissance des germes <i>psychrotrophes</i> , Coliformes fécaux et <i>Pseudomonas aeruginosa</i> dans les fromages au cours de la conservation.	67
Tableau 17.	Effet d'ajout d'extrait phénolique de <i>Foeniculum vulgare</i> sur la prolifération des coliformes totaux (UFC/g) dans les fromages au cours de la conservation.	68
Tableau 18.	Impact d'ajout d'extrait de <i>Foeniculum vulgare</i> sur la croissance des <i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/ml° dans les fromages frais type J'ben au cours de la conservation.	69
Tableau 19.	Effet d'ajout d'extrait de <i>Foeniculum vulgare</i> sur la variation des levures et moisissures (UFC/g) dans les fromages au cours de la conservation.	70
Tableau 20.	Evaluation d'ajout d'extrait phénolique de <i>Foeniculum vulgare</i> sur la prolifération des <i>Lactobacillus</i> (UFC/g) dans des fromages frais type J'ben au cours de la conservation.	72

Tableau 21.	Effet d'incorporation d'extrait de <i>Foeniculum vulgare</i> sur l'évaluation du nombre de <i>Streptococcus</i> (UFC/g) dans les fromages au cours de la conservation.	73
Tableau 22.	Evaluation sensorielle de l'acidité des fromages frais type J'ben au cours de la conservation au froid à 4°C.	74
Tableau 23.	Evaluation sensorielle de la salinité des fromages frais type J'ben au cours de la conservation au froid à 4°C.	74
Tableau 24.	Evaluation sensorielle de l'arrière gout des fromages frais type J'ben au cours de la conservation au froid à 4°C.	75
Tableau 25.	Evaluation sensorielle de la couleur (somme des rangs) des fromages frais type J'ben au cours de la conservation au froid à 4°C.	76
Tableau 26.	Evaluation sensorielle de l'aspect homogène des fromages frais type J'ben au cours de la conservation au froid à 4°C.	77
Tableau 27.	Evaluation sensorielle de l'aspect grumeleux (somme des rangs) des fromages frais type J'ben au cours de la conservation au froid à 4°C.	77
Tableau 28.	Evaluation sensorielle de la texture collante (somme des rangs) des fromages frais type J'ben au cours de la conservation au froid à 4°C.	78
Tableau 29.	Evaluation sensorielle de l'odeur (somme des rangs) des fromages frais type J'ben au cours de la conservation au froid à 4°C.	79

Table des matières

Remerciements.

Dédicaces.

Liste des abréviations.

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Résumé.

Abstract.

ملخص.

Introduction générale01

Partie 1: Synthèse bibliographique.

Chapitre I : Généralités sur les graines de *Foeniculum vulgare*.

1. Description botanique.06

2. Classification botanique.....07

3. Origine et répartition géographique.....07

4. Composition chimique.....07

5. Composés phénoliques.....10

6. Intérêt santé et usage.....10

Chapitre II : Le J'ben : un fromage de terroir très promoteur en Algérie

1. Définition14

2. Processus de la fabrication.....	14
2.1. Technologie traditionnel.....	14
2.2. Technologie semi-industriel.....	15
2.2.1. Préparation de la matière première.....	15
2.2.2. Coagulation.....	15
2.2.3.1. Coagulation acide.....	16
2.2.3.2. Coagulation enzymatique.....	16
2.2.3.3. Coagulation mixte.....	16
2.2.4. Moulage et égouttage.....	16
2.2.5. Démoulage et salage.....	17
2.2.6. Séchage et stockage.....	17
3. Caractéristiques physico-chimiques.....	17
4. Caractéristiques microbiologiques.....	19
5. Défauts de fabrication.....	20
6. Conservation des fromages.....	21

Partie 2 : Méthodologie expérimental.

1. Objectifs.....	24
2. Origine et traitements préliminaires du matériel végétal.....	24
3. Extraction des composés phénoliques.....	24
4. Préparation du levain lactique.....	27

5. Etapes de fabrication du J'Ben.	28
6. Essais de fabrication de J'ben à l'extrait de <i>Foeniculum vulgare</i>	31
7. Mesures et contrôles.	32
7.1. Analyses physicochimiques.	32
7.1.1. Analyses physicochimiques d'extrait phénolique.....	32
7.1.1.1. Dosage des composés phénoliques totaux.	32
7.1.1.2. Dosage des flavonoïdes totaux	32
7.1.1.3. Activité antioxydante.	33
7.1.1.3.1. Test de piégeage du radical libre DPPH.	33
7.1.1.3.2. Test de la réduction du fer FRAP.	34
7.1.2. Analyses physicochimique du J'ben.	34
7.1.2.1. pH.....	34
7.1.2.2. Acidité titrable.	35
7.1.2.3. Matière sèche (extrait sec total).	36
7.1.2.4. Humidité.	37
7.1.2.5. Teneur en matière grasse.	37
7.1.2.6. Détermination du taux de cendres.	38
7.1.3.7. Taux de matière organique.....	39
7.1.2.8. Estimation du degré d'oxydation des lipides par la méthode de TBARS	40
7.1.3.9. Evaluation de l'activité antioxydante du J'ben par le test au DPPH.	41

7.1.3.10. Extraction des lipides à froid.	42
7.2. Analyses microbiologiques.	43
7.2.1. Préparation des déluitions décimales du J'ben.	44
7.2.2. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM).	44
7.2.3. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	45
7.2.4. Dénombrement des <i>Staphylocoques aureus</i>	45
7.2.5. Dénombrement de la flore <i>Psychrotrophe</i>	46
7.2.6. Recherche des levures et moisissures.	46
7.2.7. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	46
7.2.8. Dénombrement des bactéries lactiques.....	46
7.2.8.1. Lactobacilles.	46
7.2.8.2. Streptocoques.	47
7.3. Tests organoleptiques.....	47
8. Traitement statistique.....	48

Partie 3:Résultats et discussions.

1. Résultats.	50
1.1. Quelques paramètres physicochimiques de l'extrait (hydroethalonique).....	50
1.1.1. Composés phénoliques.....	50
1.1.2. Activité antioxydant de l'extrait.	51
1.2. Qualité physicochimique des fromages.	52

1.2.1. pH.....	52
1.2.2. Acidité.....	52
1.2.3. Extrait sec.....	52
1.2.4. Humidité.	56
1.2.5. Matière organique.	56
1.2.6. Matière minérale.	56
1.2.7. Matière grasse.	56
1.2.8. Matière grasse sur matière sèche.	61
1.2.9. Activité antioxydant (Test de TBARS).	61
1.2.10. Activité antioxydant par le test de DPPH.	61
1.3. Qualité microbiologique des fromages.....	64
1.3.1. Flore totale aérobie mésophile (FTAM).	64
1.3.2. Germes <i>psychrotrophes</i> , Coliformes fécaux et <i>Pseudomons aeruginosa</i>	66
1.3.3. Coliforme totaux.	66
1.3.4. <i>Staphylococcus aureus</i>	66
1.3.5. Levures et moisissure.....	66
1.3.6. <i>Lactobacillus</i>	71
1.3.7. <i>Streptococcus</i>	71
1.4. Qualité organoleptique.....	71
1.4.1. Acidité.....	71

1.4.2. Salinité.	71
1.4.3. Arrière gout.	75
1.4.4. Couleur.....	75
1.4.5. Aspect homogène.....	76
1.4.6. Aspect grumeleux.	76
1.4.7. Texture collante.	78
1.4.8 Odeur.....	78
2. Discussions.	80
Conclusion générale.....	91
Références bibliographiques.	
Annexe.	

Introduction

Introduction :

La conservation des aliments a toujours été une préoccupation capitale des sociétés humaines. Le sel ou le sucre en hautes concentrations, la fumée, le chauffage, la réfrigération, la congélation illustrent quelques unes des techniques utilisées dans l'histoire. Au XIXème siècle, l'industrialisation de l'alimentation, les progrès de la chimie et les nouvelles connaissances en microbiologie ont conduit progressivement à l'utilisation d'additifs alimentaires chimiquement identifiés, destinés notamment à prévenir les dégradations microbiologiques des aliments, mais aussi à en moduler de nombreux aspects dont la couleur en particulier (**Diezi et al., 2011**).

L'additif alimentaire est défini dans le **Journal Officielle Algérien (2012)** comme toute substance qui n'est normalement ni consommée en tant que denrée en soi, ni utilisée comme ingrédient caractéristique d'un produit alimentaire et qui présente ou non une valeur nutritive dont l'adjonction intentionnelle dans un but technologique ou organoleptique à une étape quelconque de la fabrication, de la transformation, de la préparation, du traitement, du conditionnement, de l'emballage, du transport ou de l'entreposage affecte ses caractéristiques et devient lui même ou ces dérivés, directement ou indirectement, un composant de cette denrée alimentaire transformée. Le comité mixte **FAO OMS (1990)** définit les additifs alimentaires comme étant des substances n'ayant pas de valeurs nutritives et ils sont ajoutés intentionnellement aux aliments le plus souvent en faible quantité pour en améliorer l'apparence, la saveur, la consistance ou la conservation. Selon le **Codex alimentarius** l'expression "additif alimentaire" s'étend à toute substance qui n'est pas consommée en tant que denrée alimentaire en soi, et qui n'est pas normalement utilisée comme ingrédient caractéristique d'une denrée alimentaire qu'elle ait ou non une valeur nutritive et dont l'addition intentionnelle à la denrée alimentaire à une étape quelconque de la fabrication, de la transformation, de la préparation, du traitement, du conditionnement, de l'emballage, du transport ou du stockage entraîne ou peut entraîner (directement ou indirectement) un changement des caractéristiques technologiques ou organoleptiques du produit fini. L'expression ne s'applique pas aux produits alimentaires dans le but d'en maintenir ou d'améliorer ses propriétés nutritives (**Codex Alimentarius, 1989**).

Il existe plus de 25 000 additifs utilisés dans l'alimentation, dont certains synthétiques ont été associés à des réactions indésirables gastro-intestinales, respiratoires, dermatologiques et neurologiques (**Branen et al., 2001 ; Wilson et Bahna, 2005 ; Randhawa et Bahna, 2009 ; Caleja et al., 2015**). En raison de ces risques potentiels pour la santé des consommateurs, la tendance actuelle est de remplacer les additifs synthétiques par des additifs naturels (**Carocho et Ferreira, 2013 ; Caleja et al., 2015**).

Les herbes aromatiques ont toujours été utilisées pour leurs multiples propriétés médicinales notamment bactéricides en vue de lutter contre de nombreuses maladies tels (maladies cardiovasculaires, paludisme, candidose, troubles de dentition, colites chez les nourrissons, diarrhée, maladies dermatologiques, maladies de l'appareil digestif, cancer, inflammations digestifs...etc.) (**Kassi et al., 2020 ; Bentabet et al., 2022 ; Dibond et al., 2020 ; Kouchadé et al., 2017 ; Dongock et al., 2017 ; Kooti., 2015**). Aujourd'hui, les propriétés antimicrobiennes et antioxydantes de certaines de ces plantes semblent offrir une opportunité mieux que les additifs alimentaires synthétiques pour préserver les corps gras du rancissement et améliorer la conservation des aliments transformés (**Ryenal et Multon, 2009**).

Foeniculum vulgare ou le fenouil est parmi les plantes qui possède des propriétés antioxydantes (**Singh et al., 2006 ; Barros et al., 2009 ; Caleja et al., 2015**) et antimicrobiennes (**Dadalioglu et Evrendilek, 2004 ; Lo Cantore et al., 2004 ; Soyulu et al., 2007 ; Barros et al., 2009 ; Caleja et al., 2015**) très intéressantes en raison de sa grande richesse en principaux composés bioactifs tels les composés phénoliques, flavonoïdes (acides phénoliques, acides hydroxycinnamiques, coumarine, tanin...etc.) (**Kooti et al., 2015**) et huiles essentielles (trans-anéthole, fenchone, estragol, méthylchavicol et l' α -phellandrène (**Rather et al., 2016**).

Cette étude vise à extraire les composés phénoliques des graines de fenouil (*Foeniculum vulgare*), plante largement cultivée en Algérie (20 à 30 t / ha) (**ITCMI, 2022**) et de les utiliser ensuite comme un additif naturel afin de suivre leurs impacts sur l'amélioration de la qualité et la durée de conservation d'un fromage de terroir très

consommé en Algérie a savoir le J'ben qui mérite une intension particulière en vue de le promouvoir dans le pays et de le faire connaître à l'échelle mondiale.

Ce travail comporte trois parties complémentaires :

- Une partie bibliographique qui rapporte dans un 1^{er} chapitre des généralités sur les graines de *Foeniculum vulgare*, et dans un 2^{ème} chapitre l'essentiel des connaissances sur un fromage de terroir très promoteur en Algérie qui est le J'ben.
- La deuxième partie a été consacrée au matériel et méthodes utilisées dans l'étude expérimentale.
- Enfin, une troisième partie a été consacrée à la critique et à la discussion des résultats obtenus au cours de ce travail expérimental entrepris au laboratoire achevée par une conclusion et des perspectives de recherche développement à entreprendre dans le futur.

Partie 1:

Synthèse bibliographique

Chapitre I :

Généralités sur les graines de Foeniculum vulgare

Chapitre I : Généralités sur les graines de *Foeniculum vulgare*.

1. Description botanique :

Le *Foeniculum vulgare* est une herbe érigée, ramifiée avec des feuilles vert foncé légèrement poilues qui peuvent atteindre 6,6 pieds (2 m). Ses feuilles mesurent jusqu'à 40 cm de long et sont finement disséquées avec des filiformes d'environ 0,5 mm de large. Ses fleurs jaunes dorées brillantes s'épanouissent en juillet et en août. Le stylopode a une tige verte, lisse et glissante avec des branches droites et rigides et de nombreuses feuilles divisées en segments linéaires, d'une longueur de 1 à 6 cm. Ses fruits sont ovales, longs de 3 à 5 mm et larges de 1,5 à 2 mm. Le stylopode reste sur le fruit. Les fruits ont des côtes longues et fortes. Les meilleures graines de fenouil varient en longueur de trois à cinq rangées. Elles sont elliptiques, légèrement courbées et quelque peu épaissies à l'extrémité. Les fruits de l'espèce sauvage sont plus petits, plus foncés et plus émoussés aux extrémités, et moins aromatiques que le fenouil doux. Les graines mûrissent de septembre à octobre. La plante peut se reproduire à partir de morceaux de racines ou de la couronne, mais elle se reproduit indépendamment à partir de graines (Larousse, 200 ; Badgujar et al., 2014). Toutes les parties de la plante telles que les racines, les feuilles, les fruits et surtout les graines sont aromatiques et peuvent être utilisées de multiples façons (Meireles, 2005 ; Badgujar et al., 2014 ; Gani et al., 2019).

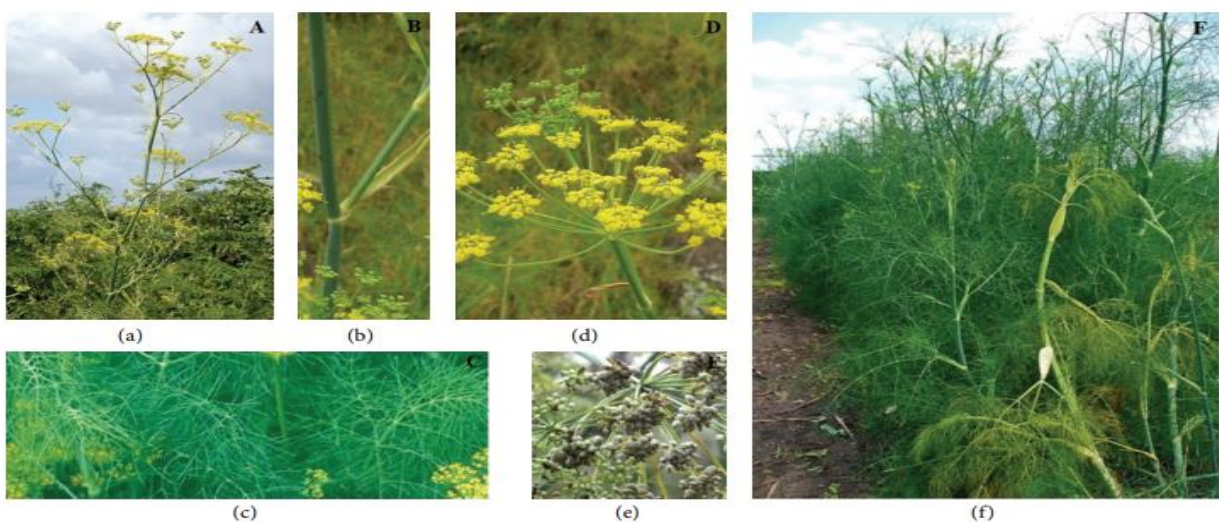


Figure 1. *Foeniculum vulgare* Mill : (a) dans son habitat naturel ; (b) tige ; (c) feuilles ; (d) inflorescences et fleurs ; (e) fruits ; et (f) population de *F. vulgare* Mill (Badgujar et al., 2014).

2. Classification botanique :

La classification botanique de *Foeniculum vulgare* est représentée dans le (Tableau 1).

Tableau 1. Classification de *Foeniculum vulgare* (Kothe, 2007 ; Rather et al., 2012 ; Badgujar et al., 2014 ; Gani et al., 2019).

Règne	Plantae
Division	Tracheophyta
Subdivision	Spermatophytina
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Apiales
Famille	Apiacées (Umbelliferae)
Genre	<i>Foeniculum</i>
Espèce	Vulgare
Nom botanique	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill

3. Origine et répartition géographique :

Foeniculum vulgare est une ancienne plante saisonnière ayurvédique (Badgujar et al., 2014). Il est largement cultivé dans les régions tempérées et tropicales du monde pour ses fruits savoureux, qui sont utilisés en cuisine (Wany, 2022). Le fenouil est originaire du sud de la Méditerranée, puis, par naturalisation et culture, il a poussé dans les forêts de l'hémisphère nord, de l'hémisphère est et de l'hémisphère ouest, en particulier en Amérique du Nord, en Asie et en Europe. Cette plante était bien connue des anciens Égyptiens, Romains, Indiens et Chinois. Les Romains la cultivaient pour ses graines aromatiques et l'incluaient dans leur régime alimentaire, ce qui est encore le cas aujourd'hui (Krishnamurthy, 2011).

4. Composition chimique :

Selon les données de l'USDA, le fenouil est l'une des meilleures sources végétales de potassium, de sodium, de phosphore et de calcium. Le fenouil est largement cultivé pour ses fruits ou ses graines comestibles. Ceux-ci sont sucrés et secs ; un

spécimen bien mûr est un fruit exquis. Le fruit est souvent séché en vue d'une utilisation ultérieure et ce fruit séché, appelé fenouil, est un produit commercial important (**Badgujar et al., 2014**).

Les graines de fenouil contiennent 6,3 % d'eau, 9,5 % de protéines, 10 % de matières grasses, 13,4 % de minéraux, 18,5 % de fibres et 42,3 % d'hydrates de carbone (**Rather et al., 2012**). Ses feuilles contiennent des vitamines et des minéraux tels que le calcium, le potassium, le sodium, le fer, le phosphore, la thiamine, la riboflavine, la niacine et la vitamine C (**Miguel et al., 2010**). Les fruits contiennent 10 à 12 % d'huile qui est stockée dans les cotylédons des graines. L'huile obtenue à partir du fruit du fenouil contient 4 % d'acide palmitique, 22 % d'acide oléique, 14 % d'acide linoléique et 6 % d'acide pétrocyclique. Le fruit a une valeur de 4 à 6% d'essence dont l'essence et les ingrédients combinés varient en fonction du lieu de croissance de la plante (**Ahmadi et al., 2007**). La propriété aromatique du fenouil est due à son essence. L'huile essentielle de fenouil contient plus de 30 types de composés terpéniques, dont les plus importants sont le trans-anéthole (50 à 80 %), le fenshon (8 %) et le limonène (5 %) (**Tableau 2**) (**Salehi Surmaghi, 2006**).



(a)



(b)

Figure 2. Les graines de fenouil brutes (a) (**Badgujar et al., 2014**) et séchées (b) (**Gani et al., 2019**).

Tableau 2. Nutriments contenus dans le fenouil séché (USDA, USA) (Badgujar et al., 2014).

Composition	Quantité (pour 100g)
Proximates	
Humidité	90,21 g
Énergie	31 kcal
Protéines	1,24 g
Lipides totaux (matières grasses)	0,2 g
Glucides	7,3 g
Fibres alimentaires totales	3,1 g
Sucres	3,93 g
Minéraux	
Calcium (Ca)	49 mg
Fer (Fe)	0,73 mg
Magnésium (Mg)	17 mg
Phosphore (P)	50 mg
Potassium (K)	414 mg
Sodium (Na)	52 mg
Zinc (Zn)	0,2 mg
Vitamines	
Vitamine C	12 mg
Thiamine B-1	0,01 mg
Riboflavine B-2	0,032 mg
Niacine B-3	0,64 mg
Vitamine B-6	0,047 mg
Folate	27 µg
Vitamine A	48 µg
Vitamine E	0,58 mg
Vitamine K	62,8 µg
Lipides	
Acides gras, saturés totaux	0,09 g
Acides gras, monoinsaturés totaux	0,068 g
Acides gras, polyinsaturés totaux	0,169 g
Acides aminés essentiels	
Leucine	0,63 g
Isoleucine	0,73 g
Phénylalanine	0,45 g
Tryptophane	0,53 g
Acide aminé non essentiel	
Glycine	0,55 g
Proline	0,53 g

5. Composés phénoliques :

Les composés phénoliques sont les produits du métabolisme secondaire des plantes. Ils sont principalement synthétisés à partir des hydrates de carbone via la voie de l'acide shikimique et la voie de l'acétate. Celle de l'acide shikimique conduit après trans-amination et dés-amination aux acides cinnamiques et à leurs dérivés et celle de l'acétate conduit aux poly-cétoesters et/ou aux polyacétates (malonate) (**Chira et al., 2008**). La structure des composés phénoliques va du simple noyau aromatique de faible poids moléculaire jusqu'aux tanins complexes de très haut poids moléculaire, et ils peuvent être classés par le nombre et l'arrangement des atomes de carbone et en fonction de la longueur de la chaîne aliphatique liée au noyau benzénique (**Cheyrier et al., 1997**). Les composés phénoliques sont capables de se conjuguer à des oses ou à des acides organiques. Les composés phénoliques peuvent être répartis en deux grands groupes : les flavonoïdes et les non-flavonoïdes (**Chira et al., 2008**).

Les composés phénoliques sont des marqueurs de qualité déterminants du goût, de la couleur et des propriétés diététique des fruits de fenouil (**Figure 3**). Les graines de *Foeniculum vulgare* peuvent être considérées comme une riche source de phytoconstituants (**Wany et al., 2022**) en l'occurrence les composés phénoliques dont : l'acide néochlorogénique (1,40 %), l'acide caféique (2,96 %), l'acide p-coumarique. Huh.(4.325%), l'acide chlorogénique (2.98%), l'acide gallique (0.169%), l'acide chlorogénique (6.873%), l'acide férulique-7-O-Glucoside (5.223%), la quercétine-7-O-Glucoside (3.219%), l'acide rosmarinique (14. 998%), l'acide férulique (3.555%), l'acide 1,5 dicaphoylquinique (4.095%), l'hespéridine (0.203%), l'acide cinnamique (0.131%), la quercétine (17.097%), et l'apigénine (12.558%) (**Roby et al., 2013**).

6. Intérêt santé et usage :

Foeniculum vulgare, communément appelé fenouil (**Badgujar et al., 2014**), est une plante médicinale et aromatique (**Gani et al., 2019**). Le fenouil est connu par son usage culinaire (**khammassi et al., 2022**). Au Portugal, en Italie, en Espagne et en Inde, la tige, le fruit, les feuilles, les graines et la plante entière sont utilisés comme légumes. (**Kirtikar et Basu, 1984 ; Akgul et Bayrak, 1988 ; Ozbek et al., 2003 ; Kaur et Arora, 2009 ; Rasul et al., 2012**). Toutes ces parties de la plante sont

comestibles et sont utilisés pour la préparation des plats traditionnels et des salades (**D'Antuono et al, 2017**). Les graines de saveur très aromatique sont utilisées comme épices en cuisine. Elles sont également utilisées pour assaisonner le pain, la viande, les poissons et les fromages (**khammassi et al., 2022**). Le fenouil est également connu par son usage en médecine traditionnelle. Il a été largement utilisé dans la médecine traditionnelle pour traiter un large éventail de maladies. Les méthodes de préparation, les utilisations et les applications de *Foeniculum vulgare* sont bien documentées dans la littérature ethnobotanique courante (**Ghorbani, 2005 ; Guarrera et Savo, 2013**). Il est utilisé pour traiter des affections simples (toux/rhume, coupures, etc.) ou très complexes (affections rénales, cancer, etc.). Elle a également un large éventail d'utilisations vétérinaires (**Cornara et al., 2009 ; Sharma et al., 2012**). Le *Foeniculum vulgare* est utilisé dans de nombreuses régions du monde pour le traitement d'un certain nombre de maladies, par exemple les douleurs abdominales, l'arthrite, le cancer, les coliques chez les enfants, la conjonctivite, la constipation, dépuratif, diarrhée, diérèse, emménagogue, fièvre, flatulence, gastralgie, gastrite, insomnie, côlon irritable, affections rénales, leucorrhée, douleurs hépatiques, aphtes et maux d'estomac...etc. (**Badgujar et al., 2014**). Outre ses utilisations médicinales, les parties aériennes, à savoir les feuilles, les tiges et les fruits/graines de *Foeniculum vulgare*, sont largement utilisées comme galactagogues, non seulement pour augmenter la quantité et la qualité du lait, mais aussi pour améliorer la montée de lait des mères qui allaitent (**Macia et al., 2005 ; Lewu et Afolayan, 2009 ; Carrio et Vallès, 2012 ; Guarrera et Savo, 2013**). Depuis l'Antiquité, les graines de fenouil sont utilisées comme ingrédient pour éliminer les mauvaises odeurs de la bouche (**Kirtikar et Basu, 1984**). Le colorant naturel vert clair obtenu à partir des feuilles est utilisé en cosmétique, pour la coloration des textiles et des matériaux en bois et comme colorant alimentaire. Les colorants jaunes et bruns sont obtenus en combinant les fleurs et les feuilles de fenouil (**Grae, 1974**). Dans de nombreuses régions de l'Inde et du Pakistan, les graines de fenouil grillées sont consommées comme mukhwas (rafraîchisseur de bouche). Il peut être composé de diverses graines et noix, mais on le trouve souvent avec des graines de fenouil, des graines d'anis, de la noix de coco et des

graines de sésame. Il a une saveur sucrée très aromatique en raison de la présence de sucre et de diverses huiles essentielles des graines (Badgujar et al., 2014).

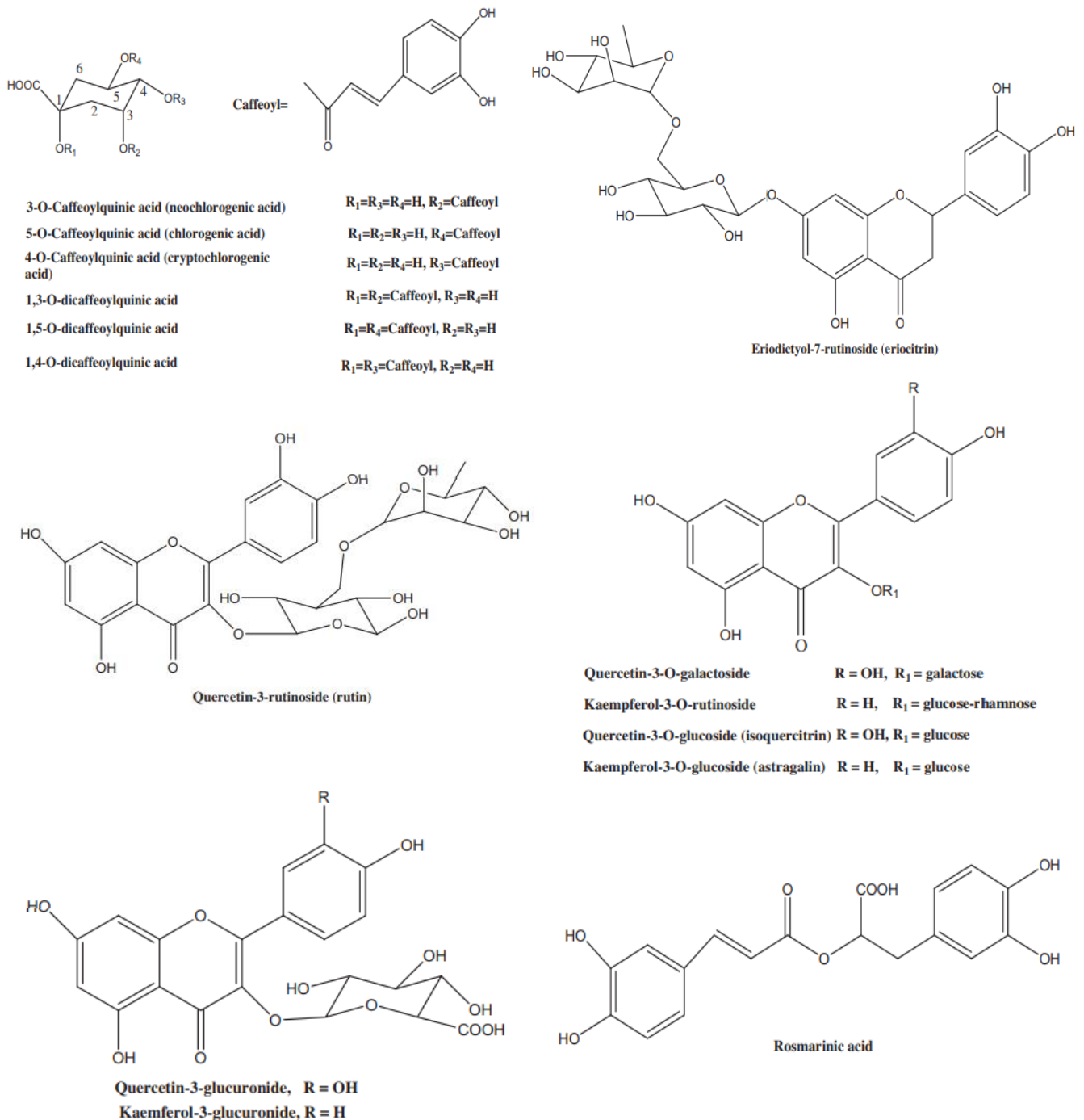


Figure 3. Structures moléculaires de certains phénols et glucosides phénoliques isolés de *Foeniculum vulgare* (Rather et al., 2012).

Chapitre II :

Le J'ben : un fromage de terroir très promoteur en Algérie.

Chapitre II : Le J'ben : un fromage de terroir très promoteur en Algérie.

