

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبو بكر بالقائد-تلمسان
Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEN
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie,
des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département d'Agronomie



MÉMOIRE

Présenté par

Mlle FENDIL SOULAF

En vue de l'obtention du Diplôme de MASTER

En Sciences alimentaires

Option : Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

Thème

**Essai d'élaboration d'un fromage de lait de soja, type TOFU
aux herbes. Analyse physico-chimiques et microbiologiques.**

Soutenu le : 29 / 06 / 2025, devant le jury composé de :

Présidente	Mme ABI AYAD Fatima Zohra	MCB	Université de Tlemcen
Examinatrice	Mme GHANEMI Fatima Zohra	MCA	Université de Tlemcen
Encadreur	Mr SENOUCI BEREKSI Mohamed	MCA	Université de Tlemcen

Année universitaire 2024/2025

REMERCIEMENTS

*Avant tout, je remercie **ALLAH** tout puissant de m'avoir donné le courage et la volonté de mener à bien ce modeste travail.*

En tout premier lieu je tiens à remercier Mr SENOUCI BEREKSI Mohamed pour l'honneur qu'il m'a fait de m'encadrer, pour son aide précieuse, ses remarques et ses conseils qui m'a permis de mener à bien ce travail.

Je tiens à remercier vivement Mme ABI AYAD FATIMA Zohra, pour avoir consacré son précieux temps pour présider le jury de ce mémoire.

Je tiens à présenter ma gratitude envers Mme GHANEMI Fatima Zohra pour son dévouement afin d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier mes parents pour leur soutien permanent et le réconfort qu'ils m'ont prodigué tout au long de mon cursus universitaire.

Je remercie vivement les responsables de la laiterie " NADJAH " de Maghnia, et le responsable du laboratoire de m'avoir aidé à effectuer certaines analyses physico-chimiques au sein de leur entreprise ; ainsi que Mr Ferouani Miloud, Ingénieur au laboratoire de biochimie à l'Université de Tlemcen, pour m'avoir aidé à effectuer la détermination de l'extrait sec.

Je remercie toutes personnes ayant participé de près ou de loin à ma formation et à tous ceux qui m'ont apporté leur soutien et encouragement durant la réalisation de ce travail.

DEDICACES

À mes chers parents, dont leur amour inconditionnel, leurs sacrifices immenses et leur soutien constant ont été les piliers de ma réussite. Leur foi en moi a toujours été une lumière dans les moments de doute.

À mes sœurs, véritables compagnes de vie, dont la présence bienveillante, les encouragements sincères et la complicité profonde m'ont apporté réconfort et motivation à chaque étape.

À mes professeurs, pour leur transmission de savoir, leurs conseils précieux et leur patience tout au long de ce parcours.

Et enfin, à mes amis, pour leur soutien moral et leur complicité qui ont rendu cette aventure plus légère.

À vous tous, je vous exprime ma profonde gratitude.

FENDIL Soulaf

ملخص

يركز هذا العمل على تحضير جبن من نوع التوفو، يُنتج عن طريق تخثر حليب فول الصويا، باستخدام نوعين من مواد التخثر: الخل وكلوريد المغنيسيوم، مع إضافة أعشاب ونكهات عطرية (ثوم، بقდونس، زعتر) وصلصة تُسمى "صلصة البيستو". الهدف هو الحصول على توفو ذو جودة حسية أفضل، مع قيمة غذائية عالية (بروتينات، فيتامينات، عناصر نادرة). تم تقييم الجودة الحسية للمنتجات، ثم اختبار جودتها العامة من خلال تحليل بعض المعايير الفيزيائية والكيميائية (الرقم الهيدروجيني، الحموضة، المستخلص الجاف)، وجودتها الصحية من خلال البحث عن بعض الكائنات الجرثومية (المكورات العنقودية، البكتيريا المعوية، البكتيريا العامة، الخمائر، والعفن)؛ وذلك في مختبر وحدة "النجاح" في مغنية، وفي مختبر الأحياء الدقيقة بجامعة تلمسان.

أظهرت النتائج أن المنتجات التي تم الحصول عليها ذات جودة عالية، ذات قوام متماسك ومتجانس، ونكهة مميزة للمنكه المستخدم، وخصائص فيزيائية وكيميائية مطابقة لمعايير الإنتاج. يتراوح إجمالي المادة الجافة (TSE) بين 22 و 33٪، ودرجة الحموضة بين 5.29 و 6.35. كما تتميز المنتجات أيضًا بسلامتها الميكروبيولوجية، ويتجلى ذلك في خلوها التام من الجراثيم المدروسة، مما يضمن سلامة المستهلك. هذا، بالإضافة إلى قيمته الغذائية، مما يجعل هذا التوفو خيارًا غذائيًا مفضلًا، بالإضافة إلى فوائده الصحية الكبيرة.

الكلمات المفتاحية: التوفو، الخل، كلوريد المغنيسيوم، الأعشاب العطرية، التحليل الحسي، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، التحليل الميكروبيولوجي.

Résumé

Ce travail porte sur la préparation d'un fromage de type tofu, obtenu par coagulation du lait des graines de soja, en utilisant deux types de coagulants : le vinaigre et le chlorure de magnésium, et en y ajoutant des herbes et des aromates (ail, persil, thym) et une sauce dite « sauce pesto ». Le but est d'obtenir un tofu de meilleure qualité organoleptique, associée à une haute valeur nutritionnelle (protéines, vitamines, oligoéléments). Nous avons évalué la qualité sensorielle des produits, puis testé leur qualité générale par l'analyse de quelques paramètres physico-chimiques (pH, acidité, extrait sec), et leur qualité sanitaire par la recherche de certains microorganismes (staphylocoques, entérobactéries, flore totale, levures et moisissures) ; et ce au laboratoire de l'unité « Nadjah » de Maghnia, et au laboratoire de microbiologie de l'Université de Tlemcen.

Les résultats ont montré que les produits obtenus sont de bonne qualité, présentant une texture ferme et homogène, une saveur typique de l'aromate utilisé ; et des propriétés physico-chimiques caractéristiques aux normes de production. L'extrait sec total (EST) varie entre 22 et 33 %, et le pH entre 5,29 et 6,35. Les produits présentent aussi une innocuité microbiologique traduite par l'absence totale des microorganismes recherchés, ce qui garantit la sécurité des consommateurs ; ajoutée à sa valeur nutritive, faisant de ce tofu un aliment de choix tout en étant très bénéfique pour la santé.

Mots-clés : Tofu, Vinaigre, Chlorure de Magnésium, Herbes aromatiques, Analyse sensorielle, Propriétés physico-chimiques, Analyse microbiologique.

Abstract

This work focuses on the preparation of a tofu-type cheese, obtained by coagulation of soybean milk, using two types of coagulants: vinegar and magnesium chloride, and adding herbs and aromatics (garlic, parsley, thyme) and a sauce called "pesto sauce." The goal is to obtain a tofu of better organoleptic quality, combined with high nutritional value (proteins, vitamins, oligoelements). We evaluated the sensory quality of the products, then tested their general quality by analyzing some physicochemical parameters (pH, acidity, dry extract), and their health quality by searching for certain microorganisms (staphylococci, enterobacteria, total flora, yeasts and molds); and this at the laboratory of the "Nadjah" unit in Maghnia, and at the microbiology laboratory of the University of Tlemcen.

The results showed that the products obtained are of good quality, with a firm and consistent texture, a flavor typical of the flavoring used, and physicochemical properties consistent with production standards. The total dry matter (TSE) varies between 22 and 33%, and the pH between 5.29 and 6.35. The products also exhibit microbiological safety, reflected in the total absence of the researched microorganisms, guaranteeing consumer safety; added to its nutritional value, makes this tofu a food of choice while also being very beneficial for health.

Keywords: Tofu, Vinegar, Magnesium Chloride, Aromatic Herbs, Sensory Analysis, Physicochemical Properties, Microbiological Analysis.

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
ملخص	
Résumé	
Abstract	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	

Synthèse bibliographique

Partie 1 : Généralités sur le fromage

1.1. Historique	3
1.2. Définition	3
1.3. Composition du fromage	4
1.3.1. Protéines	4
1.3.2. Lipides	4
1.3.3. Calcium	5
1.4. Les types des fromages	5
1.4.1. Fromage à pâte fraîche	7
1.4.2. Fromage à pâte pressée	7
1.4.3 Fromage à pâte molle	8
1.4.4. Les fromages à pâte persillée	10
1.4.5 Fromage Fondu	10
1.4.6. Fromages à pâte dure.....	11

Partie 2 : Les graines de soja

2.1. Les différentes variétés de fèves de soja	13
--	----

Partie 3 : Le Tofu

3.1. Histoire et origine du Tofu	14
3.2. Définition du Tofu.....	15
3.3. Les agents coagulants du Tofu	15
3.3.1. Coagulants salins	16
3.3.2. Coagulants acides	16
3.3.3. Coagulants enzymatiques	17
3.3.4. Coagulants alternatifs	17

3.4. La valeur nutritionnelle du tofu.....	17
3.5. Avantages pour la santé.....	18
3.5.1. Effet antioxydant	19
3.5.2. Effet anticancéreux.....	19
3.5.3. Effet anti-inflammatoire	19
3.5.4. Effets anti-obésité et antidiabétique	19
3.5.5. Effet préventif contre les maladies cardiovasculaires	20
3.5.6. Autres effets bénéfiques pour la santé.....	20

Parie 4 : Les herbes aromatiques

4.1. Définition	20
4.2. Description des plantes aromatiques utilisées.....	20
4.2.1. L'ail (<i>Allium sativum</i> L, <i>Amaryllidaceae</i>).....	20
4.2.2. Le thym (<i>Thymus vulgaris</i> L, <i>Lamiaceae</i>)	21
4.2.2. Le persil (<i>Petroselinum crispum</i> Mill. <i>Apiaceae</i>)	21
4.2.3. La sauce pesto	21

PARTIE EXPERIMENTALE

1. Présentation de l'entreprise NADJAH	23
2. Matériel et Méthodes.....	23
2.1. Matériel utilisé.....	23
2.2. Matières premières	24
2.3. Étapes globales de la préparation du Tofu	24
2.4. Étapes de la préparation de la sauce pesto	29
3. Les analyses physico-chimiques	29
3.1. Détermination du pH.....	29
3.2. Détermination de l'Acidité.....	30
3.3. Détermination de l'extrait sec total (EST)	31
4. L'Analyse microbiologique.....	32
4.1. Matériel et milieux de culture utilisés	32
4.2. Préparation des dilutions décimales pour analyse.....	32
4.3. Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (FAMT)	33
4.4. Recherche et dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i>	33
4.5. Recherche et dénombrement des entérobactéries.....	34
4.6. Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	34
4. Analyses sensorielle	34

RESULTATS ET DISCUSSION

1-Présentation des échantillons de Tofu obtenus	36
2. Les résultats d'analyses physico-chimiques.....	37
2.1. pH	38
2.2 Acidité	39

2.3 Extrait sec total.....	40
3. Les résultats d'analyse microbiologiques	42
4. Résultats d'analyse sensorielle.....	43
4.1. Odeur.....	45
4.2. Goût.....	45
4.3. Couleur	46
4.4. Goût acide	47
4.5. Consistance.....	48
Conclusion	50
Références bibliographiques	52
ANNEXES	60

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition moyenne de différents fromages pour 100 g de fromage frais.....	06
Tableau 2 : Valeur nutritionnelle pour 150g du tofu.1.....	08
Tableau 3 : Les résultats des analyses physico-chimiques.	37
Tableau 4 : Résultats de recherche et dénombrement de staphylococcus, entérobactéries, la flore aérobie mésophile totale, des levures et des moisissures.	43
Tableau 5 : Moyennes des caractères organoleptiques du tofu.	44
Tableau 6 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu témoin (Vinaigre).	60
Tableau 7 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu témoin (MgCl ₂)	61
Tableau 8 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu avec sauce pesto (Vinaigre).....	62
Tableau 9 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu avec sauce pesto (MgCl ₂).....	63
Tableau 10 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu au l'ail et le thym (Vinaigre).....	64
Tableau 11 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu au l'ail et le thym (MgCl ₂).....	65
Tableau 12 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu au l'ail et le persil (Vinaigre).....	66
Tableau 13 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu au l'ail et le persil (MgCl ₂).....	67
Tableau 14 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu avec l'ail, le thym et le persil (Vinaigre).	68
Tableau 15 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu avec l'ail, le thym et le persil (MgCl ₂).....	69

Liste des figures

Figure 1 : fromage frais.....	07
Figure 2 : Fromage à pâte pressée.....	08
Figure 3 : Le fromage à pâte molle.....	09
Figure 4 : Les fromages à pâte persillée.....	10
Figure 5 : Le fromages fondu.....	11
Figure 6 : Les fromages à pâte dure.....	12
Figure 7 : Tofu frais.....	15
Figure 8 : Sauce pesto.....	22
Figure 9 : trempage des graines de soja.	24
Figure 10: Broyage des graines de soja trempé dans l'eau.....	25
Figure 11 : cuisson du mélange.....	25
Figure 12 : Étape de la filtration.....	26
Figure 13: coagulation et formation du caillé.....	27
Figure 14 : diagramme des procédés des fabrications de fromage de soja.....	28
Figure 15: Mesure du pH par un pH mètre.....	30
Figure 16 : Liste « Acidité= pH ».	30
Figure 17: Dessiccateur.....	32
Figure 18: Préparation des dilutions.....	33
Figure 19: Les différents tofus obtenus après coagulation.....	36
Figure 20 : Variation du pH des échantillons de tofu avec sauce pesto et herbes.....	39
Figure 21 : Variation d'acidité des échantillons de tofu avec sauce pesto et herbes.....	40
Figure 22: Variation d'extrait sec total des échantillons de tofu avec sauce pesto et herbes.....	41
Figure 23: Les résultats d'analyse microbiologiques.....	42
Figure 24: Variation de l'odeur de des échantillons de tofu avec sauce pesto et herbes.....	45
Figure 25 : Variation du goût des échantillons de tofu avec sauce pesto et herbes.....	46
Figure 26 : Variation de la couleur des échantillons de tofu avec sauce pesto et herbes.....	47
Figure 27 : Variation de l'acidité des échantillons de tofu avec sauce pesto et herbes.....	48
Figure 28 : Variation de la consistance des échantillons de tofu avec sauce pesto et herbes.....	49

Liste des abréviations

°C (degré Celsius)
°D (degré Dornic)
AOAC (Association of Official Analytical Chemists)
av. J.-C. (avant Jésus-Christ)
cm (centimètre) /
COX-2 (cyclo-oxygénase 2)
EST (extrait sec total)
FAMT (flore aérobie mésophile totale)
GDL (glucono-delta-lactone)
Gélose PDA (Potato Dextrose Agar)
Gélose TGEA (Tryptone Glucose Yeast Extract Agar)
H (heure)
IHD (cardiopathie ischémique)
IL-1 β (interleukine 1 bêta)
Kcal (kilocalorie)
Kg (kilogramme) / g (gramme) / mg (milligramme)
LDL (lipoprotéine de basse densité)
MCV (les maladies cardiovasculaires)
Mg²⁺ (ion magnésium)
MgCl₂ (chlorure de magnésium)
ml (millilitre)
NF- κ B (facteur nucléaire kappa B)
NO (Oxyde Nitrique)
SARL (société à responsabilité limitée)
SMCE (solution mère de chlorure de magnésium)
TNF- α (tumor necrosis factor alpha)
TYO-67 (souche probiotique)
U.I (unité internationale)
UFC (unité formant colonie)
UHT (ultra haute température)

Introduction

Le fromage est le nom générique d'un groupe de produits alimentaires à base de lait fermenté, produits dans le monde entier avec plus de 1000 variétés, présentant une grande diversité de saveurs, de textures et de formes, tout en possédant une valeur nutritionnelle notable (source de protéines, de calcium, de phosphore, de vitamine A, vitamine D et de zinc) **(Fox et al, 2017)**.

Principalement élaboré à partir de lait d'origine animale, le fromage occupe une place prépondérante dans de nombreux régimes alimentaires et est considéré comme un aliment de base dans plusieurs cultures à travers le monde **(Harbutt, 2010)**.

Cependant, ces dernières années, des préoccupations croissantes ont été soulevées concernant les produits laitiers d'origine animale; parmi celles-ci, l'intolérance au lactose se distingue comme un problème de santé publique touchant une grande partie de la population mondiale **(Wiley, 2020)**. De plus, les produits laitiers sont responsables d'une part importante des émissions de gaz à effet de serre et de la consommation énergétique dans les systèmes alimentaires modernes **(Heller et al, 2018 ; Chapa et al, 2020)**.

En conséquence, un grand nombre de recherches suggèrent qu'une alimentation plus végétale, y compris un passage à des alternatives végétales aux produits laitiers, est nécessaire pour reproduire les caractéristiques sensorielles, nutritionnelles et fonctionnelles des produits laitiers traditionnels **(Carlsson-Kanyama et al., 2021)**.

Parmi ces alternatives, le Tofu, un analogue de fromage dérivé du soja et largement accepté dans les pays de l'Asie, qui contient beaucoup de protéines, de fibres diététiques, d'acides aminés essentiels, de saponines de soja et d'isoflavones **(Ezeama et Dobson, 2019; Shi et al., 2020)**.

Le tofu est produit par trempage et broyage des graines de soja, puis chauffage et coagulation du lait de soja obtenu, et enfin pressage du caillé. Le choix du coagulant a un impact direct sur le mécanisme de coagulation du tofu. Il détermine également la qualité du tofu et donc l'acceptation par les consommateurs **(Shen et Kuo, 2017 ; Guo et al., 2018)**.

Les innovations récentes se sont concentrées sur l'amélioration de l'attrait sensoriel du tofu pour mieux se rapprocher de celui du fromage traditionnel. L'incorporation d'herbes telles que l'ail, le basilic ou les herbes de Provence, améliore non seulement le profil sensoriel du tofu, mais également sa texture, sa rétention d'humidité et ses propriétés antioxydantes **(Džugan et al., 2024)**.

Dans le présent travail, nous avons élaboré un tofu à base de lait de soja, coagulé à l'aide de deux types de coagulants (le vinaigre et le chlorure de magnésium), et enrichi avec différentes associations d'aromates (ail, persil, thym) ainsi qu'une sauce, dite « sauce pesto ». Par la suite, nous avons procédé à l'analyse de certains paramètres physico-chimiques (pH, acidité et extrait sec) et microbiologiques (recherche des staphylocoques, entérobactéries, flore mésophile totale, levures et moisissures), suivie d'une analyse sensorielle visant à évaluer les propriétés organoleptiques du produit fini.

Ce mémoire comporte trois chapitres : le premier est une synthèse bibliographique portant sur le fromage et le tofu ; le second est consacré à la présentation du matériel et des méthodes utilisés ; et un dernier chapitre qui présente, interprète et discute les différents résultats obtenus.

Synthèse bibliographique

1-Généralités sur le fromage

1.1. Historique

Le fromage est un ancien produit laitier traditionnel frais ou fermenté avec une longue histoire de production. Il est apparu dans le « Croissant fertile », entre le Tigre et l'Euphrate, en Irak, il y a environ 8 000 ans, lors de la « Révolution agricole », lorsque certaines plantes et certains animaux ont été domestiqués. Parmi les premiers animaux domestiqués figuraient les chèvres et les moutons ; petits, grégaires et faciles à garder, ils fournissaient de la viande, du lait, des peaux et de la laine. La valeur nutritive du lait produit par les animaux domestiques a rapidement été reconnue, et le lait et les produits laitiers sont devenus des éléments importants de l'alimentation humaine (Fox, 2017).