1. Définition :

Le J'ben est l'une des variétés traditionnelles des fromages les plus populaires en Algérie et leur méthode de fabrication est encore d'usage de nos jours, avec une augmentation de leur consommation dans les zones steppiques en raison de leurs agréables propriétés organoleptiques et nutritionnelles (**Dahou et al., 2015**). Le "J'ben" est un fromage frais traditionnel fabriqué avec du lait cru de vache, de brebis ou de chèvre, spontanément acidifié et coagulé par des enzymes coagulantes d'origine souvent végétale (**Ouadghiri et al., 2005 ; Tadjine et al., 2020**) ou animale ou de starters acidifiants (**Hayaloglu, 2017 ; Tadjine et al., 2020**). Le " J'ben " peut également être fabriqué à la main sans coagulation enzymatique ; dans ce cas, le lait cru est uniquement coagulé par acidification spontanée (**Benkerroum et Tamime, 2004 ; Tadjine et al., 2020**).

2. Processus de la fabrication :

2.1. Technologie traditionnel :

Le lait cru de vache, de chèvre ou un mélange des deux est le plus souvent utilisé dans les procédures traditionnelles de préparation du J'ben. Le lait recueilli est d'abord filtré afin d'éliminer les impuretés grossières qu'il peut contenir, puis laissé à fermenter spontanément à température ambiante jusqu'à coagulation dans une outre de peau de chèvre ou dans une jarre en terre cuite. Le caillé obtenu est ensuite transféré dans un sac en mousseline qui est attaché et suspendu pour un égouttage de 2 à 3 jours supplémentaires. On obtient un J'ben plus ferme en prolongeant la période d'égouttage jusqu'à 10 jours pour obtenir la consistance souhaitée. Le fromage est ensuite vidé du sac en tissu, coupé en morceaux (environ 250 g), salé en surface et conditionné en vue d'un nouvel égouttage qui permet l'exsudation d'une plus grande partie d'eau, et par conséquent, aboutit à la formation d'un fromage frais à consistance relativement ferme. Jusqu'à une date récente, la fabrication du J'ben était considérée comme une activité rurale authentique, mais à l'heure actuelle, elle est de plus en plus pratiquée dans les villes, soit au niveau des ménages pour la consommation domestique, soit dans les

laiteries et les crèmeries pour la vente au niveau national (**Benkerroum et Tamime, 2004 ; Achemchem, 2014**).

2.2. Technologie semi-industriel :

Le processus industriel de la fabrication du J'ben est le résultat de profonds changements qui ont été introduits dans le processus traditionnel. Ces changements visent soit à réduire le temps de production, soit à améliorer la sécurité et la qualité de conservation du produit, mais malheureusement malgré ses avantages, cette méthode modifiée de fabrication du J'ben met sérieusement en danger l'authenticité et les propriétés uniques des produits laitiers traditionnels (**Figure 4**) (**Benkerroum et Tamime, 2004**).

2.2.1. Préparation de la matière première :

L'épuration du lait se fait par filtration à travers une mousseline propre afin d'éliminer les éléments macroscopique qu'il peut contenir. Après filtration, le lait subit soit une pasteurisation basse (60 à 62°C pendant 30 minute) ou juste un chauffage à des températures allant de 40 à 50 °C pour favoriser l'action de la présure (**Breed, 1933 ; Achemchem, 2014**).

2.2.2. Coagulation :

La coagulation, c'est l'opération clé de la production du fromage, c'est le passage de l'état liquide du lait à l'état semi-solide (gel) qui se fait sous l'action de la présure (complexe enzymatique sécrété par la muqueuse de la caillette des jeunes ruminants). L'emprésurage est effectué dans un lait ayant subi au préalable une maturation. Celle-ci peut être spontanée, lorsque le lait cru est conservé à température ambiante de façon à favoriser la prolifération de sa microflore lactique naturelle. Dans le cas d'un lait pasteurisé, la maturation est dirigée par addition de levains sélectionnés. Dans certaines unités de fabrication de J'ben, le producteur cultive lui-même un levain naturel provenant de son propre lait (**Achemchem, 2014**). Il existe trois types de coagulation (**Jeantet et al., 2007 ; Jeantet et al., 2008**) :

2.2.3.1. Coagulation acide :

Cette coagulation consiste à précipiter les protéines du lait (les caséines) à leur point isoélectrique ($pH_i = 4,6$) par chauffage et acidification biologique à l'aide des ferments lactiques qui transforment le lactose en acide lactique ou par acidification chimique du milieu (addition d'acide lactique, d'acide acétique...etc.) (**Jeantet et al., 2007 ; Jeantet et al., 2008**).

2.2.3.2. Coagulation enzymatique :

La coagulation enzymatique consiste à transformer le lait de l'état liquide à l'état de gel par action d'enzymes protéolytiques, le plus souvent d'origine animale. On distingue trois phases de coagulation :

- Phase primaire ou enzymatique, décrite précédemment et correspondant à l'hydrolyse de la caséine Kappa au niveau de la liaison phenylalanine (105) et méthionine (106);
- Phase secondaire ou d'agrégation des micelles déstabilisées : qui commence lorsque 80 à 90% de la caséine kappa est hydrolysée;
- Phase tertiaire ou phase de réticulation conduisant à la formation du gel (**Jeantet et al., 2007 ; Jeantet et al., 2008**).

2.2.3.3. Coagulation mixte :

Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification. La multitude de combinaisons conduisant à différents états d'équilibres spécifiques est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâte molle et à pâte pressée non cuite (**Jeantet et al., 2007 ; Jeantet et al., 2008**).

2.2.4. Moulage et égouttage :

Le moulage est une opération qui consiste à donner au gel une forme déterminée sous laquelle apparaîtra le fromage après égouttage. Le but essentiel de l'égouttage est de régler la teneur en eau du produit. Les moules (contenant des petits trous), une fois

chargés de caillé, sont disposés sur des tables d'égouttage légèrement inclinées et équipées d'un dispositif (gouttière) de récupération du sérum (**Achemchem, 2014**).

2.2.5. Démoulage et salage :

Le démoulage est une opération qui consiste à retirer de son moule le fromage égoutté et mis en forme. Après le démoulage vient l'opération de salage qui peut être réalisée soit à sec par saupoudrage direct du sel sur la face du fromage, soit par immersion des fromages dans un bain de saumure (eau salée à saturation). En plus de son goût caractéristique masquant la sapidité de certaines substances, le chlorure de sodium complète aussi l'égouttage du fromage, en favorisant le drainage de la phase aqueuse libre de la pâte, comme il agit aussi, directement ou indirectement à travers l'activité de l'eau (a_w), sur le développement des microorganismes et l'activité des enzymes (**Achemchem, 2014**).

2.2.6. Séchage et stockage :

Le séchage ou ressuyage des fromages consiste à placer ceux-ci dans un courant d'air pendant 1 à 3 jours selon le degré de dessèchement désiré. Il s'effectue dans un local spécialement aménagé à cet effet. Après ressuyage, les fromages sont emballés et stockés pendant plusieurs jours avant de gagner les marchés locaux pour la vente (**Achemchem, 2014**).

3. Caractéristiques physico-chimiques :

Selon **Dahou et al (2015)** la composition physicochimique du J'ben varie en fonction de la typicité des transformations laitières traditionnelles de chaque région du pays. Le pH (<4,2) et l'acidité titrable (>0,9%) sont les paramètres les moins variables dans le J'ben. Par contre, la teneur en matière sèche totale du J'ben est le facteur le plus variable car elle dépend de la durée d'égouttage du caillé. Les teneurs en matières grasses, en lactose et en protéines constituent les principales composantes de l'extrait sec total du J'ben, elles sont directement affectées par les variations de la matière sèche totale du produit (**Benkerroum et Tamime, 2004**).

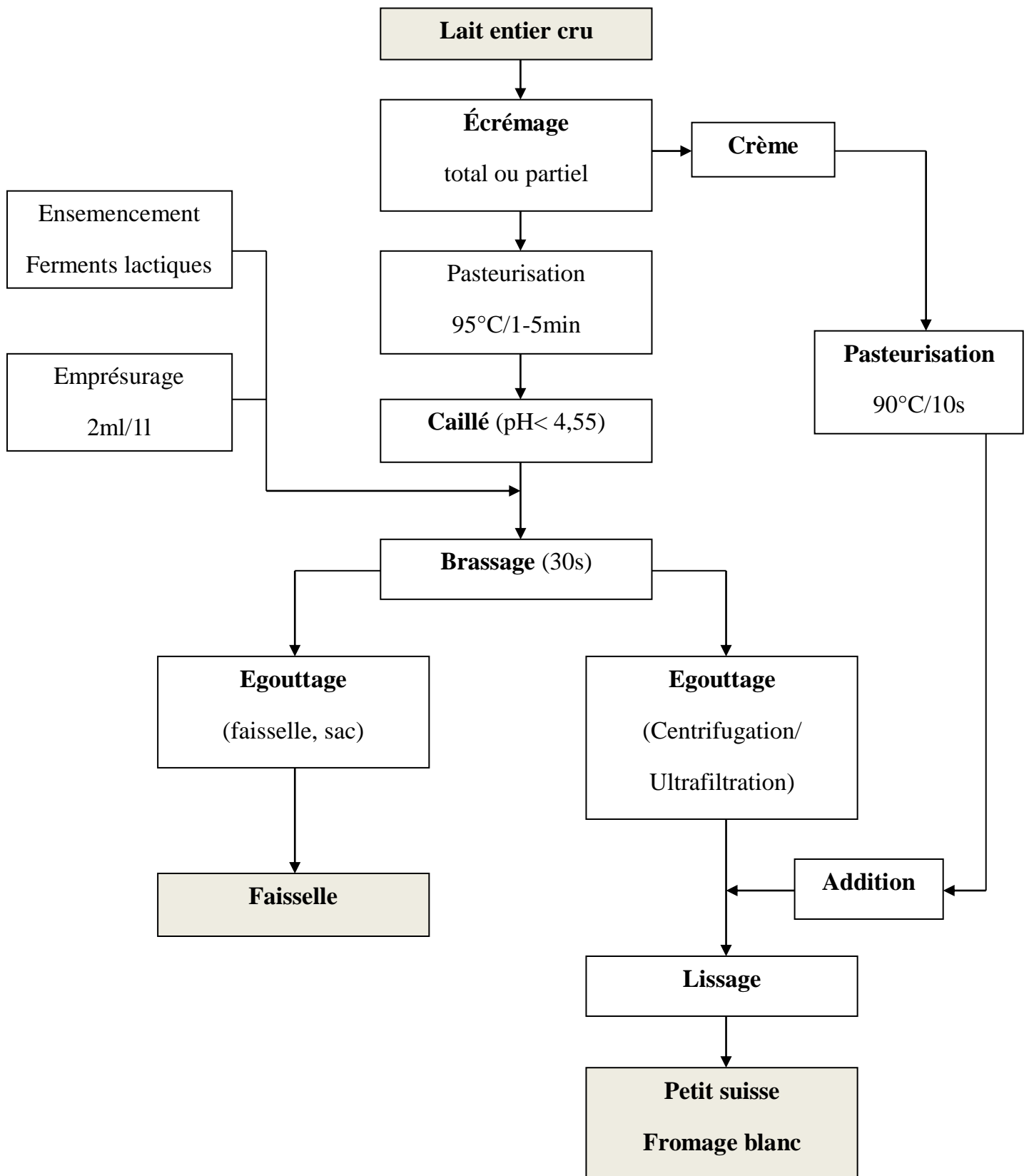


Figure 4. Diagramme technologie de fabrication des fromages frais (Jeantet et al., 2007 ; Jeantet et al., 2008).

4. Caractéristiques microbiologiques :

Le J'ben comme tout autre produit fermenté est caractérisé par sa grande richesse en micro-organismes (**El Marrakchi et Hamama, 1996**). La qualité microbienne des fromages au lait cru dépend à la fois de la qualité de la matière première et du procédé de fabrication. Les caractéristiques microbiologiques du lait ovin diffèrent de celles du lait bovin à certains égards. Le plus grand nombre de têtes par volume de lait produit, la saisonnalité de la production, l'alimentation, le processus de traite, le stade de lactation etc., sont autant de facteurs qui peuvent faire varier la qualité du fromage (**Salmeron et al., 2002**).

La microbiologie du J'ben est principalement dominée par la flore lactique (10^8 - 10^9 UFC/g) (**Benkerroum et Tamime, 2004**). Les trois groupes lactiques formant cette flore sont rencontrés à des proportions presque égales: $5,1.10^8$ UFC/g de *Lactocoques*; $3,2.10^8$ UFC/g de *Lactobacilles* et $2,6.10^8$ UFC/g de *Leuconostocs*. Parmi les *Lactobacilles* isolés du J'ben, on trouve surtout les deux variétés de l'espèce *Lactococcus lactis* (*L. lactis lactis* et *L. lactis diacetylactis*). *Lactobacillus casei casei* est prédominant parmi les *Lactobacilles* et *Leuconostoc lactis* parmi les *Leuconostocs*. Les 4 espèces mentionnées ci-dessus peuvent donc être considérées comme les principales espèces responsables des caractéristiques sensorielles majeures du J'ben (**El Marrakchi et Hamama, 1996**). En plus des LAB dans le J'ben, d'autres micro-organismes peuvent être présents en nombre relativement élevé (**Benkerroum et Tamime, 2004**). La flore mésophile aérobie totale est très importante dans ce produit ($8,2.10^8$ UFC/g) (**El Marrakchi et Hamama, 1996**). Le nombre moyen de Levures et de Moisissures est supérieur à 10^6 UFC/g. Bien que la présence des levures dans le J'ben ne pose aucun problème en termes de sécurité du produit, leur nombre excessif dans le J'ben traditionnel est associé aux principaux défauts du produit (aspect visqueux, décoloration prononcée du caillé, formation d'une couche de croissance microbienne en surface du caillé, développement d'une forte odeur d'alcool). Néanmoins, à des niveaux modérés, ces micro-organismes peuvent contribuer à la saveur du produit (**Benkerroum et Tamime, 2004**).

Le nombre de Coliformes et d'*Entérocoques* peut dépasser 10^5 UFC g^{-1} , ce qui augmente la probabilité que le produit soit responsable de l'apparition de maladies d'origine alimentaire dans le pays. En fait, des agents pathogènes très préoccupants pour la santé, notamment *Salmonella spp*, *Yersinia enterocolitica* et *L. monocytogenes*, ont été détectés dans le J'ben traditionnel à des fréquences respectives de 10 %, 4,1 % et 18,1 % (**Hamama, 1997 ; Benkerroum et Tamime, 2004**).

5. Défauts de fabrication :

Du fait même de ses caractères propres, la complexité des technologies et la diversité des fabrications, la fromagerie connaît plus que toute autre activité laitière des risques d'accidents qui vont se traduire par des défauts. Une classification de ces défauts peut reposer sur plusieurs bases. Selon l'étape de la fabrication ces défauts peuvent être classés en deux catégories : les défauts de coagulation et les défauts d'égouttage (**Eck et Gillis, 2006 ; Jeantet et al., 2007**) :

Le développement des bactéries lactiques a un rôle essentiel en technologie fromagère. Elles agissent comme agent d'acidification, donc de coagulation, d'égouttage et d'ajustement du degré de minéralisation de la pâte de fromage (**Eck et Gillis, 2006**).

L'aptitude du lait à permettre le développement des bactéries lactiques varie avec l'origine du lait et avec l'espèce bactérienne. Il existe dans le lait un certain nombre de facteurs naturels inhibiteurs (immunoglobulines, lactoperoxydase, lysozyme, lactoferrine, nisine, acides gras libres, leucocytes, etc.) et stimulateurs tels que les facteurs de croissance (vitamines du groupe B, acides aminés, bases azotées, petits peptides, protéose peptones). L'application de traitements thermiques au lait peut d'une part détruire les inhibiteurs naturels comme les facteurs de croissance, et d'autre part générer des facteurs de croissance tels que des peptides, acides aminés, acide formique, etc. D'autres facteurs exogènes au lait tels que bactériophages ou antibiotiques ou résidus chimiques peuvent être à l'origine d'une inhibition de la flore lactique (**Eck et Gillis, 2006**).

Enfin, le lait selon sa composition physico-chimique et bactériologique (laits de mammité, de début ou de fin de lactation) ou selon les traitements technologiques qu'il a subis (laits réfrigérés, laits traités thermiquement, etc.) peut présenter des défauts de coagulation: allongement du temps de prise, diminution de la vitesse de raffermissement, formation d'un gel mou avec diminution du rendement fromager (Eck et Gillis, 2006).

6. Conservation des fromages :

Les fromages représentent une forme de conservation ancestrale de la matière utile du lait tels que les protéines, matières grasses ainsi qu'une partie du calcium et phosphore, dont les qualités nutritionnelles et organoleptiques sont appréciées par l'homme dans presque toutes les régions du monde (Jeantet et al., 2007).

Afin de prolonger la durée de conservation du fromage, certains additifs sont incorporés au cours du conditionnement. Parmi ces additifs on a les absorbeurs d'humidité qui ralentissent la déshydratation des fromages et les agents antifongiques qui permettent d'éviter le développement de la flore de surface sur la tranche du fromage à pâte molle lors de son conditionnement sous forme de portion. L'agent antifongique le plus utilisé, c'est l'acide sorbique qui migre de l'emballage vers la surface du fromage et agit par diffusion au travers de la membrane du microorganisme. Son efficacité décroît avec la durée de conservation du fromage emballé. D'autres additifs d'emballage ont des fonctions techniques (anti-UV, plastifiants, stabilisants, antistatiques, antiglissants, émulsifiants...). Par exemple, l'adipate de diéthylhexyle (DEHA), plastifiant fréquemment retrouvé dans les fromages avec une concentration d'environ 100 mg/kg de fromage (cheddar) a fait l'objet d'études de toxicité approfondies. Enfin, il faut préciser que certains contaminants nommés « non prévisibles » peuvent être détectés dans les fromages. Il s'agit en général des produits de réactions de dégradation des composants de l'emballage sous l'action de la chaleur ou des rayonnements. Il peut également s'agir de contaminants liés à l'emploi de matériaux recyclés. Il convient d'éviter certaines confusions entre les molécules étrangères et les molécules normalement produites dans le fromage au cours de son affinage (Eck et Gillis, 2006).

La (**Figure 5**) représente les catégories des additif alimentaires les plus utilisées dans les fromages selon **Gaouar et al., 2022**. Cette figure indique que les agents de texture étaient les plus incorporés (38%) suivis par les antioxydants (33%) (les fromages étant riches en matière grasse) et les conservateurs (14%). Les colorants, les exhausteurs de goût et les aditifs alimentaires hors catégories n'étaient que faiblement retrouvés (5% chacun).

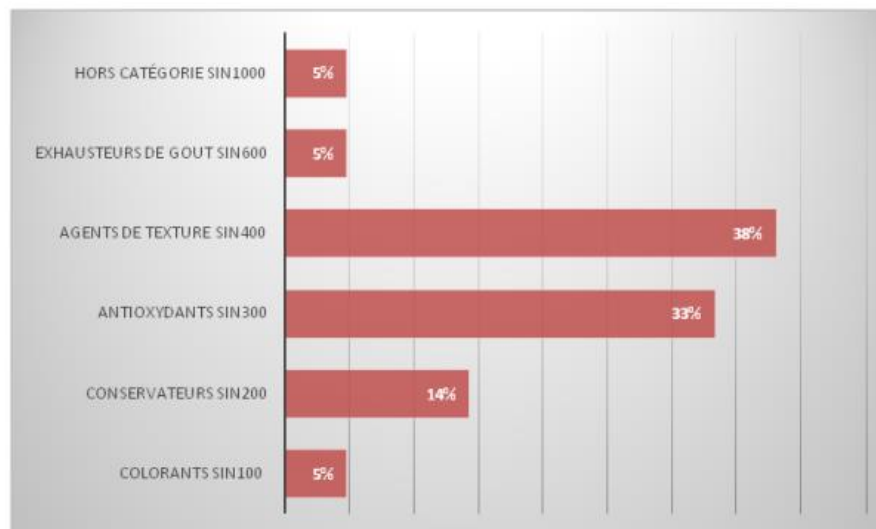


Figure 5. Fréquences de catégories d'additifs alimentaires utilisés dans les fromages (n=21) (**Gaouar et al., 2002**).

Partie 2 :

Méthodologie expérimentale

Partie 02 : Méthodologie expérimentale

1. Objectifs :

Cette étude consiste à suivre périodiquement (chaque 5 jours) les effets d'ajout d'extrait phénolique des graines de fenouil (*Foeniculum vulgare*) comme additif naturel à des doses de (1%, 2%, 3%) sur la qualité nutritionnelle, diététique, organoleptique et microbiologique d'un fromage de terroir type J'ben pendant 15 jours de conservation au froid positif de 4°C.

2. Origine et traitements préliminaires du matériel végétal:

Le matériel végétal objet de cette étude de recherche (graines de *Foeniculum vulgare* local) a été prélevé dans la région d'Ain Defla-Algérie située à environ 36,0729193 de Latitude et 1,9881527 de Longitude (**Figure 6**).

Les gaines après collecte ont été nettoyées des impuretés (brindilles, pierre, poussières) et ensuite étalées sur du papier journal et séchées à l'air ambiant. Les graines séchées ont été enfin broyées à l'aide d'un broyeur à lame de cuisine, puis le broyat végétal récupéré à été mis dans des bocaux hermétiques fumés et conservé à sec (température ambiante) et à l'abri de l'humidité ainsi que de la lumière.

3. Extraction des composés phénoliques :

L'extraction des principaux composés phénoliques contenus dans les graines de fenouil (*Foeniculum vulgare*) a été effectuée par la méthode décrite par **Sultana et al. (2009)** en utilisant un solvant polaire d'épuisement des composés bioactifs du matériel végétal. Cette méthode d'extraction n'est qu'un procédé d'extraction discontinu solide-liquide par macération et qui consiste à laisser tremper le solide dans un solvant à température ambiante durant quelque temps et à extraire les constituants solubles par évaporation du solvant sous vide.

L'extraction des composés bioactifs de la plante a été réalisée par usage de l'éthanol aqueux comme solvant d'extraction. Elle a été effectuée sur une prise d'échantillons de 10 g de matière végétale broyée qui a été mélangée avec 100 ml de

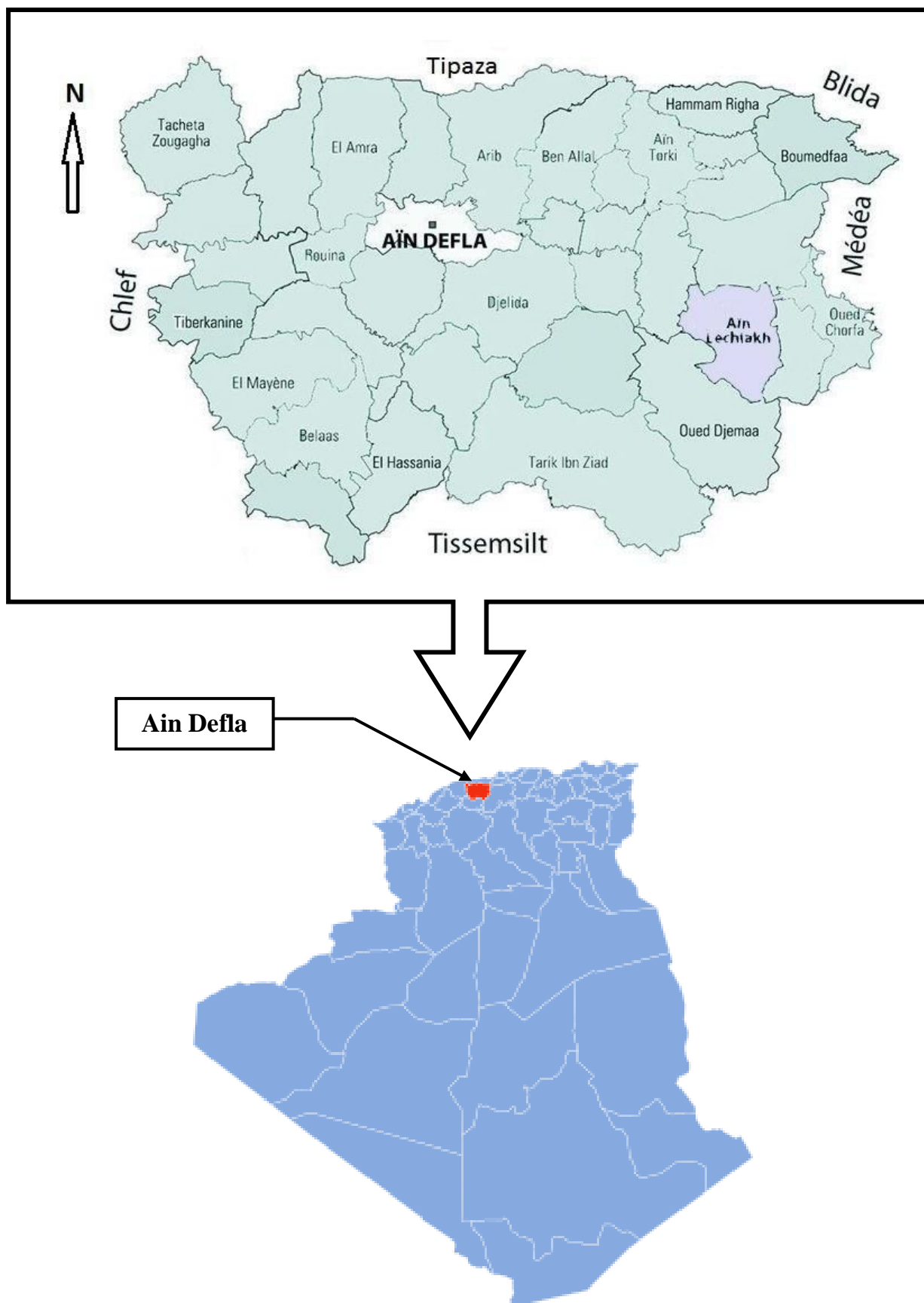


Figure 6. Localisation de la région d'Ain Defla (DSA, 2014).

solvant aqueux (80/20, solvant / eau, v / v). L'extraction par macération à froid du mélange est laissée pendant 6 heures à température ambiante et à l'abri de la lumière sous agitation. La durée de l'extraction favorisera ainsi la dépolymérisation des principaux composés constitutifs de la plante tels que la lignine ainsi que les substances pectiques et permet une meilleure solubilisation des principaux composés bioactifs.

Enfin, l'extrait hydroéthanolique obtenu après filtration (en utilisant un papier filtre Whatman N°3 ayant une porosité de 0,3 μ m) a été débarrassé du solvant par évaporation sous vide à 45 °C au rota vapeur et l'extrait obtenu a été conservé au réfrigérateur à 4 °C pour des utilisations ultérieures.

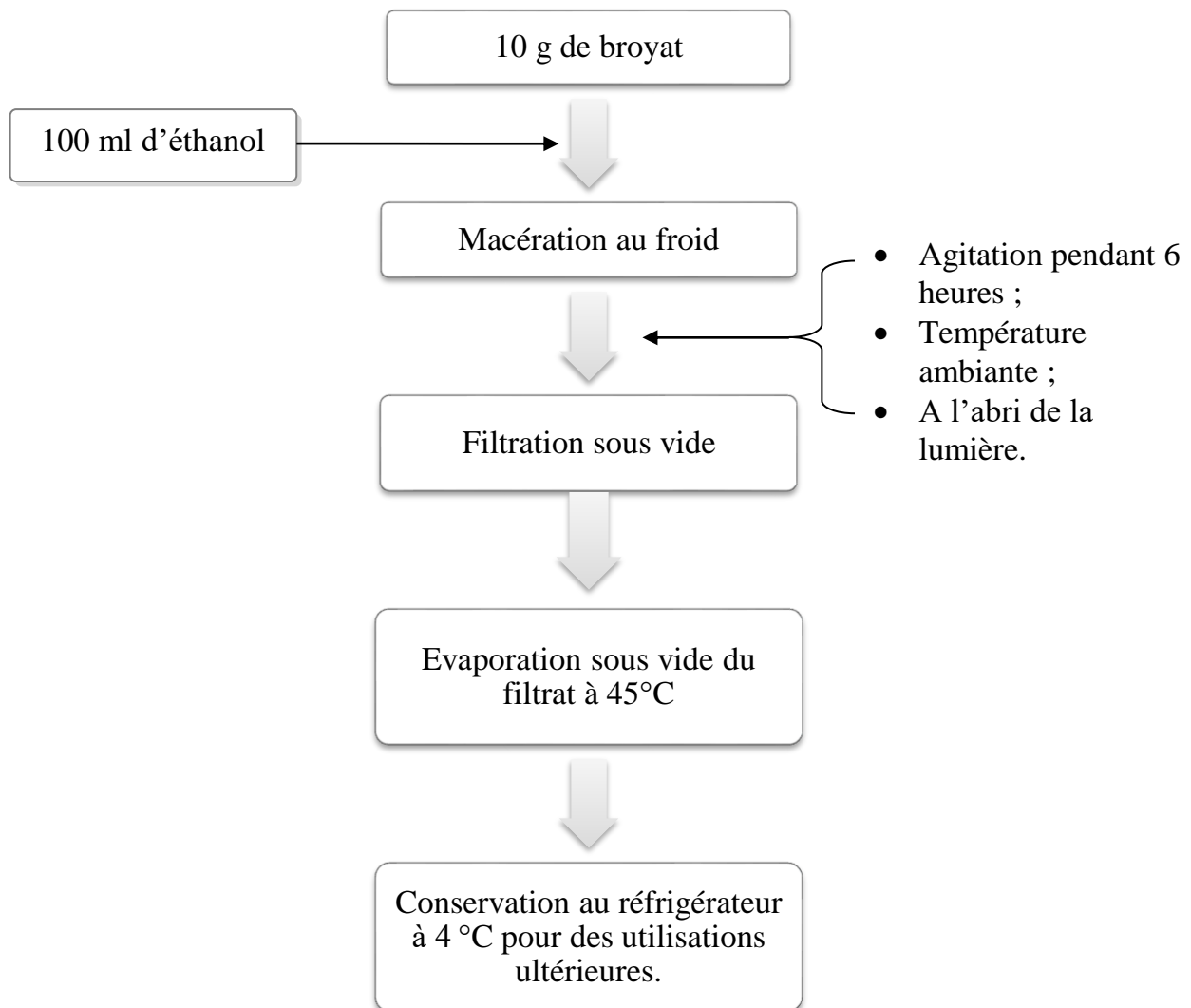


Figure 7. Diagramme d'extraction des composés phénoliques des graines de fenouil.