Les adultes néolithiques, intolérants au lactose (Itan et al., 2009), ont découvert que le lait se conservait en fromage grâce à la présure, rendant l'aliment digeste. L'histoire de ce processus a commencé en Asie du Sud-Ouest, où des bovins, des moutons et des chèvres ont été domestiqués, fournissant de nombreux produits utiles. Mais tous avaient un surplus de lait pendant la saison de reproduction, que les anciens voulaient utiliser toute l'année. La poterie a permis de stocker et cuire le lait. Les pots percés servaient à égoutter le caillé formé par chaleur ou présure. La révolution agricole et pastorale fut marquée par le stockage alimentaire, auquel le fromage répondait (Kindstedt, 2012).

1.2. Définition

Selon la norme du Codex Alimentaire, le fromage est le produit frais ou affiné, de consistance solide ou semi-solide, dans lequel le rapport protéines de sérum/caséine ne dépasse pas celui du lait, et obtenu :

- a) par coagulation complète ou partielle des matières premières suivantes : du lait, du lait écrémé, du lait partiellement écrémé, de la crème, de la crème de lactosérum, ou du babeurre, seuls ou en combinaison, grâce à l'action de la présure ou d'un autre agents coagulant approprié, et par l'égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation. Et/ou :
- b) par l'emploi de techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait et/ou de matières provenant du lait de façon à obtenir un produit fini possède des caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques similaires à celles du produit défini au paragraphe a) En ce qui

concerne les éléments essentiels de composition et de qualité, la norme spécifie également les autres ingrédients autorisés :

- Levain de bactéries inoffensives produisant de l'acide lactique et cultures d'autres microorganismes inoffensifs,
- Présure ou autres agents coagulants appropriés,
- Chlorure de sodium,
- Chlorure de calcium. (Gillis, 2006).

1.3. Composition du fromage

Le fromage est un aliment particulièrement riche en raison de sa composition variée en macronutriments et micronutriments. Il constitue une source essentielle de protéines, d'eau, de peptides bioactifs et d'acides aminés, tout en apportant une quantité significative de lipides et d'acides gras. De plus, il renferme divers micronutriments, notamment des vitamines et des minéraux (Walther et al., 2008). La composition moyenne de différents fromages est représentée sur le tableau 1.

1.3.1. Protéines

En fonction de leur procédé de fabrication, les fromages renferment entre 10 et 30% de protéines. Il s'agit des aliments les plus riches en protéines, provenant de la caséine modifiée dont, au cours de l'affinage, une partie importante (entre 20 et 30% selon les fromages) se trouve dégradée et solubilisée en oligopeptides et acides aminés sous l'influence d'une série d'enzymes, différentes selon la microflore, ce qui confère au produit final sa texture et sa saveur (Dillon et Berthier, 2006).

1.3.2. Lipides

Les lipides conditionnent l'onctuosité de la pâte du fromage. Au cours de la maturation du fromage, sous l'influence de lipases microbiennes, une lipolyse limitée avec formation d'acides gras libres qui va de 0,25% de la matière grasse dans le camembert frais à 6,4% dans le camembert très affiné (Renner, 1974).

1.3.3. Calcium

Les fromages constituent d'excellentes sources de minéraux importants comme le calcium, le phosphore et le magnésium. Cependant, leur concentration en calcium peut varier en fonction de leur teneur en eau et du procédé de fabrication. L'organisme humain assimile efficacement le calcium présent dans les fromages grâce au rapport équilibré entre le calcium et le phosphore qu'ils apportent, ainsi qu'à la présence simultanée de protéines, qui facilitent son absorption au niveau intestinale (**Dillon et Berthier, 2006**). Le calcium du fromage est hautement biodisponible, ce qui le rend bénéfique pour la santé osseuse, notamment pour la prévention de l'ostéoporose (**Unal et al., 2005**). Il existe aussi un lien entre la consommation de fromage et une réduction des caries dentaires, attribuée à la teneur élevée en calcium, phosphate et caséine du fromage (**Fox et al., 2017**).

1.3.4. Vitamines

Le fromage conserve la plupart des vitamines liposolubles du lait, dont environ 80 à 85 % de vitamine A. Il constitue aussi une bonne source de riboflavine et de vitamine B12 et, grâce à sa teneur élevée en matières grasses, il peut être enrichi en vitamine D (**Fox et al., 2017**).

1.4. Les types des fromages

Il n'existe pas de classification universelle pour identifier les fromages. Chaque pays producteur applique son propre système, utilisant des termes comme mi-dur, mi-cuit, pressé non cuit, ou encore à croûte lavée ou à croûte orange (**Harbutt, 2010**).

Les fromages sont triés en fonction de différentes caractéristiques, notamment : le type de caillé (lactique ou présure), le mode d'égouttage et le type d'affinage (**Vignola, 2002**).

Tableau 1: Composition moyenne de différents fromages pour 100 g de fromage frais (Eck et Gillis, 2006).

	Fromage Frais Ex : petit suisse	Fromage à pâte molle à croûte fleurie Ex : camembert	Fromage à pâte molle à croûte lavée Ex : munster	Fromage à pâte pressée non cuite Ex : st-Paulin	Fromage à pâte pressée cuite Ex : gruyère de comté	Fromage fondu Ex : crème de gruyère	Fromage de chèvre Ex : crottin de chavignol	Fromage à pâte persillée Ex : roquefort
Eau (g)	79	50	50	40	35	48	50	40
Energie (kcal)	118	310	310	355	375	280	320	378
Glucides (g)	4	4	4	3	2,5	2,5	1,5	1,8
Lipides (g)	7,5	24	24	24	28	22	20	32
Protéines (g)	8,5	20	20	28	29	18	20	21
Calcium (mg)	100	400	450	700	1050	680	160	620
Phosphore (mg)	140	250	320	360	620	900	340	420
Magnésium (mg)	10	20	23	35	50	25	23	25
Potassium (mg)	130	150	125	100	140	95	300	120
Sodium (mg)	40	700	970	10	200	1650	1000	1600
Zinc (mg)	0,5	5	6	10	10	9	1	6
Vitamine A (U.I)	170	1010			1140			12000,01
Thiamine (mg)	0,03	0,04			0,01			0,05
Riboflavine (mg)	0,15	0,75			0,40			0,60
Niacine (mg)	0,15	0,80			0,10	0		1,20
Vitamine PP (mg)	0,2	1,25			0,30			1,80
Ac. ascorbique (mg)	0	0			0	0		0

1.4.1. Fromage à pâte fraîche

Les fromages frais sont facilement reconnaissables à leur blancheur, à la texture molle, granuleuse ou lisse, crémeuse et veloutée (**Majdi, 2009**).

Leur gout est généralement décrit comme lactique ou laiteux, doux, citronné, rafraîchissant, acide ou proche de celui des agrumes et leur absence en croûte (**Harbutt, 2010**).

Le fromage frais est fabriqué à base de lait chauffé, dans lequel on ajoute un ferment bactérien et de la présure, provoquant ainsi la coagulation, puis un processus d'égouttage et peu prononcé qui conduit à l'obtention d'une pâte humide et sans cohésion. Il présente un taux d'humidité très élevé, compris entre 60 et 80 %, ainsi qu'une teneur en matière grasse réduite, variant de 0,5 à 30 % (**Gripon et al., 1975**).



Figure 01 : Fromage frais (Locavor, sd)

<https://locavor.fr/data/produits/5/107105/107105-fromage-de-vache-frais-1.jpg>

1.4.2. Fromage à pâte pressée

Les fromages à pâte pressée constituent une catégorie regroupant une grande diversité de fromages, se distinguant par leur composition, leur format et leur aspect extérieur, à croûte sèche ou avec présence de flores microbiennes (**Ramet, 2010**).

Les fromages à pâte pressée sont obtenus en pressant le caillé après soutirage, avant de les soumettre à l'affinage (**Martinez, 2009**).

Dans cette catégorie, on peut distinguer deux sous famille :

- a) **Fromage à pâte pressée non cuite** : ne subissent pas de chauffage ou cuisson lors du brassage en cuve. Leur matière sèche est comprise pour la plupart entre 44% et 55%; seul le cheddar est plus sec (63%). Une majorité de fromages (morbier, raclette, gouda, edam, cantal, cheddar) est à croûte sèche.
- b) **Fromage à pâte pressée cuite** : subissent un égouttage en cuve plus poussé par cuisson à 52-55°C pendant 30 à 60 minutes qui permet d'amener l'extrait sec final entre 60 et 63% (Ramet, 2010).



Figure 2 : Fromage à pâte pressée (Rustica, sd).
<https://www.rustica.fr/images/fromage-030103g.jpg>

1.4.3 Fromage à pâte molle

La norme du Codex Alimentarius (CODEX STAN A-6-1978), (REV. 1-1999), (REV. 2001), définit le fromage à pâte molle : un fromage ayant une teneur en humidité supérieure à 67% après dégraissage, Ce sont des fromages affinés dont la pâte n'est ni cuite ni pressée et est fabriquée à partir de lait de chèvre, de vache ou de brebis pasteurisé ou cru. Ces fromages ont une texture. La pâte est généralement crémeuse et lisse, avec une légère élasticité. Selon le processus d'affinage, deux types de croûtes se développent sur le fromage. Les pâtes molles permettent de diviser en pâtes molles à croûte fleurie et à croûte lavée (Adda et al, 2024).

Le fromage à pâte molle est un fromage fabriqué à partir de lait à forte teneur en crème, ce qui influence sa couleur. Sa texture est douce, comme le fromage Brie, le Camembert et le Neufchâtel, qui ont une fine croûte extérieure (Harbutt, 2010).

Les pâtes molles contiennent entre 50% et 60% d'humidité. On peut distinguer deux catégories: les pâtes molles à croûte fleurie et les pâtes molles à croûte lavée (**Majdi, 2009**).

1.4.3.1. Fromage de pâte molle à croûte fleurie :

La texture coulante et crémeuse des fromages de pâte molle à croûte fleurie est due à sa méthode de fabrication et à l'égouttage du caillé qui est déposé (à la louche), sans être brisé ou rompu, dans des moules: il s'égoutte naturellement sans pression; on parle d'égouttage spontané. Après quelques heures, la masse est salée à l'aide de sel, ou encore plongé dans une saumure (**Eck et Gillis, 1998**).

Le fromage à pâte molle est un fromage fabriqué à partir de lait à forte teneur en crème et à forte onctuosité. Sa texture est douce, comme le camembert de Normandie et la brie de Meaux, qui ont une fine croûte extérieure (**Harbutt, 2010**).

1.4.3.2. Fromage de pâte molle à croûte lavée

Ces fromages sont soumis à divers lavages afin de développer différentes croûtes. Lorsqu'ils sont immergés dans une saumure pendant plusieurs heures ou jours avant d'être séchés, ils forment une croûte pâle à peine visible, ou fine et rosée, avec une texture proche du cuir. S'ils sont simplement arrosés ou vaporisés, leur croûte devient fine, collante et d'un orange pâle, similaire à celle du Stinking Bishop. Des lavages fréquents la rendent plus poisseuse et intensifient sa couleur. On parle alors d'un affinage « à la morge » (**Harbutt, 2010**).



Figure 3 : Le fromage à pâte molle (Swissmilk.ch, 2019).

https://res.cloudinary.com/swissmilk/image/fetch/ar_16:10,g_auto,w_2592,c_fill,f_auto,q_auto,fl_progressive/https://api.swissmilk.ch/wp-content/uploads/2019/05/weichkaese-header_neu-scaled.jpg

1.4.4. Les fromages à pâte persillée

La catégorie des fromages à pâte persillée regroupe plusieurs fromages caractérisés par un développement interne de la moisissure bleue *Penicillium roqueforti* (Ramet, 2010).

Bien que leur variété soit relativement limitée, ils sont principalement fabriqués à partir de lait de vache, de brebis ou de bufflesse, et plus rarement de chèvre.

On distingue deux grandes catégories de fromages bleus : (Ramet, 2010)

- Les bleus dits "forts" (comme le bleu d'Auvergne, le bleu de Laqueuille et le roquefort), qui présentent un équilibre mixte avec une dominance lactique.
- Les bleus dits "doux" (tels que le bleu de Gex, le bleu de Bresse, les fourmes et le gorgonzola), qui sont majoritairement influencés par une activité enzymatique.



Figure 4 : Fromage à pâte persillée (La boîte du fromager, 2017).

<https://www.laboitedufromager.com/wp-content/uploads/Fromage-a-pate-persillee.jpg>

1.4.5 Fromage Fondu

Le fromage fondu, est un produit obtenu en mélangeant des fromages de différentes origines et à divers stades d'affinage, auxquels sont ajoutés des sels de fonte. Ce mélange est ensuite broyé et chauffé sous vide partiel, tout en étant agité en continu, jusqu'à l'obtention d'une masse homogène. Il est ensuite conditionné dans un emballage protecteur. D'autres ingrédients d'origine laitière, comme le beurre ou la poudre de lait, ainsi que des agents aromatiques, peuvent également être incorporés. (André et Gillis, 1997). Il existe trois classes de produits :

- Soit les fromages fondus (les boudins).
- Les fromages fondus à tartiner (les tartina blés).
- Et les préparations de fromages fondus (les tranches) (**El Shabassy, 2017**).

En réalité, il s'agit plus d'une dissolution suivie d'une dispersion de protéines dans l'eau que d'une fonte qui, correspond au sens physico-chimique du terme, à la désintégration d'une structure solide cristalline par l'apport d'énergie thermique ou l'exercice d'une pression, il n'y a pas d'ajout de ferments lactiques (**Boutonnier, 2012**).



Figure 5 : Le fromages fondu (Produits Laitiers, 2019).

https://www.produits-laitiers.com/app/uploads/2019/04/18489_Fromage-fondu-1085x695.jpg

1.4.6. Fromages à pâte dure

Ce sont des fromages essentiellement d'origine italienne (Parmesan, asiago, grana) et suisse (sbrinz) est très proche de celle des fromages à pâte pressée cuite, leur teneur est très élevée en matière sèche (64 à 72%), en fait de véritables fromages de garde dont la conservation peut atteindre deux à trois mois (**Ramet, 2010**).

Les fromages à pâte dure ou extra-dure nécessitent une maturation relativement longue. Ils ont la même teneur en matière grasse que le lait cru avec lequel ils sont fabriqués. Leur saveur peut être douce à très corsée en fonction de leur degré de maturité et de leur teneur en sel. La plupart des fromages durs sont fabriqués à partir de lait de vache, par l'emploi de lait cru ou pasteurisé (**El- Shabassy, 2017**).



Figure 6 : Les fromages à pâte dure (J'aime le fromage, s.d).

https://jaime-le-fromage.ch/fileadmin/_processed_/0/f/csm_kaesesorten-hartkaese-header_7d57e8e695.jpg

2. Les graines de soja

Le soja (*Glycine max* (L.) Merrill), originaire de Chine, est l'une des plus anciennes cultures d'Extrême-Orient. Depuis des siècles, les Chinois et d'autres peuples d'Asie orientale, notamment les Japonais, les Coréens et les Sud-Est Asiatiques, l'utilisent sous diverses formes comme l'une des principales sources de protéines et d'huile (Sorosiak, 2000).

Le soja est une légumineuse largement consommée, essentielle dans les régimes occidentaux et particulièrement importante dans l'alimentation végétalienne et végétarienne (Jáudenes-Marrero et al., 2024).

Classée parmi les graines oléagineuses et protéagineuses, son nom vient de sa teneur élevée en matières grasses et en protéines. Il produit des fruits velus en forme de gousses contenant des graines jaunes, parfois tachées de vert, rondes, lisses au toucher et légèrement huileuses. Ce sont ces graines de soja qui servent à fabriquer du jus de soja, appelé "lait de soja", ainsi qu'une large gamme de produits dérivés. Le type utilisé est le soja jaune, appelé *Glycine max* (Roussel, 2005).

En raison de son rendement élevé en protéines par unité de surface, ce petit haricot ancien est surnommé « joyau jaune », « grand trésor », « protéine miracle de la nature » et « viande des champs ». Aujourd'hui, il est considéré comme une solution potentielle contre la faim dans le

monde et un aliment d'avenir. Il a également été mis en avant pour ses bienfaits dans la prévention des maladies chroniques (Liu, 1997).

Depuis son introduction à grande échelle dans le monde occidental au début du XXe siècle, la culture et l'utilisation du soja ont connu une transformation profonde. Initialement ancré dans les aliments traditionnels à base de soja en Orient, le soja est devenu une industrie diversifiée et innovante en Occident. Ses applications se sont étendues de l'alimentation animale aux ingrédients protéiques alimentaires à forte valeur ajoutée, des peintures industrielles aux huiles comestibles largement accessibles, et d'une culture agricole conventionnelle à une culture stratégiquement modifiée, offrant une large adaptabilité et une résistance aux herbicides et aux ravageurs. Malgré ces avancées remarquables, le soja continue de faire face à une forte réticence des consommateurs en Occident en raison de son goût distinctif et de sa saveur peu familière (Baraibar et Deutsch, 2023).

Ainsi, seule une petite partie de la production annuelle est transformée en aliments traditionnels, tandis que l'essentiel est destiné à l'extraction d'huile et à la fabrication de tourteaux. Si l'huile est principalement utilisée pour la consommation humaine, la majorité du tourteau riche en protéines est destinée à l'alimentation animale, et seule une fraction étant transformée en produits alimentaires (Liu, 1997).

Il en existe plusieurs variétés qui diffèrent en termes de maturité, de rendement et de teneur en protéines. Ce dernier critère est essentiel, car il détermine l'utilisation de la variété dans l'alimentation humaine ou animale (Roussel, 2005).

2.1. Les différentes variétés de fèves de soja

2.1.1. Soja jaune (aussi appelée *Glycine Max.L*)

Un géant parmi les cultures, le soja jaune prospère dans les régions chaudes, des tropiques aux zones tempérées (Jáudenes-Marrero et al., 2024). C'est la variété la plus répandue et la plus classique. Il est principalement utilisé dans la préparation d'aliments à base de soja, tels que le jus de soja appelé lait de soja (Roussel, 2005).

2.1.2. Soja rouge (*Vigna angularis*)

Cette variété, connue sous le nom de soja rouge, se distingue par ses gousses qui produisent de petites graines rouge foncé. Elle est surtout utilisée dans la cuisine indienne, où elle apporte une saveur unique à de nombreux plats (**Roussel, 2005**).

2.1.3. Soja noir ou soja de Taïwan

Également appelé soja de Taïwan, le soja noir est consommé uniquement après cuisson, tout comme le soja jaune. Sa texture et son goût en font un ingrédient prisé dans diverses recettes (**Roussel, 2005**).

2.1.4. Soja vert

Les fèves de soja vert sont en réalité des fèves de soja jaune récoltées avant leur pleine maturité. Très appréciées au Japon, elles sont souvent utilisées dans des plats traditionnels et sont reconnues pour leur saveur délicate (**Roussel, 2005**).

3. Le Tofu

3.1. Histoire et origine du Tofu

Le tofu, est un fromage de soja largement consommé en Asie, suscitant un intérêt croissant ces dernières années grâce à son goût doux et ses bienfaits nutritionnels, notamment sa faible teneur en graisses saturées et en cholestérol. Il est fabriqué en Chine depuis la dynastie Han occidentale (202 av. J.-C. – 8 apr. J.-C.) et s'est progressivement répandu dans le monde (**Ono, 2003**).