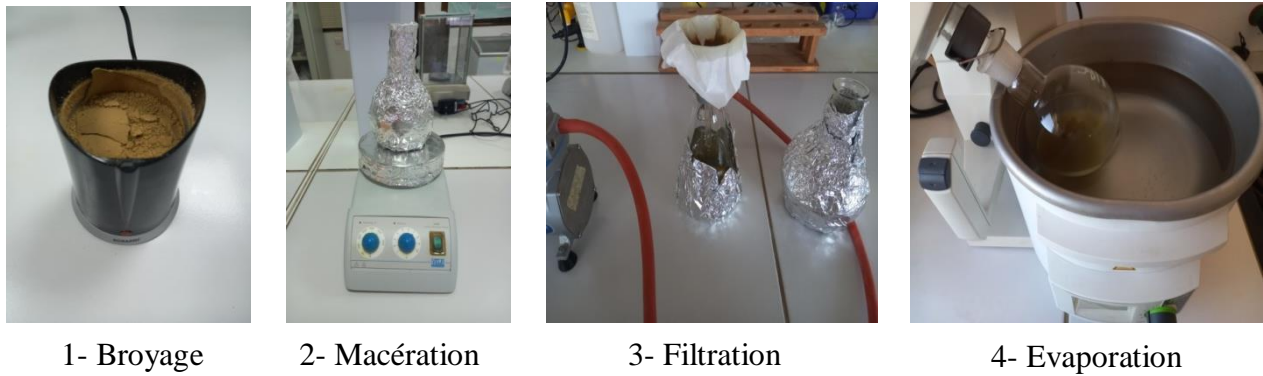


Figure 8. Etapes d'extraction de l'extrait hydroéthanolyque des graines de fenouil.

4. Préparation du levain lactique:

Dans un bécher, une prise de 0,75 g de la souche mésophile pour ensemencement directe a été ajoutée à 750 ml de lait écrémé stérilisé et préalablement réchauffé à 37 °C. Le mélange après sertissage par du papier en aluminium a été, ensuite, maintenu dans une étuve à 37 °C pendant une heure. Au terme d'étuvage, le levain est prêt à l'emploi.

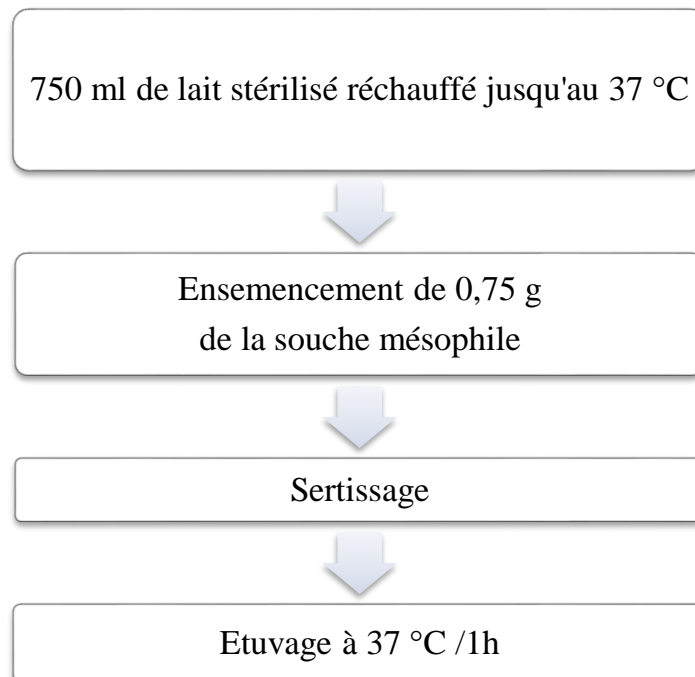


Figure 9. Diagramme de préparation du levain lactique.



1- Chauffage à 37°C



2- Ensemencement



3- Sertissage



4- Etuvage (37°C/1h)

Figure 10. Etapes de la préparation du levain lactique.

5. Etapes de fabrication du J'Ben :

Les différentes étapes de la fabrication du J'ben durant l'expérimentation sont illustrées dans la (**Figure 11 et 12**). Le lait cru de vache à raison 40 l a été collecté de chez un éleveur de la wilaya de Mostaganem et ce le mois d' Avril 2023. Le lait réceptionné au niveau du laboratoire de Technologie Alimentaire et Nutrition - Université de Mostaganem a été pasteurisé en le maintenant chauffé à 60°C pendant 30 minutes. Ensuite, celui-ci a été refroidi à 37-38 °C, puisensemencé à 2% (2 ml levain pour 100 ml lait) par des ferments mésophiles et emprésuré avec 10 ml d'une présure liquide industrielle d'origine animale ayant une force de coagulation de 1 /10000. Avant la prise en masse (caillage) une quantité de 20 g de Ca Cl₂ a été ajoutée au mélange précédant pour compenser la quantité de calcium qui sera perdue dans le lactosérum au cours de l'égouttage. La fin de la coagulation a été évaluée comme étant le temps de prise en masse du caillé fois quatre. Après caillage (formation du coagulum), le caillé a subit un coupage horizontal accompagnée d'un brassage manuel afin de permettre l'exsudation du lactosérum enserré dans le caillé. Ce dernier a été soutiré dans un premier temps à l'aide d'une louche propre et ensuite en le

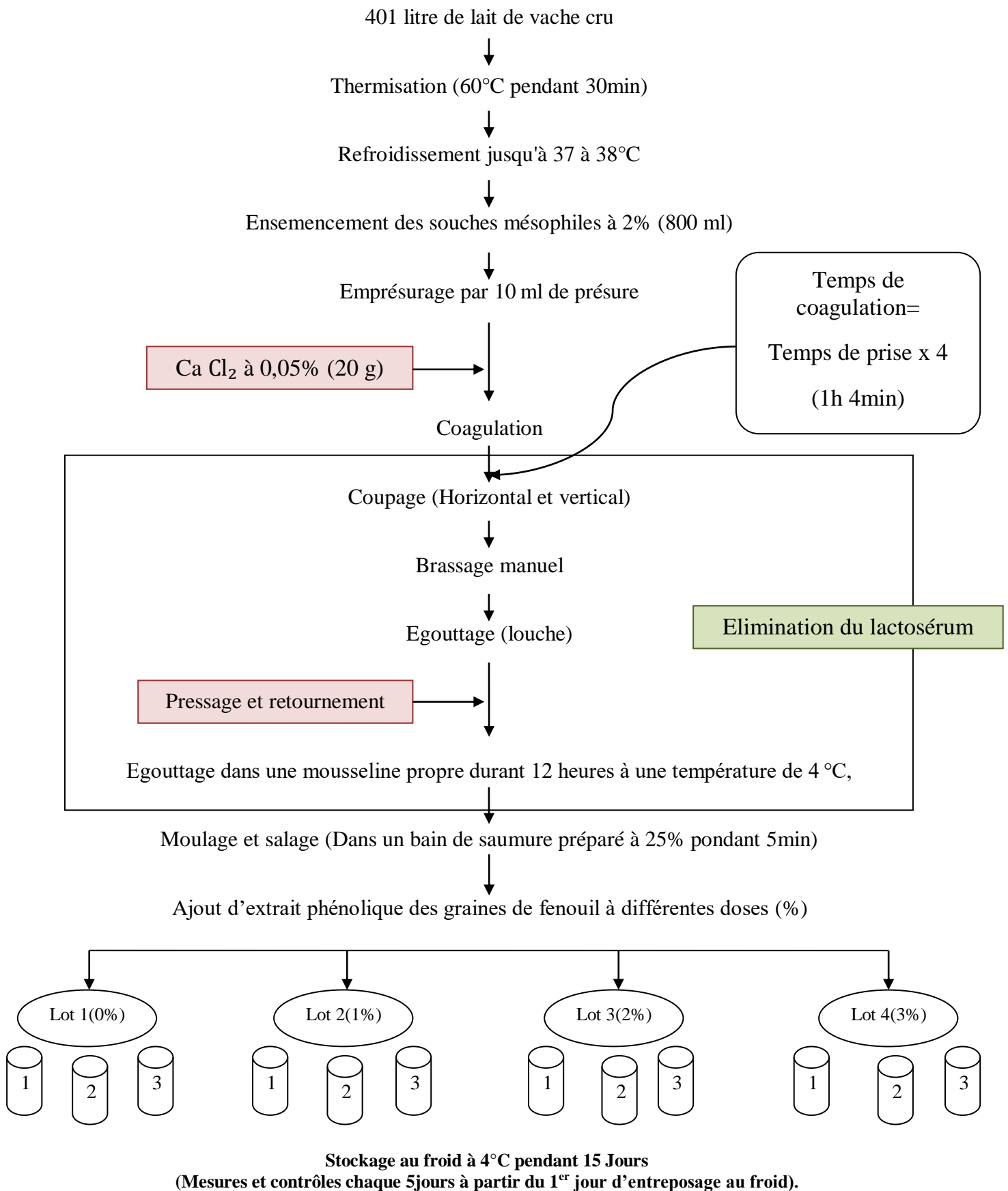


Figure 11. Procédure expérimentale.



1- Lait de vache.



2- Filtration.



3- Pasteurisation.



4- Ensemencement de levain.



5- Emprésurage.



6- Ajout de CaCl_2



7- Coupage.



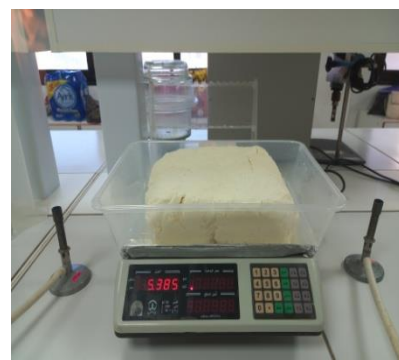
8- Brassage.



7- Égouttage et retournement.



8- Egouttage pondant 12h à 4°C.



9- Pesage.



10- Moulage et salage.



11- Egouttage.



12- Traitement.

Figure 12. Etapes de fabrication et de traitement du J'ben.

laissant égoutter dans une mousseline propre durant 12 heures à une température de 4 °C. Après égouttage, le caillé a subi une opération de moulage et un salage en l'immergeant dans un bain de saumure préparé à 25% pendant 5 minutes.

Le fromage frais type J'ben obtenu a subi enfin un traitement particulier à l'extrait hydroéthanolique des graines de fenouils riche en composés phénoliques.

6. Essais de fabrication de J'ben à l'extrait de *Foeniculum vulgare* :

Le caillé récupéré conformément au procédé de fabrication précédent a été répartie en quatre (04) lots dont chacun est constitué de trois échantillons (03) de 100 g de coagulum. L'extrait pur à l'éthanol aqueux de la graine de *Foeniculum vulgare* a été ensuite incorporé aux échantillons du j'ben de chaque lot à différentes doses (**Figure 13**).

Les portions de fromage du premier lot n'ont subi aucun traitement expérimental et ont représenté les échantillons témoins. Par contre, les portions de caillé du second lot ont subi chacun un ajout par pulvérisation en surface de 2% d'extrait riche en composés phénoliques de *Foeniculum vulgare* (2 ml d'extrait/100 g de fromage J'ben). Les échantillons du troisième et quatrième lot ont été pulvérisés chacun respectivement par 4 (4 ml d'extrait/100 g de J'ben) et 6% (6 ml d'extrait/100 g de J'ben) d'extrait.

Enfin, tous les échantillons expérimentaux préparés sans et avec extrait de *Foeniculum vulgare* ont été conservés pendant 15 jours au froid positif de 4 °C dans un réfrigérateur.



Figure 13. Représentation du fromage J'ben obtenu à la fin du procédé de fabrication.

7. Mesures et contrôles :

7.1. Analyses physicochimiques :

7.1.1. Analyses de quelques paramètres biochimique d'extrait phénolique :

7.1.1.1. Dosage des composés phénoliques totaux :

Le dosage des polyphénols totaux de l'extrait brut de *Foeniculum vulgare* est réalisé selon la méthode de **Folin-Ciocalteu (1927)**. Ce dosage est basé sur la quantification de la concentration totale de groupements hydroxyles présents dans l'extrait (**Ali-Rachedi, 2018**).

Le protocole utilisé est basé sur celui décrit par **Ben Moussa et al. (2022)** et **Zbadi et al. (2018)**. Un volume de 200 µl de chaque extrait (dilué 50 fois dans le méthanol) est introduit dans un tube à essai, 1 ml de réactif Folin-Ciocalteu (dilué 10 dans le méthanol) y est additionné. Après incubation de 5 min à température ambiante, 800 µl de solution aqueuse de carbonate de sodium (7,5 %) sont ajoutés. La solution finale est mélangée et conservée à l'obscurité pendant 30 min à température ambiante. L'absorbance est mesurée à 765 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre. Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique comme standard à différentes concentrations (0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 et 20 µg/ml).

Les résultats sont exprimés (en mg équivalent acide gallique/ml d'extrait, en mg équivalent acide gallique/g d'extrait lyophilisé, en en mg équivalent acide gallique/g MS de la plante) en se référant à la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (**Laib et al., 2021**).

7.1.1.2. Dosage des flavonoïdes totaux :

La quantification des flavonoïdes des graines de fenouil a été effectuée par la méthode décrite par **Djenidi et al. (2020)** en utilisant du trichlorure d'aluminium (AlCl₃). 500µl de chaque extrait ont été ajoutés à un volume égal d'une solution d'AlCl₃ (2% dans le méthanol). Le mélange a été vigoureusement agité et après 10

minutes d'incubation, l'absorbance a été lue à 430 nm par un spectrophotomètre. La quantification des flavonoïdes a été évaluée à partir de la courbe d'étalonnage de la quercétine préparée à différentes concentrations (1,25 à 40 µg /ml). Les résultats ont été exprimés en microgrammes équivalent quercétine par milligramme d'extrait sec (en mg équivalent quercitine/ml d'extrait, en mg équivalent quercitine/g d'extrait lyophilisé, en en mg équivalent quercitine /g MS de la plante).

7.1.1.3. Activité antioxydante :

7.1.1.3.1. Test de piégeage du radical libre DPPH :

L'activité antioxydante de l'extrait phénolique des graines de fenouil a été déterminée par la méthode du DPPH décrite par **Archana et al. (2005)**. En présence des piègeurs de radicaux libres, le DPPH, de couleur violette, se réduit en 2,2-diphényl-1-picrylhydrazine, de couleur jaune (**Sanchez-Moreno et al., 1998 ; Zbadi et al., 2018**).

0,004g de DPPH a été solubilisé dans 100ml d'éthanol (**Archana et al., 2005**). La solution obtenue a été conservée à l'abri de la lumière (**Bohui et al., 2018**).

100 µl de chaque solution des extraits à différentes concentrations (100 µg/ml) et ou de l'acide ascorbique (100 µl/ml) ont été ajoutés à 2,9 ml de la solution éthanolique du DPPH. Le contrôle négatif est préparé en parallèle, en mélangeant 100 µl d'éthanol avec 2,9 ml de la solution éthanolique de DPPH (**Archana et al., 2005**).

La lecture de l'absorbance est faite à 517 nm, après 30 min d'incubation à l'obscurité et à température ambiante (**Archana et al., 2005**). Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard, l'acide ascorbique, dont l'absorbance (Abs) a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons. Pour chaque concentration, le test est répété trois fois. Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition (%IP) (**Sanchez-Moreno et al., 1998 ; Zbadi et al., 2018**) :

$$I (\%) = [(Abs \text{ contrôle} - Abs \text{ test}) / Abs \text{ contrôle}] \times 100$$

Les concentrations inhibitrices médianes (IC50) sont déterminées graphiquement par la régression linéaire (Sanchez-Moreno et al., 1998 ; Zbadi et al., 2018).

7.1.1.3.2. Test de la réduction du fer FRAP :

Ferric reducing antioxidant power (FRAP) ou le pouvoir réducteur du fer pour tester l'activité antioxydante de l'extrait phénolique des graines de fenouil, a été déterminé selon la méthode décrite par Zbadi et al. (2018). Cette méthode est basée sur la réduction de l'ion ferrique (Fe^{+3}) en ion ferreux (Fe^{+2}).

1 ml de différentes concentrations (100 μ g/ml) de chaque extrait hydroéthanolique des graines de fenouil est mélangé avec 2,5 ml d'une solution tampon phosphate 0,2 M (pH 6,6) et 2,5 ml d'une solution de ferricyanure de potassium $K_3Fe(CN)_6$ à 1 %. L'ensemble est incubé dans un bain-marie à 50°C pendant 20 min. Ensuite, 2,5 ml d'acide trichloracétique (10 %) sont ensuite additionnés pour arrêter la réaction. Après la centrifugation des tubes à 3000 rpm pendant 10 min, 2,5 ml du surnageant de chaque concentration sont mélangés avec 2,5 ml d'eau distillée et 0,5 ml de $FeCl_3$ (0,1 %).

La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel est mesurée à 700 nm contre un blanc. L'acide ascorbique (une solution d'un antioxydant standard) est utilisé comme contrôle positif, dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons testés. L'augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés (Cao et al., 2007).

7.1.2. Analyses physicochimique du J'ben :

7.1.2.1. pH :

- **Principe :**

Consiste à mesurer la différence de potentiel entre deux électrodes, plongées dans le liquide à analyser (ISO 1842, 1991).

- **Mode opératoire :**

Le pH de fromage a été déterminé après homogénéisation de l'échantillon avec de l'eau distillée (1:10, p/v) à l'aide d'un pH-mètre numérique (CRISON, basic 20) étalonné avec des tampons de pH 4,0 et 7,0 (Tavares et al., 2021).

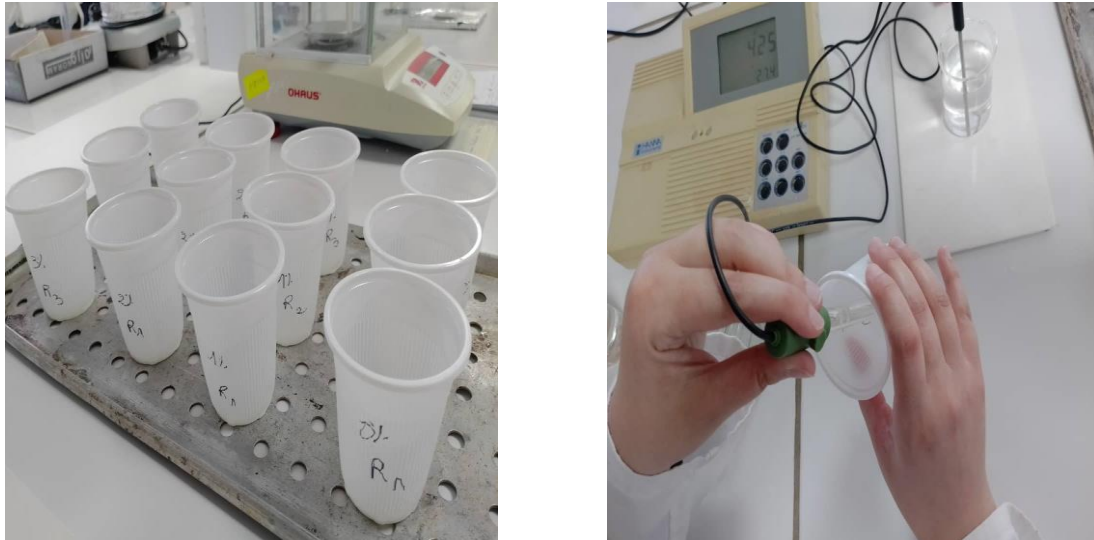


Figure 14. Etapes d'évaluation du pH du J'ben.

7.1.2.2. Acidité titrable :

- **Principe :**

Cette méthode consiste à déterminer l'acidité des aliments par une titration à l'aide d'une solution basique (NaOH) et en présence d'un indicateur coloré (phénolphtaléine) (Mathieu, 1998).

- **Mode opératoire :**

Pour mesurer l'acidité titrable, 10 ml de la suspension obtenue précédemment additionné de 3 gouttes de phénolphtaléine (1%) a été titrée par de la soude (NaOH) 1/9 N (mol.l^{-1}) sous agitation jusqu'au virage de la couleur du milieu vers le rose (Mathieu, 1998).

Le résultat a été exprimé en degré Dornic ($^{\circ}\text{D}$) et déterminé par la formule suivante (Boumendjel et al., 2017) :

$$\text{Acidité titrable} = V (\text{NaOH}) \times 10$$

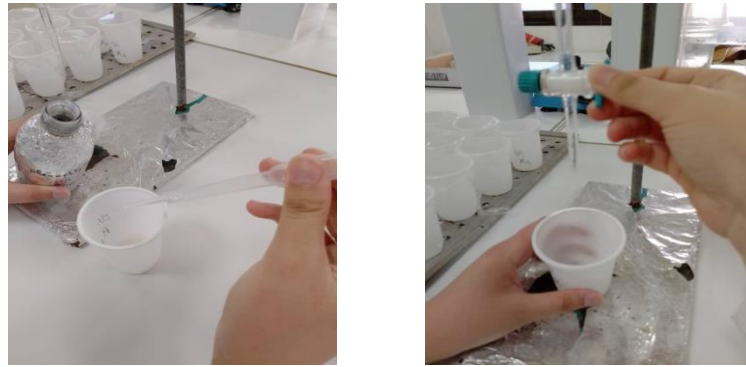


Figure 15. Phases de détermination de l'acidité titrable.

7.1.2.3. Matière sèche (extrait sec total) :

- **Principe :**

Le principe de cette méthode consiste à sécher une prise d'essai par chauffage dans une étuve isotherme réglée à $105 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 24 heures puis à peser cette prise d'essai séchée afin de déterminer la perte de masse (**Boumendjel et al., 2017**).

- **Mode opératoire :**

Pour le dosage de la matière sèche d'échantillon, une prise d'essai de 5 g du J'ben a été introduite dans un creuset en porcelaine dont le poids à vide est connu. Le creuset par la suite a été placé dans une étuve isotherme à $103-105^\circ\text{C}$ pendant 3 heures. Après le refroidissement du creuset jusqu'à température ambiante dans un dessiccateur, la matière sèche restante est alors pesée (**Boumendjel et al., 2017**).

La teneur en matières sèches (MS) de l'échantillon selon **Boumendjel et al. (2017)** est exprimée en pourcentage par rapport au poids de l'échantillon et il est calculée selon l'équation suivante :

$$\text{MS (\%)} = (M2 - M1 / M0) \times 100$$

Ou :

M0 : Masse en g de la prise d'essai ;

M1 : Masse en g de la capsule vide ;

M2 : Masse en g de capsule et du résidu après dessiccation et refroidissement.

7.1.2.4. Humidité :

Selon **Berger et al. (2004)** le taux d'humidité (Hm%) est exprimé en pourcentage d'après l'équation suivante :

$$\text{Hm (\%)} = 100 - \text{EST}$$

Ou : **Hm** : Taux d'humidité ; **EST** : Extrait sec total.



Figure 16. Etapes de détermination de la matière sèche.

7.1.2.5. Teneur en matière grasse :

- **Principe :**

Après la dissolution des protéines du fromage par l'acide sulfurique, il est procédé à la séparation de la matière grasse par centrifugation dans un butyromètre de Van Gulik, la séparation étant favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool iso-amylique. L'obtention de la teneur en matière grasse est déterminé par la lecture directe sur l'échelle du butyromètre (**JORA N°67, 2014**).

- **Mode opératoire :**

Introduire 3 g du fromage dans un butyromètre de Van de Gulik et ajouter de l'acide sulfurique par l'ouverture étroite jusqu'à ce que le niveau de l'acide atteigne une hauteur d'environ les deux tiers de la chambre du butyromètre et que le système de pesage soit complètement recouvert d'acide sulfurique. Placer le butyromètre, durant 5

min, dans un bain d'eau à $(65 \pm 2^\circ\text{C})$. Retirer le butyromètre et l'agiter énergiquement durant 10 s. Répéter ces deux opérations durant 1h jusqu'à ce que les protéines soient complètement dissoutes. Retirer le butyromètre du bain d'eau et, après avoir soigneusement agité, ajouter 1 ml d'alcool iso-amylque par l'ouverture étroite. Agiter immédiatement durant au moins 3 s et puis ajouter de l'acide sulfurique jusqu'à ce que le niveau atteigne le trait repère 35 % de l'échelle. Fermer immédiatement avec le petit bouchon et retourner le butyromètre. Agiter le butyromètre énergiquement durant 10 s dès que la matière grasse est montée dans la chambre du butyromètre. Retourner à nouveau de façon que l'acide s'écoule de la tige. Répéter deux fois les opérations de retournement et d'agitation. Placer le butyromètre, encore fois dans un bain d'eau durant 5 min. Retirer le butyromètre du bain d'eau, ajuster le gros bouchon de façon à amener la colonne de matière grasse dans la partie graduée et centrifuger le butyromètre à une accélération centrifuge relative de (350 ± 50) g durant 10 min (**JORA N°67, 2014**).

Selon **JORA N°67 (2014)** la teneur en matière grasse, exprimée en grammes pour 100 g de fromage, est égale à :

$$\text{MG (Matière grasse)} = \text{B} - \text{A}$$

Ou :

A : est la lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne de matière grasse ;

B : est la lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne de matière grasse.

7.1.2.6. Détermination du taux de cendres :

- **Principe :**

Cette méthode consiste à une incinération d'une prise d'essai à 550°C jusqu'à combustion complète des matières organiques, puis pesée les résidus restant dans les creusets (**JORA N°35, 2013**).

- **Mode opératoire :**

Le taux de cendre a été effectué selon la méthode décrite par **JORA N°35 (2013)**.

Des creusets contenant 5 g du J'ben ont été placés dans four à moufle à une température de 550 °C pendant 4 heures. Une fois l'incinération terminée, retirer les creusets du four, et les mettre à refroidir dans un dessiccateur. Dès que les creusets ont atteint la température ambiante, peser les résidus restant dans les creusets à l'aide d'une balance de précision.

Le taux de cendre est exprimé en pourcentage selon l'équation suivante :

$$\text{Taux de cendre (\%)} = (M2-M1 / M0) \times 100$$

Ou:

M0 : La masse en grammes de la prise d'essai ;

M1 : La masse en grammes de la capsule d'incinération ;

M2 : La masse en grammes de la capsule d'incinération et du résidu d'incinération.

7.1.3.7. Taux de matière organique :

Le taux de la matière organique est exprimé en pourcentage selon la formule suivante (**AOAC, 2000**) :

$$\text{MO (\%)} = \text{MS (\%)} - \text{MM (\%)}$$

Ou :

MO : Matière organique ;

MM : Matière minérale.

MS : Matière sèche.



Figure 17. Etapes de détermination de taux de cendre.

7.1.2.8. Estimation du degré d'oxydation des lipides par la méthode de TBARS :

Pour déterminer la teneur en TBARS dans le J'ben, un échantillon de 2 g de fromage a été d'abord mélangé avec 25 ml d'une solution aqueuse d'acide trichloracétique (TCA) à 20 % et 20 ml d'eau distillée. Ensuite, le mélange a été homogénéisé avec une tige de verre et laissé reposer pendant 1 h à température ambiante (25 °C). Après 1 h, le mélange a été centrifugé à 2000 rpm pendant 10 min et le filtrat obtenu a été dilué avec de l'eau distillée jusqu'à 50 ml. 5 ml du nouveau filtrat a été mélangé avec 5 ml d'une solution aqueuse 0,02 M d'acide 2-thiobarbiturique (TBA) dans un tube à essai bouché, maintenu à 95 °C pendant 20 minutes dans un bain-marie, puis refroidi pendant 5 minutes dans de l'eau froide à 0 °C. L'absorbance a été mesurée à 532 nm par un spectrophotomètre par rapport à un blanc (l'eau distillée). Afin d'obtenir une mesure précise, chaque filtrat a été mesuré trois fois et la valeur moyenne a été prise comme valeur de référence finale. La valeur des TBARS a été exprimée en mg/100 g de fromage selon la formule suivante (Xiong et al., 2015) :

$$\text{TBARS (mg de Malondialdehyde/100 g de fromage)} = A_{532} \times 7.8$$

Ou :

A₅₃₂ : est l'absorbance à 532 nm avec.

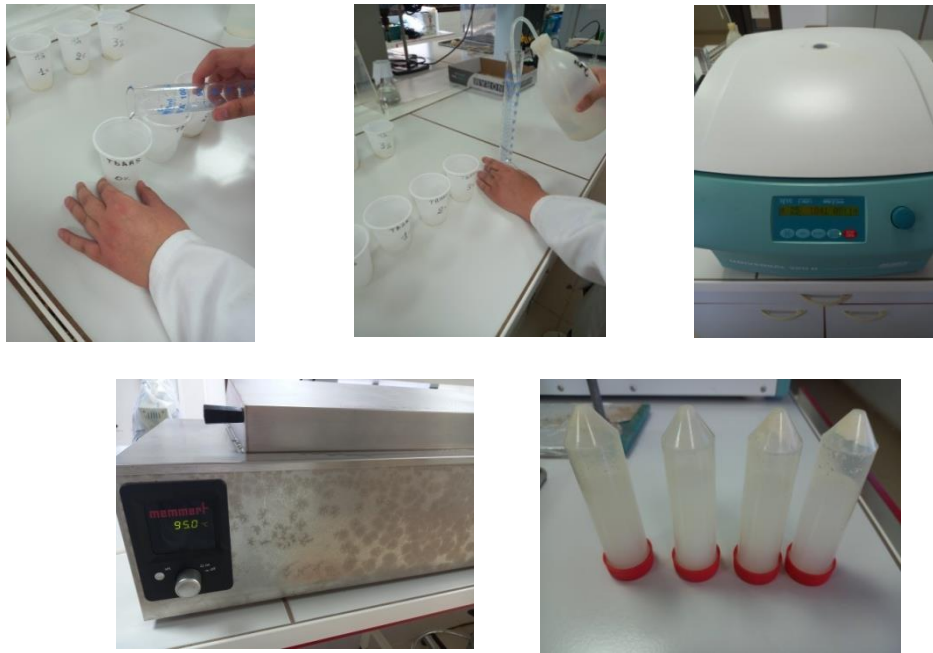


Figure 18. Etapes d'estimation du degré d'oxydation des lipides (TBARS).

7.1.3.9. Evaluation de l'activité antioxydante du J'ben par le test au DPPH:

50 g d'échantillon de fromage a été broyé, puis mélangé avec du méthanol à 80 % pour atteindre un volume total de 250 ml et le mélange a été maintenu agité à température ambiante pendant 4 h sur un agitateur. La suspension a été ensuite centrifugée à 3000 tours pendant 15 min à température ambiante et le surnageant a été filtré à travers un filtre PVDF de 0,45 μm (Whatman, Sanford, ME) dans un flacon en verre ambré et complété jusqu'à un volume final de 250 ml avec du méthanol à 80 %. Les solutions d'extraction des fromages expérimentaux ont été conservées à 4 °C pendant une durée inférieure à 2 jours avant analyses (**Wang et al., 2011**).

L'activité antioxydante des extraits a été évalués à l'aide du test antioxydant de piégeage du radical libre (DPPH) selon la méthode décrite par **Sanchez-Moreno et al. (1998)** et **Zbadi et al. (2018)**.

Les extraits ont été dilués 2 fois avec du méthanol à 80 % avant d'être testés (**Wang et al., 2011**).



Figure 19. Evaluation de l'activité antioxydante du J'ben par le test de DPPH.

7.1.3.10. Extraction des lipides à froid :

L'extraction des lipides des fromages à fin de faire le profil lipidique à été effectué selon le protocole décrit par **Folch et al. (1957)** :

- Un prélèvement d'environ 10g d'échantillon mis en présence de 60ml de réactif de Floche (méthanol / chloroforme, 20ml/40ml, vol/vol) à été broyé à l'aide d'un homogénéisateur (type ultra thurax) pendant 3 minutes.
- Le mélange obtenu est filtré à travers un verre fritté de porosité 1(Standard).
- Le filtrat obtenu est additionné d'une solution de Na cl à 0,73% à raison d'un volume de Na cl pour 4volumes de filtrat.
- Le mélange est agité puis laisser décanter pendant 2 heures.

On obtiendra un mélange séparé en 2 phases :

- La phase inférieure (chloroforme + lipides) est récupérée dans un ballon à fond rond.
- La phase supérieure (méthanol + eau) est rincée par ajout de 50 ml d'un mélange composé de 20% de Na cl préparé à 0,58% et 80% de réactif de Folch. Après agitation, on laisse décanter à nouveau pendant 20 minutes.

- La phase inférieure est récupérée et ajoutée au premier filtrat.
- Le rinçage a pour but d'obtenir le reste des lipides entraînés dans cette phase au cours de l'agitation.
- Le chloroforme est en fin évaporé sous vide dans un rota vapeur.
- La pesée du ballon contenant l'extrait lipidique après évaporation du solvant et du ballon vide permet de calculer la teneur en lipides exprimée en pourcentage (g /100g).

Les lipides totaux peuvent être quantifiés par la formule suivante :

$$\% \text{ des Lipides totaux} = \left[\frac{[M1 - M0]}{M} \right] \times 100$$

M1 : poids du ballon contenant les lipides.

M0 : poids du ballon vide.

M : prise d'essai.

7.2. Analyses microbiologiques :

Les analyses microbiologiques effectuées en triple essais sur les échantillons expérimentaux de J'ben durant le 1^{er}, le 5^{ème}, 10^{ème} et le 15^{ème} jour de conservation au froid positif à 4 °C a concerné :

- Flore totale aérobie mésophile (FMAT) ;
- Coliformes totaux et fécaux ;
- *Staphylococcus aureus* ;
- Germes *psychrotrophes* ;
- Levures et Moisissures ;
- *Pseudomonas aeruginosa* ;
- Flores lactiques.

7.2.1. Préparation des déluions décimales du J'ben :

10 g de chaque échantillon du J'ben à été introduit dans des flacons contenant 90 ml de diluant Tryptone Sel Eau (TSE) puis mélangés énergiquement de manière à disperser complètement le fromage. À partir de cette solution mère une série de dilutions décimales, appropriée pour l'ensemencement des milieux de culture ont été préparées (**Figure 20**) (**JORA N°74, 2017**).



Figure 20. Bref Regard sur les étapes d'évaluation de la qualité microbiologique des fromages.

7.2.2. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) :

Transférer en double 1 ml des dilutions obtenues précédemment dans des boîtes de Petri stériles et puis couler ces boîtes avec 12 à 15 ml de PCA (Plate Count Agar). Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu et laisser solidifier en posant les boîtes sur une surface fraîche et horizontale. Placer les boîtes de Petri retournées dans une étuve à $30\text{ °C} \pm 1$ pendant $72\text{ h} \pm 2\text{ h}$ et effectuer la lecture (**JORA N°70, 2004**).

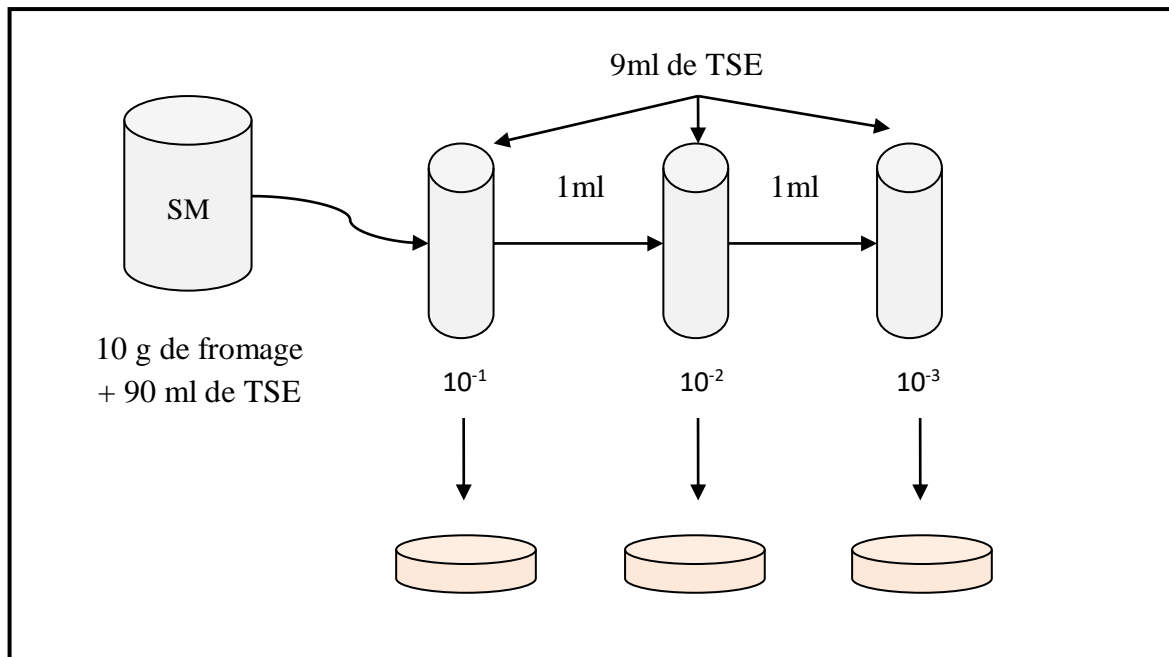


Figure 21. Technique de dilution.

7.2.3. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux :

Les coliformes fécaux ont été dénombrés sur gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBL), selon la norme NF V08-017 (**Benaïssa et al., 2014**). Transférer en double 1 ml de chaque dilution dans des boîtes de Pétri stériles et puis couler 12 ml de VRBL et mélanger le avec linoculum. Laisser solidifier en posant les boîtes sur une surface fraîche et horizontale. Lorsque le milieu est solidifié, couler environ 4 ml (couche mine) de milieu non ensemencé et laisser solidifier à nouveau (**JORA N°70, 2004 ;**).

- Placer les boîtes de Pétri retournées dans une étuve à $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 24 heures ± 2 h et effectuer le dénombrement des colonies (**JORA N°70, 2004 ; Benaïssa et al., 2014**).
- Placer les boîtes de Pétri retournées dans une étuve à $44^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 24 heures ± 2 h et effectuer la lecture (**JORA N°70, 2004 ; Benaïssa et al., 2014**).

7.2.4. Dénombrement des *Staphylocoques aureus* :

Le comptage des colonies de *Staphylococcus aureus* a été réalisé selon le protocole décrit par (**Rachedi et al., 2021 ; Uzoigwe et al., 2021**). L'échantillon a été ensemencé

en surface (0,1 ml de chaque dilutions) de la gélose Chapman. Les boîtes de Petri ont ensuite été incubées à une température de 37 °C, idéale pour favoriser la croissance de *S. aureus*, pendant une période de 2 jours.

7.2.5. Dénombrement de la flore *Psychrotrophe* :

À l'aide d'une pipette pasteur, on introduit aseptiquement 1 ml de chaque dilution dans des boites de Pétri vide et stériles, puis on verse environ 12 ml de gélose nutritive fondue et refroidie à 46-47 °C. On mélange soigneusement et on laisse le mélange se solidifier. Les boites sont incubées enfin à une température située entre 5-7 °C pendant 10 jours (**Bachtarzi et al., 2015**).

7.2.6. Recherche des levures et moisissures :

Inoculer les boites de Pétri avec 1 ml de différentes dilutions, couler l'OGA (15 ml) refroidie à 45°C, mélanger et laisser solidifier, couler une deuxième couche de gélose (4ml) et laisser refroidir. Incuber les boites à couvercle en bas à 30°C pendant 3 à 5 jours (**ISO 7954, 1988 ; Doukani, 2015**).

7.2.7. *Pseudomonas aeruginosa* :

Le dénombrement des *Pseudomonas* a été réalisé en suivant le protocole de **Massana et al. (2012)**. Tout d'abord, une prise de dilution de l'échantillon microbien a été prélevée, puisensemencée en surface sur une gélose King A. Les boîtes de Petri contenant les échantillons ont été incubées à une température de (36± 2) °C pendant cinq jours. Après l'incubation, les boîtes de Petri ont été examinées pour évaluer la présence de colonies de *Pseudomonas*. L'identification de *Pseudomonas aeruginosa* a été réalisée en observant la production d'un pigment verdâtre caractéristique, connu sous le nom de pyocyanine, sur la gélose King A. Ce pigment permet de distinguer *Pseudomonas aeruginosa*.

7.2.8. Dénombrement des bactéries lactiques :

7.2.8.1. Lactobacilles :

1 ml de chaque dilution décimale a été ensemencé en profondeur sur gélose MRS (Man Rogosa Sharpe) amené à pH 5,4 avec de l'acide lactique. Les boîtes de Pétri ont été incubées ensuite en anaérobiose c'est-à-dire par la mise des boîtes dans des sachets de plastiques stériles fermés à 43°C pendant 48 h (**Larpen, 1997**).

7.2.8.2. Streptocoques :

Dans des boîtes de pétri couler par la gélose M17, 1 ml de chaque dilution sont ensemencé en masse et puis incubée à 43 °C pendant 24-48 heures (**Larpen, 1997**).

7.3. Tests organoleptiques :

Chaque 5 jour durant deux semaines de la période de conservation au froid à 4°C, la qualité organoleptique des fromages expérimentaux a été évaluée selon une échelle de notation variable de 1 à 10 par un jury composé de 10 panélistes conformément aux critères suivants :

- **Couleur** : Les panélistes ont été appelés à classer les produits selon leurs degré de préférence.
- **Aspect homogène** : Consiste à apprécier les produits d'après le degré d'homogénéité du caillé.
- **Aspect grumeleux** : Consiste à évaluer l'ampleur de l'aspect grumeleux du caillé des produits présentés.
- **Odeur** : Consiste à évaluer l'importance sensorielle des odeurs liées aux composés aromatiques dégagés par le fromage.
- **Acidité** : Le paneliste est invité à apprécier le degré d'acidité gustative du fromage lorsqu'il est mis en bouche.
- **Salinité** : Le paneliste est invité à évaluer le degré de salinité gustative du fromage lorsqu'il est mis en bouche.
- **Arrière goût** : Le paneliste est invité à évaluer l'ampleur de l'amertume du fromage lorsqu'il est mis en bouche.
- **Texture collante** : Le jury est appelé à évaluer le caractère collant du fromage lorsqu'il est écrasé entre les doigts (pousse et indexe).



1- Test de dégustation effectué pendant le mois de jeun de ramadan.



2- Tests de dégustation réalisé après le mois de jeun de ramadan.

Figure 22. Conditions de déroulement du Test organoleptique.

8. Traitement statistique :

Le logiciel utilisé dans le traitement statistique des données expérimentales exprimées en moyennes plus ou moins écart type standard est le STAT BOX 6.4.

Les analyses physicochimiques et microbiologiques ont subi une analyse de variance bi-factorielle en randomisation complétée par un test de comparaison des moyens deux à deux selon le test de Newman et Keuls. Les résultats non paramétriques relatifs aux mesures qualitatives et organoleptiques ont été traités statistiquement par le test de Friedman.

Les effets des facteurs étudiés ont été démontrés aux deux seuils de probabilités : à $p < 0.05$ et à $p < 0.1$.

Partie 3:

Résultats et discussion

1. Résultats :

1.1. Quelques paramètres biochimiques de l'extrait (hydroéthanolique) :

1.1.1. Composés phénoliques :

Les taux en composés phénoliques dans l'extrait hydroéthanolique des graines de fenouil (*Foeniculum vulgare*) a été estimé respectivement à 9,2 mg EAG/ml d'extrait et 74,8 mg EAG/g de lyophilisat d'extrait.

En revanche, la concentration en flavonoïde a été évaluée successivement à 0,68 mg EQ/ml d'extrait et à 5,51 mg EQ/g de lyophilisat d'extrait.

Le contenu de ces composés bioactifs dans la plante a été de l'ordre de 1528,27mgEAG/100g MB et 112,96 mg EQ/100g MB en moyenne, respectivement (Figure 22 et Tableau 3).

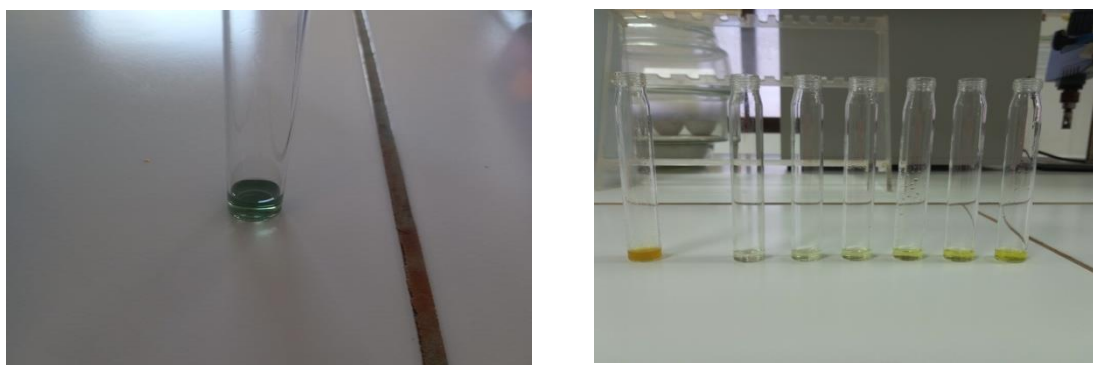


Figure 23. Dosages des polyphénols et des flavonoïdes.

Tableau 3. Dosage des polyphénols et flavonoïdes d'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare*.

Polyphénols			Flavonoïdes		
Extrait		Plante	Extrait		Plante
mg EAG/ml d'extrait	mg EAG/ g de lyophilisat d'extrait	mg EAG/100 g MB	mg EQ/ml d'extrait	mg EQ/ g de lyophilisat d'extrait	mg EQ/ 100 g de MB
9,2 ± 0,05	74,8 ± 0,4	1528,27 ± 8,31	0,68 ± 0,04	5,51 ± 0,3	112,96 ± 6

Les résultats sont exprimés en moyennes et écarts types, avec un nombre de 03 répétitions (n=03), EAG : équivalent acide gallique ; EQ : équivalent quercitine.

1.1.2. Activité antioxydant de l'extrait :

Le test de DPPH a montré que la vitamine C a présenté une meilleure activité antioxydante que l'extrait expérimentale ; avec des valeurs d'EC50 de 15,81 mg vitamine c/ml vs 43,23 mg de lyophilisat /ml en moyenne.

Ces résultats sont confirmés par le test de FRAP ou la vitamine C a présenté une forte activité antioxydant (22,16 mg de vitamine c /ml) que son équivalent l'extrait hydroéthanolique de *Foeniculum vulgare* (48,03 mg de lyophilisat /ml) (**Tableau 4 et Figure 23**).

Tableau 4. Evaluation de l'activité antioxydante de l'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare*.

Test de DPPH		Test de FRAP	
Vitamine c	Extrait hhydroéthanolique	Vitamine c	Extrait hhydroéthanolique
EC 50 (mg vitamine c /ml)	EC 50 (mg lyophilisat /ml)	EC 50 (mg vitamine c /ml)	EC 50 (mg lyophilisat /ml)
15,81 ± 0,01	43,239 ± 0,04	22,155 ± 0,07	48,033 ± 0,28

Les résultats sont exprimés en moyennes et écarts types, avec un nombre de 03 répétitions (n=03), EC50 : La concentration efficace médiane.



Figure 24. Tests de DPPH.

1.2. Qualité physicochimique des fromages :

1.2.1. pH :

Globalement, le pH des fromages a tendance à augmenter avec l'ajout de l'extrait de fenouil comme aditif au cours de la conservation ($p < 0,05$) ; les teneurs ont varié de 4.45, à 4.51, à 4.49 et à 4.49 avec les taux d'incorporation variable de 0, à 1, à 2 et à 3% d'extrait dans les produits.

En fonction des périodes de conservation du 1^{er}, au 5^{ème}, 10^{ème} et 15^{ème} jours, des diminutions ($p < 0,01$) de pH de 4,55, à 4,59, à 4,4 et à 4,38 ont été respectivement remarquées dans l'ensemble des échantillons de fromage type J'ben expérimentaux.

L'analyse de variance a montré, aussi un effet hautement significatif ($p < 0,01$) de l'interaction des deux facteurs à savoir doses d'extrait ajoutées au fromage et périodes de conservation sur les variations de pH des produits expérimentaux (**Tableau 5**).

1.2.2. Acidité:

Les échantillons de fromage supplémentés d'extrait de *Foeniculum vulgare* à 1, 2 et 3% ont accusé une acidité plus faible ($p > 0,005$) que le témoin ; 15.73°D vs 17.22°D, en moyenne.

Avec le temps de conservation du 1^{er} au 5^{ème}, jusqu'au 10^{ème} jour, l'acidité des fromages expérimentaux a diminué relativement ($p > 0,005$) de 17,58, à 14,94 et à 14,66 °D pour enfin augmenter ($P > 0,05$) au 15^{ème} jour à 17,24°D (**Tableau 6**).

1.2.3. Extrait sec :

Apparemment, en fonction des doses d'ajout de l'extrait sur les fromages comme aditif de 0, à 1, à 2 et à 3% il est observé une évolution inversement proportionnelle du contenu de matière sèche dans les produits ($p < 0,01$) ; 42.18, 38.74, 36.15 et 38.93% MB, en moyen, respectivement.

Durant l'entreposage des fromages, depuis le 1^{er} au 15^{ème} jour, au contraire, il a été remarqué une élévation proportionnelle de 34,84 à 41,25%MB de la quantité de matière sèche (**Tableau 7**).

Tableau 5. Effet d'ajout d'extrait phénolique de *Foeniculum vulgare* sur le pH des fromages frais type J'ben au cours de la conservation.

	Périodes de conservation au froid (Jours) (Int. F1X F2, n=03)				Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (F1, n=12)				Périodes de conservation au froid (Jours) (F2, n=12)				Effet des facteurs			Norme et Source	
	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	0%	1%	2%	3%	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	F1	F2	Int. F1XF2		
Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (Int. F1X F2, n=03)	0%	4,5 ^b ± 0,11	4,52 ^b ± 0,01	4,42 ^c ± 0,012	4,55 ^b ± 0,015	4,45 ^b ± 0,051	4,51 ^a ± 0,008	4,49 ^{ab} ± 0,038	4,49 ^{ab} ± 0,017	4,55 ^b ± 0,052	4,59 ^a ± 0,007	4,4 ^c ± 0,022	4,38 ^c ± 0,033	P<0,05	P<0,01	P<0,01	4,57 à 4,81 (Dahou et al., 2015)
	1%	4,5 ^b ± 0,015	4,65 ^a ± 0,006	4,42 ^c ± 0,01	4,4 ^c ± 0,002												
	2%	4,5 ^b ± 0,045	4,61 ^{ab} ± 0,006	4,42 ^c ± 0,035	4,39 ^c ± 0,068												
	3%	4,61 ^{ab} ± 0,01	4,6 ^{ab} ± 0,012	4,34 ^c ± 0,035	4,39 ^c ± 0,011												

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes et écarts types correspondants ; n : nombre de répétitions ; J : Jours ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; F1 : 1^{er} facteur étudié (Concentrations d'extrait des graines de *Foeniculum vulgare*) ; F2 : 2^{ème} facteur étudié (Périodes de conservation au froid) ; Int. : interaction des facteurs étudiés ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

Tableau 6. Impact d'ajout d'extrait phénolique de *Foeniculum vulgare* sur l'acidité titrable (°D) du fromages au cours de la conservation.

	Périodes de conservation au froid (Jours) (Int. F1X F2, n=03)				Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (F1, n=12)				Périodes de conservation au froid (Jours) (F2, n=12)				Effet des facteurs			Norme et Source	
	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	0%	1%	2%	3%	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	F1	F2	Int. F1XF2		
Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (Int. F1X F2, n=03)	0%	21,33 ± 11,85	16	13,59 ± 1,16	17,95 ± 1	17,22 ± 5,09	15,39 ± 2,32	16,32 ± 2,80	15,49 ± 1,65	17,58 ± 5,97	14,94 ± 0,2	14,66 ± 1,61	17,24 ± 1,9	P>0,05	P>0,05	P>0,05	-99 à 103°D (Mahi et al., 1995) - 82°D (Benkeroum et Tamime, 2004)
	1%	15 ± 3,61	13,1 ± 0,17	15,24 ± 3,19	18,23 ± 2,5												
	2%	21,33 ± 6,35	14,77 ± 0,4	13,61 ± 0,52	15,59 ± 1,52												
	3%	12,67 ± 1,53	15,9 ± 0,17	16,22 ± 1,55	17,18 ± 3,19												

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes et écarts types correspondants ; n : nombre de répétitions ; J : Jours ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; F1 : 1^{er} facteur étudié (Concentrations d'extrait des graines de *Foeniculum vulgare*) ; F2 : 2^{ème} facteur étudié (Périodes de conservation au froid) ; Int. : interaction des facteurs étudiés ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

Tableau 7. Variation des teneurs en matière sèche (%MB) des fromages frais type J'ben supplémentés d'extrait de *Foeniculum vulgare* au cours de la conservation.

	Périodes de conservation au froid (Jours) (Int. F1X F2, n=03)				Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (F1, n=12)				Périodes de conservation au froid (Jours) (F2, n=12)				Effet des facteurs			Norme et Source
	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	0%	1%	2%	3%	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	F1	F2	Int. F1XF2	
	Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (Int. F1X F2, n=03)	0%	38,28 ^{bcd} ± 1,13	42,3 ^{abc} ± 0,99	43,95 ^a ± 0,44	44,2 ^a ± 1,53	42,18 ^a ± 0,93	38,74 ^b ± 1,64	36,15 ^c ± 1,63	38,93 ^b ± 2,07	34,84 ^b ± 1,83	39,91 ^a ± 1,44	40,01 ^a ± 1,65	41,24 ^a ± 1,53	P<0,01	
1%		39,14 ^{abcde} ± 2,01	37,74 ^{cde} ± 2,64	36,23 ^e ± 1,48	41,85 ^{abcd} ± 1,28											
2%		26,45 ^f ± 2,96	39,41 ^{abcd} ± 1,81	36,95 ^{de} ± 1,19	41,79 ^{abcd} ± 1,1											
3%		35,51 ^e ± 2,1	40,2 ^{abcd} ± 0,49	42,91 ^{abc} ± 3,35	37,09 ^{de} ± 2,77											

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes et écarts types correspondants ; n : nombre de répétitions ; J : Jours ; MB : matière brute ; JORA : Journal officiel de la république Algérienne ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; F1 : 1^{er} facteur étudié (Concentrations d'extrait des graines de *Foeniculum vulgare*) ; F2 : 2^{ème} facteur étudié (Périodes de conservation au froid) ; Int. : interaction des facteurs étudiés ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

1.2.4. Humidité :

Le niveau d'humidité des fromages s'avère augmenter ($p < 0,01$) de 57,82 à 63,85% MB avec l'élévation de la dose d'extrait de 0 à 2%. Cependant, le fromage préparé à 3% a présenté une hygrométrie comparable ($p > 0,05$) au J'ben préparé à 1% d'extrait ; 61,07 vs 61,26% MB.

Une stabilité de l'humidité des fromages a été notée au 5^{ème}, 10^{ème} et 15^{ème} jour de stockage ($p > 0,05$) ; 58.77 à 60.09% MB, en moyenne. Comparativement à ces périodes les plus fortes teneurs d'humidité ($p < 0,01$) des fromages ont été enregistrées au 1^{er} jour ; 65,16% MB, en moyenne (**Tableau 8**).

1.2.5. Matière organique :

Les taux de matière organique des fromages diminuer ($p < 0,01$) de 39,91 à 33,71% MB avec l'élévation de la dose d'extrait de 0 à 3%.

Durant l'entreposage des fromages, depuis le 1^{er} au 15^{ème} jour, au contraire, il a été remarqué une élévation proportionnelle ($p < 0,001$) de 32,60 à 39,10% MB de la quantité de matière organique (**Tableau 9**).

1.2.6. Matière minérale :

Les doses d'extrait de *Foeniculum vulgare* n'ont pas affecté la matière minérale des fromages qui est restée ($p > 0,05$) dans tous les essais similaire pendant toutes les périodes expérimentales ; 1,61 à 2,74% MB en moyenne (**Tableau 10**).

1.2.7. Matière grasse :

Les fromages préparés à 1 et 3% d'extrait ont accusé des teneurs en matière grasse plus élevées que le témoin ($p < 0,01$) ; 37,5 vs 41,17 vs 37,17 % MB. Cependant, le J'ben préparé à 2% d'extrait a montré des valeurs (35,44% MB en moyenne) plus faible comparativement au témoin standard sans additif naturel de la plante.

Du 1^{er}, au 10^{ème} et au 15^{ème} jour expérimental le niveau de matière grasse des fromages a tendance à augmenter ($p < 0,01$) proportionnellement de 31.58, à 41.42 et à 51,5% MB, respectivement. La plus faible teneur en matière grasse des fromages a été signalée, néanmoins au 5^{ème} jour ; avec un taux de 27,58% MB en moyenne (**Tableau 11**).

Tableau 8. Impact d'ajout d'extrait phénolique de *Foeniculum vulgare* sur le taux d'humidité (% MB) des fromages type J'ben au cours de la conservation.

	Périodes de conservation au froid (Jours) (Int. F1X F2, n=03)				Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (F1, n=12)				Périodes de conservation au froid (Jours) (F2, n=12)				Effet des facteurs			Norme et Source	
	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	0%	1%	2%	3%	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	F1	F2	Int. F1XF2		
Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (Int. F1X F2, n=03)	0%	61,73 ^{bcd} ± 1,13	57,7 ^{def} ± 0,99	56,05 ^f ± 0,44	55,79 ^f ± 1,53	57,82 ^c ± 0,93	61,26 ^b ± 1,64	63,85 ^a ± 1,63	61,07 ^b ± 2,07	65,16 ^a ± 1,83	60,09 ^b ± 1,44	59,99 ^b ± 1,65	58,77 ^b ± 1,53	P<0,01	P<0,01	P<0,01	< 90% (JORA, 2022)
	1%	60,86 ^{bcd} ± 2,01	62,26 ^{bed} ± 2,64	63,77 ^b ± 1,48	58,15 ^{cd} ± 1,28												
	2%	73,56 ^a ± 2,96	60,59 ^{bcd} ± 1,81	63,05 ^{bc} ± 1,19	58,21 ^{cd} ± 1,1												
	3%	64,4 ^b ± 2,1	59,8 ^{bcd} ± 0,49	57,09 ^{ef} ± 3,35	62,91 ^{bc} ± 2,77												

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes et écarts types correspondants ; n : nombre de répétitions ; J : Jours ; MB : matière brute ; JORA : Journal officiel de la république Algérienne ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; F1 : 1^{er} facteur étudié (Concentrations d'extrait des graines de *Foeniculum vulgare*) ; F2 : 2^{ème} facteur étudié (Périodes de conservation au froid) ; Int. : interaction des facteurs étudiés ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

Tableau 9. Effet d'ajout d'extrait phénolique de *Foeniculum vulgare* sur les variations des taux de matière organique (% MB) des fromages type J'ben au cours de la conservation.

	Périodes de conservation au froid (Jours) (Int. F1X F2, n=03)				Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculumvulgare</i> (F1, n=12)				Périodes de conservation au froid (Jours) (F2, n=12)				Effet des facteurs			Norme et Source	
	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	0%	1%	2%	3%	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	F1	F2	Int. F1XF2		
Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculumvulgare</i> (Int. F1X F2, n=03)	0%	35,83 ^{ede} ± 1,23	39,92 ^{abcd} ± 1,24	41,55 ^{ab} ± 0,58	42,34 ^a ± 1,51	39,91 ^a ± 1,02	36,89 ^b ± 1,82	33,71 ^c ± 1,67	36,67 ^b ± 2,16	32,60 ^b ± 1,69	37,59 ^a ± 1,42	37,90 ^a ± 1,97	39,10 ^a ± 1,74	P>0,01	P>0,01	P>0,01	98,73 à 98,25% (Mahi et al., 1995)
	1%	37,34 ^{abcde} ± 1,74	36,13 ^{bcde} ± 2,34	34,61 ^{de} ± 2,79	39,48 ^{abcd} ± 1,39												
	2%	23,70 ^f ± 3,08	36,49 ^{bcde} ± 1,80	35,03 ^{cde} ± 0,56	39,61 ^{abcd} ± 1,48												
	3%	33,51 ^e ± 1,31	37,82 ^{abcde} ± 0,92	40,39 ^{abc} ± 3,58	34,97 ^{cde} ± 3,21												

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes et écarts types correspondants ; n : nombre de répétitions ; J : Jours ; MB : matière brute ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; F1 : 1^{er} facteur étudié (Concentrations d'extrait des graines de *Foeniculumvulgare*) ; F2 : 2^{ème} facteur étudié (Périodes de conservation au froid) ; Int. : interaction des facteurs étudiés ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

Tableau 10. Effet d'ajout d'extrait de *Foeniculum vulgare* sur les variations de matière minérale (% MB) des fromages au cours de la conservation.

	Périodes de conservation au froid (Jours) (Int. F1X F2, n=03)				Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (F1, n=12)				Périodes de conservation au froid (Jours) (F2, n=12)				Effet des facteurs			Norme et Source	
	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	0%	1%	2%	3%	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	F1	F2	Int. F1XF2		
Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (Int. F1X F2, n=03)	0%	2,44	2,38	2,4	1,87	2,27 ± 0,21	1,85 ± 0,88	2,44 ± 0,39	2,26 ± 0,74	2,25 ± 0,65	2,32 ± 0,67	2,12 ± 0,66	2,14 ± 0,46	P>0,05	P>0,05	P>0,05	1,27 à 1,75% (Mahi et al., 1995)
		±	±	±	±												
	1%	0,22	0,32	0,26	0,15												
		1,8	1,61	1,63	2,38												
	2%	±	±	±	±												
		0,77	1,38	1,32	0,12												
	3%	2,74	2,92	1,92	2,18												
		±	±	±	±												
		0,13	0,06	0,63	0,65												
		2,003	2,38	2,52	2,13												
		±	±	±	±												
		1,3	0,66	0,47	0,83												

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes et écarts types correspondants ; n : nombre de répétitions ; J : Jours ; MB : matière brute ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; F1 : 1^{er} facteur étudié (Concentrations d'extrait des graines de *Foeniculum vulgare*) ; F2 : 2^{ème} facteur étudié (Périodes de conservation au froid) ; Int. : interaction des facteurs étudiés ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

Tableau 11. Evaluation d'ajout d'extrait phénolique de *Foeniculum vulgare* comme additif naturel sur la matière grasse (% MB) des fromages frais type J'ben au cours de la conservation.