Les produits à base de soja, initialement consommés en Asie, sont devenus des incontournables de l'alimentation végétalienne. Leur popularité croissante est liée à leur valeur nutritionnelle et aux bienfaits pour la santé qui leur sont attribués (**Wang et al., 2020**). Le tofu, en particulier, est considéré comme une excellente source de protéines végétales, grâce à sa richesse en lipides bénéfiques et en composés bioactifs tels que les isoflavones, les saponines et les phytostérols. Il contient également des acides gras essentiels, comme l'acide linoléique et l'acide linolénique (**Gu et al., 2018**).

3.2. Définition du Tofu

Le tofu est un caillé tendre, de couleur pâle et blanche, fade, sans saveur, à la texture proche du fromage (Thomas, 2024). Il est élaboré à partir de graines de soja (également appelées fèves de soja) et constitue une source importante de protéines dans les cuisines de Chine, du Japon, de Corée et de l'Asie du Sud-Est (Encyclopædia Britannica, 2025).

Le lait de soja est cuit puis caillé sous l'effet des différents agents coagulants au choix (Oger, 2020). Des coagulants salins, tels que les chlorures et sulfates de calcium et de magnésium, sont ajoutés au lait de soja afin de séparer le caillé du lactosérum. Dans certains cas, des coagulants acides, comme l'acide citrique ou le glucono-delta-lactone, peuvent être utilisés. Le lait de soja est ensuite versé dans des moules pour permettre l'évacuation du lactosérum riche en glucides. Les blocs obtenus, encore tendres, sont découpés en carrés et conservés dans l'eau jusqu'à leur vente, soit en vrac, soit dans des barquettes remplies d'eau (Encyclopædia Britannica, 2025).



Figure 7 : Tofu frais (Getty Images, 2017).

<https://www.gettyimages.in/photos/tofu>

3.3. Les agents coagulants du Tofu

Les principaux agents coagulants utilisés pour cailler le lait de soja sont le chlorure de magnésium (nigari), le sulfate de calcium et la glucono-delta-lactone (GDL). Les coagulants jouent un rôle important dans la promotion de la coagulation lors de la production de tofu, influençant directement sa texture, sa qualité et ses caractéristiques physico-chimiques (Geng et al., 2024).

3.3.1. Coagulants salins

- **Chlorure de magnésium**

Le coagulant le plus ancien et le plus utilisé en France et au Japon, ajoute une saveur un peu amère au tofu et produit un gel ferme avec une faible élasticité, donnant après pressage un tofu assez rigide à la texture rugueuse et légèrement spongieuse (**Oger, 2020**).

Son rôle principal repose sur l'interaction des cations divalents Mg^{2+} avec les protéines de soja, selon le principe des ponts ioniques « ion bridge theory », favorisant ainsi leur coagulation (**Liu et al., 2000**). Ce processus implique une liaison avec les groupes carboxyles des protéines, ce qui influence directement la formation et la texture du tofu (**Arii et Takenaka, 2014**).

- **Sulfate du calcium (Gypsum)**

Le plus courant aux États-Unis et en Chine, donne un tofu plus doux au goût et produit un gel plus élastique et moins ferme. Au pressage, on obtient un tofu plus dense, plus souple, plus lisse et plus blanc (**Oger, C., 2020**).

Une étude a révélé que la coagulation induite par le sulfate de calcium génère une structure plus uniforme et une surface plus lisse par rapport au chlorure de magnésium ($MgCl_2$). De plus, il a été identifié comme l'un des coagulants les plus efficaces en raison de son rendement élevé, de sa capacité à retenir les isoflavones et de la qualité supérieure du tofu obtenu (**Prabhakaran et al., 2006**).

3.3.2. Coagulants acides

- **Glucono-delta-lactone (GDL)**

Les coagulants acides utilisent principalement les ions hydrogène pour favoriser la coagulation des protéines. Le coagulant acide le plus couramment utilisé est le glucono- δ -lactone, qui peut se dissocier en acide gluconique en solution aqueuse pour induire la formation du caillé de tofu (**Geng et al., 2024**).

Il est particulièrement employé pour la confection de tofu soyeux au Japon et de fleur de tofu en Asie du Sud-Est et en Chine, donnant une consistance extra-fine proche de la gelée. On obtient une texture de flan souple et élastique, mais cassante (**Oger, 2020**).

3.3.3. Coagulants enzymatiques

En plus des coagulants salins et acides, les coagulants enzymatiques présentent un grand potentiel pour la production de tofu, car ils sont largement présents dans les tissus animaux, végétaux et les micro-organismes. Des études ont montré que l'alcalase, la papaïne et la bromélaïne possèdent de fortes propriétés coagulantes (**Luan et Li, 2006**). Cependant, par rapport aux coagulants inorganiques traditionnels au sel ou à l'acide, les résultats de ces coagulants sont médiocres, car ils produisent un caillé au goût amer, ce qui limite leur application (**Geng et al., 2024**).

Par ailleurs, des enzymes microbiennes, telle que l'enzyme produite par *Bacillus pumilus* TYO-67, permet une coagulation homogène et lisse du lait de soja. Des recherches ont également révélé que les coagulases microbiennes alcalines et neutres sont plus efficaces que les enzymes acides ou végétales (**Yasuda et al., 1999**).

3.3.4. Coagulants alternatifs

Divers jus d'agrumes (en particulier le jus de citron) fonctionnent bien comme coagulants naturels ; ils peuvent être les mieux adaptés aux pays tropicaux car ils sont peu coûteux et disponibles localement, mais comparés au nigari (chlorure de magnésium) et au sulfate de calcium, le rendement en tofu est faible, la texture légèrement friable et la saveur un peu acidulée. Le jus de citron s'est avéré être un coagulant naturel efficace pour le tofu (**Shurtleff et Aoyagi, 2004**).

Le vinaigre (solution à 4 % d'acide acétique) fonctionne aussi bien que le jus de citron pour coaguler le tofu ; nous utilisons 5 cuillères à soupe (74 ml) de vinaigre de cidre de pomme pour environ 500g de soja sec, soit 16,4 % en poids de soja sec (**Shurtleff et Aoyagi, 2001**).

3.4. La valeur nutritionnelle du tofu

Le tofu, fabriqué à partir de soja, est un aliment nutritif reconnu pour sa richesse en protéines de haute qualité, en vitamines (A, C, D, E, K, B) et en minéraux essentiels comme le calcium, le fer, le magnésium et le zinc. Il contient également des acides gras oméga-3 bénéfiques pour la santé. Un bloc de tofu ferme de 122 g apporte environ 177 calories, 15,57 g de protéines, et couvre une part significative des besoins journaliers en calcium, fer et folate. Grâce à sa teneur élevée en nutriments, une portion de tofu peut satisfaire plus de 18 % des besoins quotidiens en protéines et

jusqu'à 33 % des apports en fer, ce qui en fait un excellent aliment pour une alimentation saine et équilibrée (Pal et al., 2019).

Ainsi, en raison de sa richesse nutritionnelle, le tofu s'impose comme un super aliment et constitue une alternative nutritionnellement intéressante au poisson (Pal et al., 2019).

Tableau 2 : Valeur nutritionnelle pour 150g du tofu (Santé canada, 2008)

	Valeur nutritionnelle pour 150g du tofu
Calories	189
Matières grasses (lipides)	11 g
Glucides	3 g
Sucres	1 g
Fibres	0 g
Protéines	21 g
Vitamines et minéraux	B9 (Folate), Calcium, Sélénium, Phosphore, Manganèse, Magnésium, Cuivre, Zinc, Fer, Antioxydants

3.5. Avantages pour la santé

Le tofu est populairement consommé pour ses bienfaits pour la santé et la nutrition. Il a été de plus en plus utilisé dans de nombreux plats culinaires, remplaçant les produits laitiers et la viande en raison de son coût relativement faible et de sa biodisponibilité élevée en protéines (Dey et al., 2017).

Les propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires des peptides de soja présents dans les aliments à base de soja comme le tofu peuvent aider à protéger les vaisseaux sanguins contre les dommages oxydatifs et inflammatoires (Pal et al., 2019).

3.5.1. Effet antioxydant

Les aliments à base de soja comme le tofu contiennent des composants bioactifs tels que des polyphénols, des acides phénoliques, des saponines, des stérols et des flavonoïdes, qui protègent contre les dommages oxydatifs. Parmi ceux-ci, les flavonoïdes et les composés phénoliques jouent un rôle clé dans l'activité antioxydante (**Rahman et al, 2024**).

3.5.2. Effet anticancéreux

Les isoflavones de soja sont reconnues pour leur potentiel à réduire le risque de cancer, grâce à leur activité antioxydante et leur structure similaire aux œstrogènes. La génistéine, en particulier, possède une affinité de liaison avec les récepteurs de l'estradiol (ER- α et ER- β), estimée à 4 % pour ER- α et 87 % pour ER- β . Cette interaction lui permet de se fixer à ces récepteurs et de jouer un rôle clé dans la prévention des cancers hormonodépendants. Certains peptides bioactifs du soja peuvent également empêcher la croissance des cellules tumorales, telles que la lunasine et les saponines, repoussant la formation de la membrane cellulaire et favorisant l'apoptose cellulaire (**Khosravi et Razavi, 2021**).

La consommation du tofu pourrait réduire le risque du cancer de la prostate chez les hommes, ainsi que du cancer de l'endomètre chez les femmes ménopausées, et pourrait réduire le risque de cancer du poumon (**Pal et al., 2019**).

3.5.3. Effet anti-inflammatoire

Les isoflavones du soja agissent comme des agents anti-inflammatoires en inhibant la production d'oxyde nitrique (NO), ce qui réduit les cytokines pro-inflammatoires comme l'IL-1 β et le TNF- α . Ils suppriment également l'expression de la COX-2 et inhibent la voie NF- κ B, qui régule l'expression des gènes inflammatoires et les réponses immunitaires (**Yusof et al., 2019**).

3.5.4. Effets anti-obésité et antidiabétique

Les isoflavones daidzéine et génistéine, présentes en forte concentration dans les aliments fermentés à base de soja, sont reconnues pour leur bioactivité, jouant un rôle dans la régulation de la production des lipides et la thermogenèse *in vivo*. En agissant sur des processus tels que la lipogenèse (synthèse des acides gras et des triglycérides), l'hyperlipidémie (excès de lipides dans le sang), l'hyperglycémie (taux élevé de glucose sanguin) et l'amélioration de la sensibilité à

l'insuline, les aglycones et leurs métabolites exercent des effets anti-obésité (Gaman et al., 2011).

3.5.5. Effet préventif contre les maladies cardiovasculaires

Certaines preuves indiquent le rapport entre une consommation élevée de soja et l'effet préventif contre les maladies cardiovasculaires (MCV), telles qu'un risque plus faible de cardiopathie ischémique (IHD) ou d'accident vasculaire cérébral, due aux protéines de soja et les isoflavones ; en plus de leurs effets bénéfiques tels que le profil lipidique, la réduction du taux de mauvais cholestérol (LDL), la rigidité artérielle, la pression artérielle et les fonctions endothéliales (Nagata et al., 2017 ; Pal et al., 2019).

3.5.6. Autres effets bénéfiques pour la santé

Le tofu offre une multitude de bienfaits pour la santé. Il contribue au renforcement des muscles et des os, et aide à prévenir l'ostéoporose. Il joue également un rôle dans la prévention des migraines, permet d'atténuer les symptômes de la ménopause, ralentit le processus de vieillissement, les maladies rénales, l'anémie, ainsi que les lésions hépatiques. De plus, il améliore les fonctions cérébrales et limite la perte de cheveux (Pal et al., 2019).

4. Les herbes aromatiques

4.1. Définition

Les plantes aromatiques sont un ensemble des plantes utilisées en cuisine et en phytothérapie pour les arômes qu'elles dégagent, et leurs huiles essentielles que l'on peut extraire. Ces plantes aromatiques sont cultivées selon les besoins pour leurs feuilles, tiges, bulbes, racines, graines, fleurs, écorce, etc (Amiour, 2018). Elles sont principalement utilisées pour rehausser la saveur, l'arôme ou l'assaisonnement des aliments. (Guldiken et al., 2018).

4.2. Description des plantes aromatiques utilisées

4.2.1. L'ail (*Allium sativum* L, *Amaryllidaceae*)

L'ail est une plante herbacée aromatique, produisant des fleurs blanches ou légèrement rosées. Le bulbe, ou "tête d'ail", se compose de plusieurs caïeux (gousses) enveloppés dans des couches externes, dont la couleur varie entre le blanc, le rose et le violet, permettant de différencier les variétés d'ail blanc, rose et rouge. Parmi les 325 espèces d'ail recensées, l'ail blanc est la plus

répandue. Sa saveur piquante et distinctive lui confère une place de choix dans le domaine des condiments, d'où son surnom de « Prince des condiments » (Bargis et al., 2015).

4.2.2. Le thym (*Thymus vulgaris* L, *Lamiaceae*)

Le nom « thym » pourrait provenir à la fois du latin et du grec, *Thymus* : « parfumer » (latin) ; *Thumus* : « courage » (grec). C'est une herbe culinaire qui se trouve dans les régions méditerranéennes eurasiennes et du nord-ouest de l'Afrique. *Thymus Vulgaris* est un sous arbrisseau, vivace, touffu et très aromatique de 7-30 cm de hauteur, d'un aspect grisâtre ou vert grisâtre. Ses tiges ligneuses à la base, sont regroupées en touffe. Ses feuilles sont très petites, ovales, à bord roulés en dessous Ses fleurs sont presque roses ou presque blanches (Zeghad, 2009).

4.2.2. Le persil (*Petroselinum crispum* Mill. *Apiaceae*)

Le persil est une plante herbacée aux petites fleurs vert jaunâtre. On utilise les feuilles pour son arôme caractéristique. Il en existe deux variétés principales : le persil à feuilles plates (le plus aromatique et le plus utilisé) et le persil à feuilles frisées (moins aromatique, servant surtout pour la décoration des plats) (Bargis et al., 2015).

4.2.3. La sauce pesto

Le pesto, un produit à base de plantes, est une sauce typiquement italienne originaire de Ligurie, une région du nord de l'Italie (Zunin et al, 2009). Le pesto est l'une des sauces les plus utilisées après la sauce tomate. Il contient du basilic, du fromage, de l'huile d'olive extra vierge, des pignons de pin et/ou des noix, ainsi que de l'ail (Mitić-Ćulafić et al, 2014).

Les feuilles de basilic fraîches et séchées sont largement utilisées pour améliorer la saveur et l'arôme d'aliments tels que les pâtes, les salades, les plats de légumes et de viande, les pizzas, les fruits de mer et les confiseries (Altay et al, 2019).



Figure 8 : Sauce pesto (Assets. afcdn, 2020).

https://assets.afcdn.com/recipe/20200218/107789_w1024h768c1cx2591cy1683cxt0cyt0cxb5616cyb3744.webp

PARTIE EXPERIMENTALE

1. Présentation de l'entreprise NADJAH

L'entreprise SARL HALIB ENADJAH est une laiterie privée qui opère sous le statut juridique de la SARL. Elle est située dans la commune de Maghnia (cité Bilal, 13300). Sa déclaration d'existence était 26/09/2002 et elle a commencé ses activités en 16/10/2002. Elle est basée spécialement sur la production du lait, avec une capacité de 60 000 Litres/jour (2 équipes × 8 heures).

L'entreprise utilise le lait de vache local comme matière première à partir duquel elle produit :

- Le lait de vache pasteurisé,
- Le lait de vache UHT,
- Le lait fermenté ou Leben pasteurisé,
- La crème fraîche et beurre pasteurisé;
- Le yaourt.

2. Matériel et Méthodes

Ce travail a été réalisé, en partie, au sein du laboratoire d'analyses physico-chimiques de l'unité laitière NADJAH, Maghnia (Tlemcen), où ont été effectuées quelques manipulations, dont les analyses physico-chimiques, durant la période allant du 04 Avril 2025 au 04 mai 2025. En parallèle, la détermination de l'extrait sec total (EST) ainsi que les analyses microbiologiques ont été réalisées au sein du laboratoire de microbiologie de l'université de Tlemcen.

2.1. Matériel utilisé

- Balance de précision : pour peser les graines de soja et les autres ingrédients (coagulants),
- Grand récipient ou bol : pour le trempage des graines de soja dans l'eau fraîche,
- Grande marmite : pour la cuisson du mélange de soja et d'eau,
- Mixeur puissant : pour broyer les graines de soja dans l'eau et obtenir une pâte homogène et lisse,
- Une passoire à mailles fines,
- Sac à lait végétal ou étamine,
- Cuillère en bois : pour retirer délicatement la mousse formée à la surface lors de la cuisson.
- Source de chaleur : plaque de cuisson ou feu pour porter l'eau à ébullition et maintenir la cuisson.
- Moule à tofu.

2.2. Matières premières

Les graines de soja, les différentes herbes, l'ail, les noix, ainsi que l'huile d'olive, et ont été achetés au marché de Maghnia.

2.3. Étapes globales de la préparation du Tofu

2.3.1. Préparation du lait de soja

A) Nettoyage et trempage :

100 g de graines de soja ont été soigneusement nettoyées, puis trempées dans un excès d'eau fraîche (recouvrant les graines de plusieurs centimètres), à température ambiante (environ 25 °C), pendant 12 heures.



Figure 9 : Trempage des graines de soja (Photo prise par l'auteur).

B) Décorticage et broyage

Après trempage, les graines de soja hydratées ont été lavées de nouveau afin de retirer la couche externe (tégument), puis broyées avec environ 2 L d'eau fraîche à l'aide d'un mixeur, jusqu'à obtention d'une texture homogène et lisse.



Figure 10: Broyage des graines de soja trempé dans l'eau (Photo prise par l'auteur).

C) Cuisson (Stérilisation)

Le mélange obtenu a été versé dans une grande marmite contenant 1 L d'eau préalablement chauffée à légère ébullition, afin d'accélérer la cuisson. Lorsque le mélange commence à mousser et gonfler, la mousse formée à la surface a été retirée délicatement à l'aide d'une écumoire ou d'une cuillère en bois.



Figure 11 : Cuisson du mélange (Photo prise par l'auteur).

D) Filtration :

La bouillie chaude a ensuite été filtrée à travers une étamine pour séparer le lait de soja du résidu insoluble, appelé Okara.



Figure 12 : Étape de la filtration (Photo prise par l'auteur).

2.3.2. Coagulation du lait de soja

A) Chauffage :

Le lait de soja a été chauffé indirectement à 95 °C pendant 5 minutes, puis refroidi à 80 °C.

B) Ajout du coagulant :

Deux types de coagulants ont été testés : 5 g de chlorure de magnésium (MgCl_2) ou 10 ml de vinaigre. Ceux-ci ont été ajoutés progressivement au lait de soja chaud, tout en agitant doucement pendant 5 minutes.

C) Repos :

Le mélange a ensuite été laissé au repos, sans agitation, pendant 15 minutes, afin de permettre la coagulation et la formation du caillé.



Figure 13: coagulation et formation du caillé (Photo prise par l’auteur).