	Périodes de conservation au froid (Jours) (Int. F1X F2, n=03)				Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (F1, n=12)				Périodes de conservation au froid (Jours) (F2, n=12)				Effet des facteurs			Norme et Source	
	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	0%	1%	2%	3%	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	F1	F2	Int. F1XF2		
Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (Int. F1X F2, n=03)	0%	33,33 ^{def} ± 5,77	30 ^{efg} ±	40,33 ^{cde} ± 4,04	45 ^{bc} ± 7	37,17 ^b ± 4,24	37,5 ^b ± 3,29	35,44 ^b ± 4,31	41,97 ^a ± 3,15	31,58 ^c ± 4,64	27,58 ^d ± 1,47	41,42 ^b ± 4,19	51,5 ^a ± 4	P<0,01	P<0,01	P<0,05	18,3 à 20,3 % (Mahi et al., 1995) 16,5 % (Benkerou m et Tamime, 2004)
	1%	32,67 ^{def} ± 4,62	29 ^{efg} ± 1	36,33 ^{cdef} ± 5,51	52 ^{ab} ± 2,65												
	2%	26,67 ^{fg} ± 5,77	21,11 ^g ± 1,92	43 ^{bed} ± 6,08	51 ^{ab} ± 5,29												
	3%	33,67 ^{def} ± 5,51	30,2 ^{efg} ± 2,68	46 ^{bc} ± 3,61	58 ^a ± 2												

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes et écarts types correspondants ; n : nombre de répétitions ; J : Jours ; MB : matière brute ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; F1 : 1^{er} facteur étudié (Concentrations d'extrait des graines de *Foeniculum vulgare*) ; F2 : 2^{ème} facteur étudié (Périodes de conservation au froid) ; Int. : interaction des facteurs étudiés ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

1.2.8. Matière grasse sur matière sèche :

Le rapport matière grasse sur matière sèche semble augmenter d'une façon très significative ($p < 0,01$) de 0,88 à 1,09 avec l'élévation de 0 à 3% du taux d'incorporation d'extrait de *Foeniculum vulgare* dans les fromages type J'ben.

De plus, un accroissement de ce rapport ($p < 0,01$) de 0,92 à 1,26 a été constaté dans les essais de fromage durant la conservation, du début jusqu'au 15^{7me} jour expérimentale (**Tableau 12**).

1.2.9. Activité antioxydant (Test de TBARS) :

Pratiquement les valeurs d'activité antioxydante évaluées par le test de TBARS dans les échantillons de fromage type J'ben traité ou non à l'extrait de *Foeniculum vulgare* sont identiques ($p > 0,05$) ; 0,24 à 0,29 mg MDA/100g. Toutefois, en fonction des doses d'extrait incorporées comme additif de 0, 1, 2 et 3%, le taux de Malondialdéhydes a baissé respectivement de 0,29, à 0,29 ; à 0,25 et à 0,24 mg MDA/100g.

Du 1^{er} au 15^{ème} jour la quantité de Malondialdéhydes continue d'être produite d'une manière proportionnelle ($p < 0,01$) ; de 0,23 à 0,29 et à 0,42 mg MDA/100g de fromage. La plus faible production de Malondialdéhydes a été constatée cependant au 5^{ème} jour (0,13mg/100g de fromage), ce qui semble contradictoire (**Tableau 13**).

1.2.10. Activité antioxydant par le test de DPPH :

Les meilleurs EC50 ont été observés dans les fromages préparés à 3% d'extrait contrairement au fromage témoin qui a enregistré des résultats médiocres ($P < 0,001$) ; 197,21 vs 266,53 mg lyophilisat/ml.

Pendant l'expérimentation, du 3^{ème} au 7^{ème} jour une nette amélioration de l'activité antioxydante a été notée dans les produits ($p < 0,01$) avec des valeurs d'EC50 qui ont varié de 250,92 à 212,82 mg lyophilisat /ml (**Tableau 14**).

Tableau 12. Effet d'ajout d'extrait de *Foeniculum vulgare* sur les variations de rapport (matière grasse / matière sèche) des fromages au cours de la conservation.

	Périodes de conservation au froid (Jours) (Int. F1X F2, n=03)				Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (F1, n=12)				Périodes de conservation au froid (Jours) (F2, n=12)				Effet des facteurs			Norme et Source
	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	0%	1%	2%	3%	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	F1	F2	Int. F1XF2	
	Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (Int. F1X F2, n=03)	0%	0,87 ^{cde} ± 0,14	0,71 ^{ef} ± 0,02	0,92 ^{bcd} ± 0,1	1,02 ^{bcd} ± 0,18	0,88 ^b ± 0,11	0,96 ^{ab} ± 0,09	0,98 ^{ab} ± 0,12	1,09 ^a ± 0,12	0,92 ^c ± 0,14	0,69 ^d ± 0,04	1,04 ^b ± 0,12	1,26 ^a ± 0,12	P<0,01	
1%		0,84 ^{cde} ± 0,15	0,77 ^{def} ± 0,05	1,002 ^{bcd} ± 0,14	1,24 ^b ± 0,025											
2%		1 ^{bcd} ± 0,11	0,54 ^f ± 0,04	1,17 ^{bc} ± 0,21	1,22 ^b ± 0,14											
3%		0,96 ^{bcd} ± 0,22	0,75 ^{def} ± 0,08	1,07 ^{bcd} ± 0,04	1,57 ^a ± 0,14											

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes et écarts types correspondants ; n : nombre de répétitions ; J : Jours ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; F1 : 1^{er} facteur étudié (Concentrations d'extrait des graines de *Foeniculum vulgare*) ; F2 : 2^{ème} facteur étudié (Périodes de conservation au froid) ; Int. : interaction des facteurs étudiés ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

Tableau 13. Effet d'ajout d'extrait phénolique de *Foeniculum vulgare* comme additif naturel sur le taux de Malondialdehydes (mg MADA /100 g) des fromages au cours de la conservation.

		Périodes de conservation au froid (Jours) (Int. F1X F2, n=03)				Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (F1, n=12)				Périodes de conservation au froid (Jours) (F2, n=12)				Effet des facteurs		
		1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	0%	1%	2%	3%	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	F1	F2	Int. F1XF2
Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (Int. F1X F2, n=03)	0%	0,26 ^{ab}	0,12 ^b	0,33 ^{ab}	0,47 ^a	0,29 ± 0,017	0,29 ± 0,1	0,25 ± 0,085	0,24 ± 0,041	0,13 ^c ± 0,011	0,23 ^b ± 0,104	0,29 ^b ± 0,082	0,42 ^a ± 0,039	P>0,05	P<0,01	P<0,01
		±	±	±	±											
		0,04	0,012	0,008	0,008											
	1%	0,46 ^a	0,13 ^b	0,19 ^b	0,4 ^a											
		±	±	±	±											
		0,211	0,012	0,089	0,04											
	2%	0,12 ^b	0,15 ^b	0,32 ^{ab}	0,4 ^a											
		±	±	±	±											
		0,1	0,02	0,17	0,016											
	3%	0,1 ^b	0,12 ^b	0,32 ^{ab}	0,41 ^a											
		±	±	±	±											
		0,05	0,005	0,018	0,077											

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes et écarts types correspondants ; n : nombre de répétitions ; J : Jours ; MADA : malondialdehydes ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; F1 : 1^{er} facteur étudié (Concentrations d'extrait des graines de *Foeniculum vulgare*) ; F2 : 2^{ème} facteur étudié (Périodes de conservation au froid) ; Int. : interaction des facteurs étudiés ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

Tableau 14. Evaluation de l'activité antioxydante des fromages (mg de lyophilisat /100g) par le test de DPPH.

	Périodes de conservation au froid (Jours) (Int. F1X F2, n=03)		Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (F1, n=6)		Périodes de conservation au froid (Jours) (F2, n=6)		Effet des facteurs			
	3 ^{ème} J	7 ^{ème} J	0%	3%	3 ^{ème} J	7 ^{ème} J	F1	F2	INT F1XF2	
	Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (Int. F1X F2, n=03)	0%	340,60 ^a ± 13,4	161,23 ^d ± 3,49						
	3%	233,19 ^b ± 6,44	192,45 ^c ± 15,9	266,53 ^a ± 13,15	197,21 ^b ± 46,33	212,82 ^b ± 10,85	250,92 ^a ± 8,76	P<0,01	P<0,01	P>0,05

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes et écarts types correspondants ; n : nombre de répétitions ; J : Jours ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; F1 : 1^{er} facteur étudié (Concentrations d'extrait des graines de *Foeniculum vulgare*) ; F2 : 2^{ème} facteur étudié (Périodes de conservation au froid) ; Int. : interaction des facteurs étudiés ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

1.3. Qualité microbiologique des fromages :

1.3.1. Flore totale aérobie mésophile (FTAM) :

Au cours de la conservation la charge en FTAM est d'autant plus diminuée (p<0,01) que le taux d'incorporation de l'extrait de *Foeniculum vulgare* est augmenté de 0, à 1 et à 3% dans le fromage (p<0,01); soit un décroissement du nombre des germes de 175 10⁴, à 133 10³, à 111 0³ et à 72 10³ UFC/ml, en moyen, respectivement.

Apprêtement, le nombre de la FTAM a marqué durant la 1^{er} ; le 5^{ème} et le 10^{ème} jour une évolution identique (p>0,05) dans les produits ; 115 10³ à 176 10³ UFC/g.

A la fin de la conservation, au 15^{ème} jour une hausse remarquable (à 165.10⁴ UFC/g) du niveau de contamination a été signalé (**Tableau 15**).

Tableau15. Impact d'ajout d'extrait de *Foeniculum vulgare* sur le niveau de contamination à le FTAM (UFC/g) dans les fromages au cours de la conservation.

	Périodes de conservation au froid (Jours) (Int. F1X F2, n=03)				Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (F1, n=12)				Périodes de conservation au froid (Jours) (F2, n=12)				Effet des facteurs			Norme et Source	
	1 ^{er} J	5 ^{ème} j	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	0%	1%	2%	3%	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	F1	F2	Int. F1XF2		
Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (Int. F1X F2, n=03)	0%	214.10 ^{3b}	241.10 ^{3b}	214.10 ^{3b}	63.10 ^{5a}	175.10 ^{4a}	133.10 ^{3b}	111.10 ^{3b}	72.10 ^{3b}	115.10 ^{3b}	176.10 ^{3b}	125.10 ^{3b}	165.10 ^{4a}	P>0,05	P>0,05	P>0,05	10 ⁸ à 10 ⁹ (Hamama et Bayi, 1991 ; Bencherif, 2019)
	1%	84.10 ^{3b}	226.10 ^{3b}	112.10 ^{3b}	109.10 ^{3b}												
	2%	94.10 ^{3b}	154.10 ^{3b}	94.10 ^{3b}	104.10 ^{3b}												
	3%	70.10 ^{3b}	84.10 ^{3b}	79.10 ^{3b}	54.10 ^{3b}												

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes et écarts types correspondants ; n : nombre de répétitions ; J : Jours ; UFC : unité formant colonie ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; F1 : 1^{er} facteur étudié (Concentrations d'extrait des graines de *Foeniculum vulgare*) ; F2 : 2^{ème} facteur étudié (Périodes de conservation au froid) ; Int. : interaction des facteurs étudiés ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

1.3.2. Germes *psychrotrophes*, Coliformes fécaux et *Pseudomonas aeruginosa* :

Aucune contamination à la flore microbienne *psychrotrophe* n'a été détectée dans les différents échantillons de J'ben préparés avec ou sans additif naturel de *Foeniculum vulgare*.

Durant toute l'expérimentation, les fromages expérimentaux étaient éventuellement exempts de contamination aux coliformes fécaux et aux *Pseudomonas aeruginosa* (**Tableau 16**).

1.3.3 Coliformes totaux :

Le nombre de coliformes totaux n'a pas varié aussi significativement dans les fromages expérimentaux type J'ben au cours de la conservation ($P > 0,05$) ; 64.10^2 à 80.10^3 UFC/g en moyenne (**Tableau 17**).

1.3.4. *Staphylococcus aureus* :

Les fromages préparés à 2 et 3% d'extrait ont été les mieux préservés de la contamination aux *Staphylococcus aureus* que le témoin ($p > 0,05$) ; 59.10^3 vs 68.10^3 vs 138.10^3 UFC/g, respectivement.

La prolifération de ces germes dans les fromages expérimentaux est plus remarquable au 1^{er} et 15^{ème} jour que durant le 5^{ème} et le 10^{ème} jour de stockage ($P > 0,05$) ; 135.10^3 vs 193.10^3 vs 26.10^3 vs 54.10^3 UFC/g, respectivement (**Tableau 18**).

1.3.4. Levures et moisissure :

L'ajout d'extrait de *Foeniculum vulgare* comme additif n'a pas inhibé la multiplication des levures et moisissures dont le niveau de contamination dans les fromages est resté stable au cours de toute l'expérimentation ($p > 0,05$) ; avec un nombre moyen de 22.10^3 UFC/g (**Tableau 19**).

Tableau 16. Effet d'ajout d'extrait de *Foeniculum vulgare* sur la croissance des germes *psychrotrophes*, Coliformes fécaux et *Pseudomonas auerogenosa* dans les fromages au cours de la conservation.

	Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (F1, n=12)				Périodes de conservation au froid (Jours) (F2, n=12)				Effet des facteurs			Norme et Source
	0%	1%	2%	3%	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	F1	F2	Int. F1XF2	
<i>Psychrotrophes</i>	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	/
Coliformes fécaux	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	1 (JORA, 1998)
<i>Pseudomonas Auerogenosa</i>	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	/

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes et écarts types correspondants ; n : nombre de répétitions ; ABS : absence de germes dans le produit.

Tableau 17. Effet d'ajout d'extrait phénolique de *Foeniculum vulgare* sur la prolifération des coliformes totaux (UFC/g) dans les fromages au cours de la conservation.

		Périodes de conservation au froid (Jours) (Int. F1X F2, n=03)				Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (F1, n=12)				Périodes de conservation au froid (Jours) (F2, n=12)				Effet des facteurs			Norme et Source
		1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	0%	1%	2%	3%	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	F1	F2	Int. F1XF2	
Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (Int. F1X F2, n=03)	0%	39.10 ³	84.10 ³	102.10 ³	90.10 ³	79,23.10 ³	52,65.10 ³	50,71.10 ³	29,42.10 ³	33,7.10 ³	64,21.10 ³	45,50.10 ³	68,54.10 ³	P>0,05	P>0,05	P>0,05	1,6.10 ⁴ à 5,6.10 ³ (Hammama et al., 2003)
	1%	286.10 ²	62.10 ³	38.10 ³	80.10 ³												
	2%	50.10 ³	64.10 ²	234.10 ²	63.10 ³												
	3%	163.10 ²	44.10 ³	168.10 ²	39.10 ³												

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes et écarts types correspondants ; n : nombre de répétitions ; J : Jours ; UFC : unité formant colonie ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; F1 : 1^{er} facteur étudié (Concentrations d'extrait des graines de *Foeniculum vulgare*) ; F2 : 2^{ème} facteur étudié (Périodes de conservation au froid) ; Int. : interaction des facteurs étudiés ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

Tableau 18. Impact d'ajout d'extrait de *Foeniculum vulgare* sur la croissance des *Staphylococcus aureus* (UFC/ml° dans les fromages frais type J'ben au cours de la conservation.

	Périodes de conservation au froid (Jours) (Int. F1X F2, n=03)				Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (F1, n=12)				Périodes de conservation au froid (Jours) (F2, n=12)				Effet des facteurs			Norme et Source	
	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	0%	1%	2%	3%	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	F1	F2	Int. F1XF2		
Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (Int. F1X F2, n=03)	0%	64.10 ³	70.10 ³	77.10 ³	34.10 ⁴	138.10 ³	143.10 ³	59.10 ³	68.10 ³	135.10 ³	26.10 ³	54.10 ³	193.10 ³	P>0,05	P>0,05	P>0,05	10 ² à 10 ³ (JORA, 2017)
	1%	184.10 ³	0	65.10 ³	32.10 ⁴												
	2%	89.10 ³	34.10 ³	52.10 ³	59.10 ³												
	3%	201.10 ³	0	218.10 ²	48.10 ³												

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes et écarts types correspondants ; n : nombre de répétitions ; J : UFC : unité formant colonie; JORA : Journal officiel de la république Algérienne ; Jours ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; F1 : 1^{er} facteur étudié (Concentrations d'extrait des graines de *Foeniculum vulgare*) ; F2 : 2^{ème} facteur étudié (Périodes de conservation au froid) ; Int. : interaction des facteurs étudiés ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

Tableau 19. Effet d'ajout d'extrait de *Foeniculum vulgare* sur la variation des levures et moisissures (UFC/g) dans les fromages au cours de la conservation.

	Périodes de conservation au froid (Jours) (Int. F1X F2, n=03)				Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (F1, n=12)				Périodes de conservation au froid (Jours) (F2, n=12)				Effet des facteurs			Norme et Source	
	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	0%	1%	2%	3%	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	F1	F2	Int. F1XF2		
Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (Int. F1X F2, n=03)	0%	60.10 ²	38.10 ³	76.10 ²	0	30.10 ³	46.10 ³	131.10 ²	153.10 ²	59.10 ²	32.10 ²	56.10 ³	105.10 ²	P>0,05	P>0,05	P>0,05	5,7.10 ³ à 3,8.10 ³ 6,5.10 ² à 4,6.10 ² (Hammama et al., 2003)
	1%	152.10 ²	79.10 ³	63.10 ³	290.10 ²												
	2%	134.10 ¹	62.10 ²	33.10 ³	117.10 ⁴												
	3%	103.10 ¹	61.10 ²	52.10 ³	138.10 ¹												

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes et écarts types correspondants ; n : nombre de répétitions ; J : Jours ; UFC : unité formant colonie ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; F1 : 1^{er} facteur étudié (Concentrations d'extrait des graines de *Foeniculum vulgare*) ; F2 : 2^{ème} facteur étudié (Périodes de conservation au froid) ; Int. : interaction des facteurs étudiés ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

1.3.6. *Lactobacillus* :

Le nombre de *Lactobacillus* a augmenté d'une façon non significative ($p > 0.05$) (de 54.10^4 ; à 61.10^4 ; à 86.10^4 et à 92.10^4) avec l'augmentation de 0 ; à 1 ; à 2 et à 3% des taux d'extrait *Foeniculum vulgare* incorporé comme additif dans le fromage .

Périodiquement, dans l'ensemble des fromages testés avec ou sans extrait, le nombre de ces germes est resté presque comparable ($p > 0,05$) ; 58.10^4 à 129.10^4 UFC/g, en moyen (**Tableau 20**).

1.3.7. *Streptococcus* :

En fonction de la durée de conservation, ainsi que des différentes doses d'additif naturel d'extrait de *Foeniculum vulgare* testées, le nombre des germes appartenant au genre *Streptococcus* est resté invariable dans les fromages frais type J'ben ($p > 0,05$) . avec un nombre de $38 \cdot 10^3$ UFC/g, en moyen (**Tableau 21**).

1.4. Qualité organoleptique :

1.4.1. Acidité :

Globalement, au 1^{er} , 10^{ème} et 15^{ème} jour de la période de conservation au froid positif de 4°C les panelistes n'ont observé aucune différence d'acidité des fromages ; 21 à 30,5, somme des rangs.

En revanche, au 5^{ème} jour, le 2% semble présenter une acidité meilleure que les autres produits préparés à 0, 1 et 3% d'extrait de *Foeniculum vulgare* ($P < 0,001$) ; 16,5 contre 28,5 ; 24 et 31, somme des rangs, respectivement (**Tableau 22**).

1.4.2. Salinité :

La salinité des fromages est restée identique du 5^{ème} jusqu'à la fin de la période de stockage ($P > 0,05$) ; 21,5 à 31,5, somme des rangs. Au 1^{er} jour l'échantillon à 3% d'extrait à présenté, néanmoins, de médiocres résultats (3,5 somme des rangs) contrairement aux essais préparés à 0, 1 et 2% qui ont enregistré des scores similaires et plus intéressants de l'ordre de 22 ; 22 ; 21 , somme des rangs, respectivement (**Tableau 23**).

Tableau 20. Evaluation d'ajout d'extrait phénolique de *Foeniculum vulgare* sur la prolifération des *Lactobacillus* (UFC/g) dans des fromages frais type J'ben au cours de la conservation.

	Périodes de conservation au froid (Jours) (Int. F1X F2, n=03)				Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (F1, n=12)				Périodes de conservation au froid (Jours) (F2, n=12)				Effet des facteurs			Norme et Source	
	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	0%	1%	2%	3%	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	F1	F2	Int. F1XF2		
Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (Int. F1X F2, n=03)	0%	122.10 ⁴	46.10 ⁴	293.10 ³	174.10 ³	54.10 ⁴	61.10 ⁴	86.10 ⁴	92.10 ⁴	129.10 ⁴	88.10 ⁴	58.10 ⁴	171.10 ³	P>0,05	P>0,05	P>0,05	26.10 ⁷ UFC/g (Benkeroum et Tamime, 2004)
	1%	94.10 ⁴	98.10 ⁴	37.10 ⁴	160.10 ³												
	2%	174.10 ⁴	56.10 ⁴	98.10 ⁴	170.10 ³												
	3%	126.10 ⁴	154.10 ⁴	69.10 ⁴	181.10 ³												

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes et écarts types correspondants ; n : nombre de répétitions ; J : Jours ; UFC : unité formant colonie ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; F1 : 1^{er} facteur étudié (Concentrations d'extrait des graines de *Foeniculum vulgare*) ; F2 : 2^{ème} facteur étudié (Périodes de conservation au froid) ; Int. : interaction des facteurs étudiés ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

Tableau 21. Effet d'incorporation d'extrait de *Foeniculum vulgare* sur l'évaluation du nombre de *Streptococcus* (UFC/g) dans les fromages au cours de la conservation.

	Périodes de conservation au froid (Jours) (Int. F1X F2, n=03)				Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (F1, n=12)				Périodes de conservation au froid (Jours) (F2, n=12)				Effet des facteurs			Norme et Source	
	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	0%	1%	2%	3%	1 ^{er} J	5 ^{ème} J	10 ^{ème} J	15 ^{ème} J	F1	F2	Int. F1XF2		
Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> (Int. F1X F2, n=03)	0%	35.10 ²	95.10 ³	87.10 ³	196,67	46.10 ³	46.10 ³	33.10 ³	279.10 ²	68.10 ^{2a}	72.10 ^{3a}	75.10 ^{3a}	38.10 ^{1a}	P>0,05	P>0,05	P>0,05	10 ⁸ à 10 ⁹ UFC/g (Benkeroum et Tamime, 2004)
	1%	65.10 ²	81.10 ³	97.10 ³	10												
	2%	46.10 ²	58.10 ³	70.10 ³	119.10 ¹												
	3%	126.10 ²	52.10 ³	45.10 ³	150												

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes et écarts types correspondants ; n : nombre de répétitions ; J : Jours ; UFC : unité formant colonie ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; F1 : 1^{er} facteur étudié (Concentrations d'extrait des graines de *Foeniculum vulgare*) ; F2 : 2^{ème} facteur étudié (Périodes de conservation au froid) ; Int. : interaction des facteurs étudiés ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

Tableau 22. Evaluation sensorielle de l'acidité des fromages frais type J'ben au cours de la conservation au froid à 4°C.

Périodes (Jours)	Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i>				Effet d'addition d'extrait de fenouil
	0%	1%	2%	3%	
1 ^{er} J	22	26,5	25	26,5	P>0,05
5 ^{ème} J	28,5 ^a	24 ^{ab}	16,5 ^b	31 ^a	P<0,01
10 ^{ème} J	27,5	30,5	21,5	20,5	P>0,05
15 ^{ème} J	26,5	28	24,5	21	P>0,05

Les résultats sont exprimés en somme des rangs, avec un nombre de panelistes égale à 10 (n=10) ; J : Jours ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié (taux d'addition d'extrait hydroéthanolique des graines de fenouil) ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Friedman.

Tableau 23. Evaluation sensorielle de la salinité des fromages frais type J'ben au cours de la conservation au froid à 4°C.

Périodes (Jours)	Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i>				Effet d'addition d'extrait de fenouil
	0%	1%	2%	3%	
1 ^{er} J	22 ^b	22 ^b	21 ^b	35 ^a	P<0,01
5 ^{ème} J	25	22	21,5	31,5	P>0,05
10 ^{ème} J	24	24	25,5	26,5	P>0,05
15 ^{ème} J	25	23,5	26,5	25	P>0,05

Les résultats sont exprimés en somme des rangs, avec un nombre de panelistes égale à 10 (n=10) ; J : Jours ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié (taux d'addition d'extrait hydroéthanolique des graines de fenouil) ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Friedman.

1.4.3. Arrière gout :

D'une façon générale les dégustateurs ayant participé à l'étude n'ont pas décelé de présence d'arrière gout dans l'ensemble des échantillons expérimentaux dégustés pendant toute l'expérimentation (**Tableau 24**).

1.4.4. Couleur :

L'ajout d'extrait hydroethanolique de *Foeniculum vulgare* notamment à un taux de 0% semble occasionner une meilleure couleur des fromages par comparaison aux autres essais préparés à 1, 2 et 3% d'extrait et ceci est nettement observé au 1^{er} et 5^{ème} jour de conservation ($P < 0,01$) ; 17 vs 25,5 vs 34,5 vs 23 somme des rangs et 21,5 vs 26 vs 27 vs 25,5 somme des rangs, respectivement (**Tableau 25**).

Tableau 24. Evaluation sensorielle de l'arrière gout des fromages frais type J'ben au cours de la conservation au froid à 4°C.

Périodes (Jours)	Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i>				Effet d'addition d'extrait de fenouil
	0%	1%	2%	3%	
1 ^{er} J	24	27	22	27	P>0,05
5 ^{ème} J	25	27	22	26	P>0,05
10 ^{ème} J	27,5	23	27,5	22	P>0,05
15 ^{ème} J	20 ^b	22,5 ^b	32,5 ^a	25 ^b	P<0,01

Les résultats sont exprimés en somme des rangs, avec un nombre de paneliste égale à (n=10) ; J : Jours ; $p < 0,01$: effet hautement significatif du facteur étudié (taux d'addition d'extrait hydroethanolique des graines de fenouil) $p < 0,05$: effet significatif du facteur étudié ; $p > 0,05$: effet non significatif du facteur étudié ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Friedman.

Tableau 25. Evaluation sensorielle de la couleur (somme des rangs) des fromages frais type J'ben au cours de la conservation au froid à 4°C.

Périodes (Jours)	Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i>				Effet d'addition d'extrait de fenouil
	0%	1%	2%	3%	
1 ^{er} J	17 ^c	25,5 ^b	34,5 ^a	23 ^b	P<0,01
5 ^{ème} J	27 ^a	27 ^a	28 ^a	18 ^b	P<0,01
10 ^{ème} J	19,5 ^a	22 ^b	34 ^a	24,5 ^b	P<0,01
15 ^{ème} J	21,5	26	27	25,5	P>0,05

Les résultats sont exprimés en somme des rangs, avec un nombre de panelistes égale à 10 (n=10) ; J : Jours ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié (taux d'addition d'extrait hydroéthanolique des graines de fenouil) ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Friedman.

1.4.5. Aspect homogène :

Globalement, durant l'expérimentation les fromages préparés à 0 et 3% d'extrait ont présenté de meilleur aspect homogène que ceux établis à 1 et le 2% d'extrait (P<0,05) ; 18,5 vs 24 vs 28,5 vs 29 somme des rangs au 1^{er} jour ; 18 vs 19 vs 28,5 vs 34,5 somme des rangs au 5^{ème} jour ; 18 vs 19 vs 28,5 vs 34,5 somme des rangs au 10^{ème} jour et 19,5 vs 29,5 vs 24,5 vs 26,5 somme des rangs au 15^{ème} jour (**Tableau 26**).

1.4.6. Aspect grumeleux :

Aucune différence dans l'aspect grumeleux des fromages n'a été détectée par les dégustateurs inclus dans l'étude au cours de toute la durée de conservation de 15 jours (**Tableau 27**).

Tableau 26. Evaluation sensorielle de l'aspect homogène des fromages frais type J'ben au cours de la conservation au froid à 4°C.

Périodes (Jours)	Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i>				Effet d'addition d'extrait de fenouil
	0%	1%	2%	3%	
1 ^{er} J	18,5 ^b	28,5 ^a	29 ^a	24 ^{ab}	P<0,05
5 ^{ème} J	18 ^b	28,5 ^a	34,5 ^a	19 ^b	P<0,01
10 ^{ème} J	18 ^b	28,5 ^a	34,5 ^a	19 ^b	P<0,01
15 ^{ème} J	19,5	24,5	26,5	29,5	P<0,05

Les résultats sont exprimés en somme des rangs, avec un nombre de panelistes égale à 10 (n=10) ; J : Jours ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié (taux d'addition d'extrait hydroéthanolique des graines de fenouil) ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Friedman.

Tableau 27. Evaluation sensorielle de l'aspect grumeleux (somme des rangs) des fromages frais type J'ben au cours de la conservation au froid à 4°C.

Périodes (Jours)	Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i>				Effet d'addition d'extrait de fenouil
	0%	1%	2%	3%	
1 ^{er} J	24	27	22	27	P>0,05
5 ^{ème} J	25	27	22	26	P>0,05
10 ^{ème} J	27,5	23	27,5	22	P>0,05
15 ^{ème} J	22,5	22,5	3	25	P>0,05

Les résultats sont exprimés en somme des rangs, avec un nombre de panelistes égale à 10 (n=10) ; J : Jours ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié (taux d'addition d'extrait hydroéthanolique des graines de fenouil) ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Friedman.

1.4.7. Texture collante :

Au 1^{er}, comme au 5^{ème} et 15^{ème} jour, l'aspect collant a été qualifié d'une manière identique dans les différents essais de fromage ($p>0,05$) ; 20,5 à 27 somme des rangs. Cependant, au 10^{ème} jour, de conservation le J'Ben à 3% a été le mieux noté que les autres fromages préparés à 0 ; 1 et 2% d'extrait ($p<0,05$) ; 29 vs 25 vs 18 vs 28 somme des rangs (**Tableau 28**).

1.4.8 Odeur :

Les seules différences d'odeur entre les fromages expérimentaux ont été remarquées par les dégustateurs au 10^{ème} jour ou les J'Ben préparés à 1 et 3% d'extrait ont marqué de meilleurs ($p<0,01$) scores (24 et 18 somme des rangs) par rapport au témoin standard sans additif naturel de la plante (27 somme des rangs).

Au cours du reste des périodes de l'étude l'odeur des fromages ne s'avère pas changer grandement ($p>0,05$) ; 22 à 27 somme des rangs (**Tableau 29**).

Tableau 28. Evaluation sensorielle de la texture collante (somme des rangs) des fromages frais type J'ben au cours de la conservation au froid à 4°C.

Périodes (Jours)	Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i>				Effet d'addition d'extrait de fenouil
	0%	1%	2%	3%	
1 ^{er} J	27	25,5	20,5	27	P>0,05
5 ^{ème} J	25	25	25	25	P>0,05
10 ^{ème} J	29 ^a	25 ^{ab}	18 ^b	28 ^a	P<0,05
15 ^{ème} J	26,5	23,5	24,5	25,5	P>0,05

Les résultats sont exprimés en somme des rangs, avec un nombre de panelistes égale à 10 (n=10) ; J : Jours ; $p<0,01$: effet hautement significatif du facteur étudié (taux d'addition d'extrait hydroéthanolique des graines de fenouil) ; $p<0,05$: effet significatif du facteur étudié ; $p>0,05$: effet non significatif du facteur étudié ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Friedman.

Tableau 29. Evaluation sensorielle de l'odeur (somme des rangs) des fromages frais type J'ben au cours de la conservation au froid à 4°C.

Périodes (Jours)	Taux d'incorporations d'extrait des graines de <i>Foeniculum vulgare</i>				Effet d'addition d'extrait de fenouil
	0%	1%	2%	3%	
1 ^{er} J	23	23,5	28	25,5	P>0,05
5 ^{ème} J	26	22	29	23	P>0,05
10 ^{ème} J	27 ^{ab}	24 ^{ab}	31 ^a	18 ^a	P<0,05
15 ^{ème} J	22,5	25	25,5	27	P>0,05

Les résultats sont exprimés en somme des rangs, avec un nombre de panelistes égale à 10 (n=10) ; J : Jours ; p<0.01 : effet hautement significatif du facteur étudié (taux d'addition d'extrait hydroéthanolique des graines de fenouil) ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié; p>0.05 : effet non significatif du facteur étudié ; a,b,c...etc. : groupe homogène de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Friedman.

2. Discussion :

Les plantes aromatiques et médicinales sont des plantes qui renferment une multitude de biomolécules pouvant être utilisées en alimentation (en raison de leurs forts pouvoirs aromatisant), en parfumerie (pour leurs molécules odorantes), en phytothérapie (en raison de leurs richesses en principes actifs à effet bénéfiques pour la santé) ou en cosmétique puisqu'ils contiennent des substances capables de traiter la peau et les cheveux (**Chemli, 1997**). Parmi ces plantes on cite souvent le *Foeniculum vulgare*, communément appelé "fenouil" ou bien "besbes" en arabe (**Hendawy et al. 2010 ; Rather et al., 2016**) qui est une plante appartenant à la famille des ombellifères (Apiaceae), connue et utilisée par l'homme depuis l'Antiquité. Les graines de cette plante en particulier ont été considérées depuis toujours comme une source remarquable en phytoconstituants (**Wany et al., 2022**).

Parmi ces composés bioactifs le contenu en composés phénoliques de l'extrait hydroéthanolique (80/20, éthanol/eau, vol/vol) préparé à partir des graines de fenouil récoltées à Ain Defla-Algérie a démontré des teneurs très élevées de l'ordre de 1528,27 mg EAG/100g MB. Ces valeurs restent supérieures à ceux rapportés par (**Harrak et al., 2022**) dans une étude qui visée à évaluer Les critères physiques, physicochimiques et biochimiques et des activités biologiques des graines et des huiles des graines du fenouil (*Foeniculum vulgare Mill.*) qui ont estimé de 623,64 à 959,24 mg EAG/100 g MB. Selon **Bentahar et al. (2020)** la teneur en composés phénoliques peut varier en fonction de plusieurs facteurs dont les conditions climatiques et environnementales ainsi que le stade de maturité de la plante, la durée de conservation des graines, ainsi que les différentes méthodes d'extraction et de dosage appliquées.

Les flavonoïdes sont l'une des autres classes de polyphénol les plus étudiées (**Rebey et al., 2016**). Comme pour les composés phénoliques, l'extrait des graines de *Foeniculum vulgare* étudié a montré une teneur relativement faible en flavonoïdes ; 112,96 mg EQ/100g MB. Des valeurs supérieures de l'ordre de (5.57 et 4.16 mg EQ/g MB) ont été, néanmoins rapportées par (**Rebey et al., 2016**).

D'après **Rebey et al. (2016)** les composés bioactifs des plantes dont phénoliques et flavonoïdes sont bien connus pour leurs activités biologiques diverses notamment antioxydante. Pour cela, deux tests d'activités à savoir la capacité de dégradation du DPPH et le pouvoir réducteur (FRAP) ont été réalisés dans le cadre de cette étude afin de déterminer les aptitudes antioxydantes de l'extrait phénolique des graines de fenouil prélevé dans la région de Ain Defla-Algérie.

Les valeurs des EC 50 de l'extrait obtenu par les deux tests ont varié 43,239 mg de lyophilisat d'extrait /ml pour le test de DPPH à 48,033 mg de lyophilisat d'extrait /ml pour le test de FRAP. Le pouvoir antioxydant de l'extrait expérimental s'est ainsi révélé faible par rapport à celui de la vitamine C dont les EC 50 ont été évaluées à 15,81 mg de vitamine C /ml pour le test de DPPH et à 22,155 mg de vitamine C /ml pour le test de FRAP. Cependant, comparativement aux résultats de (**Rebey et al., 2016**) qui ont avancé des EC50 de 1,11mg de lyophilisat /ml d'extrait pour le test de DPPH et de 49µg de lyophilisat /ml d'extrait pour le test de FRAP) on estime que l'extrait des graines de fenouil 100% algérienne possède une activité antioxydant modérée.

En raison de son fort pouvoir antioxydant prouvé dans le cadre de cette étude et ses multiples autres pouvoirs dont antimicrobien (**Kooti et al., 2015**) vis-à-vis de nombreux germes pathogènes et de toxi-infections alimentaires dont (*Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*, *Salmonella typhimurium* et *Shigella flexneri*) (**Parejo et al., 2004**), l'extrait des grains de fenouil peut être utilisé comme additif alimentaire naturel pouvant se substituer aux additifs chimiques dans la conservation et l'amélioration de la qualité des aliments agroalimentaires transformés.

En Algérie, la production des fromages est toujours faite d'une manière traditionnelle à l'échelle familiale (**Dahou et al., 2015**). Le "J'ben", qui est un fromage frais occupe une place particulière parmi les nombreux fromages de terroir existant de part le pays (**Tabet et al., 2023**). Il est fabriqué à partir de lait cru ou pasteurisé de vache, de chèvre et de brebis, à petite échelle pendant la période d'abondance du lait (**Tadjine et al., 2021**). La méthode de fabrication du J'ben est encore en usage à nos jours, avec une augmentation de leur consommation dans les zones steppiques en raison de leurs agréables propriétés organoleptiques et nutritionnelles (**Dahou et al., 2015**).

Selon **Samet-Bali et al. (2009)** et **Benkerroum (2013)**, le J'ben est considéré comme étant l'un des fromages frais qui présente une durée limitée de conservation (de 3 à 10 jours) même lorsqu'il est stocké à une température de réfrigération (**Samet-Bali et al., 2009**). Ceci suggère la nécessité de trouver des solutions alternatives afin de développer sa production, d'améliorer sa qualité et de mieux le conserver pour satisfaire la demande sans cesse croissante des consommateurs.

Dans la présente étude, le potentiel antioxydant et antimicrobien de l'extrait de *Foeniculum vulgare* riche en composés phénoliques comme il a été signalé par de nombreux auteurs (**Caleja et al., 2015**) a été utilisé comme ingrédient naturel dans le J'ben afin d'augmenter sa durée de conservation et d'améliorer sa composition chimique ainsi que sa qualité diététique.

L'évaluation des caractéristiques chimiques du J'ben au cours de la conservation au froid positif de 4°C a montré que les valeurs de l'acidité et de pH ont suivi des variations inverses au cours du temps et en fonction de l'élévation des taux d'extrait phénolique des graines de fenouil incorporés au fromage, avec des teneurs qui ont évoluées durant la conservation de 4,55 à 4,38 pour le pH et de 14,94 à 17,24 °D pour l'acidité, alors que selon les doses d'extrait ajoutées au produit variables de 0, 1, 2 et 3 % les résultats ont connu une fluctuation ($P < 0,05$) de 4,45 à 4,49 pour le pH et de 17,22 à 15,49 °D pour l'acidité.

Nos résultats contredisent ceux de (**Borges et al, 2018**) qui ont constaté dans le fromage artisanal de minas canastra fabriqué avec le *Cynara cardunculus L.*, une augmentation de pH avec le temps et une diminution des valeurs avec les doses de *Cynara cardunculus L.* Ces réponses sont sans doute en relation avec les effets probiotiques ou antimicrobiens qu'exercent les composés bioactifs contenu dans les différents extraits et leurs aptitudes a stimuler ou à inhiber l'activité fermentaire des bactéries du milieu à produire plus ou moins du lactate à l'origine des baisses de pH constatées. Malgré ces variations d'acidité en fonction du temps de conservation et des doses d'extrait ajoutées ces valeurs restent proches des valeur rapportées par de

nombreux auteurs ayant mené plusieurs études sur ce fromage frais de terroir de type J'ben (**Hamama, 1995 ; Benkeroum et tamime, 2004 et Dahou et al., 2015**).

Le fromage objet de l'étude a présenté aussi des taux d'extrait sec qui ont d'une part, diminué remarquablement de 42,18 à 38,93% avec l'augmentation des doses d'extrait hydroéthanolique ajoutées et qui ont augmenté en d'autre part de 34,84 à 41,34% du début à la fin de l'entreposage au froid de 4°C, après 15 jours. Ceci est inversé pour les taux d'humidité qui ont augmenté de 57,82 à 61,07% avec l'augmentation des doses d'extrait ajoutées et qui ont au contraire diminué de 65,16 à 58,77% au cours de la conservation. Ces taux en extrait sec du J'ben expérimental additionné ou non d'extrait de fenouil s'avèrent supérieurs aux valeurs obtenues sur le même fromage par (**Hamama et al., 1995 et Dahou et al., 2015**) ; alors que les teneurs en humidité semblent très inférieures aux résultats avancés par (**Benkeroum et Tamime, 2004**).

La matière grasse varié significativement dans les fromages expérimentaux selon les doses d'extrait phénolique des graines de fenouil ajoutées (37,17 à 41,97% MB) et durant la période de conservation (31,58 à 51,5% MB en moyen). Ces teneurs s'avèrent bien plus élevées que celles de **Hamama et al. (1995), Benkeroum et Tamime (2004) et Dahou et al. (2015)** qui ont relevé dans le même fromage frais traditionnel type J'ben des valeurs plus faibles et variables de 16,5 à 42%. De plus, les rapports entre la matière grasse et la matière sèche trouvés sont très élevés par rapport au résultats obtenu par (**Dahou et al., 2015**). Pour la matière minérale aucune modification n'a été observée au cours de la conservation quelque soit la dose d'extrait phénoliques des graines de fenouil ajoutée par contre la matière organique qui à

rencontré une diminution avec l'ajout de l'extrait hydroéthalinique des graines de fenouil. Ces réponses est la conséquence, sans doute, d'implications de plusieurs facteurs dont la qualité du lait utilisé, le type de coagulation effectué, l'égouttage ainsi que la diversité des paramètres technologiques appliqués lors du procédé de transformation du lait.

D'après l'activité antioxydant du J'ben additionné d'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* riche en composés phénoliques révélée par les tests de DPPH, il apparaît que les fromages après ajout d'extrait notamment à de fortes dose de 3% donne une EC 50 plus intéressante que le témoin ; 197,21 contre 266,53 mg/ml. Nos résultats corroborent ceux de **(Caleja et al., 2015)** qui a effectué une expérimentation dans le même contexte d'étude. Ces réponses ont été bien confirmées par le test de TBARS effectué sur les fromages expérimentaux durant la conservation ou le taux de Malondialdéhyde a diminué remarquablement de 0,29 à 0,24 mg/100 g avec l'augmentation de 0 à 3% de la dose d'extrait ajoutée aux produits. A ce propos, **Rather et al. (2016)** affirment avec certitude que l'extrait phénolique des graines de fenouil quelque soit le solvant d'extraction utilisé, possède une capacité extraordinaire à diminuer le taux de Malondialdéhyde dans les aliments pendant une long durée de vie de conservation des produits.

Le lait et le fromage qui en dérive sont très riches en protéines, lipides et sucres ce qui constituent une niche écologique idéale pour le développement et la prolifération de nombreux micro-organismes **(Achemchem., 2014)**. La qualité microbiologique du fromage frais type J'ben est peut être variable d'une région à une autre et d'un pays à un autres. Etant un produit fermenté, le J'ben est souvent caractérisé par la présence

d'une flore mésophile aérobie totale (FTAM) très importante qui peut dépasser un nombre de 10^8 UFC/g au terme de fabrication (**Bayi, 1990**). Au cours de la conservation, les échantillons expérimentaux de fromage préparés avec et sans extrait des graines de fenouil ont dénombré un nombre de FTAM variable de **84.10^3 à 63.10^5** UFC/g. Des résultats de prolifération microbienne supérieurs au cours de la conservation des fromages type J'ben ont été rapportés par de nombreux auteurs (**Salmeron et al., 2002, El Marnissi et al., 2013 et Tadjine et al., 2020**). Comme la fermentation favorise la multiplication active de tous les microorganismes (y compris les germes lactiques utiles) présents dans le lait de fabrication, le dénombrement de la FTAM seule dans ce cas ne peut refléter la qualité hygiénique du fromage J'ben transformé (**Achemchem, 2014**). Le processus de fermentation qui peut s'opérer dans le lait et le fromage au cours de sa conservation peut favoriser également la multiplication de certaines bactéries de contamination, notamment les microorganismes d'origine fécale tels que les coliformes. En effet, des études menées sur le J'ben marocain ont montré des taux souvent élevés de la microflore fécale dépassant 10 germes/g (**Bay 1990 ; Hamama, 1997**). Ceci peut constituer un danger potentiel pour le consommateur (**Achemchem, 2014**). Dans le cadre de cette étude, aucune présence de ces germes ainsi que des germes *psychrotrophe* et de *Pseudomonas aeruginosa* n'a été recensée dans les produits. Concernant les coliformes totaux, les levures, moisissures ainsi que les *Staphylococcus aureus*, les valeurs enregistrées dans les fromages expérimentaux semblent dépasser les normes admises (**JORA, 1998**) et sont toutefois comparables à ceux trouvés par (**Salmeron et al., 2002 et Tadjine et al.2020**).

Globalement, l'ajout d'extrait des grains de *Foeniculum vulgare* comme additif naturel riche en composés phénoliques à la dose notamment sévère de 3% a engendré une diminution drastique de la charge microbienne banale ou pathogène des fromages type J'ben étudiés au cours de la conservation ; soit des baisses de 57,52 % en FTAM, de 58,97 % pour les germes coliformes totaux, de 81,99 % pour les *Staphylococcus aureus* et une diminution d'environ 15,90 % de la prolifération des levures et moisissures. D'après (**Rather et al., 2016**), ces résultats sont liés à la forte activité antimicrobienne qu'exercent les composés bioactifs contenu dans l'extrait de fenouil contre certaines souches bactériennes pathogènes et banales d'origine alimentaire. En effet, plusieurs constituants chimiques de *F. vulgare* ont été identifiés comme des principes antimicrobiens actifs tels que le dérivé du phénylpropanoïde dont le dillapional et la scopolétine, qui est un dérivé de la coumarine dont l'activité antimicrobienne est moindre (**Kwon et al., 2002**). Toutefois, comme l'a signalé (**Achemchem, 2014**), la maîtrise des bonnes conditions hygiénique de fabrication et de conservation doivent passer en priorité pour mieux contrôler et préserver la qualité microbiologique des fromages frais type J'ben fabriqués en Algérie.

Par ailleurs, l'ajout d'extrait des graines de fenouil ne semble pas affecter la flore lactique bénéfique des fromage au cours de toute la période de 15 jour de stockage au froid à 4° C tels les *Streptococcus* et les *Lactobacillus* dont la croissance a été légèrement stimulée certainement par le contenu en principaux composés bioactifs à effet prébiotique (**Salmeron, 2002**). Cette flore native ou additionnée sous forme de souches sélectionnées au lait au cours de la fabrication, joue un rôle primordial dans la bioconservation du J'ben grâce au lactate produit par fermentation du lactose

(Achemchem, 2014). De plus, *Lactobacillus* et certaines espèces intestinales du genre *Enterococcus*, sont considérés comme étant des probiotiques capables d'empêcher la colonisation du tractus gastrointestinal divers par les pathogènes grâce à leur capacité de s'unir aux entérocytes et en d'entraver l'adhésion des pathogènes à la muqueuse intestinale à travers la production de substances inhibitrices de type bactériocines via un mécanisme d'exclusion compétitive (Achemchem, 2014).

Concernant le test organoleptique, les dégustateurs ayant participé au test d'évaluation sensorielle ont révélé avec certitude que l'amertume, l'aspect grumeleux et la texture collante des fromages n'ont pas été altérés par l'addition d'extrait phénolique des graines de fenouil. Les panélistes ont même remarqué une nette amélioration de la sensation du goût de fraîcheur des fromages expérimentaux par rapport au témoin. L'acidité des fromages est restée par ailleurs constante durant toute la période de conservation même avec l'ajout d'extrait phénolique des graines de fenouil, sauf qu'au 5^{ème} jour le fromage à 2% d'extrait a présenté de meilleurs scores que les autres essais expérimentaux. Le développement normal des bactéries lactique dans les fromages (Eck et Gillis, 2009) dont le nombre de *Lactobacillus* et de *Streptococcus* quantifié n'a pas été affecté sous l'effet antibactérien des composés phénoliques contenus dans l'extrait est à l'origine probable de ces réponses. La salinité des fromages J'ben a été très acceptée par l'ensemble des dégustateurs impliqués dans l'étude qui n'ont ressenti aucune différence sauf au 1^{er} jour de conservation dans les fromages préparés à une dose sévère de 3% d'extrait hydroéthanolique de *F.vulgare* dont le goût était très prononcé. Ceci résulte n'ont pas aux doses d'extrait de la plante étudiée ajoutées aux fromages ; mais certainement à une mauvaise maîtrise de la durée

de salage des caillées qui était plus ou moins longue pour la plupart des fromages expérimentaux. En outre, il a été remarqué une nette amélioration de la couleur ainsi que de l'odeur caractéristique agréable des fromages en fonction de l'augmentation des quantités d'extrait phénolique de *F. vulgare* additionnées comme additif alimentaire dans les produits. A ce propos, il est bien connu depuis longtemps que les graines de fenouil sont riches en arômes et composés aromatiques utilisées depuis toujours comme ingrédient pour améliorer les odeurs des produits transformés (**Kirtikar et Basu, 1984**) et comme un colorant alimentaire naturel très apprécié par l'œil du consommateur (**Grae, 1974**).

Au terme de cette étude et à travers les résultats préliminaires obtenus il apparaît possible d'utiliser l'extrait hydroéthanolique des graines de fenouil (*Foeniculum vulgare*) riche en composés phénoliques comme additif naturel pour prolonger et améliorer la durée de conservation, ainsi que la qualité (physicochimique, microbiologique, organoleptique, nutritionnelle et diététique) non seulement des fromages produits localement ; mais aussi d'autres produits agroindustriels transformés d'intérêt, à forte valeur ajoutée pour l'économie du pays.

Conclusion

Conclusion :

Au terme de cette étude et à la lumière des résultats obtenus il apparait que l'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* (Fenouil) récolté dans la région d'Ain Defla- Algérie est très riche en principaux composés bioactives dont polyphénols totaux ainsi que flavonoïdes ; 74,8 mg EAG/g de lyophilisat et 5,51 mg EQ/g de lyophilisat. L'évaluation du potentiel antioxydant par deux tests différents (DPPH et FRAP) a montré aussi que cet extrait possède une activité antioxydante très intéressante évaluée respectivement à 43,239 mg/ml et à 48,033 mg/ml.

L'Application de cet extrait riche en composés phénoliques comme additif naturel semble améliorer la qualité physicochimique, microbiologique et organoleptique du fromage frais J'Ben de terroir produit localement dont la durée de conservation limitée à 5-6 jours à 4 °C à été prolongée jusqu'à 15 jours.

Du 5^{ème} au 15^{ème} jours d'entreposage, l'acidité des fromages a suivi une évolution inverse à celle des valeurs de pH ($P < 0.01$) ; soit des teneurs qui ont varié de 14,94 à 17,24 °D vs 4,59 à 4,38. De plus, il semble que cette tendance est maintenue avec l'augmentation des taux d'extrait phénolique des graines de fenouil de 0 à 3% dans les fromages ($P < 0,05$), 17,22 à 15,49°D vs 4,45 à 4,49, en moyenne, successivement. Les doses variables de 0 à 3% en extrait de la plante ajoutées au fromage ont induit aussi pendant la période d'étude de conservation de 15 jours des modifications notables dans les taux de matière sèche qui ont baissées sensiblement de 42,18 à 36,15 %MB et des valeurs d'humidité ($P < 0,001$) qui ont à leur tour augmenté de 57,82 à 63,85, respectivement dans les fromages. Mais elles n'ont occasionné aucune variation remarquable dans les taux en matière minérale ($P > 0,005$), par contre les taux de matière organique qui ont rencontré une diminution ($p < 0,01$) de 39,91 à 33,71%MB. Concernant, la matière grasse, les taux recensés dans le fromage ont été augmentés en fonction du temps de stockage de 27,58 à 51,5 %MB et de 35,44 à 41,97 %MB selon le taux d'addition d'extrait de *Foeniculum vulgare* ($P < 0,05$).

Grâce à la richesse de l'extrait en phytoconstituants, l'augmentation des doses ajoutées au fromage ont augmenté considérablement sa capacité antioxydante par

rapport au témoin (197,21 mg/ml contre 266,53 mg/ml) ce qui a engendré un ralentissement certain de l'oxydation de la matière grasse expliqué par la diminution appréciable du taux de malondialdéhyde dans les fromages traités (à 0,24 vs 0,29 mg/100 g pour le témoin).

Les résultats de l'évolution hygiénique des fromages au cours de la conservation à 4°C de ont dévoilé que l'ajout d'extrait riche en composés phénoliques de fenouil exerce un effet antimicrobiens certains susceptible de le préserver des contaminations aux germes pathogènes (coliformes fécaux, flore psychrotrophes et *Pseudomonas auerogenosa*) et de diminuer de sa charge en FTAM et en coliformes totaux. Par contre, l'effet prébiotique probable de l'extrait a permis de stimuler davantage la croissance de la flore bénéfique lactique du genre *Streptococcus* et *Lactobacellus* dont le nombre à augmenté notablement dans les fromages tests de 71,24 et 125% par rapport au témoin.

L'ensemble de ces résultats très concluants sont en faveur de l'utilisation de l'extrait hydroéthalonique objet de l'étude comme additif alimentaire 100% naturel à caractères antioxydants et antimicrobiens pouvant améliorer la durée de conservation et la qualité diététique des fromages et des produits transformés au cours du stockage.

En perspectives, ce travail mérite d'être complété par plusieurs études à caractères recherche développement dont :

- Essayer d'évaluer les effets de l'ajout des doses plus élevées d'extrait de graines de fenouil sur les variations physicochimiques, microbiologiques, diététiques et organoleptiques du fromage J'Ben pendant des durées de conservation à 4°C plus longues.
- Suivre les effets de l'ajout d'extrait riche en composés phénoliques des graines de fenouil ou d'autres plantes médicinales (*Rosmarinus officinalis* L., *Thymus vulgaris*,...etc.) sur la qualité et la stabilité des viandes et dérivés (kacher, saucisse, viande, poisson, etc.) ainsi que sur d'autres produits (olives, huile, lait et dérivés...etc.).

- Isoler quelques bactéries lactiques présentes dans le J'ben enrichi en extrait phénolique de graines de fenouil afin de constituer une banque de souches en vue de leur utilisation dans certaines formulations agroindustrielles telles la production de fromages et de yaourts .

Références bibliographiques

A

- 1) **Achemchem F. (2014).** Bactériocines de bactéries lactiques de lait et de fromage de chèvre. Purification, caractérisation et application dans le contrôle de *Listeria monocytogenes* serovar 4b. Presses Acadimiques Francophones. Saarbrücken, Deutschland /Allemagne, 346 p.
- 2) **Ahmadi A, Nasiri Nejad F, Parivar K. (2007).** Effect of aqueous extract of the aerial part of the *Rutagraveolens* on the spermatogenesis of immature Balb/C mice. *Razi J Med Sci.*, 14(56) :13-20.
- 3) **Akgül A, Bayrak A. (1988).** Comparative volatile oil composition of various parts from Turkish bitter fennel (*Foeniculum vulgare var. vulgare*). *Food Chemistry.* 30(4) : 319–323.
- 4) **Ali-Rachedi F, Meraghni S, Touaibia N, Mesbah S. (2018).** Analyse quantitative des composés phénoliques d'une endémique Algérienne *Scabiosa Atropurpurea sub. Maritima L.* Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège. 87(1) : 13 -21.
- 5) **AOAC. (2000).** Association of official analytical chemistry. Official methods of analysis, 17 the end. Washington, D.C, 705-715.
- 6) **Archana B, Dasgupta N, De B. (2005).** In vitro study of antioxidant activity of *Syzygium cumini* fruit. *Food Chem.*, 90(4) : 727-733.

B

- 7) **Bachtarzi N, Amourache L, Dehkal G. (2015).** Quality of raw milk for the manufacture of a Camembert -type soft cheese in a dairy of Constantine (Eastern Algeria). *International Journal of Innovation and Scientific Research.* 17 (1) : 34-42.
- 8) **Badgujar SB, Patel VV, Bandivdekar AH. (2014).** *Foeniculum vulgare Mill:* a review of its botany, phytochemistry, pharmacology, contemporary application, and toxicology. *Bio Med Research International.* 1(1) : 1-32.

- 9) **Barros L, Heleno SA, Carvalho AM, Ferreira ICFR. (2009).** Systematic evaluation of the antioxidant potential of different parts of *Foeniculum vulgare Mill.* from Portugal. *Food and Chemical Toxicology.* 47 (10) : 2458-2464.
- 10) **Bayi M. (1990).** Contribution à l'étude physico-chimique et microbiologique du raib (lait fermenté) et du Jben (fromage frais) In **Achemchem F. (2014).** Bactériocines de bactéries lactiques de lait et de fromage de chèvre. Purification, caractérisation et application dans le contrôle de *Listeria monocytogenes* serovar 4b. Presses Académiques Francophones .Saarbrücken, Deutschland /Allemagne, 346 p.
- 11) **Berger T, Butkofer U, Rech CH, Eckhart J, Dubach A, Stalder M, Luczinski K, Stalder U. (2004).** Manuel Suisse des denrées alimentaires. Le lait, 118p.
- 12) **Benaissa A, Ould El Hadj Khelil A, Adamou A, Babelhadj B, Hammoudi M, Riad A. (2014).** Qualité de la viande de dromadaire dans les abattoirs de Ouargla en Algérie. II. Contamination bactérienne superficielle des carcasses. *Elevage et médecine vétérinaire des pays tropicaux.* 67 (4) : 229-233.
- 13) **Benkerroum N. (2013).** Traditional Fermented Foods of North African Countries: Technology and Food Safety Challenges With Regard to Microbiological Risks. *Food Science and Food Safety.* 12(1) : 54-89.
- 14) **Benkerroum N, Tamime AY. (2004).** Technology transfer of some Moroccan traditional dairy products (Lben, Jben and Smen) to small industrial scale. *Food microbiol.* 21: 399-413.
- 15) **Ben moussa MT, Cherif RA, Lekhal S, Bounab A, Hadeif Y. (2022).** Dosage des composés phénoliques et détermination de l'activité antioxydante des extraits méthanoliques de *Brocchia cinerea* VIS de l'Algérie (Sud-Est). *Algerian journal of pharmacy.* 04 (01) : 49-59.
- 16) **Bentabet N, Rahal R, Nassour S. (2022).** Enquête ethnobotanique et inventaire des plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies dermatologiques dans la ville d'Ain Temouchent. *Journal of Applied Biosciences.* 170(1) : 17704–17719.

- 17) **Bentahar A, Khennouf S, Bouaziza, Djidel S. (2020).** Phenolic content and antioxidant activity of ethanolic extracts from *Citrus sinensis L.* and *Citrus reticulata L.* fruits. *Journal of Drug Delivery & Therapeutics.* 10(5) : 308-313.
- 18) **Bettaiebrebey I, Sriti J, Besbess B, Mkaddminihammi K, HamrouniSellami I, Marzouk B, Ksouri R. (2016).** Effet de la provenance et du solvant d'extraction sur la teneur en composés phénoliques et les potentialités antioxydantes des graines de fenouil (*Foeniculum vulgare Mill.*). *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology.* 27(4) : 1478-1487.
- 19) **Borges E J, Torres de Castro M, Rodrigues Franco de Freitas A, Cláudia Borges A, Alonso dos Santos P. (2018).** Developpement and physicochemical characterization of artisanal minas canastra chesse produced with *Cynara Cardunculus L.* *journal of candidotostes dairy institute.* 73 (3) : 136- 148.
- 20) **Boumendjel M, Feknous N, Mekideche F, Dalichaouche N, Feknous I, Touafchia L, Metlaoui N, Zenki R. (2017).** Caractérisation du lait de chèvre produit dans la region du Nord-Est Algérien. Essai de fabrication du fromage frais. *Algerian Journal of Natural Products.* 5(2) : 492-506.
- 21) **Branen A, Davidson P, Salminen S, Thorngate J. (2001).** Food additives. Marcel Dekker, New York. 2e éd, 1034 p.
- 22) **Breed RS. (1933).** Les bactéries thermophiles du lait pasteurisé par la pasteurisation basse. *Le lait.* 13 : 60-81.
- 23) **Buedge JA, Aust SD. (1978).** Microsomal lipid peroxidation In **Fleisher SF, Packer L. (1974).** Biomembranes (Part C: Biological Oxidation), *Methods in Enzymology.* London Academic Press. 52 : 302-309.
- 24) **Bushra S, Farooq A, Muhammad A. (2009).** Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules.* 14 (6) : 2167- 2180.
- 25) **Butkhup L, Samappito S, Jorjong S. (2018).** Evaluation of bioactivities and phenolic contents of wild edible mushrooms from northeastern Thailand. *Food Chemistry. Food Sci Biotechnol,* 27(1): 193–202.