2.3.3. Formation, moulage et pressage du tofu

A) Ajout des ingrédients aromatiques (selon l’échantillon)

Avant la filtration, certaines préparations ont été enrichies avec les ingrédients aromatiques selon les variantes étudiées. Les herbes et aromates (ail, thym, persil) nettoyées et finement hachées, ou la sauce pesto ont été incorporées délicatement au caillé après la coagulation et juste avant le moulage, afin d’assurer une répartition homogène dans la masse.

B) Filtration du caillé

Le lait coagulé ainsi préparé a été filtré à l’aide d’une étamine placée dans un moule à tofu, ce qui permet à la fois de séparer le petit-lait du caillé et de donner une forme au tofu (moulage).

C) Pressage :

Le caillé moulé a été pressé sous un poids de 400g pendant 45 minutes afin d’extraire l’excès de liquide et d’obtenir une texture ferme.

D) Refroidissement et conservation :

Le bloc de tofu ainsi obtenu a été refroidi dans de l’eau froide, puis conservé au réfrigérateur à 4 °C.

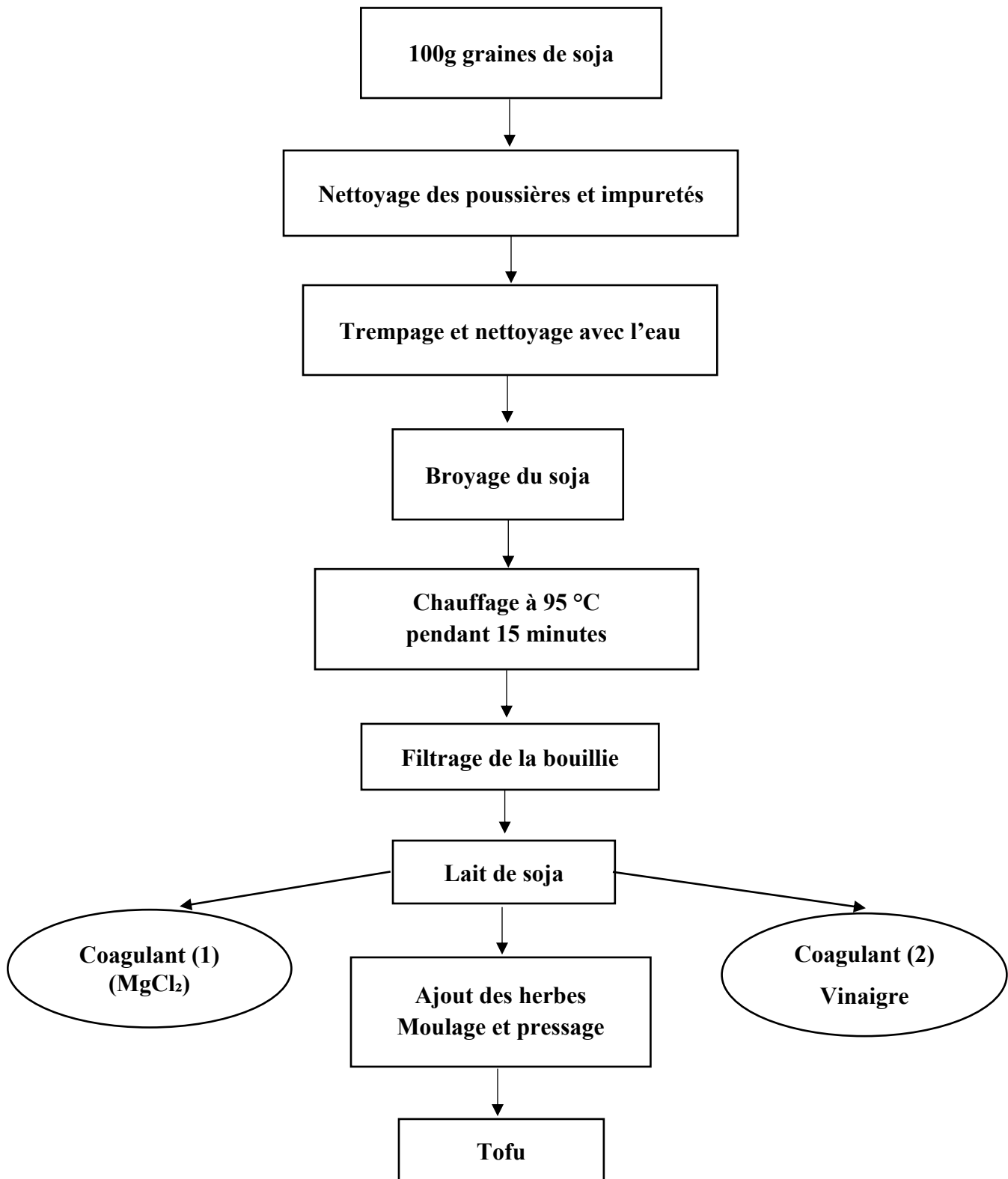


Figure 14 : Diagramme des étapes de fabrication du fromage de lait de soja aux herbes
(Diagramme établi par l’auteur).

2.4. Étapes de la préparation de la sauce pesto

La préparation de la sauce pesto repose principalement sur l'utilisation d'ingrédients frais. Pour cela, 50 g de feuilles de basilic frais lavées, séchées puis broyées avec 30 g de noix, environ 9 g d'ail et 2 g de sel, à l'aide d'un mixeur.

Une fois les ingrédients réduits en pâte, 40 g de fromage râpé (de type Gouda) sont incorporés, suivis de l'ajout progressif de 100 ml d'huile d'olive, jusqu'à l'obtention d'une texture homogène mais légèrement granuleuse, typique de la sauce pesto.

Par la suite, l'assaisonnement est modifié en fonction des préférences gustatives.

La sauce produite est mise dans un bocal en verre stérilisé, recouverte d'une fine couche d'huile d'olive pour en assurer la conservation, puis stockée au réfrigérateur à 4 °C.

3. Les analyses physico-chimiques

Le tofu ainsi préparé est soumis à des analyses pour s'assurer qu'il respecte les normes de qualité et de sécurité alimentaire. Parmi les tests physico-chimiques principaux réalisés, on trouve :

3.1. Détermination du pH

A. Principe

La mesure du pH du fromage repose sur les concentrations en ions hydrogène :

$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$, une étape cruciale dans le processus de fabrication du fromage, car elle influence la texture et le goût final du produit (Agroscope, 2006).

B. Matériel et produits utilisés

- pH mètre,
- Papier absorbant,
- Eau distillée.

C. Mode opératoire

Après étalonnage, l'électrode du pH-mètre est introduite directement dans le morceau de l'échantillon. Il faut attendre que la lecture se stabilise (généralement entre quelques secondes et une minute), et puis on va faire la lecture sur l'écran du pH mètre.

Après chaque mesure, l'électrode doit être rincée à l'eau distillée, puis séchée délicatement à l'aide d'un papier.



Figure 15: Mesure du pH par un pH mètre (Photo prise par l'auteur).

3.2. Détermination de l'Acidité

En raison de l'impossibilité d'effectuer la détermination de l'acidité au laboratoire de la laiterie NADJAH, et en l'absence, dans la littérature, de données concernant les valeurs du pH et d'acidité pour le lait de soja ; Nous avons utilisé le tableau de référence des valeurs de pH de lait de vache utilisé par la laiterie NADJAH pour une approximation des valeurs d'acidité (figure 16).

Acidity	pH	Acidity	pH
16°D	6,7	60°D	5
17°D	6,65	65°D	4,9
18°D	6,6	68°D	4,8
20°D	6,4	72°D	4,7
22°D	6,3	76°D	4,6
25°D	6,2	80°D	4,5
27°D	6	85°D	4,4
28°D	5,9	90°D	4,3
29°D	5,8	98°D	4,2
32°D	5,7	111°D	4,1
34°D	5,6	125°D	4
37°D	5,5	135°D	3,9
40°D	5,4	145°D	3,8
43°D	5,3	160°D	3,7
50°D	5,2	180°D	3,6
53°D	5,1	220°D	3,4

Figure 16 : Les analyses physico-chimique du lait. Liste « Acidité = pH » (Laiterie NADJAH).

3.3. Détermination de l'extrait sec total (EST)

A. Principe

Cette technique implique l'évaporation de l'eau contenue dans l'échantillon en le plaçant dans une étuve (type Memmert) à une température de 103 °C, suivie de la pesée du résidu, conformément à la méthode AOAC 926.08 (Boukhobza, 2022).

B. Matériel et produits utilisés

- Balance analytique
- Spatule
- Étuve
- Boîtes de Pétri
- Dessiccateur

C. Mode opératoire

- Peser une boîte de Pétri propre et sèche (en verre) à l'aide d'une balance analytique ($\pm 0,001$ g). Noter cette masse (M1).
- Ajouter 5 g d'échantillon homogénéisé dans la boîte.
- Peser précisément la boîte de Pétri + échantillon humide. Noter cette masse (M2).
- Placer la boîte dans une étuve préchauffée à 105 ± 2 °C pendant 4 heures.
- Sortir la boîte de l'étuve, puis la mettre dans un dessiccateur pour éviter l'absorption d'humidité pendant le refroidissement. Enfin, peser les boîtes de Pétri avec l'échantillon sec, Noter cette masse (M3).

La teneur en extrait sec de l'échantillon est égale à :

$$ES (\%) = (M3 - M1) \times 100 / M2$$

Avec :

M1 : le poids de la boîte vide ;

M2 : le poids de la boîte de Pétri + le poids du fromage avant étuvage (humide) ;

M3 : le poids de la boîte plus celui du fromage après étuvage et dessiccation.



Figure 17: Dessiccateur (Photo prise par l'auteur).

4. L'Analyse microbiologique

L'analyse microbiologique du fromage constitue une étape cruciale permettant de détecter et de quantifier les populations microbiennes capables de s'y développer. Elle joue un rôle essentiel pour assurer la qualité du produit et sa conformité aux normes réglementaires, ainsi que la garantie de la sécurité et la santé des consommateurs.

4.1. Matériel et milieux de culture utilisés

- | | |
|------------------------------|---|
| - Tubes à essai | - Eau peptonnée tamponnée (Pour préparer les dilutions) |
| - Pipettes graduées stériles | - Gélose TGEA (pour la recherche de la flore totale) |
| - Pipettes Pasteur | - Gélose Mac Conkey (pour la recherche des entérobactéries) |
| - Boîtes de Pétri | - Gélose Chapman (pour la recherche des staphylocoques) |
| - Bec bunsen | - Gélose de Sabouraud (pour la recherche des levures) |
| | - Gélose PDA (pour la recherche des moisissures) |

4.2. Préparation des dilutions décimales pour analyse

- On prépare une série de dilutions de (10^{-1}) à (10^{-3}) pour chaque échantillon de fromage (tofu).
- Peser 1g du tofu à l'aide d'une balance, puis versé la quantité aseptiquement dans un tube contenant 9 ml de diluant (eau peptonée tamponnée stérile). Homogénéiser la solution par un agitateur vortex, c'est la dilution N°1 (10^{-1}).

À partir de cette solution mère, les dilutions décimales ont été préparées comme suit :

- Dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau peptonnée tamponnée, on introduit aseptiquement 1 ml de la solution mère précédente afin de réaliser une solution de $1/100$ (10^{-2}).
- Puis à partir de cette dernière, on transfère 1 ml dans un nouveau tube contenant 9 ml de diluant, ce qui donnera la dilution $1/1000$ (10^{-3}).

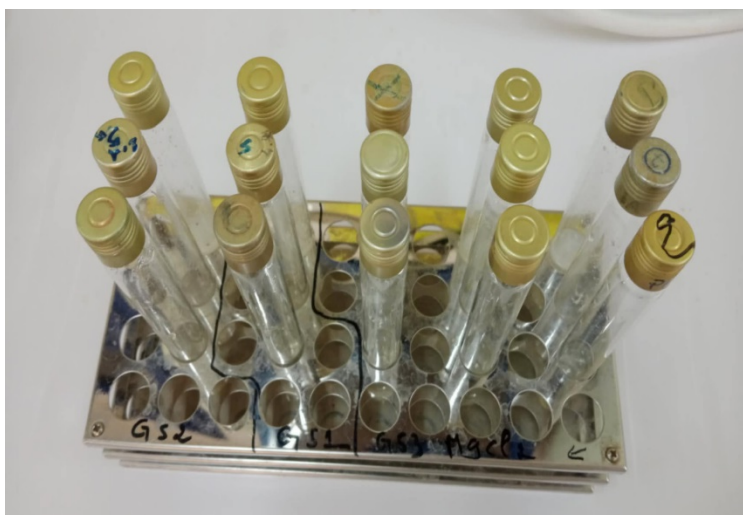


Figure 18 : Préparation des dilutions (Photo prise par l'auteur).

4.3. Recherche et dénombrement de la flore aérobique mésophile totale (FAMT)

- On transfère 1 ml des dilution (10^{-2} et 10^{-3}) dans les boites de Pétri vides et stériles.
- On ajoute 15 ml de milieu de culture TGEA dans les boites.
- Ensuite, Le mélange est homogénéisé soigneusement par des mouvements circulaires en forme de huit (08) pour bien mélanger la gélose avec l'inoculum et on laisse les boites jusqu'à ce que le contenu devienne solide.
- l'incubation des boites se fait à 30°C pendant 24 à 48 h.

4.4. Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*

Un volume de 0,1 ml de la dilution (10^{-2}) est transféré à l'aide d'une pipette stérile dans une boîte de Pétri vide. Puis, 15 ml de gélose Chapman sont ajoutés et mélangés avec l'inoculum comme précédemment et laissé se solidifier.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 h.

4.5. Recherche et dénombrement des entérobactéries

Un volume de 0,1 ml de la dilution (10^{-2}) est transféré à l'aide d'une pipette stérile dans une boîte de Pétri vide. Puis, 15 ml de gélose Mac Conkey sont ajoutés et mélangés avec l'inoculum comme précédemment et laissé se solidifier.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 h.

4.6. Recherche et dénombrement des levures et moisissures

- Environ 15 à 20 ml des géloses Sabouraud et PDA sont versés dans des boîtes de Pétri stériles, puis laissés se solidifier à température ambiante.

- Puis, 0,1 ml de la dilution (10^{-2}) est transféré, à l'aide d'une pipette stérile, sur la surface du milieu solidifié. L'inoculum est étalé uniformément grâce à une pipette râteau stérile.

- L'incubation des boîtes se fait à 25°C pendant 24 à 48 h pour les levures, et de 48 à 72 h pour les moisissures.

- **Lecture des résultats**

Après incubation, les colonies caractéristiques apparues sont dénombrées, puis la charge des microorganismes est rapportée en UFC/ml d'échantillons de yaourt.

4. Analyses sensorielle

L'évaluation sensorielle des aliments consiste à mesurer, analyser, décrire et interpréter les réactions humaines face aux caractéristiques de l'aliment, afin de déterminer ses propriétés telles qu'elles sont perçues par les cinq sens : la vue, l'odorat, le goût, le toucher et l'ouïe. Elle repose sur l'interprétation des réponses obtenues par des experts en analyse sensorielle (**Stone et Sidel, 2004**).

L'évaluation sensorielle repose sur différentes méthodes, notamment les tests analytiques, qui visent à décrire les caractéristiques du produit, et les tests hédoniques, qui évaluent le degré de satisfaction ou de rejet qu'il suscite chez les consommateurs (**Majou et al, 2001**).

Parmi les principales caractéristiques sensorielles évaluées lors de l'analyse du produit, on retrouve la couleur, l'acidité, la consistance, le goût et l'odeur. Ces attributs sensoriels représentent les premières perceptions de l'utilisateur et jouent un rôle clé dans l'expérience du produit alimentaire. Dans les domaines de la cosmétique et de la dermatopharmacie, ils contribuent au bien-être du patient et favorisent l'observance du traitement **(Lehbab et Bouacha, 2025)**.

RESULTATS ET DISCUSSION

1-Présentation des échantillons de Tofu obtenus

Les échantillons de tofu ont été élaborés en utilisant deux types de coagulants : le chlorure de magnésium ($MgCl_2$) et le vinaigre (acide acétique). Pour chaque coagulant, cinq variantes de tofu ont été produites, à savoir : tofu témoin (nature non assaisonné), tofu à la sauce pesto, tofu à l'ail et au thym, tofu à l'ail et au persil, ainsi qu'un tofu combinant l'ail, le thym et le persil. Les échantillons obtenus présentaient les caractéristiques suivantes : (figure 19).

La couleur est uniforme, allant du blanc au légèrement jaunâtre ou beige, en fonction des ingrédients ajoutés. Les variantes préparées aux herbes, notamment celles contenant du persil, du thym ou de la sauce pesto, montraient de fines taches vertes réparties de manière homogène dans toute la matrice du tofu, sans altérer l'homogénéité globale de la couleur.

La texture du tofu est lisse, homogène et finement structurée. Sa structure interne est uniforme, sans fissures, ni granularité, ni séparation de phases. La surface du tofu apparaît compacte et régulière, exempte de bulles d'air ou de déformations, ce qui témoigne d'une coagulation protéique parfaite et réussie et d'un pressage adéquat.

Le tofu obtenu présentait une consistance à la fois ferme et souple, suffisamment résistante pour permettre une manipulation et un découpage aisés, tout en conservant une texture douce et agréable en bouche. L'incorporation d'ingrédients aromatiques n'a pas altéré la structure du produit : les différentes variantes assaisonnées ont conservé une humidité bien équilibrée, ce qui a permis de maintenir une texture homogène pour tous les échantillons.

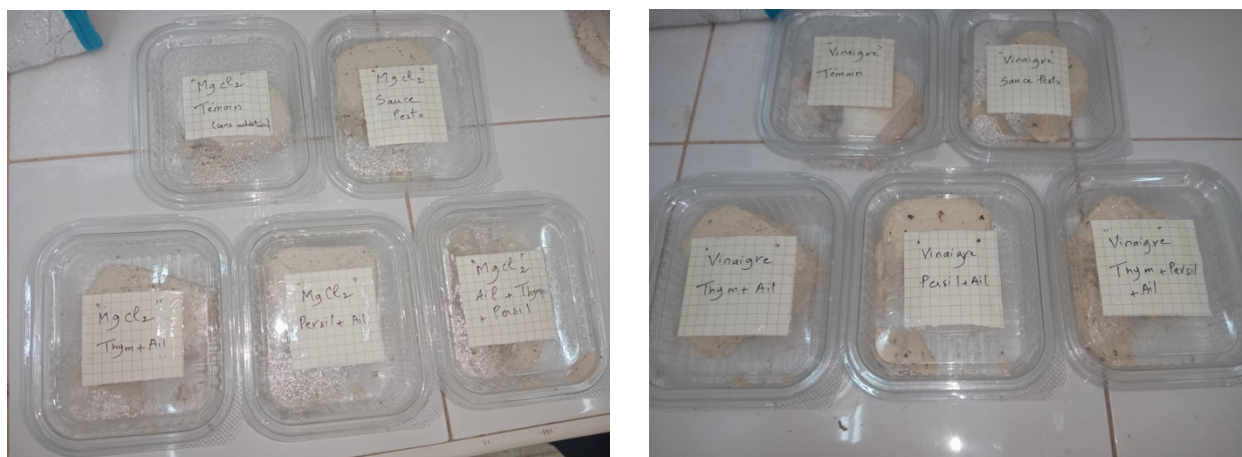


Figure 19: Les différents tofus obtenus après coagulation (Photo prise par l'auteur).