- 26) **Caleja C, Barros L, Antonio AL, Ciric A, Sokovic M, Oliveira MBPP, Buelga CS, Ferreira ICFR. (2015).** *Foeniculum vulgare Mill.* as natural conservation enhancer and health promoter by incorporation in cottage cheese. *Journal of Functional Foods.* 12 : 428-438.
- 27) **Cao H, Polansky MM, Anderson RA. (2007).** Cinnamon extract and polyphenols affect the expression of tripartite protein, insulin receptor, and glucose transporter 4 in mouse 3T3-L1 adipocytes. *Archives of Biochemistry and Biophysics.* 459 (1) : 214–222.
- 28) **Carocho M, Ferreira ICFR. (2013).** A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food and Chemical Toxicology.* 51 : 15-25.
- 29) **Carrió E, Vallès J. (2012).** Ethnobotany of medicinal plants used in Eastern Mallorca (Balearic Islands, Mediterranean Sea). *Journal of Ethnopharmacology.* 141(3) : 1021–1040.
- 30) **Chemli R. (1997).** Plantes médicinales et aromatiques de la flore de la Tunisie. In **Heywood VH, Skoula M (1989).** “Identification of wild food and non-food plants of the mediterranean region”. Eds et Chania : CIHEAM-IAMC, pp: 119-125.
- 31) **Cheyrier V, Fulcrand H, Sarni P, Moutounet M. (1997).** Application des techniques analytiques à l'étude des composés phénoliques et de leurs réactions au cours de leur vinification. *In vino Analytica Scientia. Analysis.* 25 : 14-44.
- 32) **Chira K, Suh JH, Saucier C, Teisseèdre PL. (2008).** Phytonutrition fondamentale. Les polyphénols du raisin. *Phytothérapie.* 6 : 75–82.
- 33) **Clerivet PA, Alami I, Breton F, Garcia D, Sanier C. (1996).** Les composés phénoliques et la résistance des plantes aux agents pathogènes. *Acta Botanica Gallica.* 143 (6) : 531-538.
- 34) **Codex Alimentarius. (1989).** Additifs alimentaires. version abrégée. division 3.
- 35) **Cornara L, La Rocca A, Marsili S et Mariotti MG (2009).** Traditional uses of plants in the Eastern Riviera (Liguria, Italy). *Journal of Ethnopharmacology.* 125(1): 16–30.

D

- 36) **Dadalioglu I, Evrendilek GA. (2004).** Chemical compositions and antibacterial effects of essential oils of Turkish oregano (*Origanum minutiflorum*), bay laurel (*Laurus nobilis*), Spanish lavender (*Lavandula stoechas L.*), and fennel (*Foeniculum vulgare*) on common food borne pathogens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52(26) : 3255-8260.
- 37) **Dahou A, Homrani A, Bensaleh F, Medjahed M. (2015).** La microflore lactique d'un fromage traditionnel Algérien « type j'ben » : connaissance des écosystèmes microbiens laitiers locaux et de leurs rôles dans la fabrication des fromages. *Afrique Science*. 11(6) : 1-13.
- 38) **D'Antuono LF, Ferioli F, Oliveri S. (2017).** Wild fennel (*Foeniculum vulgare Mill., subsp. piperitum (Ucria) Cout.*) culinary uses: An overview, preliminary onfield documentation and analytical perspectives. *Acta Hort.* 1153 : 21-28.
- 39) **Dibong SD, Etamé Loé G, Okalla Ebongué C, Ngaba GP, Boudjeka Guemkam V, Yinyang J, Nnanga Nga E, Mpondo Mpondo E. (2020).** Contribution à l'étude ethnobotanique des plantes médicinales traitant les maladies de l'appareil digestif des peuples Bamouns au Cameroun. *Ethnopharmacologia*. 63 : 58-69.
- 40) **Diezi M, Buclin T, Diezi J. (2011).** Additifs alimentaires et troubles de l'attention/hyperactivité chez l'enfant. *PAEDIATCA*. Vol (22), pp : 12-15.
- 41) **Djenidi H, Khennouf S, Bouaziz A. (2020).** Antioxidant activity and phenolic content of commonly consumed fruits and vegetables in Algeria. *Progress in Nutrition*. 22(1) : 224-235.
- 42) **Dongock DN, Bonyo AL, Mapongmestem PM, Bayegone E. (2018).** Etude ethnobotanique et phytochimique des plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies cardiovasculaires à Moundou (Tchad). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 12(1) : 203-216.
- 43) **Doukani K. (2015).** Etude comparative entre le couscous industriel et le couscous à base de glands. « *Nature & Technologie* ». B- Sciences Agronomiques et Biologiques. 13 : 02 - 11.
- 44) **DSA (Direction des Services Agricoles). (2014).** Rapport annuelle des services Agricoles In **Hallouz F, Karahacane H, Meddi M, Bouslimani W, Benzara**

Belkacem FZ, Sadi F. (2018). Use of Sewage Sludge in Agriculture in Ain Defla Region, Algeria. *Journal of Environmental and Agricultural Sciences*. 17: 42-54.

E

- 45) **El Allaoui A, RhaziFilali F, Ameer N, Oumokhtar B. (2012).** Qualité hygiénique des saucisses fabriquées traditionnellement dans la ville de Meknes au Maroc. *La science en liberté*. 4 : 6.
- 46) **El Marnissi B, Belkhou R, El Oualilalami A, Bennani L. (2013).** Caractérisation microbiologique et physicochimique du lait cru et de ses dérivés traditionnels Marocains (Lben et Jben). *Les technologies de laboratoire*. 8(33) : 100-111.
- 47) **El marrachi A, Hamama A. (1996).** Aspects hygiéniques du fromage frais de chèvre: Perspectives d'amélioration de la qualité. Les perspectives de développement de la filière lait de chèvre dans le bassin méditerranéen. Une réflexion collective appliquée au cas marocain In *Étude FAO : Production et santé animales*, 131 p.
- 48) **Larousse-Bordas. (2001).** *Encyclopedia of Medicinal Plants*. 2e éd, pp : 211.
- 49) **Eck A, Gillis JC. (2006).** *Le fromage*. Lavoisier, TEC et DOC. 3e éd, 891p.

F

- 50) **FAO/OMS. (1990).** Évaluation de certains additifs alimentaires et contaminants. 35ème rapport.
- 51) **Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. (1957).** A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipides from Animal Tissues. *J. Biol. Chem.*, 226 : 497-509.
- 52) **Folin O, Vintila Ciocalteu V. (1927).** On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *Journal of Biological Chemistry (JBC)*. 73(2) : 627-650.

G

- 53) **Gani O, Hoq O, Tamanna T. (2019).** Pharmacological and phytochemical analysis of *Foeniculum vulgare Mill*: A review. International Journal of Unani and Integrative Medicine. 3(2): 13-18.
- 54) **Gaouar ZL, Besseghir FZ, Gharbi M, Kecir M. (2022).** Additifs alimentaires : Inventaire des substances ajoutées aux denrées alimentaires de large consommation dans l'Ouest algérien Food additives : inventory of substances added to consumer foods in Western Algeria. Journal de la Faculté de Médecine d'Oran. 6(2) : 779-830.
- 55) **Ghorbani A. (2005).** Studies on pharmaceutical ethnobotany in the region of Turkmen Sahra, north of Iran (part 1): general results. Journal of Ethnopharmacology. 102(1) : 58–68.
- 56) **Grae I. (1974).** Nature's Colors : Dyes from Plants. Mac Millan. New York, NY, USA, pp : 229.
- 57) **Guarrera PM, Savo V. (2013).** Perceived health properties of wild and cultivated food plants in local and popular traditions of Italy: a review. Journal of Ethnopharmacology. 146(3) :659–680.
- 58) **Guiraud JP, Rosec JP. (2004).** Pratique des normes en microbiologie alimentaire. AFNOR, 244p.

H

- 59) **Hamama A. (1997).** Improvements of the manufacture of traditional fermented products in Morocco: case of Jben (Moroccan traditional fresh cheese) In **Dirar H.A. (1990).** Emerging Technology Series— Food Processing Technologies for Africa. UNIDO, Vienna, pp : 85-102.
- 60) **Hamama A, EL Marrachi A, Mahi N, Aboudrar W. (1995).** Préparation du jben pasteurisé à l'aide de levains lactiques sélectionnés. Actes Inst. Agron. Veto (Maroc). 15 (3) : 27-32.
- 61) **Hendawy SF, Ezz El-Din AA. (2010).** Growth and yield of *Foeniculum vulgare var. azoricum* as influenced by some vitamins and amino acids. Ozean J Appl Sci., 3: 113-122.

- 62) **Harrak H, El Antari A, Ben Hilal H, Zantar S, Lalaoui Rachidi Moulay Y. (2022).** Evaluation des critères physiques, physicochimiques et biochimiques et des activités biologiques des graines et des huiles des graines du fenouil (*Foeniculum vulgare Mill.*). african and mediterranean agricultural journal. 1(134) : 150-176.
- 63) **Hayaloglu AA. (2017).** Cheese varieties ripened under brine. In: Mc Sweeney, P.L.H., Fox, P.F., Cotter, P.D., Everett, D.W. (Eds.), Cheese. fourth ed., Academic Press, San Diego, 997–1040 p. chap. 39.

I

- 64) **Institut Technique Des Cultures Maraichères, Industrielles. (2022).** Fiches techniques valorisées des cultures maraichères et Industrielles. La culture du FENOUIL. 2022.
- 65) **ISO 7954. (1988).** Microbiologie alimentaire, Directives générales pour le dénombrement des levures et des moisissures, Technique par comptage des colonies à 25°C. 2e éd : 1-4.
- 66) **ISO 1842. (1991).** Produits dérivés des fruits et légumes -Mesurage du pH. 1er éd : 1-3.

J

- 67) **Jeantet R, Croguennec T, Mahaut M, Schuck P, Brulé G. (2007).** Science des aliments. Biochimie. Microbiologie. Procédés. Produits. Technologie des produits alimentaires. Lavoisier, TEC et DOC. Paris. Vol 2, 456p.
- 68) **Jeantet R, Croguennec T, Mahaut M, Schuck P, Brulé G. (2008).** Les produits laitiers. Lavoisier, TEC et DOC. 2e éd, pp : 38-55.
- 69) **Journal Officiel : JO n°35-1998.** Arrêté interministériel du 25 Ramadhan 1418 correspondant 24 janvier 1998 au modifiant et complétant l'arrêté du 14 Safar 1415 correspondant au 23 juillet 1994 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires.
- 70) **Journal Officiel : JO n°70-2004.** Arrêté du 26 Rajab 1425 correspondant au 11 septembre 2004 rendant obligatoire une méthode de contrôle microbiologique pour le lait pasteurisé.

- 71)**Journal Officiel : JO n°30-2012.** Arrêté du 23 Joumada Ethania 1433 correspondant au 15 mai 2012 fixant les conditions et les modalités d'utilisation des additifs alimentaires dans les denrées alimentaires destinées à la consommation humaine.
- 72)**Journal Officiel : JO n°35-2013.** Arrêté du 16 Rajab 1433 correspondant au 6 juin 2012 rendant obligatoire la méthode de dosage du taux de cendres par incinération dans les céréales, légumineuses et produits dérivés.
- 73)**Journal Officiel : JO n°67-2014.** Arrêté du 14 Safar 1435 correspondant au 17 décembre 2013 rendant obligatoire la méthode de détermination de la teneur en matière grasse dans le fromage.
- 74)**Journal Officiel : JO n°48-2015.** Arrêté du 14 Chaabane 1436 correspondant au 2 juin 2015 rendant obligatoire la méthode horizontale pour le dénombrement des levures et moisissures par comptage des colonies dans les produits, dont l'activité d'eau est supérieure à 0,95.
- 75)**Journal Officiel : JO n°74-2017.** Arrêté du Aouel Rabie El Aouel 1439 correspondant au 20 novembre 2017 rendant obligatoire la méthode de préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique des laits et des produits laitiers.

K

- 76)**Kassi ABB, Ballo D, Kabran AF, Sissouma D, Adjou A. (2020).** Evaluation du pouvoir antioxydant et de la teneur en polyphénols totaux de six plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies cardiovasculaires. *Journal of Applied Biosciences*. 153: 15788 - 15797.
- 77)**Kaur GJ, Arora DS. (2009).** Antibacterial and phytochemical screening of *Anethum graveolens*, *Foeniculum vulgare* and *Trachyspermum ammi*. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 9 (30) : 1-10.
- 78)**Khammassi M, Souihi M, Ismail A, Jamoussi B. (2022).** Study on the morphological variability of sixteen populations of wild fennel (*Foeniculum vulgare Mill.*) growing in Tunisia. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*. 88(2) : 4961-4971.

- 79) **Kirtikar KR, Basu, BD. (1984).** Indian Medicinal Plants. Bishen Singh Mahendra Pal Singh, Dehradun. vol 6, pp : 1999 - 2791.
- 80) **Kothe HW. (2007).** 1000 plantes aromatiques et médicinales. Terres éd. vol 1, 336 p.
- 81) **Kooti W, Moradi M, Ali-Akbari S, Sharafi-Ahvazi N, Asadi-Samani M, Ashtary-Larky D. (2015).** Therapeutic and pharmacological potential of *Foeniculum vulgare* Mill: a review. Journal of Herb Med Pharmacology. 4(1) : 1-9.
- 82) **Kouchadé SA, Adjatin AR, Adomou AC, Dassou HG, Akoègninou A. (2017).** Phytochimiques des plantes médicinales utilisées dans la prise en charge des maladies infantiles au Sud Bénin. European Scientific Journal. 13(3) : 471-488.
- 83) **Krishnamurthy KH. (2011).** Medicinal plants: Madhurika, saunf or fennel (*Foeniculum vulgare*, Gaertn). Journal of New Approaches to Medicine and Health. 19(1) : 1–4.
- 84) **Kwon YS, Choi WG, Kim WJ, Kim WK, Kim MJ, Kang WH, Kim CM. (2002).** Antimicrobial constituents of *Foeniculum vulgare*. Archives of Pharmacal Research. 25 : 154–157.

L

- 85) **Laib I, Kehal F, Arris M, Maameri MI, Lachlah H, Bensouici C, Mosbah R, Houasnia M, Barkat M. (2021).** Effet de la digestion gastro-intestinale in vitro sur les composés phénoliques et l'activité antioxydante du thé vert *Camellia sinensis* L. issu de l'agriculture biologique. Effect of in vitro gastrointestinal digestion on phenolic compounds and the antioxidant activity of *Camellia sinensis* L. green tea from organic farming. Nutrition Clinique et Métabolisme. 35 (3) : 212-221.
- 86) **Larpent JP. (1997).** Microbiologie alimentaire. Techniques de laboratoire. TEC and DOC, 1072 p.
- 87) **Leong LP, Shui G. (2002).** Une enquête sur la capacité antioxydante des fruits sur les marchés de Singapour. Food chemistry. 76 (1) : 69-75.
- 88) **Lewu FB, Afolayan AJ. (2009).** Ethnomedicine in South Africa: the role of weedy species. African Journal of Biotechnology. 8(6): 929–934.

- 89) **Lo Cantore P, Iacobellis N S, De Marco A, Capasso F, Senatore F. (2004).** Antibacterial activity of *Coriandrum sativum L.* and *Foeniculum vulgare Miller Var. vulgare (Miller)* essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52(26) : 7862-7866.

M

- 90) **Macía MJ, García E, Vidaurre PJ. (2005).** An ethnobotanical survey of medicinal plants commercialized in the markets of la Paz and El Alto, Bolivia. *Journal of Ethnopharmacology*. 97(2) : 337–350.
- 91) **Massana AC, Lucena F, Blanch AR. (2010).** Identification of *Pseudomonas aeruginosa* in water-bottling plants on the basis of procedures included in ISO 16266:2006. *Journal of Microbiological Methods*. 81 : 1–5.
- 92) **Mathieu J. (1998).** Initiation à la physicochimie du lait. TEC and DOC, 181p.
- 93) **Mbawala A, Daoudou B, Ngassoum MB. (2010).** Qualité microbiologique du kilishi (produit carné séché) produit dans la ville de Ngaoundéré (Cameroun). *Tropicultura*. 28 (3) : 153-160.
- 94) **Meireles MA. (2005).** Supercritical fluid extraction from fennel (*Foeniculum vulgare*): global yield, composition and kinetic data. *J Supercrit Fluids*. 35(3):212-229.
- 95) **Miguel MG, Cruz C, Faleiro L, Simões M, Figueiredo AC, Barroso JG, Perdo LG. (2010).** *Foeniculum vulgare* essential oils: chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities. *Nat Prod Commun*. 5(2):319-28.
- 96) **Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques du Québec. (2007).** Détermination des solides totaux et des solides totaux volatils : méthode gravimétrique, MA. 100 – S.T. 1.1, Rév. 5. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 13 p.

O

- 97) **Ouadghiri M, Amar M, Vancanneyt M, Swings J. (2005).** Biodiversity of lactic acid bacteria in Moroccan soft white cheese (Jben). *FEMS Microbiology Letters*. 251(2) : 267-271.

- 98) **Ozbek H, Uğraş S, Dülger H, Bayram İ, Tuncer İ, Öztürk G, Öztürk A. (2003).** Hepato protective effect of *Foeniculum vulgare* essential oil. *Fitoterapia*. 74(3) : 317–319.

P

- 99) **Parejo I, Jauregui O, Sánchez-Rabameda F, Viladomat F, Bastida J, Codina C. (2004).** Separation and characterization of phenolic compounds in fennel (*Foeniculum vulgare*) using liquid chromatography-negative electrospray ionization tandem mass spectrometry. *J Agric Food Chem.*, 52(12): 3679-87.

R

- 100) **Rachedi K, Bekhouche S, Boughachiche F, Zerizer H. (2021).** Contrôle microbiologique des denrées alimentaires servie en restauration collective. *Algerian Journal of Nutrition and Food Sciences*. 01 (03) : 22-30.
- 101) **Randhawa S, Bahna S. (2009).** Hypersensitivity reactions to food additives. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*. 9(3) : 278–283.
- 102) **Rasul A, Akhtar N, Khan BA, Mahmood T, UzZaman S, Shoaib Khan HM. (2012).** Formulation development of a cream containing fennel extract: in vivo evaluation for anti-aging effects. *Pharmazie*. 67(1):54–58.
- 103) **Rather MA, Dar BA, Sofi SN, Bhat BA, Qurishi MA. (2016).** *Foeniculum vulgare*: A comprehensive review of its traditional use, phytochemistry, pharmacology, and safety. *Arabian Journal of Chemistry*. 9(2) : 1574-1583.
- 104) **Reynal BD, Multon JL. (2009).** Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires. À l'exclusion des produits utilisés au niveau de l'agriculture et de l'élevage : pesticides, hormones, etc. *TEC et DOC*. 4e éd, pp : 4.
- 105) **Roby MHH, Sarhan MA, Selim KA, Khalel KI. (2013).** Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare*

L.) and chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Industrial Crops and Products*. 44 : 437–445.

S

- 106) **Salmerón J, Vega CD, Pérez-Elortondo JF, Albisu M, Barrón LJR.(2002).** Effect of pasteurization and seasonal variations in the microflora of ewe's milk for cheesemaking. *Food Microbiology*. 19 (2–3) : 167-174.
- 107) **Salehi Surmaghi H. (2006).** Medicinal plants and phytotherapy. *Donyae Taghazie*, Tehran, Iran. 1 : 59-63.
- 108) **Samet-Bali O, Ayadi MA, Attia H. (2009).** Traditional Tunisian butter : Physicochemical and microbial characteristics and storage stability of the oil fraction. *LWT - Food Science and Technology*. 42(4) : 899-905.
- 109) **Sanchez-Moreno C, Larrauri JA, Saura-Calixto F. (1998).** A Procedure to Measure the Antiradical Efficiency of Polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 76 : 270-276.
- 110) **Sarr SO, Fall AD, Gueye R, Diop A, Diatta K, Diop N, Ndiaye B, Diop YM. (2015).** Etude de l'activité antioxydante des extraits des feuilles de *Vitex doniana* (Verbenacea). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 9(3): 1263-1269.
- 111) **Sharma R, Manhas RK, Magotra R. (2012).** Ethnoveterinary remedies of diseases among milk yielding animals in Kathua, Jammu and Kashmir, India. *Journal of Ethnopharmacology*.141(1): 265–272.
- 112) **Singh G, Maurya S, Lampasona MPD. (2006).** Catalan C. *Food Control*. 17(9) : 745-752.
- 113) **Soylu S, Yigitbas H, Soylyu EM, Kurt Ş. (2007).** Antifungal effects of essential oils from oregano and fennel on *Sclerotinia sclerotiorum*. *Journal of Applied Microbiology*. 103 (4) : 1021–1030.
- 114) **Sultana B, Anwar F, Ashraf M. (2009).** Effect of Extraction Solvent/Technique on the Antioxidant Activity of Selected Medicinal Plant Extracts. *Molecules*.14 : 2167-2180.

T

- 115) **Tabet R, Mechai A, Branes Z, Chenchouni H. (2013).** Effect of vegetable coagulant and lamb rennet on physicochemical composition, fatty acid profile and lipid quality indices of a traditional fresh cheese (Jben). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology.* 47: 1-15.
- 116) **Tadjine D, Boudalia S, Bousbia A, Gueroui Y. (2020).** Milk heat treatment affects microbial characteristics of cows' and goats' "Jben" traditional fresh cheeses. *Food Science and Technology.* 41(4) : 1-8.
- 117) **Tadjine D, Boudalia S, Bousbia A, Gueroui Y, Symeon G, Mebirouk Boudechiche L, Tadjine A, Chemmam M. (2020).** Milk heat treatment affects microbial characteristics of cows' and goats' "Jben" traditional fresh cheeses. *Food Science and Technology.* 41(4) : 1-8.
- 118) **Tavares WPS (2021).** Physico-chemical and sensory characteristics of cow's milk cheese produced in São Jorge - Cape Verde. *Revista Brasileira de Estudos Africanos.* 4(8) : 330.

U

- 119) **Uzoigwe NE, Nwufu CR, Nwankwo CS, Ibe SN, Amadi CO, Udujih OG. (2021).** Assessment of bacterial contamination of beef in slaughterhouses in Owerri zone, Imo state, Nigeria. *Scientific African.* 12: 1-9.

W

- 120) **Wang S, Meckling KA, Marccone MF, Kakuda Y, Tsao R. (2011).** Synergistic, Additive, and Antagonistic Effects of Food Mixtures on Total Antioxidant Capacities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 59 : 960–968.
- 121) **Wany A, Pandey P, Raja W. (2022).** Evaluation of Phytochemical Screening and Antibacterial Activity of *Foeniculum vulgare* Seed Extract using Disk Diffusion Method. *journal of advances in bio-pharmaceutics and pharmacovigilance.* 4(2) : 7-12.
- 122) **Wilson B, Bahna S. (2005).** Adverse reactions to food additives. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology.* 95(6) : 499-507.

X

- 123) **Xiong Z, Sun DW, Pu H, Xie A, Han Z, Luo M. (2015).** Non-destructive prediction of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value for fresh ness evaluation of chicken meat using hyper spectral imaging. Food Chemistry, 179 : 175-181.

Z

- 124) **Zbadi R, Mohti H, Moussaoui F. (2018).** Stress oxydatif : évaluation du pouvoir antioxydant de quelques plantes médicinales. Médecine translationnelle.24(2) :134-141.
- 125) **Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. (1999).** The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chemistry. 64(1) : 555-559.

Annexes

Annexe A. Le test de dégustation.

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS - MOSTAGANEM

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE



LABORATOIRE DE TECHNOLOGIE ALIMENTAIRES ET NUTRITION



Date :/...../ 2023.

Panéliste N° :.....

Sexe :.....

Age :.....

Fonction :.....

Fiche de dégustation

Critères organoleptiques	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4
Couleur				
Aspect homogène				
Aspect grumeleux				
Texture collante				
Odeur				
Acidité				
Salinité				
Arrière gout				

Les panelistes sont invités à noter les critères organoleptiques des fromages expérimentaux selon une échelle de notation variable de 0 à 10 (Voir tableau ci-dessous).

Echelle de Notation :

Echelle de Notation	0 – 1	2 – 3 - 4	5 - 6 - 7	8 – 9 – 10
Couleur	Non acceptable	Moins acceptable	Acceptable	Très acceptable
Aspect homogène	Non homogène	Moins homogène	Homogène	Très homogène
Aspect grumeleux	Très grumeleux	Grumeleux	Moins grumeleux	Non grumeleux
Odeur	Désagréable	Ordinaire	Agréable	Très agréable
Acidité	Très acide	Acide	Légèrement acide	Non acide
Salinité	Très salé	Salé	Légèrement salé	Non salé
Arrière gout	Très amère	Amère	Légèrement amère	Non amère
Texture collante	Très collante	Collante	Moins collante	Non collante

Définitions :

Couleur : Les panélistes sont appelés à classer les produits selon leurs degré de préférence.

Aspect homogène : Consiste à apprécier les produits d'après le degré d'homogénéité du caillé.

Aspect grumeleux : Consiste à caractériser l'aspect grumeleux du caillé des produits présentés.

Odeur : Consiste à évaluer l'importance sensorielle des odeurs liées aux composés aromatiques dégagés par le fromage.

Acidité : Le paneliste est invité à apprécier le degré d'acidité gustative du fromage lorsqu'il est mis en bouche.

Salinité : Le paneliste est invité à évaluer la différence gustative en salinité du fromage lorsqu'il est mis en bouche.

Arrière goût : Le paneliste est invité à évaluer l'ampleur de l'amertume du fromage lorsqu'il est mis en bouche.

Texture collante : Le jury est appelé à évaluer le caractère collant du fromage lorsqu'il est écrasé entre les doigts (pouce et index).



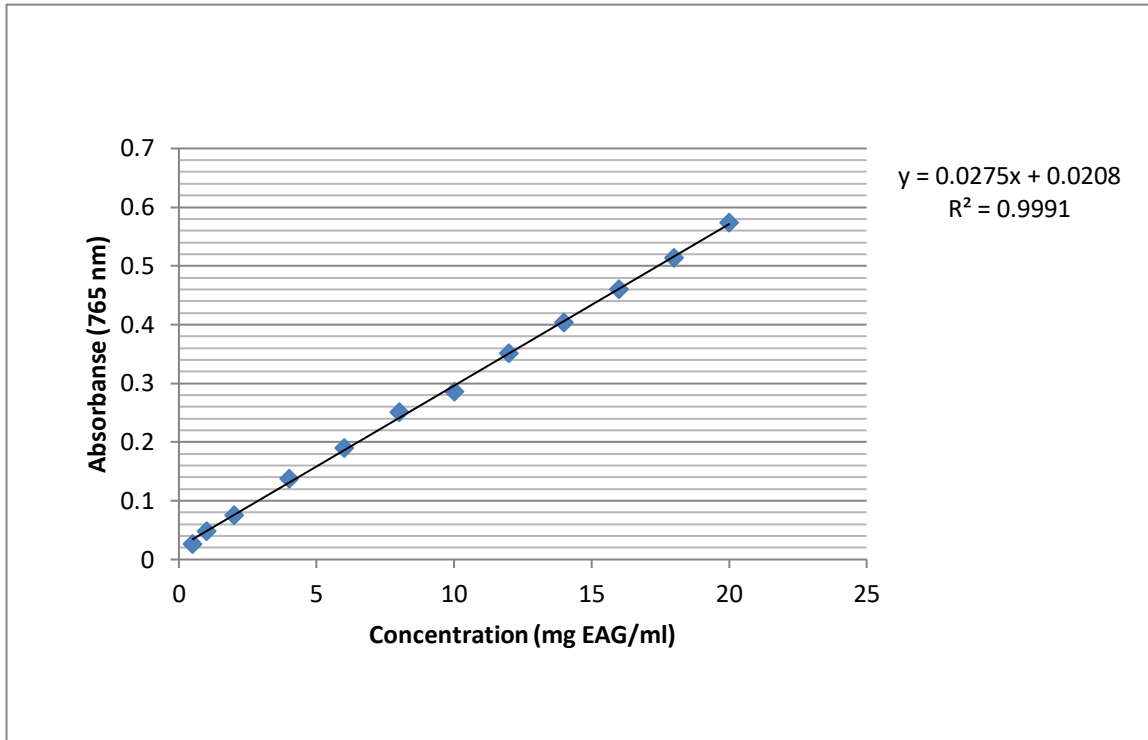
Les tests de dégustation pendant le mois de ramadan.



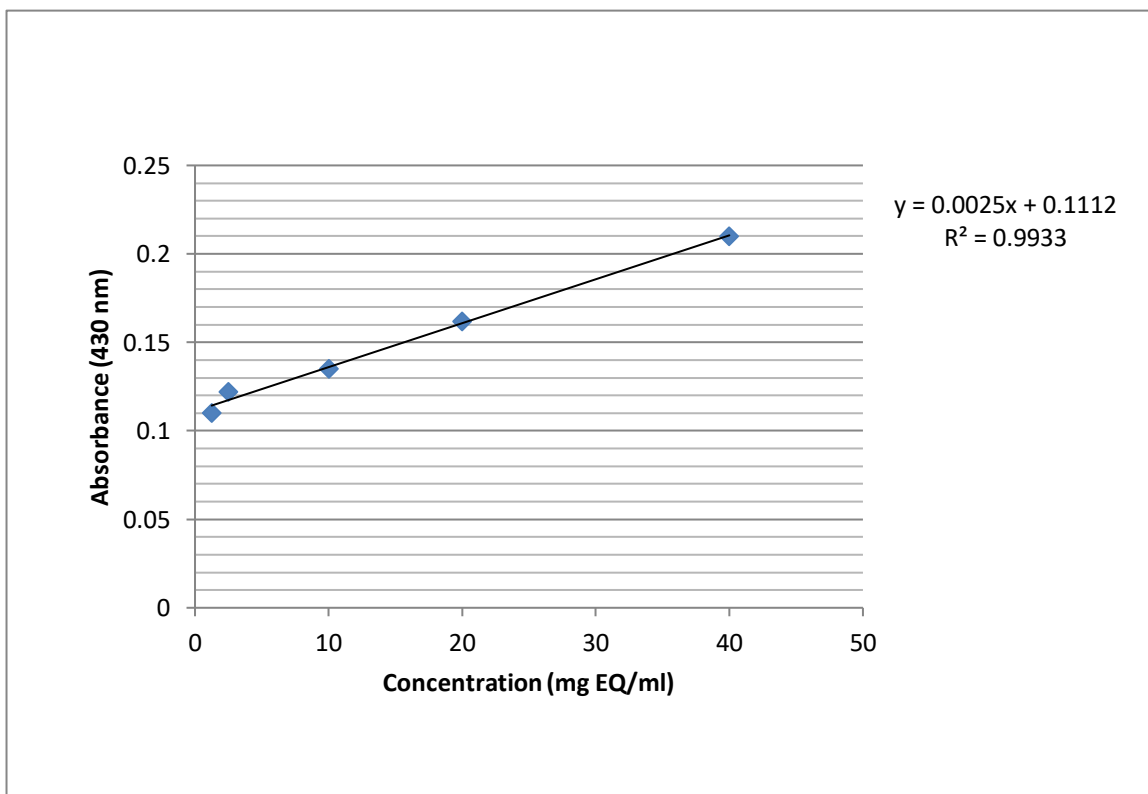
Les tests de dégustation effectués après le mois de ramadan.

Annexe B. Les courbes d'étalonnage des dosages effectués.

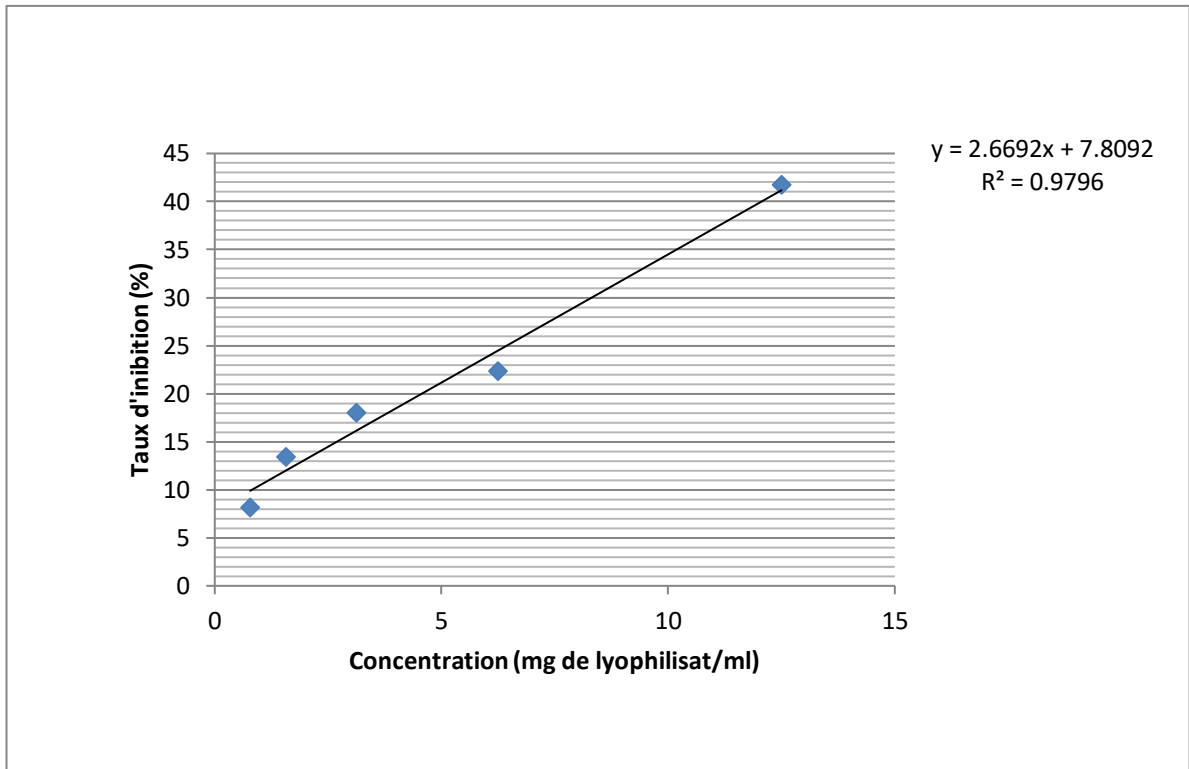
- La courbe d'étalonnage d'acide gallique :



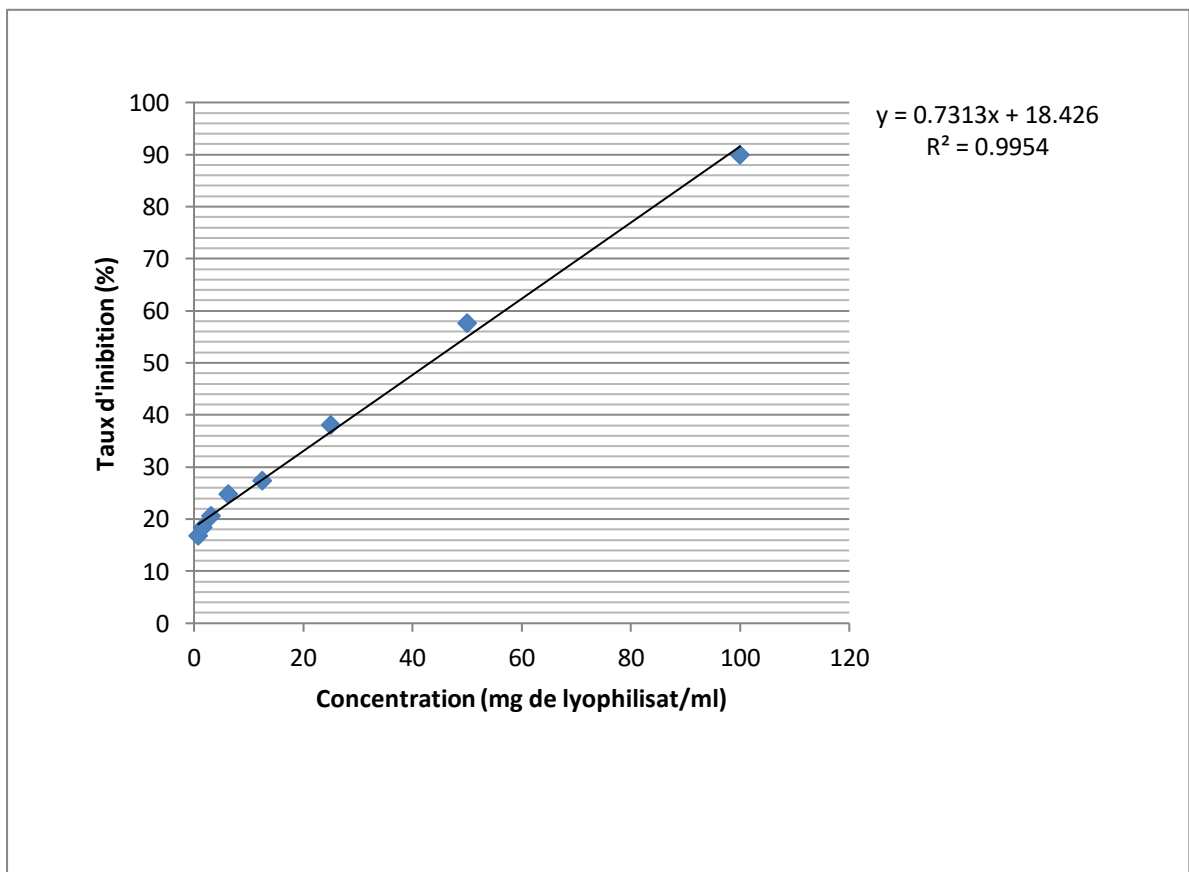
- La courbe d'étalonnage de quercétine :



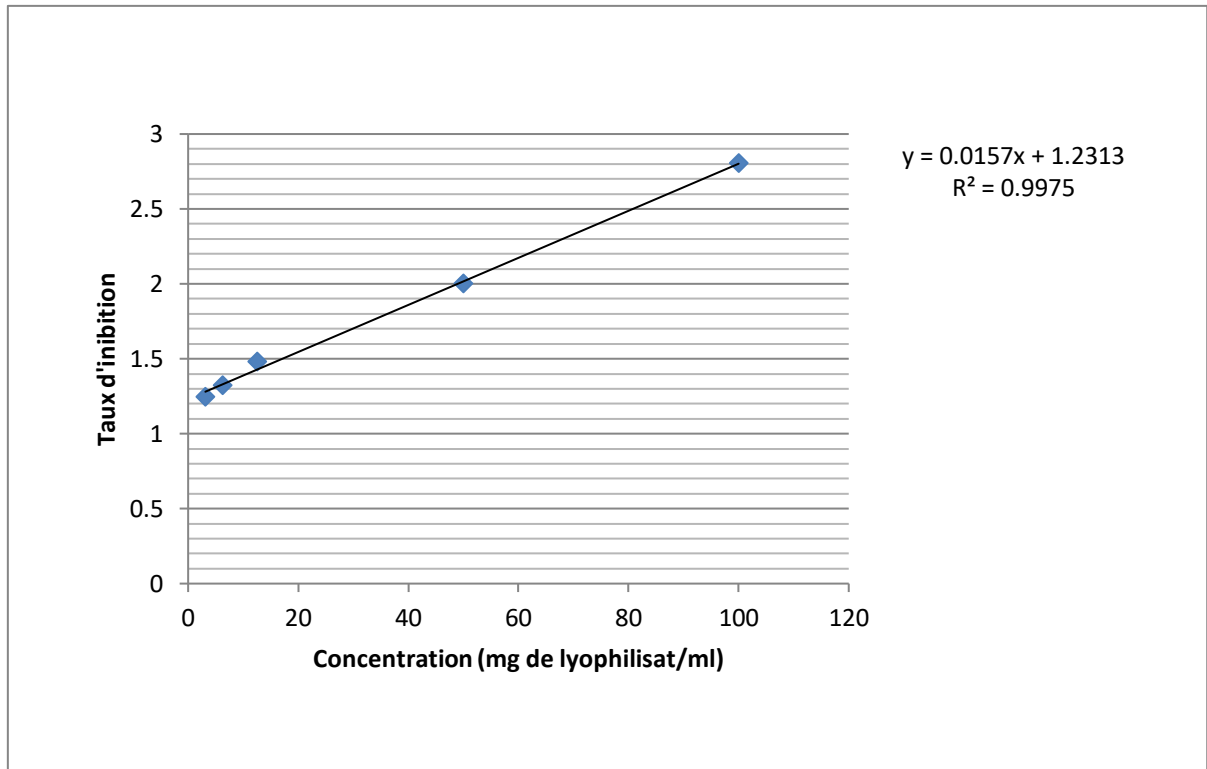
- La courbe d'étalonnage d'acide ascorbique (DPPH) :



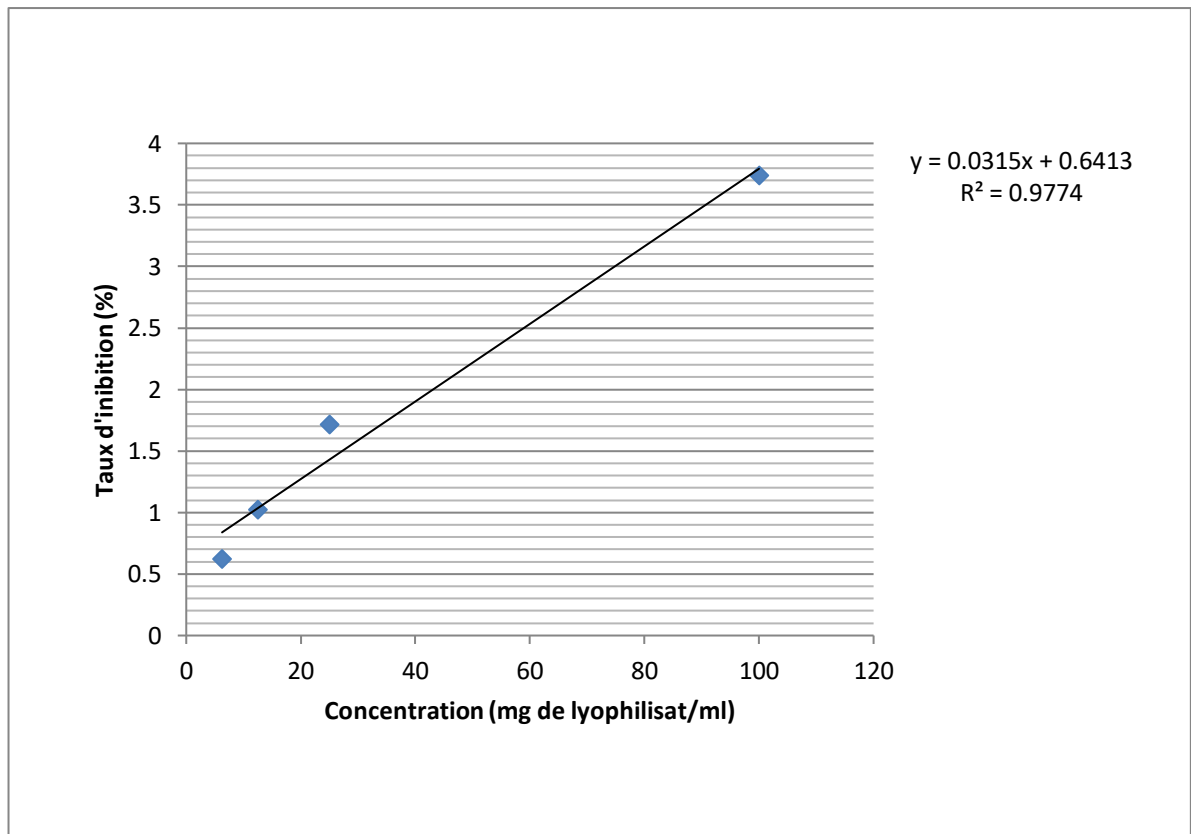
- La courbe d'étalonnage d'extrait (DPPH) :



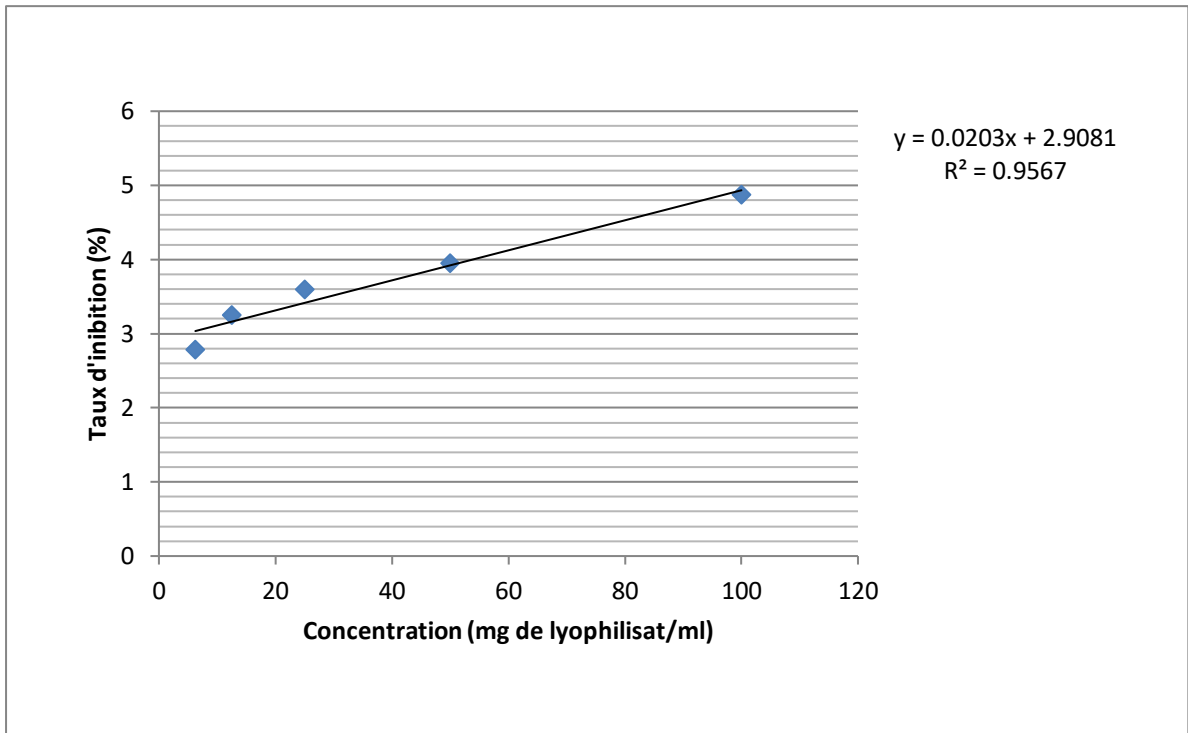
- La courbe d'étalonnage du fromage (0%/3J) (DPPH) :



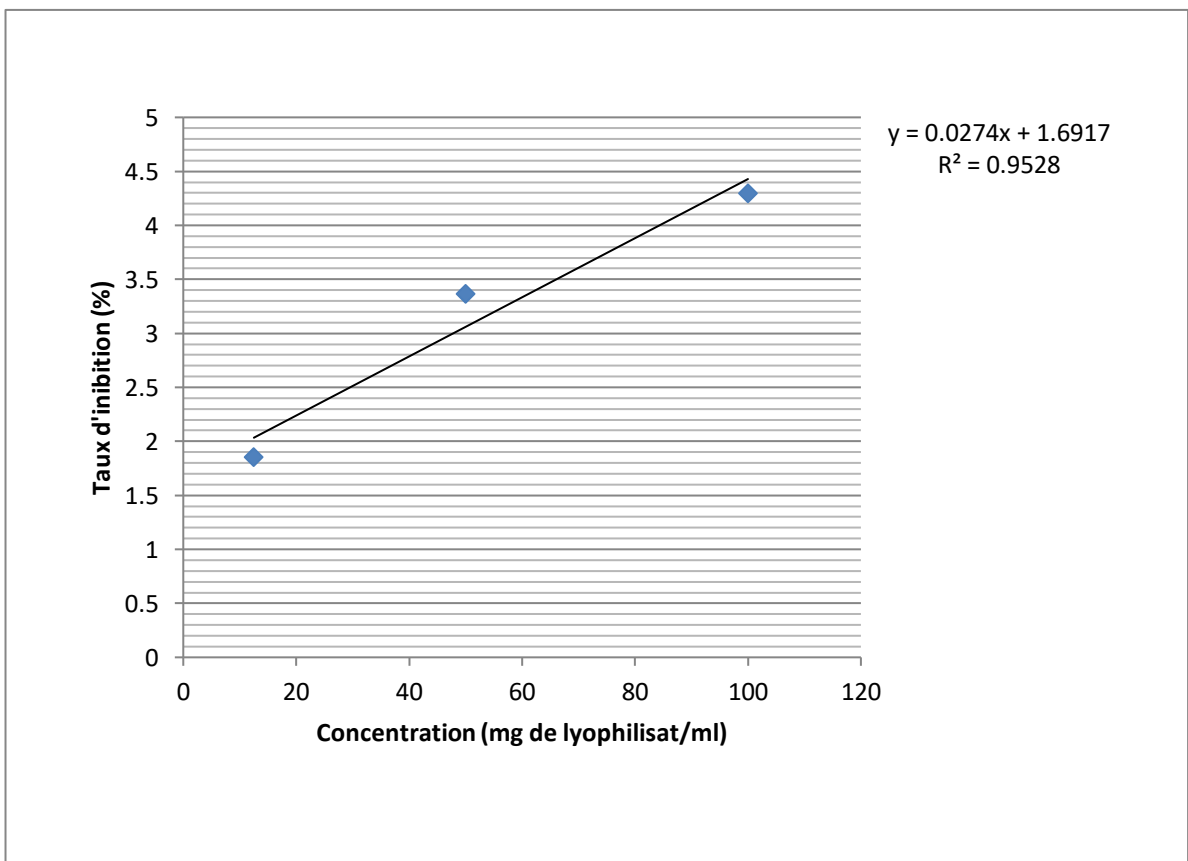
- La courbe d'étalonnage du fromage (3%/3J) (DPPH) :



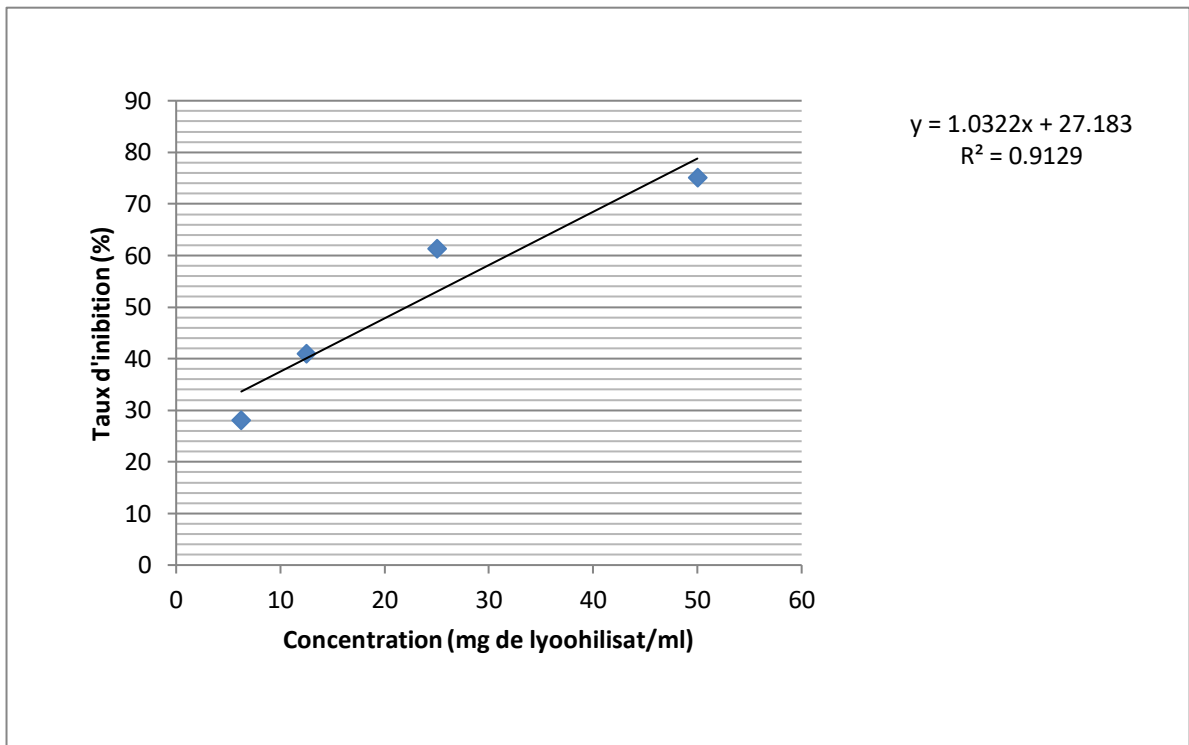
- La courbe d'étalonnage du fromage (0%/7J) (DPPH) :



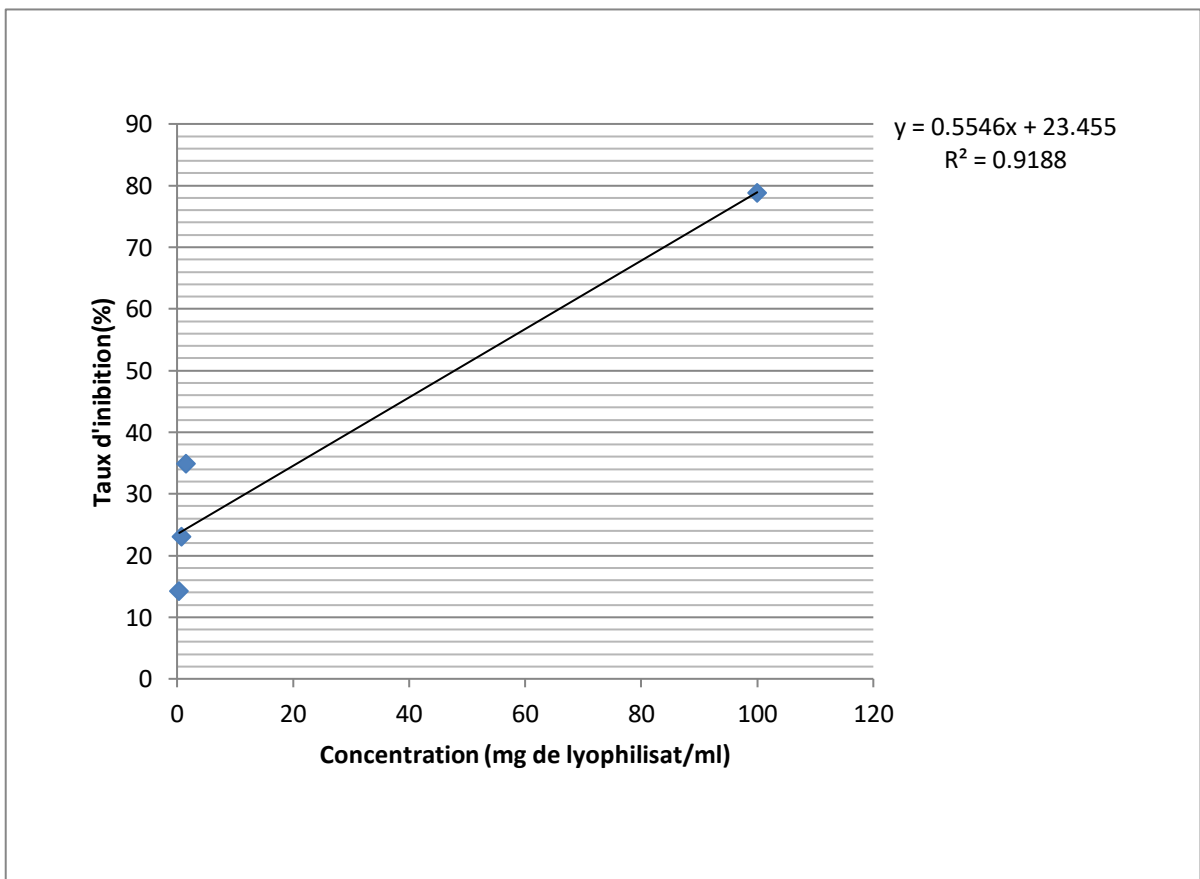
- La courbe d'étalonnage du fromage (3%/7J) (DPPH) :



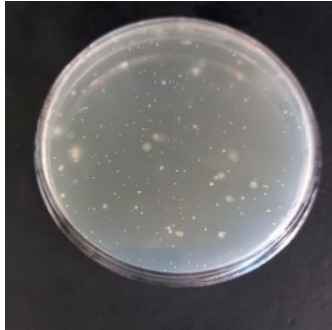
- **La courbe d'étalonnage d'acide ascorbique (FRAP) :**



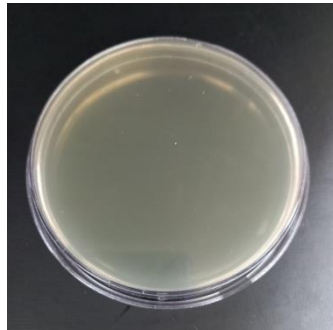
- **La courbe d'étalonnage d'extrait (FRAP) :**



Annexe C. Quelques résultats des analyses microbiologiques.



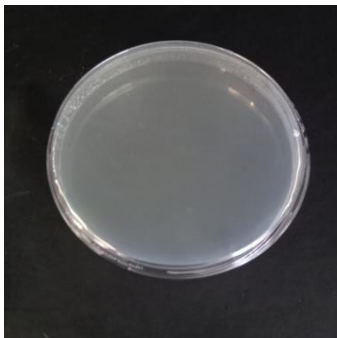
Coliformes totaux



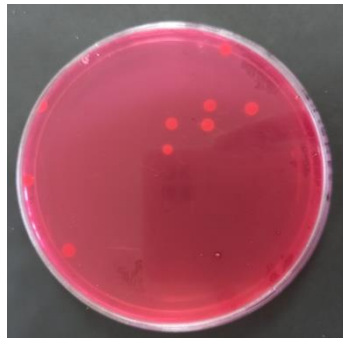
*Pseudomonas
aeruginosa*



Levures et
moisissures



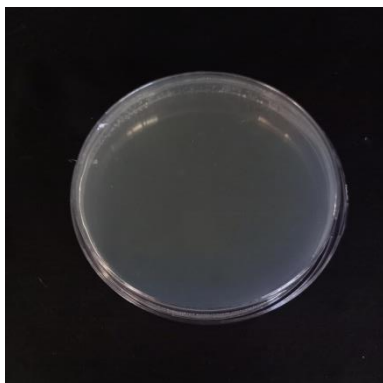
Coliformes fécaux



*Staphylococcus
aureus*



FTAM



Psychrotrophe



Bactérie lactique

Annexe E. Participer à la célébration de la journée des étudiants (19/05/2023).



Annexe F. Une invitation de Radio Mostaganem à notre projet en tant que projet nouveau et innovant (22/05/2023).



Annexe G. Participation dans le salon des produits de la recherche.



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Salon des Produits de la Recherche

Impact d'ajout des composés phénoliques des grains de fensoul (*Cassipourea grandis*) comme additifs naturels sur la qualité et la stabilité d'un fromage de terroir type Jben au cours de la conservation

DESCRIPTION :

Le Jben est un type de fromage frais traditionnel de l'Afrique du Nord et du Moyen-Orient, élaboré à partir de lait cru de différentes espèces animales (vache, brebis ou chèvre). C'est un fromage supplémenté comme additif naturel d'extrait de grains de fensoul riche en composés phénoliques ayant démontré des propriétés antioxydantes, et antimicrobienne capables d'améliorer la qualité des produits constitutifs et de préserver le produit d'une éventuelle contamination microbienne au cours de sa conservation. En plus, ce fromage de terroir Jben présente une note rafraîchissante et épicée conférée par la saveur légèrement astringente contenue dans l'extrait de *Cassipourea grandis*.

OBJECTIFS, ET UTILITES :

Afin de préserver au mieux certains aliments transformés, les agroindustriels, utilisent de nombreux additifs alimentaires tels que les sels de nitrite et de nitrate, les sulfates, etc. Il est prouvé de nos jours que ces additifs sont des produits chimiques nocifs pour la santé capables de causer plusieurs cas de cancers, des maladies cardiovasculaires, le diabète, le surpoids, etc. Il est donc très important de trouver d'autres alternatives. Les extraits des plantes médicinales sont très riches en composés phénoliques. Plusieurs études ont d'ailleurs bien montré que ces composés bioactifs présentent des effets antioxydants et antimicrobiens ainsi que des vertus santé très avérées. Leur utilisation comme additifs alimentaires naturels peut donc, sans doute, améliorer la qualité et la conservation de certains denrées alimentaires transformés. Cette étude vise à extraire les composés phénoliques des grains de fensoul (*Cassipourea grandis*) plante largement cultivée en Algérie (20 à 25 t/ha). Cet extrait sera ensuite utilisé comme un additif naturel afin de savoir son impact sur l'amélioration de la qualité et de la durée de conservation d'une large gamme de produits alimentaires s'altèrent rapidement dont le fromage de terroir Jben qui mérite une attention particulière en vue de le promouvoir dans plusieurs régions du pays.

DOMAINE(S) D'APPLICATION :

1. Alimentaire : peuvent être utilisés comme agents antioxydants et antimicrobiens naturels dans les aliments pour prévenir l'oxydation des lipides et lutter contre les contaminants microbiens, ce qui prolonge leur durée de conservation.
2. Médical : présentent des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et anticancéreuses potentielles. Ils peuvent aussi réguler le glycémie et prévenir les maladies cardiovasculaires.
3. Cosmétique : peuvent être utilisés dans les produits de soins de la peau et des cheveux.



Sécurité alimentaire

Contact :

Mme HOUGHTI *Cassipourea grandis* ; Dr. AT SAADA
Cassipourea grandis et Dr. AT CHABANE *Cassipourea grandis*

Laboratoire de Technologie Alimentaire et
Nutrition- Université Abdelhamid Ibn Badis,
-Mostaganem (Tel) : 0772887313