2. Les résultats d'analyses physico-chimiques

Le tableau ci-dessous représente les résultats des paramètres physico-chimiques obtenus pour différents échantillons de tofu, mettant en valeur les variations du pH, d'acidité, et de l'extrait sec total des 10 échantillons de tofu élaborés avec deux types de coagulants (vinaigre et chlorure de magnésium 'MgCl₂') : tofu témoin (nature), tofu à la sauce pesto, tofu à l'ail et au thym, tofu à l'ail et au persil, ainsi que tofu combinant ail, thym et persil.

Tableau 3 : Les résultats des analyses physico-chimiques.

Paramètres Physico-chimiques	Coagulant utilisé	Tofu témoin	Tofu à la sauce pesto	Tofu à l'ail et au thym	Tofu à l'ail et au persil	Tofu à l'ail et au thym et persil
pH	Vinaigre	5,42	5,62	5,29	5,45	5,6
	MgCl ₂	5,54	5,90	6,26	6,13	6,35
Acidité (°D)	Vinaigre	40	34	43	42	57
	MgCl ₂	37	28	25	27	34
Extrait sec Total (g/kg)	Vinaigre	27,24	30,08	26,34	32,72	29,32
	MgCl ₂	24,92	23,33	21,83	23,08	23,24

D'après le tableau, les valeurs de pH obtenues varient entre 5,29 et 6,35 ; le pH le plus élevé ayant été enregistré pour le tofu à base de thym, persil et d'ail, coagulé avec le chlorure de magnésium (MgCl₂).

L'acidité obtenue pour les dix échantillons, préparés avec les deux coagulants, varie entre 25 et 57 °D. L'échantillon ayant présenté le degré d'acidité le plus élevé est celui du tofu à base de thym, persil et ail, ainsi que celui contenant ail et thym coagulé au vinaigre. Cette acidité relativement élevée favorise une coagulation plus rapide et pourrait contribuer à une meilleure conservation du produit.

2.1. pH

Le graph ci-dessous (figure 20) illustre les valeurs de pH de cinq échantillons de tofu, chacune préparée à l'aide de deux coagulants différents : le vinaigre (acide acétique) et le chlorure de magnésium (MgCl_2).

Les échantillons du tofu coagulé avec du vinaigre (**barres bleues**) a un pH plus bas, autour de 5,3 à 5,6 selon les variantes. Cela indique une acidité plus élevée, ce qui est attendu puisque le vinaigre est un coagulant acide, traduisant une acidité plus élevée due à la nature acide du vinaigre (**Zheng et al., 2020**). En effet, les coagulants acides comme le vinaigre (acide acétique) abaissent le pH du lait de soja pour l'amener au point isoélectrique des protéines de soja, ce qui favorise la coagulation par dénaturation protéique (**Zheng et al., 2020**).

À l'inverse, les échantillons coagulés avec du chlorure de magnésium (MgCl_2) (**barres orange**), affichent un pH sensiblement plus élevé, entre 5,9 et 6,4, ce qui correspond à une acidité plus faible. Cela montre que MgCl_2 en tant que coagulant salin, fonctionne principalement par des interactions ioniques entre les charges des protéines (**Geng et al, 2024**), sans provoquer une réduction significative du pH comme le vinaigre.

L'ajout de sauce pesto ou d'herbes (thym, persil, ail) n'entraîne pas de variation majeure du pH pour un même coagulant. Les différences de pH entre les échantillons restent faibles, ce qui suggère que ces ingrédients n'ont pas d'effet marqué sur l'acidité globale du tofu. Cependant, pour chaque type d'ajout, le pH reste toujours plus élevé avec MgCl_2 qu'avec le vinaigre.

Le tofu coagulé au vinaigre dans cette étude présentait des valeurs de pH comprises entre environ 5,3 et 5,6, ce qui est cohérent avec les résultats d'**Ezeama et Dobson (2019)**, qui ont rapporté un pH similaire (environ 5,4) pour un tofu préparé avec des coagulants acides. Ces résultats concordent également avec ceux de **Paz-Yépez et al. (2024)**, qui ont observé des valeurs de pH comprises entre 4,7 et 5,0 dans un tofu coagulé à l'aide de différentes variétés de vinaigre. Aussi, le pH moyen du tofu typique était de l'ordre de 5,2 et 6,2 selon **Im et al. (2004)**.

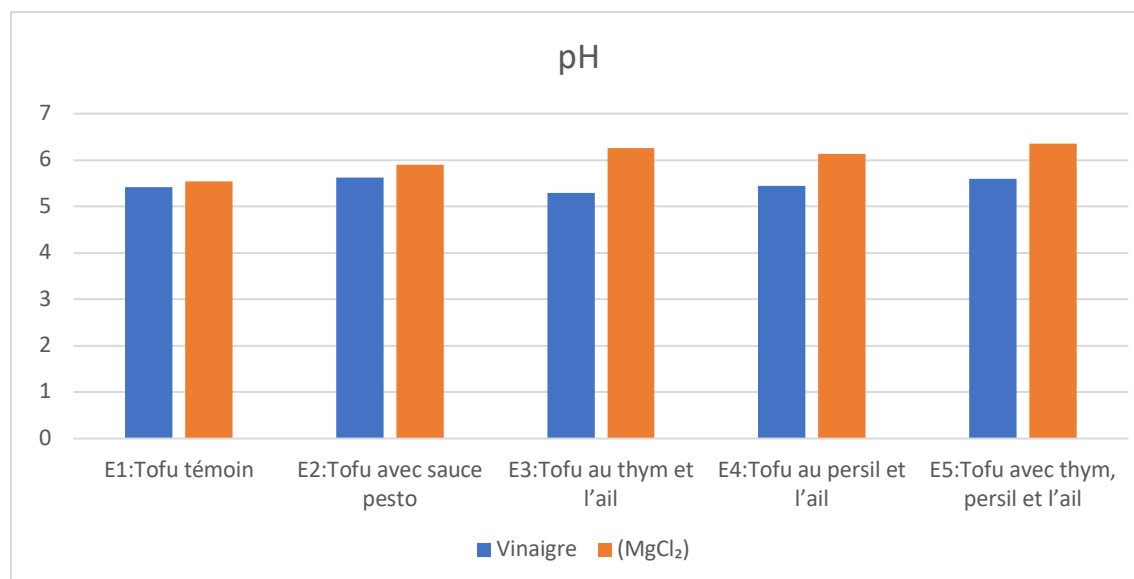


Figure 20 : Variation du pH des échantillons de tofu avec sauce pesto et herbes.

2.2 Acidité

L'histogramme ci-dessous (figure 21), représente les niveaux d'acidité des cinq échantillons de tofu obtenus. On remarque que l'acidité des tofu coagulés avec le vinaigre est globalement plus élevée, variant de 34 °D à 57 °D, tandis que celle des tofus coagulés avec MgCl₂ se situe entre 25 °D et 37 °D. L'échantillon E5 (tofu avec thym, persil et ail) présente l'acidité la plus élevée parmi tous les échantillons, suivi de E3 (tofu au thym et à l'ail) avec des valeurs d'acidité de 57°D et 43°D, respectivement (pour le vinaigre), ce qui suggère un effet acidifiant renforcé par la combinaison des différents aromates ajoutées.

L'acidité relativement élevée observée est favorable non seulement à une coagulation plus rapide et plus efficace du lait de soja, mais également à une meilleure conservation du tofu, les milieux acides inhibant généralement le développement microbien. Les propriétés antimicrobiennes naturelles de certaines herbes, telles que le thym, l'ail et le persil, pourraient également contribuer à prolonger la durée de conservation du produit tout en influençant positivement sur sa texture.

L'acidité plus élevée des échantillons aux herbes pourrait s'expliquer par les composés organiques présents dans ces ingrédients, Ce phénomène a également été observé dans une étude des caractéristiques de qualité du tofu préparé avec des herbes (Jeon et Kim, 2006).

Le tofu préparé avec des coagulants organiques acides, comme le vinaigre, présente des valeurs d'acidité plus marquées, qui confirment celles des pH plus faibles obtenus, par rapport à celui coagulé avec des sels minéraux. Ceci correspond bien les résultats de nos échantillons à ceux des travaux réalisés précédemment (Paz-Yépez et al., 2024).

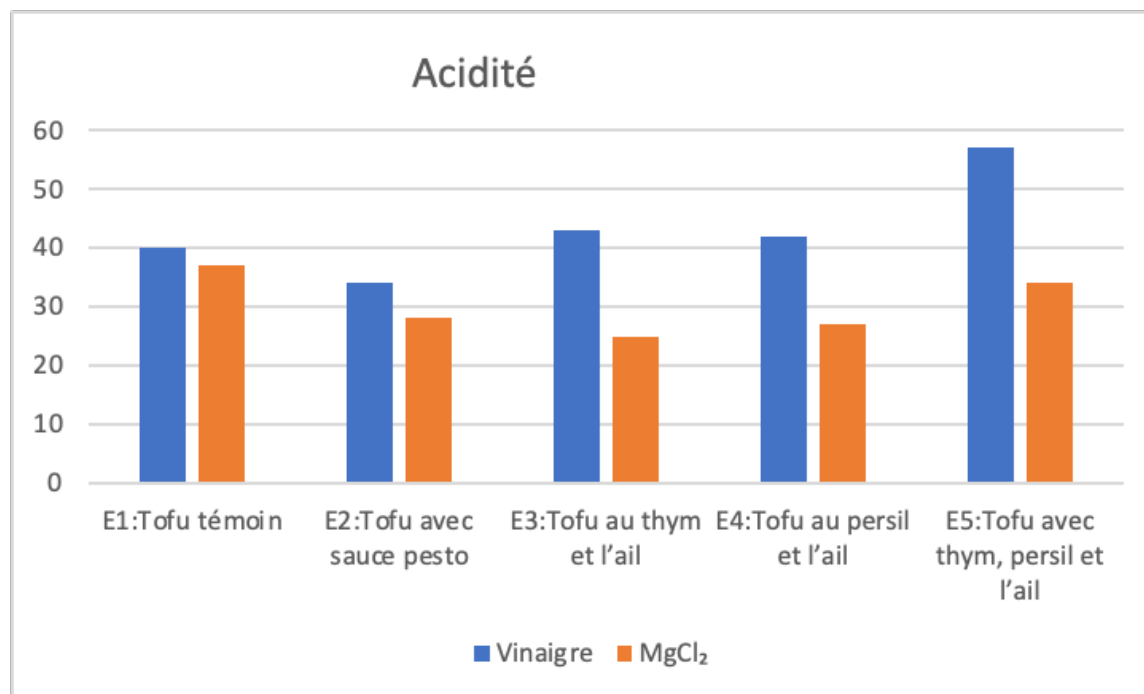


Figure 21 : Variation d'acidité des échantillons de tofu avec sauce pesto et herbes.

2.3 Extrait sec total

L'histogramme ci-dessous (figure 22), représente les résultats en extrait sec total obtenu des cinq échantillons de tofu, coagulés avec du vinaigre et du chlorure de magnésium (MgCl₂).

Les valeurs obtenues varient entre environ 22 % et 33 %, avec des taux d'extrait sec généralement plus élevés pour les échantillons coagulés au vinaigre.

L'échantillon E4 (tofu au persil et à l'ail, coagulé au vinaigre) présente la teneur la plus élevée d'extrait sec total, atteignant environ 33 %, tandis que l'échantillon E3 (tofu à l'ail et au thym, coagulé avec MgCl₂) affiche la valeur la plus faible, autour de 22%. Cette différence s'explique par l'efficacité du vinaigre à favoriser la rétention de matière sèche.

De plus, l'ajout d'ingrédients comme l'ail, le persil ou le thym, riches en composés bioactifs, pourrait influencer la coagulation, en modifiant le pH ou les interactions protéiques, favorisant ainsi l'augmentation de l'extrait sec. Ce phénomène a été observé par **Jeon et Kim (2006)**, qui ont rapporté que l'incorporation de plantes telles que l'armoise, l'angélique et le thé vert dans le tofu entraînait une variation significative de la matière sèche, selon le type d'herbe utilisée.

Ces résultats sont cohérents avec ceux de **Paz-Yépez et al. (2024)**, qui ont montré qu'un coagulant acide tel que le vinaigre de pomme (à 5%) peut produire un tofu ayant une teneur en humidité de 69,73 %, soit environ 30,27 % d'extrait sec.

De même, **Zeppa et al. (2021)**, utilisant du marc de raisin, ont rapporté des valeurs plus faibles (15–22 %). Enfin, l'étude d'**Ezeama et Dobson (2019)** ont montré que le sel d'Epsom (sulfate de magnésium) entraîne une rétention de matière sèche modérée. Ces résultats confirment l'efficacité du vinaigre comme coagulant acide pour améliorer la teneur en extrait sec du tofu.

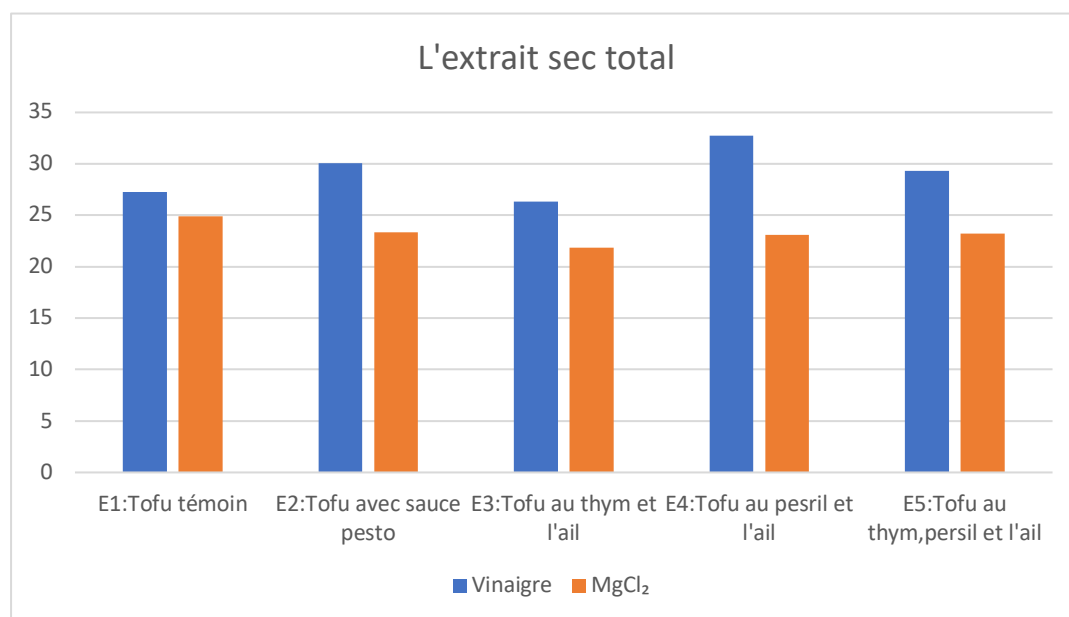


Figure 22: Variation d'extrait sec total des échantillons de tofu avec sauce pesto et herbes.

3. Les résultats d'analyse microbiologiques

Dans le cadre de cette étude, plusieurs échantillons de tofu ont été élaborés, à savoir : tofu nature, tofu aromatisé à la sauce pesto, tofu au thym et à l'ail, tofu au persil et à l'ail, ainsi qu'un mélange de tofu au thym, persil et ail, chacun préparé avec deux types de coagulants différents.

Les analyses microbiologiques réalisées sur ces échantillons ont montré une absence complète des microorganismes recherchés (flore mésophile totale, staphylocoques, entérobactéries, levures et moisissures) (figure 23, tableau 4). Ces microorganismes sont principalement associés à la détérioration des aliments, et certains d'entre eux, tels que *Staphylococcus aureus* et certaines espèces d'entérobactéries, sont reconnus comme des agents pathogènes potentiels. Leur présence pourrait compromettre à la fois la qualité microbiologique du produit et la sécurité des consommateurs.

Par conséquent, l'absence de ces groupes microbiens dans tous les échantillons de tofu préparés reflète les bonnes pratiques d'hygiène tout au long du processus de production et d'emballage du tofu produit. Ces résultats sont conformes aux normes internationales de sécurité alimentaire (**Commission du Codex Alimentarius, 2003**), et concordent bien avec les observations de **Surono et Hosono (1994)**, qui ont signalé une contamination microbienne dans le tofu frais et le tofu enrichi en herbes notamment dues à une mauvaise hygiène post-pressage. Selon ces auteurs, « le nombre élevé de bactéries dans les produits finis a probablement été causé par une contamination supplémentaire après le pressage. Le couteau, la planche à découper et le contact fréquent avec les produits pendant le traitement semblaient être les sources possibles de contamination. ». Cette comparaison met encore en évidence l'efficacité des mesures d'hygiène appliquées dans notre processus de production.

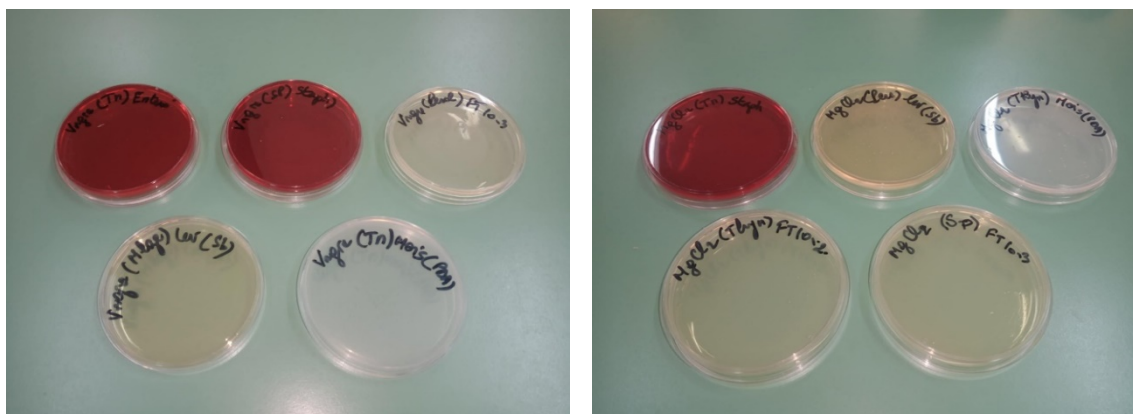


Figure 23: Les résultats d'analyse microbiologiques (Photo prise par l'auteur).

Tableau 4 : Résultats de recherche et dénombrement des différents microorganismes recherchés.

Échantillons	Staphylocoques	Entérobactéries	Flore aérobie mésophile totale	Levures / Moisissures
Tofu témoin (Vinaigre)	00	00	00	00
Tofu témoin (MgCl ₂)	00	00	00	00
Tofu avec sauce pesto (Vinaigre)	00	00	00	00
Tofu avec sauce pesto (MgCl ₂)	00	00	00	00
Tofu au thym et l'ail (Vinaigre)	00	00	00	000
Tofu au thym et l'ail (MgCl ₂)	00	00	00	00
Tofu au persil et l'ail (Vinaigre)	00	00	00	00
Tofu au persil et l'ail (MgCl ₂)	00	00	00	00
Tofu avec thym, persil et l'ail (Vinaigre)	00	00	00	00
Tofu avec thym, persil et l'ail (MgCl ₂)	00	00	00	00

4. Résultats d'analyse sensorielle

Une évaluation sensorielle a été effectuée auprès de 25 dégustateurs pour déterminer les propriétés organoleptiques des divers échantillons de tofu fabriqués à partir de deux agents coagulants. Cette évaluation, basée sur une échelle hédonique de 5 points, vise à apprécier les sensations que le produit procure aux cinq sens : la vue, l'odorat, le goût, le toucher, et dans certains cas l'ouïe (**Stone et Sidel, 2004**). Plus précisément, l'analyse a porté sur des aspects cruciaux tels que l'odeur, la couleur, la consistance, ainsi que le goût, incluant la perception de l'acidité. L'objectif est de comparer l'impact du type de coagulant et des ingrédients ajoutés sur la qualité sensorielle globale du tofu préparé.

Tableau 5 : Moyennes des caractères organoleptiques du tofu.

	Coagulant	Tofu témoin	Tofu à la sauce pesto	Tofu au thym et l'ail	Tofu au persil et l'ail	Tofu avec thym, persil et l'ail
Odeur	Vinaigre	4,22	4,06	4,68	3,98	4,1
	MgCl₂	4,4	4,32	4,72	4,36	4,24
Goût	Vinaigre	3,88	3,74	4,68	3,38	3,86
	MgCl₂	4,02	3,98	4,84	3,56	3,98
Couleur	Vinaigre	4,36	4,02	3,8	4,16	3,6
	MgCl₂	4,64	4,48	4,62	4,28	4,16
Acidité	Vinaigre	4,24	3,78	4,38	4,26	4,06
	MgCl₂	4,52	3,92	4,56	4,38	4,42
Consistance	Vinaigre	5	5	5	5	5
	MgCl₂	5	5	5	5	5

Dans cette étude, comme dans celle d'Ezeama et Dobson (2019), le type de coagulation utilisé a un impact significatif sur la qualité sensorielle du tofu. Ezeama et Dobson ont observé que le jus de citron, en tant qu'agent coagulant acide, produisait du tofu doté d'excellentes propriétés sensorielles et texturales.

Notre travail a également révélé des résultats positifs pour le tofu coagulé au vinaigre, notamment en termes d'arôme et d'acidité. En revanche, le tofu coagulé au chlorure de magnésium (MgCl₂) a donné des scores légèrement supérieurs en termes d'arôme et de goût, en particulier pour l'échantillon à l'ail et au thym. Ces résultats suggèrent que les coagulations acides et salées peuvent tous les deux produire un profil sensoriel acceptable, et que leurs effets varient selon les ingrédients utilisés et les formulations ajoutées.

4.1. Odeur

L'odeur représente un critère sensoriel fondamental dans l'évaluation des produits alimentaires, car elle permet de juger la fraîcheur, la qualité et l'acceptabilité globale du produit.

Les résultats obtenus (figure 24) montrent que les échantillons de tofu coagulés au chlorure de magnésium (MgCl_2) ont été légèrement mieux appréciés que ceux au vinaigre, en particulier pour le tofu témoin et les variantes aromatisées à l'ail et au thym, ou combinées aux trois aromates (ail, thym et persil).

Ces résultats indiquent que le MgCl_2 pourrait favoriser une meilleure conservation ou expression des arômes. Cependant, le tofu avec la sauce pesto présente les notes d'odeur les plus faibles, probablement à cause de l'arôme prononcé et complexe de la sauce, qui pourrait masquer ou perturber les odeurs typiques du tofu.

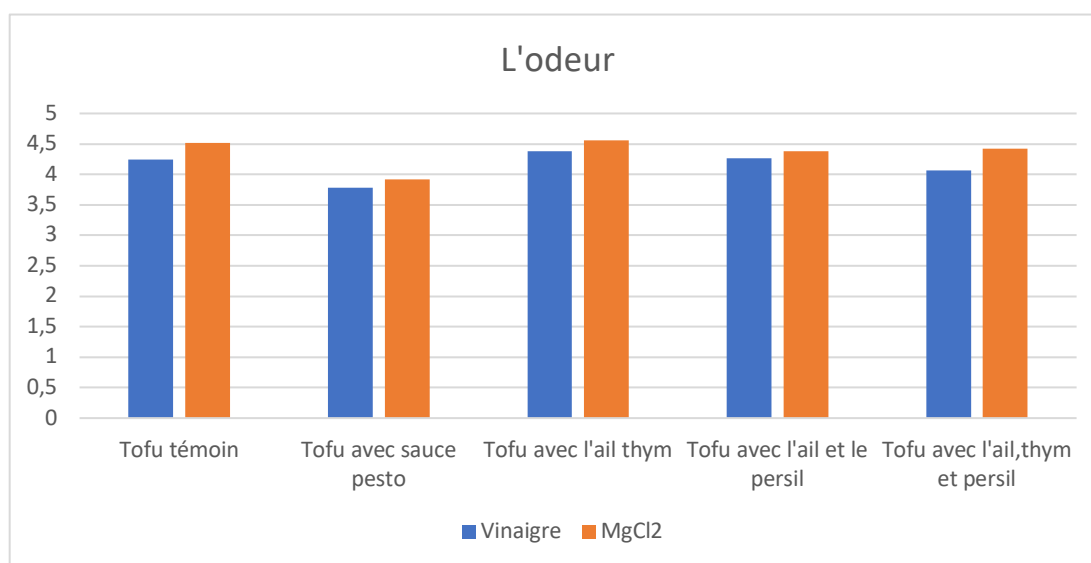


Figure 24 : Variation de l'odeur de des échantillons de tofu avec sauce pesto et herbes.

4.2. Goût

Les résultats représentés sur la figure 25 montrent que les gouteurs ont globalement préféré le tofu coagulé avec le chlorure de magnésium (MgCl_2), notamment pour les échantillons nature et ceux aromatisés à l'ail et au thym, qui ont obtenu les meilleures notes gustatives. D'autre part, les échantillons de tofu aromatisés au mélange à l'ail, au thym et au persil, ainsi qu'à l'ail et au persil, ont également été bien acceptés, avec le même coagulant MgCl_2 .

En revanche, le tofu à la sauce pesto a obtenu les notes gustatives les plus faibles, quel que soit le coagulant utilisé, probablement à cause du goût prononcé ou dominant de la sauce. On peut conclure que l'association du $MgCl_2$ et d'ingrédients aromatiques doux comme l'ail et les herbes a permis de produire un tofu au goût plus apprécié par les dégustateurs, tandis que le vinaigre, bien que fonctionnel, semble avoir donné un goût moins harmonieux dans certains cas.

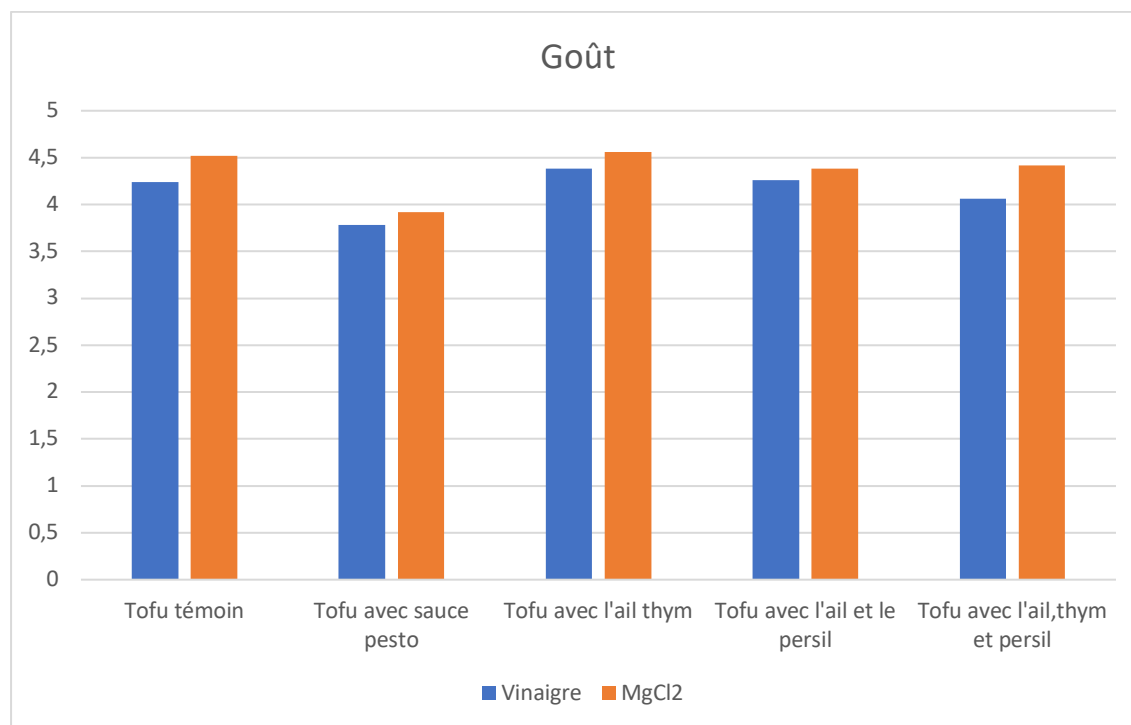


Figure 25 : Variation du goût des échantillons de tofu avec sauce pesto et herbes.

4.3. Couleur

Les dégustateurs ont trouvé la couleur du tofu témoin nature (claire et crémeuse), ainsi que celle du tofu aromatisé avec un mélange de thym et d'ail, plus attrayantes et appétissantes, ce dernier présentant une teinte légèrement plus prononcée et uniforme (figure 26).

De plus, les tofus coagulés au vinaigre présentaient généralement une couleur plus pâle, voire légèrement jaunâtre, tandis que ceux coagulés au $MgCl_2$ affichaient une teinte un peu plus profonde et plus blanchâtre. La couleur agréable du tofu aux herbes mélangées, associée à son arôme frais, a contribué à un taux d'acceptation plus élevé chez les dégustateurs.

Notre étude concorde bien avec les résultats trouvés par **Ezeama et Dobson (2019)**, montrant que le tofu coagulé avec des coagulants à base de sels présentait une couleur meilleure, plus profonde et plus uniforme, tandis que le tofu fabriqué avec des coagulants acides apparaissait plus clair.

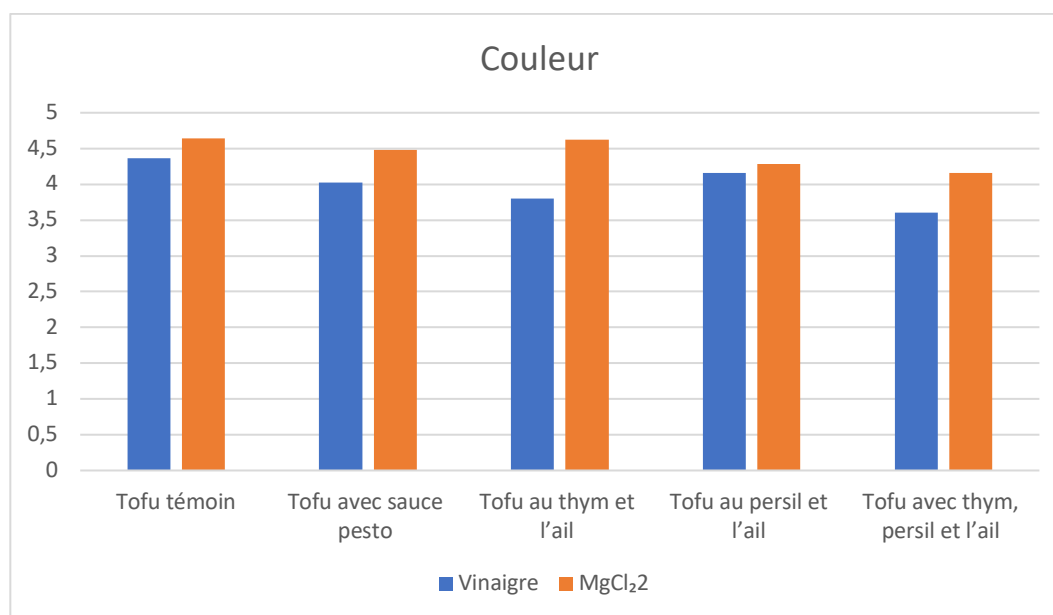


Figure 26 : Variation de la couleur des échantillons de tofu avec sauce pesto et herbes.

4.4. Goût acide

Les résultats représentés par la figure 27 montrent que le tofu témoin, le tofu au thym et à l'ail, ainsi que le tofu au mélange d'herbes (ail, persil et thym) sont les plus appréciés par les dégustateurs en termes de gout acide perçu. Cela peut être attribué à l'équilibre des saveurs offert par les herbes, qui adoucissent la sensation d'acidité souvent associée à certains coagulants, notamment les acides organiques comme le vinaigre. On peut également remarquer que les échantillons élaborés avec le chlorure de magnésium présentent des valeurs d'acceptation supérieures à ceux coagulés avec du vinaigre. Cela peut s'expliquer par la nature des coagulants : les coagulants acides ont un caractère plus piquant et plus prononcé dans le goût général.

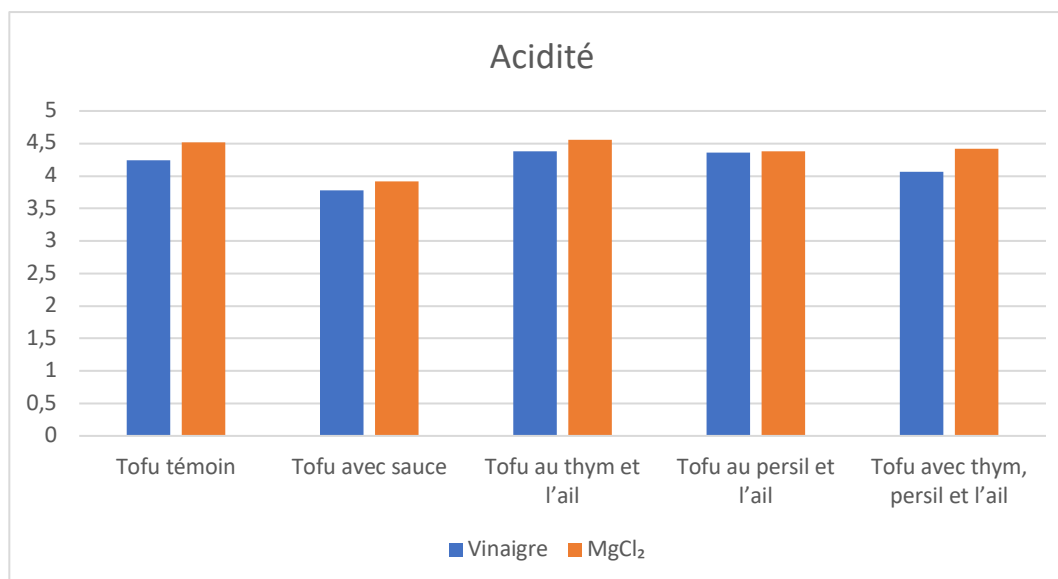


Figure 27 : Variation de l'acidité des échantillons de tofu avec sauce pesto et herbes.

4.5. Consistance

L'évaluation sensorielle effectuée sur divers types de tofu, qu'ils soient coagulés au vinaigre ou au chlorure de magnésium (MgCl_2), indique que tous ont obtenu la note maximale de 5/5 pour la consistance. Cela reflète une texture bien équilibrée et agréable au palais.

Toutefois, certaines légères différences ont été notées : les tofus élaborés avec du MgCl_2 présentent une texture un peu plus ferme et élastique, tandis que ceux coagulés avec du vinaigre sont perçus comme légèrement plus tendres. Ces résultats diffèrent légèrement de ceux observés par **Obatolu (2007)**, qui rapporte généralement une fermeté supérieure pour les tofus coagulés avec des sels comme le MgCl_2 .

Dans notre cas, bien que les deux coagulants aient permis d'obtenir une consistance satisfaisante, avec peu de différences marquées, chacun confère néanmoins au tofu correspondant des caractéristiques sensorielles spécifiques et bien appréciées. La texture du tofu reste un facteur clé, tout aussi important que la qualité nutritionnelle, dans l'acceptabilité du produit (**Obatolu, 2007**).

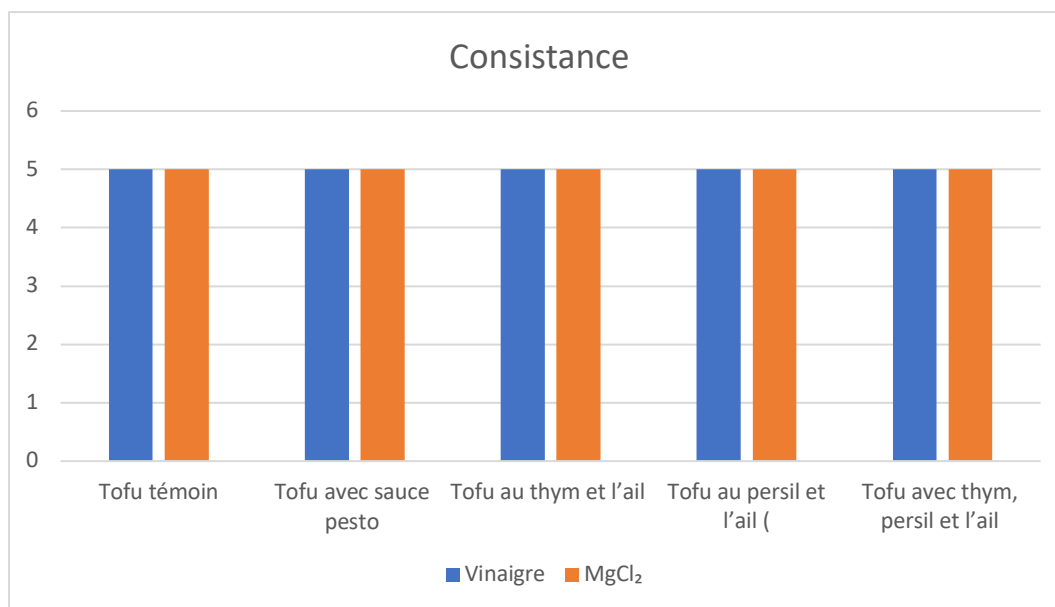


Figure 28 : Variation de la consistance des échantillons de tofu avec sauce pesto et herbes.

Nous pouvons conclure que l'analyse sensorielle des différents échantillons de tofu a révélé une nette préférence des dégustateurs pour deux produits : le tofu au thym et à l'ail et celui du mélange d'herbes, coagulés avec le chlorure de magnésium. Ces derniers ont été particulièrement appréciés pour leur goût, leur odeur, leur couleur et leur acidité, tout en présentant une consistance jugée idéale. Ces résultats indiquent que l'utilisation du chlorure de magnésium comme coagulant, additionné d'aromates, permet d'obtenir un tofu à haute acceptabilité sensorielle.

Conclusion

Au terme de ce travail expérimental portant sur l'élaboration d'un tofu à base de lait de soja, coagulé à l'aide de deux types de coagulants (vinaigre et chlorure de magnésium), et enrichi de différentes associations d'aromates (ail, persil, thym, sauce pesto), suivie d'une évaluation physico-chimique, microbiologique et sensorielle, réalisée au sein du laboratoire de microbiologie de l'université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen et le laboratoire d'analyses physico-chimiques de la laiterie NADJAH, Maghnia-Tlemcen, nous pouvons conclure que :

Les tofus obtenus ont présenté une consistance jugée très satisfaisante, avec une note maximale de 5/5 attribuée par l'ensemble des dégustateurs, traduisant une texture homogène, ferme et agréable en bouche. Toutefois, de légères différences ont été observées selon le type de coagulant utilisé : les échantillons coagulés au chlorure de magnésium ($MgCl_2$) se sont distingués par une texture légèrement plus ferme et élastique, tandis que ceux coagulés avec du vinaigre ont été perçus comme un peu plus tendres. La couleur varie d'une teinte légèrement plus blanche et profonde à une nuance légèrement jaunâtre selon le type de coagulant utilisé.

Le tofu élaboré avec du thym, du persil et de l'ail, ainsi que celui au thym et à l'ail coagulé avec du vinaigre, a révélé une acidité plus élevée par rapport aux autres échantillons. À l'inverse, les échantillons coagulés avec du chlorure de magnésium ($MgCl_2$) affichent un pH plus élevé, en particulier ceux au thym, persil et ail, ainsi que celui au thym et à l'ail. Tous les échantillons de tofu ont présenté des taux d'extrait sec relativement élevés, variant entre 22 % et 33 %, ce qui peut être attribué à la concentration de matière sèche dans le lait de soja utilisé, ainsi qu'à l'ajout d'ingrédients aromatiques.

Du point de vue microbiologique, l'ensemble des échantillons s'est avéré sain : aucune présence de germes pathogènes ni de levures et moisissures n'a été détectée, ce qui reflète le respect des bonnes conditions d'hygiène appliquées tout au long du processus de préparation, de coagulation et de conservation des tofus.

Quant aux résultats issus de l'analyse sensorielle, ceux-ci montrent que les échantillons de tofu aromatisés aux herbes, notamment ceux à l'ail et le thym et le mélange (ail, persil et thym), coagulés au chlorure de magnésium, ont suscité le plus d'intérêt auprès des dégustateurs, en raison de leurs caractéristiques organoleptiques équilibrées. Ils sont reconnus par leur richesse nutritionnelle exceptionnelle, et constituent une source importante de protéines de haute qualité,

de vitamines (A, C, D, E, K, B) et de minéraux essentiels et pour couvrir une part significative des besoins nutritionnels quotidiens.

En somme, ce travail ne se limite pas à la fabrication d'un simple substitut de fromage à base de soja ; il reflète également une volonté plus large de promouvoir une alimentation saine, innovante et respectueuse aux attentes des consommateurs. Le tofu, enrichi d'herbes aromatiques et de sauce pesto naturelle, incarne une fusion équilibrée entre tradition culinaire, richesse nutritionnelle et créativité sensorielle. Ce produit, à la fois savoureux et bénéfique, ouvre la voie à de nouvelles perspectives dans la recherche en sciences alimentaires, où goût, bien-être et durabilité se rejoignent.

Références bibliographiques

- Adda, F., Bellahreche, M., et Ziani, K. (2024).** Essai de fabrication de fromage à pâte *molle* à base de lactosérum doux issu de lait de vache (Mémoire de master, Université Ibn Khaldoun – Tiaret). <http://dspace.univ-tiaret.dz/bitstream/123456789/14784/1/TH.M.SNV.2024.14.pdf>
- Agroscope. (2006).** *La mesure du pH en fromagerie*. IRA Agroscope. <https://ira.agroscope.ch/fr-CH/Page/Einzelpublikation/Download?einzelpublikationId=17280>
- Amiour, A. F. (2018).** *Les plantes aromatiques et les antioxydants* [Mémoire de Master, Université Mentouri–Constantine 1]. DSpace Université Mentouri–Constantine 1. <https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/biblio/mmf/2018/Les%20plantes%20aromatiques%20et%20les%20antioxydants.pdf>
- Altay, K., Hayaloglu, A. A., et Dirim, S. N. (2019).** Determination of the drying kinetics and energy efficiency of purple basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves using different drying methods. *Heat and Mass Transfer*, 55, 2173–2184.
- Arii, Y., et Takenaka, Y. (2014).** Initiation of protein association in tofu formation by metal ions. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 78(1), 86– 91.
- Baraibar, M., et Deutsch, L. (2023).** *The soybean through world history: Lessons for sustainable agrofood systems*. Routledge.
- Bargis, P., et Lévy-Dutel, L. (2015).** *Épices, aromates, condiments et herbes aromatiques*. Ed. Eyrolles. ISBN: 978-2-212-56158-6.
- Bellwood, p.2005.** First farmers: the origins of agricultural societies. Blackweel publishing, Oxford. ISBN: 978-0-631-20566-1.
- Boukhobza, H. (2022).** *Étude des qualités physico-chimiques et microbiologiques d'un fromage traditionnel algérien* [Mémoire de Master, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem]. e-Biblio Université de Mostaganem.
- Boutonnier J-L., (2002).** Fabrication du fromage fondu, Techniques de l'Ingénieur, f6310, Paris-France, p :14.
- Carlsson Kanyama, A., Hedin, B., et Katzeff, C. (2021).** Differences in environmental impact between plant-based alternatives to dairy and dairy products: A systematic literature review. *Sustainability*, 13(22), 12599.
- Chapa, J., Farkas, B., Bailey, R. L., et Huang, J. Y. (2020).** Evaluation of environmental performance of dietary patterns in the United States considering food nutrition and satiety. *Science of the Total Environment*, 722, 137672.

- Commission du Codex Alimentarius. (2003).** *Principes généraux d'hygiène alimentaire* (CAC/RCP 1-1969, Rév. 4 – 2003). FAO / OMS.
<https://www.fao.org/3/y1579f/y1579f03.htm>
- Dey, A., Rasane, P., Kaur, S., Singh, J., et Kumar, V. (2017).** *Tofu: Technological and nutritional potential*.
- Dillon.J.C et Berthier.A.M, 2006.** Le fromage. De la science à l'assurance-qualité, 3ème édition, technique et documentation.
- Dżugan, M., Tomczyk, M., Szymański, P., Grabek-Lejko, D., et Milek, M. (2024).** The influence of selected herb additives on the organoleptic and antioxidant properties and storage stability of frozen homemade tofu. *Applied Sciences*, 14(15), 6801.
- Eck A. et Gillis J.C. (2006).** Le fromage. De la science à l'assurance-qualité, 3ème édition, technique et documentation.
- Eck A., Gillis J.C., (1997).** Le Fromage, De la science à l'assurance-qualité ; 3e éd. Tec & Doc. Paris.
- ElShabassy O., 2017** <https://fr.slideshare.net/slideshow/lanalyse-chimique-du-fromage/75969455>
- Encyclopædia Britannica. (2025).** *Tofu*. Dans *Encyclopædia Britannica*. Récupéré de :
<https://www.britannica.com/topic/tofu>.
- Ezeama, C.F., et Dobson, G.N. (2019).** *Effect of Coagulants on the Physicochemical Properties of Fresh Tofu*. *Journal of Food Stability*, 2(1), 1–9.
- Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., et McSweeney, P.L.H. (2017).** *Fundamentals of Cheese Science* (2nd ed.). Springer.
- Gaman, L., Stoian, I., et Atanasiu, V. (2011).** Can ageing be slowed? Hormetic and redox perspectives. *Journal of Medicine and Life*, 4, 346–351.
- Geng, Y., Du, X., Jia, R., Zhu, Y., Lu, Y., Guan, X., Hu, Y., Zhu, X., et Zhang, M. (2024).** *Research Progress on Tofu Coagulants and Their Coagulation Mechanisms*. *Foods*, 13(21), 3475.
- Gripon J.C., Desmazeaud M.J., Le Bras D. et Bergere J.L., 1975.** Étude du rôle des micro-organismes et de leurs enzymes dans la maturation des fromages. I. - Fabrication aseptique d'un caillé modèle.

- Guldiken, B., Ozkan, G., Catalkaya, G., Ceylan, F. D., Ekin Yalcinkaya, I., et Capanoglu, E. (2018).** Phytochemicals of herbs and spices: Health versus toxicological effects. *Food and Chemical Toxicology*, 119, 37–49.
- Guo, Y., Hu, H., Wang, Q., et Liu, H. (2018).** A novel process for peanut tofu gel: Its texture, microstructure and protein behavioral changes affected by processing conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 96, 140–146.
- Harbutt, J. (2009).** *The world cheese book*. DK Publishing.
- Harbutt, J. (2010).** *Le grand livre des fromages*. Milan.
- Heller, M. C., Willits-Smith, A., Meyer, R., Keoleian, G. A., et Rose, D. (2018).** Greenhouse gas emissions and energy use associated with production of individual self-selected US diets. *Environmental Research Letters*, 13(4), 044004.
- Im, J. G., Park, I. K., et Kim, S. D. (2004).** Quality characteristics of tofu added with basil water extracts. *Korean Journal of Society of Food Cookery Science*, 20(2), 144–150.
- International Organization for Standardization & International Dairy Federation. (2008).** *Cheese — Determination of fat content — Van Gulik method* (ISO Standard No. 3433:2008 / IDF Standard No. 222:2008).
- Itan, Y., A. Powell, M. A. Beaumont, J. Burger, et M. G. Thomas. 2009.** The Origins of Lactase Persistence in Europe. *PLoS Computational Biology* 5(8): e1000491.
- Jáudenes-Marrero, J. R., Giannantonio, G., Paz-Montelongo, S., Hardisson, A., Darias-Rosales, J., González-Weller, D., Gutiérrez, Á. J., Rubio, C., et Alejandro-Vega, S. (2024).** Analysis of toxic element levels and health risks in different soybean species (*Glycine max*, *Vigna radiata*, *Vigna angularis*, *Vigna mungo*). *Nutrients*, 16(24), 4290.
- Jeon, M.-K., et Kim, M.-R. (2006).** Quality characteristics of tofu prepared with herbs. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 22(1), 30–36.
- Journal officiel électronique authentifié n° 0101 du 29/04/2007, Légifrance.** (Page consultée le 02/03/2025) <https://www.legifrance.gouv.fr/>
- Khosravi, A., et Razavi, S. H. (2021).** Therapeutic effects of polyphenols in fermented soybean and black soybean products. *Journal of Functional Foods*, 81, 104467.
- Kindstedt, Paul. S. (2012).** *Cheese and culture: A history of cheese and its place in Western civilization*. Chelsea Green Publishing. Lavoisier, Paris. Page 2- page 9
<https://www.chelseagreen.com/product/cheese-and-culture/>

- Lehbab, A et Bouacha, A. (2024).** *Élaboration et caractérisation d'un yaourt aromatisé, enrichi en farine d'avoine et de lupin* [Mémoire de fin d'études, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen]. DSpace Tlemcen. <https://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/24669>
- Liu, K. (1997).** *Soybeans: Chemistry, technology, and utilization*. Springer Publisher.
- Liu, Z. S., Li, L. T., et Eizo, T. (2000).** Study on properties of tofu salt-coagulant and mechanism of tofu coagulation. *Cereals Oils Association*, 3, 39–43.
- Luan, G. Z., et Li, L. T. (2006).** Study on coagulation of soybean milk by protease. *Food Industry Science and Technology*, 1, 71–74.
- Majdi A** 'Les fromages AOP et IGP.', in Séminaire sur les fromages AOP et IGP. INT-Ingénieur agronomie. (2009)., 88p.
<https://www.memoireonline.com/07/10/3635/Seminaire-sur-les-fromages-AOP-ET-IGP.html>
- Majou, D., Dulas, A., Herbreteau, V., Albouy, H., Béhérec, F., Bodin, J.-P., Droger, D., Germon, F., Issanchou, S., Joly, K., Schlich, P., & Desmonts, M.-H. (2001).** *Sensory evaluation: Guide of good practice*. (2e éd.). Actia.
- Martinez V. (2009).** Groupe d'étude des marchés de restauration collective et de nutrition (GEMRCN), et approuvée par décision n°2009-03 du 30 juillet 2009 du comité exécutif de l'OEAP. Microorganismes et des enzymes au cours de la maturation des fromages. II. Influence de la présure commerciale. *Le lait* N° 548, 502-516
- Mitić-Ćulafić, D. S., Pavlović, M., Ostojić, S., et Knezević-Vukčević, J. (2014).** Antimicrobial effect of natural food preservatives in fresh basil-based pesto spreads. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(3), 1298–1306.
- Murata, K., Kusakabe, I., Yoshida, S., et Murakami, K. (1989).** Application of soymilk-whey to production of beverage containing α -D-galactosyl oligosaccharides. *Agricultural and Biological Chemistry*, 53(8), 1997–1998.
- Nagata, C., Wada, K., Tamura, T., Konishi, K., Goto, Y., Koda, S., Kawachi, T., et Tsuji, M. (2017).** Dietary soy and natto intake and cardiovascular disease mortality in Japanese adults: The Takayama Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 105(3), 426–431.
- Obatolu, V. A. (2007).** Effect of different coagulants on yield and quality of tofu from soymilk. *European Food Research and Technology*, 226(3), 467–472.
- Oger, C. (2020).** *Terres de Tofu*. Éditions La Plage.

- Ono, T. (2003).** Soy (soya) cheeses. Encyclopedia of food science and nutrition. London: Academic5398–5402.
- Pal, M., Mahendra, R., et Hegde, R. (2019).** Tofu: A popular food with high nutritional and health benefits. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/332343856_Tofu_A_Popular_Food_with_High_Nutritional_and_Health_Benefits
- Paz-Yépez, C., Gavilanes-Tomalá, M., Palmay-Paredes, J., Medina-Galarza, G., Guerrero-Luzuriaga, S., et Velázquez Martí, B. (2024).** Effects of organic acid coagulants on the textural and physical–chemical properties of tofu. *Applied Sciences*, 14(19), 8580.
- Pontecorvo, A. J., et Bourne, M. C. (1978).** Simple methods for extending the shelf life of soy curd (tofu) in tropical areas. *Journal of Food Science*, 43(3), 969–972.
- Prabhakaran, M. P., Perera, C. O., et Valiyaveetil, S. (2006).** Effect of different coagulants on the isoflavone levels and physical properties of prepared firm tofu. *Food chemistry*, 99(3), 492–499.
- Rahman, U., Younas, Z., Ahmad, I., Yousaf, T., Latif, R., Rubab, U., Hassan, H., Shafi, U., & Mashwani, Z.-u.-R. (2024).** Enhancing health and therapeutic potential: Innovations in the medicinal and pharmaceutical properties of soy bioactive compounds. *Antioxidants*, 13(1), Article 133. <https://doi.org/10.3390/antiox13010133>
- Ramet, J. P. (2010).** *Le grand livre des fromages*. Ed. Milan.
- Renner E. (1974).** Le lait et les produits laitiers dans l'alimentation de l'homme. Volkswirt Verlag, Kempten, R.F.A.
https://books.google.dz/books?id=4zNuqZpwNw4C&pg=PA118&hl=fr&source=gbg_selected_pages&cad=1#v=onepage&q&f=false
- Roussel, M. (2005).** *Les miracles du soja*. Alpen.
https://books.google.dz/books?hl=ar&lr=&id=p_Q1J6lBZOUc
- Santé Canada. (2008).** Valeur nutritive de quelques aliments usuels. Ministère de la santé du Canada.
https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/fn-an/alt_formats/pdf/nutrition/fiche-nutri-data/nvscf-vnqau-fra.pdf
- Shen, Y.-R., et Kuo, M.-I. (2017).** Effects of different carrageenan types on the rheological and water-holding properties of tofu. *LWT - Food Science and Technology*, 78, 122–128.

- Sherratt, A., et S. Sherratt. 1991.** From Luxuries to Commodities: The Nature of Mediterranean Bronze Age Trading Systems. In *Bronze Age Trade in the Mediterranean*. N. H. Gale, ed. Studies in Mediterranean Archaeology, Vol. XC, Paul Åströms Fölag, Jonsered. pp. 351-386.
- Shi, Y., Yang, Y., Piekoszewski, W., Zeng, J., Guan, H., Wang, B., Liu, L., Zhu, X., Chen, F., et Zhang, N. (2020).** Influence of four different coagulants on the physicochemical properties, textural characteristics and flavour of tofu. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(3), 1218–1229.
- Shurtleff, W., et Aoyagi, A. (2001).** *Tofu & soymilk production: A craft and technical manual (The Book of Tofu, Vol. II)*. Soy foods Center.
- Shurtleff, W., et Aoyagi, A. (2004).** *Tofu & Soymilk Production: A Craft and Technical Manual* (3rd ed.) (p101). Soy info Center.
- Sorosiak, T. (2000).** Soybean (II.E.5). In K. F. Kiple & K. C. Ornelas (Eds.), *The Cambridge world history of food* (Vol. 2, pp. 422–427). Cambridge University Press.
- Stone, H , Sidel, J. L. (2004).** *Sensory Evaluation Practices* (3rd ed.). Elsevier Academic Press.
- Surono, I. S., et Hosono, A. (1994).** Microbiological evaluation of tofu and tempeh during processing and storage. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 10(5), 577–582.
- Thomas, R. (2024).** *Tofu: A culinary history*. Reaktion Books.272 pages.
- Unal G, El SN, Kiliç S (2005)** In vitro determination of calcium bioavailability of milk, dairy products and infant formulas. *Int J Food Sci Nutr*, 56:13–22.
- Vignola, C. L. (2002).** *Science et technologie du lait : transformation du lait* (2^e éd.). Presses internationales Polytechnique
- Walther, B., Schmid, A., Sieber, R., et Wehrmüller, K. (2008).** *Cheese in nutrition and health. Dairy Science and Technology*, 88(4-5), 389–405.
- Wang, F., Meng, J., Sun, L., Weng, Z., Fang, Y., Tang, X., et al. (2020).** Study on the tofu quality evaluation method and the establishment of a model for suitable soybean varieties for Chinese traditional tofu processing. *LWT-Food Science & Technology*, 117, 108441.
- Wiley, A. S. (2020).** Lactose intolerance. *Evolution, Medicine, and Public Health*, 2020(1), 47–48.
- Yasuda, M., Aoyama, M., Sakaguchi, M., Nakachi, K., et Kobamoto, N. (1999).** Purification and characterization of a soybean-milk-coagulating enzyme from *Bacillus pumilus* TYO-67. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 51(4), 474–479.

Yusof, H. M., Ali, N. M., Yeap, S. K., Ho, W. Y., Beh, B. K., et Koh, S. P. (2019). Anti-inflammatory, analgesic, and acute toxicity effects of fermented soybean. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 19(2), 373.

Zeghad,N. (2009). Etude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluations leurs teneurs antibactérienne. Mémoire de magister Université Mentouri Constantine.

Zeppa, G., et al. (2021). *Grape Pomace as a New Coagulant for Tofu Production: Physicochemical and Sensory Effects*. *Foods*, 10(8), 1857.

Zhang, M., Dong, X., Huang, Z., Li, X., Zhao, Y., Wang, Y., Zhu, H., Fang, A., & Giovannucci, E. L. (2023). Cheese consumption and multiple health outcomes: An umbrella review and updated meta-analysis of prospective studies. *Advances in Nutrition*, 14(5), 1170–1186.

Zheng, L., Regenstein, J. M., Teng, F., et Li, Y. (2020). *Tofu products: A review of their raw materials, processing conditions, and packaging*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 3682–3714.

Zheng, X. C., Ge, Z., Lin, K., Zhang, D., Chen, Y., Xiao, J., et al. (2021). Dynamic changes in bacterial microbiota succession and flavour development during milk fermentation of Kazak artisanal cheese. *Int. Dairy J.* 113:104878.

Zunin, P., Salvadeo, P., Boggia, R., et Lanteri, S. (2009). Study of different kinds of "Pesto Genovese" by the analysis of their volatile fraction and chemometric methods. *Food Chemistry*, 114(1), 306309.

Références des figures

Figure 1: Locavor. (s.d). Fromage frais. Consulté le 2 Mars 2025 sur

<https://locavor.fr/data/produits/5/107105/107105-fromage-de-vache-frais-1.jpg>

Figure 2 : Rustica (s.d). Fromage à pâte pressée : comment cuisiner le comté, l'emmental et le beaufort. Consulté le 2 mars 2025 sur : <https://www.rustica.fr/images/fromage-030103g.jpg>

Figure 3 : Swissmilk,ch, (2019). Le fromage à pâte molle. Consulté le 2 mars 2025 sur. https://res.cloudinary.com/swissmilk/image/fetch/ar_16:10,g_auto,w_2592,c_fill,f_auto,q_auto,fl_progressive/https://api.swissmilk.ch/wp-content/uploads/2019/05/weichkaese-header_neu-scaled.jpg

Figure 4 : La Boîte du Fromage. (2017). Les fromages à pâte persillée. Consulté le 5 Mars 2025 sur : <https://www.laboitedufromager.com/wp-content/uploads/Fromage-a-pate-persillee.jpg>

Figure 5 : Produits Laitiers. (2019). Fromages à pâte fondue. Consulté le 2 mars 2025 sur https://www.produits-laitiers.com/app/uploads/2019/04/18489_Fromage-fondu-1085x695.jpg

Figure 6 : J'aime le fromage.ch. Les fromages à pâte dure. Consulté le 12 mars 2025 sur https://jaime-le-fromage.ch/fileadmin/_processed_/0/f/csm_kaesesorten-hartkaese-header_7d57e8e695.jpg

Figure 7 : Getty Images. (2017). Tofu frais. Consulté le 19 mars 2025 sur <https://www.gettyimages.in/photos/tofu>

Figure 8 : Assets.afcdn.com. (2020). La sauce pesto. Consulté le 19 Mars 2025 sur https://assets.afcdn.com/recipe/20200218/107789_w1024h768c1cx2591cy1683cxt0cyt0cxb5616cyb3744.webp

ANNEXES

Tableau 6 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu témoin (Vinaigre).

Tofu témoin (avec vinaigre)	Odeur	Gout	Couleur	Acidité	Consistance
N°1	5	3	5	4	5
N°2	4	4	5	5	5
N°3	4	4	5	5	5
N°4	3	4,5	4,5	4	5
N°5	5	3	4,5	5	5
N°6	4	4	5	4,5	5
N°7	4	4	4	3	5
N°8	5	4	5	4	5
N°9	3	5	4,5	4,5	5
N°10	4,5	3	5	4	5
N°11	4	5	5	5	5
N°12	4	4	5	4,5	5
N°13	5	5	5	5	5
N°14	5	4	5	5	5
N°15	4	4	5	5	5
N°16	4	3,5	5	4	5
N°17	2	4	2	3	5
N°18	4	4	3	4	5
N°19	5	5	3,5	3	5
N°20	5	5	4	5	5
N°21	5	3	4	3	5
N°22	4	3	4	4	5
N°23	4	2	5	4,5	5
N°24	4	3	2	4	5
N°25	5	4	4	4	5
MOYENNE	4,22	3,88	4,36	4,24	5
ECART TYPE	0,76485293	0,79425017	0,90737717	0,69402209	0

Tableau 7 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu témoin (MgCl₂).

Tofu témoin (MgCl₂)	Odeur	Gout	Couleur	Acidité	Consistance
N°1	5	4	5	5	5
N°2	5	4	5	5	5
N°3	4	4	5	5	5
N°4	4	4,5	4,5	4	5
N°5	5	3	4,5	5	5
N°6	4	4	5	4,5	5
N°7	4	5	4	5	5
N°8	5	4	5	4	5
N°9	4	5	4,5	4,5	5
N°10	4	3	5	5	5
N°11	4	5	5	5	5
N°12	4	4	5	4,5	5
N°13	5	4	5	5	5
N°14	5	4	5	5	5
N°15	4	4	5	5	5
N°16	4	4	5	4	5
N°17	4	5	4	3	5
N°18	4	5	5	4	5
N°19	5	4	4,5	4	5
N°20	5	4	4	5	5
N°21	5	4	4	4	5
N°22	4	3	4	4	5
N°23	4	3	5	4,5	5
N°24	4	3	4	5	5
N°25	5	4	4	4	5
MOYENNE	4,4	4,02	4,64	4,52	5
ECART TYPE	0,5	0,65319726	0,44534631	0,5492419	0

Tableau 8 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu avec sauce pesto (Vinaigre).

Tofu avec sauce pesto (vinaigre)	Odeur	Gout	Couleur	Acidité	Consistance
N°1	5	3	4	3	5
N°2	5	3	5	4	5
N°3	4	5	4	4	5
N°4	3	4	4	4	5
N°5	4	4,5	5	3	5
N°6	4	4	3,5	3	5
N°7	5	3	4	4	5
N°8	4	4	4,5	3	5
N°9	3	5	4,5	4	5
N°10	4,5	4	4,5	3	5
N°11	4	4	5	3	5
N°12	4	4	4	4	5
N°13	4	3	3,5	4	5
N°14	4	4	3	3	5
N°15	4,5	3,5	3	3	5
N°16	3	3,5	4,5	3	5
N°17	3,5	3	5	3,5	5
N°18	4	4,5	4	5	5
N°19	4	4	4	4	5
N°20	4,5	4	4	5	5
N°21	4	4	4,5	4	5
N°22	5	3,5	3	4,5	5
N°23	4	2	3	4	5
N°24	3	3	3	3	5
N°25	4,5	4	4	5	5
MOYENNE	4,06	3,74	4,02	3,78	5
ECART TYPE	0,61779177	0,69402209	0,66895441	0,66269651	0

Tableau 9 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu avec sauce pesto (MgCl₂).

Tofu avec sauce pesto (MgCl ₂)	Odeur	Gout	Couleur	Acidité	Consistance
N°1	5	4	4	4	5
N°2	5	3	5	4	5
N°3	4	5	4	4	5
N°4	4	4	4	4	5
N°5	4	4,5	5	3	5
N°6	4	4	5	5	5
N°7	5	5	4	4	5
N°8	4	4	4,5	3	5
N°9	4	5	4,5	4	5
N°10	4,5	4	4,5	3	5
N°11	4	4	5	3	5
N°12	4	4	4	4	5
N°13	4	3	4,5	4	5
N°14	4	4	5	4	5
N°15	4,5	4,5	5	3	5
N°16	5	3,5	4,5	3	5
N°17	4,5	3	5	3,5	5
N°18	4	4,5	4	5	5
N°19	4	4	4	4	5
N°20	4,5	4	4	5	5
N°21	4	4	4,5	4	5
N°22	5	3,5	4	4,5	5
N°23	4	4	5	4	5
N°24	4,5	3	4	4	5
N°25	4,5	4	5	5	5
MOYENNE	4,32	3,98	4,48	3,92	5
ECART TYPE	0,40517486	0,58594653	0,44440972	0,65637896	0

Tableau 10 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu au l'ail et le thym (Vinaigre).

Tofu au l'ail et le thym (vinaigre)	Odeur	Gout	Couleur	Acidité	Consistance
N°1	5	4	5	4	5
N°2	5	4	5	4	5
N°3	4	4	5	4	5
N°4	4	5	4	5	5
N°5	5	5	5	4	5
N°6	4,5	5	4	4	5
N°7	5	4,5	5	5	5
N°8	5	5	5	5	5
N°9	4	5	4	4	5
N°10	4,5	5	4	5	5
N°11	4	4	2	4,5	5
N°12	5	5	3	4	5
N°13	5	4	3	5	5
N°14	4	5	3	5	5
N°15	5	5	2,5	5	5
N°16	5	5	4	4	5
N°17	5	5	4,5	5	5
N°18	5	4	3	4	5
N°19	4	5	2	5	5
N°20	5	5	4	2	5
N°21	5	5	4	4	5
N°22	4	4	4	4	5
N°23	5	5	4	4	5
N°24	5	5	4	5	5
N°25	5	4,5	2	5	5
MOYENNE	4,68	4,68	3,8	4,38	5
ECART TYPE	0,45368859	0,45368859	0,98952851	0,69641941	0

Tableau 11 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu au l'ail et le thym (MgCl₂).

Tofu au l'ail et le thym (MgCl ₂)	Odeur	Gout	Couleur	Acidité	Consistance
N°1	5	5	5	4,5	5
N°2	4	4	5	5	5
N°3	5	5	5	4,5	5
N°4	4	5	4	5	5
N°5	5	5	5	4	5
N°6	4,5	5	4	4	5
N°7	5	4,5	5	5	5
N°8	5	5	5	5	5
N°9	4	5	4	4	5
N°10	4,5	5	4	5	5
N°11	5	4	5	4,5	5
N°12	5	5	5	4	5
N°13	5	4,5	5	5	5
N°14	4	5	5	5	5
N°15	5	5	5	5	5
N°16	5	5	4	4	5
N°17	5	5	4,5	5	5
N°18	5	4,5	4	4	5
N°19	4	5	5	5	5
N°20	5	5	4	4	5
N°21	5	5	4	4	5
N°22	4	4,5	5	4,5	5
N°23	5	5	5	4	5
N°24	5	5	4	5	5
N°25	5	5	5	5	5
MOYENNE	4,72	4,84	4,62	4,56	5
ECART TYPE	0,43493295	0,31358146	0,48476799	0,46368092	0

Tableau 12 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu au l'ail et le persil (Vinaigre).

Tofu au l'ail et le persil (vinaigre)	Odeur	Gout	Couleur	Acidité	Consistance
N°1	4	4	5	4	5
N°2	5	2	4,5	3,5	5
N°3	2	4	4,5	4	5
N°4	4	3	5	4	5
N°5	4	3,5	4	4	5
N°6	5	3	5	5	5
N°7	3	3	5	5	5
N°8	4	3	5	4	5
N°9	4	5	4	5	5
N°10	5	3	5	4	5
N°11	4	4	4	4	5
N°12	4	5	3,5	4,5	5
N°13	4	3	4,5	4,5	5
N°14	4	2	4	5	5
N°15	5	4	4	4	5
N°16	2	3	4	5	5
N°17	5	4	4	4,5	5
N°18	4	4	4	4,5	5
N°19	4	2	5	4	5
N°20	4	3	2	4	5
N°21	5	2	5	3	5
N°22	3	3,5	2	4	5
N°23	4	4	5	5	5
N°24	3	3,5	3	4	5
N°25	4,5	4	3	4	5
MOYENNE	3,98	3,38	4,16	4,26	5
ECART TYPE	0,84754548	0,84508382	0,89814624	0,5228129	0

Tableau 13 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu au l'ail et le persil (MgCl₂).

Tofu au l'ail et le persil (MgCl ₂)	Odeur	Gout	Couleur	Acidité	Consistance
N°1	4	4,5	5	4,5	5
N°2	5	3	4,5	4	5
N°3	4	4	4,5	4	5
N°4	4,5	3	5	4	5
N°5	4,5	3,5	4	4	5
N°6	5	3,5	5	5	5
N°7	4	3,5	5	5	5
N°8	4	3,5	5	4	5
N°9	4	5	4	5	5
N°10	5	3	5	4	5
N°11	4	4	4	4	5
N°12	4	5	4,5	4,5	5
N°13	4	3	4,5	4,5	5
N°14	4	2	4	5	5
N°15	5	4	4	4,5	5
N°16	4	3	4	5	5
N°17	5	4	4	4,5	5
N°18	4,5	4	4	4,5	5
N°19	4	3	5	4	5
N°20	4,5	3	2	4	5
N°21	5	3	5	4	5
N°22	4	3,5	3	4	5
N°23	4,5	4	5	5	5
N°24	4	3	3	4,5	5
N°25	4,5	4	4	4	5
MOYENNE	4,36	3,56	4,28	4,38	5
ECART TYPE	0,42130749	0,69701746	0,76485293	0,41533119	0

Tableau 14 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu avec l'ail, le thym et le persil (Vinaigre).

Tofu avec l'ail, le thym et le persil (vinaigre)	Odeur	Gout	Couleur	Acidité	Consistance
N°1	4	3	3	4	5
N°2	5	3	2	4	5
N°3	5	4	4	3	5
N°4	4	5	4	5	5
N°5	4	5	2	4	5
N°6	2	4	4	5	5
N°7	4	4	4	4	5
N°8	4	4	2	4	5
N°9	3	4	5	4	5
N°10	4	2	2	4,5	5
N°11	4	5	5	4	5
N°12	4,5	4	4	4	5
N°13	5	4	4	5	5
N°14	4	3	4	4	5
N°15	5	4,5	5	3	5
N°16	5	3	3	5	5
N°17	5	4	4	3	5
N°18	4	3	4	5	5
N°19	3	4	2	4	5
N°20	4	4	4	3	5
N°21	4	5	3	5	5
N°22	3	4	4	5	5
N°23	4	4	4	3	5
N°24	5	4	4	4	5
N°25	4	3	4	3	5
MOYENNE	4,1	3,86	3,6	4,06	5
ECART TYPE	0,76376262	0,75718778	0,95742711	0,74049533	0

Tableau 15 : les résultats d'évaluation sensorielle pour le tofu avec l'ail, le thym et le persil (MgCl₂).

Tofu avec l'ail, le thym et le persil (MgCl ₂)	Odeur	Gout	Couleur	Acidité	Consistance
N°1	4	4	4	5	5
N°2	5	3,5	5	4	5
N°3	5	4	4	4	5
N°4	4	4	4	5	5
N°5	4,5	5	5	4	5
N°6	3,5	4,5	4	5	5
N°7	4	4	4	4	5
N°8	4,5	4,5	5	5	5
N°9	3	4	5	5	5
N°10	4	2	2	5	5
N°11	4	5	5	4	5
N°12	4,5	4	4	4	5
N°13	5	4	4	5	5
N°14	4	3	4	4,5	5
N°15	5	4,5	5	4	5
N°16	5	3,5	3	5	5
N°17	5	4	4	4	5
N°18	4	3	4	5	5
N°19	3	4	5	4	5
N°20	4	4	4	4	5
N°21	4	5	4	5	5
N°22	4	4	4	5	5
N°23	4	4	4	3,5	5
N°24	5	4	4	4	5
N°25	4	4	4	3,5	5
MOYENNE	4,24	3,98	4,16	4,42	5
ECART TYPE	0,59721576	0,65319726	0,68799225	0,74049533	0

ملخص

يركز هذا العمل على تحضير جبن من نوع التوفو، يُنتج عن طريق تخثر حليب فول الصويا، باستخدام نوعين من مواد التخثر: الخل وكلوريد المغنيسيوم، مع إضافة أعشاب ونكهات عطرية (ثوم، بقونس، زعتر) وصلصة تُسمى "صلصة البيستو". الهدف هو الحصول على توفو ذو جودة حسية أفضل، مع قيمة غذائية عالية (بروتينات، فيتامينات، عناصر نادرة). تم تقييم الجودة الحسية للمنتجات، ثم اختبار جودتها العامة من خلال تحليل بعض المعايير الفيزيائية والكيميائية (الرقم الهيدروجيني، الحموضة، المستخلص الجاف)، وجودتها الصحية من خلال البحث عن بعض الكائنات الجرثومية (المكورات العنقودية، البكتيريا المعوية، البكتيريا العامة، الخمائر، والعفن)؛ وذلك في مختبر وحدة "النجاح" في مغنية، وفي مختبر الأحياء الدقيقة بجامعة تلمسان.

أظهرت النتائج أن المنتجات التي تم الحصول عليها ذات جودة عالية، ذات قوام متماسك ومتجانس، ونكهة مميزة للمنكه المستخدم، وخصائص فيزيائية وكيميائية مطابقة لمعايير الإنتاج .. يتراوح إجمالي المادة الجافة (TSE) بين 22 و 33 %، ودرجة الحموضة بين 5.29 و 6.35. كما تتميز المنتجات أيضًا بسلامتها الميكروبيولوجية، ويتجلى ذلك في خلوها التام من الجراثيم المدروسة، مما يضمن سلامة المستهلك. هذا، بالإضافة إلى قيمته الغذائية، مما يجعل هذا التوفو خيارًا غذائيًا مفضلًا، بالإضافة إلى فوائده الصحية الكبيرة.

الكلمات المفتاحية: التوفو، الخل، كلوريد المغنيسيوم، الأعشاب العطرية، التحليل الحسي، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، التحليل الميكروبيولوجي.

Résumé

Ce travail porte sur la préparation d'un fromage de type tofu, obtenu par coagulation du lait des graines de soja, en utilisant deux types de coagulants : le vinaigre et le chlorure de magnésium, et en y ajoutant des herbes et des aromates (ail, persil, thym) et une sauce dite « sauce pesto ». Le but est d'obtenir un tofu de meilleure qualité organoleptique, associée à une haute valeur nutritionnelle (protéines, vitamines, oligoéléments). Nous avons évalué la qualité sensorielle des produits, puis testé leur qualité générale par l'analyse de quelques paramètres physico-chimiques (pH, acidité, extrait sec), et leur qualité sanitaire par la recherche de certains microorganismes (staphylocoques, entérobactéries, flore totale, levures et moisissures) ; et ce au laboratoire de l'unité « En Nadjah » de Maghnia, et au laboratoire de microbiologie de l'Université de Tlemcen.

Les résultats ont montré que les produits obtenus sont de bonne qualité, présentant une texture ferme et homogène, une saveur typique de l'aromate utilisé ; et des propriétés physico-chimiques caractéristiques aux normes de production. La matière sèche totale (EST) varie entre 22 et 33 %, et le pH entre 5,29 et 6,35. Les produits présentent aussi une innocuité microbiologique traduite par l'absence totale des microorganismes recherchés, ce qui garantit la sécurité des consommateurs ; ajoutée à sa valeur nutritive, faisant de ce tofu un aliment de choix tout en étant très bénéfique pour la santé.

Mots-clés : Tofu, Vinaigre, Chlorure de Magnésium, Herbes aromatiques, Analyse sensorielle, Propriétés physico-chimiques, Analyse microbiologique.

Abstract

This work focuses on the preparation of a tofu-type cheese, obtained by coagulation of soybean milk, using two types of coagulants: vinegar and magnesium chloride, and adding herbs and aromatics (garlic, parsley, thyme) and a sauce called "pesto sauce." The goal is to obtain a tofu of better organoleptic quality, combined with high nutritional value (proteins, vitamins, oligoelements). We evaluated the sensory quality of the products, then tested their general quality by analyzing some physicochemical parameters (pH, acidity, dry extract), and their health quality by searching for certain microorganisms (staphylococci, enterobacteria, total flora, yeasts and molds); and this at the laboratory of the "En Nadjah" unit in Maghnia, and at the microbiology laboratory of the University of Tlemcen.

The results showed that the products obtained are of good quality, with a firm and consistent texture, a flavor typical of the flavoring used, and physicochemical properties consistent with production standards. The total dry matter (TSE) varies between 22 and 33%, and the pH between 5.29 and 6.35. The products also exhibit microbiological safety, reflected in the total absence of the researched microorganisms, guaranteeing consumer safety; added to its nutritional value, makes this tofu a food of choice while also being very beneficial for health. **Keywords:** Tofu, Vinegar, Magnesium Chloride, Aromatic Herbs, Sensory Analysis, Physicochemical Properties, Microbiological Analysis.