

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université ABOU BAKR BELKAID- Tlemcen



*Faculté des sciences de la nature et de la vie
Et sciences de la terre et l'univers*

Département Sciences de la Nature et de la vie

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme

De Master II en Science Alimentaire

**Option: Sécurité Agroalimentaire et Assurance
Qualité**

Thème

**Essai de fabrication de deux types de
fromages (camembert et mozzarella) à base
de lait inculé avec mycelium de pleurotes.**

Présenté Par : M^r ARIDJ Taleb

M^r BELBACHIR Boumediène

AZZI Nouredine	MAA	Examineur	Université de Tlemcen
BENYOUB Noredine	MAA	Examineur	Université de Tlemcen
TEFFIANI Chokri	MCA	Encadrant	Université de Tlemcen

Anné universitaire 2020/2021

Introduction

Ces dernières années, nous avons remarqué un intérêt pour la culture des champignons par des spécialistes de la recherche scientifique et des agriculteurs, en particulier les pleurotes, pour leur facilité de culture, de sorte qu'ils sont cultivés à l'intérieur d'un sol de paille ou de mac du café, c'est-à-dire qu'ils les cultivent l'intérieure matière végétales contenant de la cellulose et des matières organiques d'origine végétale ou animale.

A cette époque, l'idée nous est venue d'essayer de faire pousser du mycélium à l'intérieur du lait pasteurisé par tyndallisation et de traiter les résultats que nous obtiendrions. Parallèlement, nous avons essayé de faire du fromage avec du lait contenant du mycélium de pleurotes, qui a été incubé pendant 4 jours dans un température de 20 degrés Celsius.

Nous avons entrepris de fabriquer du fromage à partir de pâte m filée représentée par le fromage mozzarella, car lors de sa fabrication il passe par l'étape de pétrissage à l'eau chaude à 90°C, pour savoir si le mycélium est affecté par la chaleur et affecte les propriétés de ce fromage en termes de structure, goût et couleur, et nous avons choisi le fromage Camembert. Ce type passe par l'étape de vieillissement dans deux conditions régulières. L'humidité atteint 80 % et la température entre 10°C et 13 °C est similaire à l'étape d'incubation du mycélium des pleurotes à l'intérieur du foin, sauf la température différente.

Ainsi, dans notre travail, nous avons abordé quatre axes dans une séquence scientifique, en commençant par les axes théoriques :

Le premier axe concerne le lait et le fromage, le second axe concerne les pleurotes.

Les axes appliqués ont été représentés dans les matérielles et la méthodologie inclus dans la pasteurisation du lait au moyen de tyndallisation, puis nous avons cultivé le mycélium de pleurote à l'intérieur du lait pasteurisé et l'avons fait passer par le processus d'incubation afin de multiplier le mycélium pendant 4 jours à une température de 20 degrés Celsius, puis nous avons fait de la mozzarella et du camembert, et La quatrième est l'étude et l'analyse des résultats.

Chapitre I : Le lait et fromage

I.1. Le lait

I-1.1-Définition

Le lait est le premier aliment de l'Homme. Il est le seul à pouvoir revendiquer en tout temps et tous lieux le statut d'aliment universel, au moins pour la première partie de la vie de l'être humain. Il est un aliment complet qui garantit un apport non négligeable en protéines, lipide, sels minéraux notamment calcium et phosphore et en vitamines (**CHEFTEL, 1996**).

Le lait a été défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève comme étant le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir du colostrum (**POUGHEON et GOURSAUD, 2001**).

Le lait est le produit de la sécrétion mammaire normale, obtenue par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ni soustraction n'ayant pas été soumis à un traitement thermique. La dénomination lait sans indication de l'espèce animale de provenance, est réservée au lait de vache. Tout lait prévenant d'une femelle laitière, autre que la vache, doit être désigné par la dénomination lait, suivie de l'indication de l'espèce animale dont il provient (**JORA, 1993**).

Le lait est un aliment dont la durée de vie est très limitée. En effet, son pH, voisin de la neutralité, le rend très facilement altérable par les micro-organismes et les enzymes. Sa richesse et sa fragilité en font un milieu idéal, où de nombreux micro-organismes comme les moisissures, les levures et les bactéries se reproduisent très vite. Ses vitamines et ses matières grasses peuvent se transformer sous l'influence de la lumière, de l'oxygène et de la température (**LUQUET, 1985**).

I-1.2- La composition du lait

Le lait est une source importante de protéines de très bonne qualité, riche en acides aminés essentiels, tout particulièrement en lysine qui est par excellence l'acide aminé de la croissance. Ses lipides, caractérisés par rapport aux autres corps gras alimentaires par une forte proportion d'acides gras à chaîne courte, sont beaucoup plus riches en acides gras saturés qu'en acides gras

insaturés. Ils véhiculent par ailleurs des quantités appréciables de cholestérol et de vitamine A ainsi que de faibles quantités de vitamine D et E (**FAVIER 1985**).

Le lait est constitué de quatre phases :

- Une émulsion de matières grasses ou phase grasse constituée de globules gras et de vitamines liposolubles (A, D).
- Une phase colloïdale qui est une suspension de caséines sous forme de micelle.
- Une phase aqueuse qui contient les constituants solubles du lait (protéines solubles, lactose, vitamines B et C, sels minéraux, azote non protéique).
- Une phase gazeuse composée d'O₂ d'azote et de CO₂ dissous qui représente environ 5% du volume du lait (**FREDOT, 2006**)

Tableau 1 : Composition moyenne du lait entier (**FREDOT, 2006**)

Composants	Teneur (g/100g)
Eau	89.5
Dérivés azotés	3.44
Protéines	3.27
Caséine	2.71
Protéines solubles	0.56
Azote non protéique	0.17
Matières grasses	3.5
Lipides neutres	3.4
Lipides complexes	<0.05
Composés liposolubles	<0.05
Glucides	4.8
Lactose	4.7
Gaz dissous	5% du volume du lait

Extrait sec total	12.8g
-------------------	-------

Tableau 2 : composition moyenne en % du lait de vache, femme, brebis et chèvre (**JENSEN, 1995**).

Composants	Vache	Femme	Brebis	chèvre
Protéines	3.4	1.0	2.9	5.5
Caséines	2.8	0.4	2.5	4.6
Lipides	3.7	3.8	4.5	7.4
Lactose	4.6	7.0	4.1	4.8
Minéraux	0.7	0.2	0.8	1.0

Le **tableau (2)** représente la composition moyenne en % pour différentes espèces.

I-1.2-1- Eau

L'eau représente environ de 81 à 87% du volume du lait selon la race. Elle se trouve sous deux formes : libre (96% de la totalité) et liée à la matière sèche (4% de la totalité) (**RAMET, 1985**).

D'après **AMIOT et al. (2002)**, l'eau est le constituant le plus important du lait, en portion.

La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire.

I-1.2-2- Glucides

L'hydrate de carbone principal du lait est le lactose qu'est synthétisé dans le pis à partir du glucose et du galactose. Malgré que le lactose soit un sucre, il n'a pas une saveur douce. (**BRULE, 1987**).

Le lactose est le constituant le plus abondant après l'eau. Sa molécule est $C_{12}H_{22}O_{11}$. Celui-ci est en grande partie produit par le foie. (**MATHIEU, 1999**).

Le lactose est quasiment le seul glucide du lait de vache et représente 99% des glucides du lait de monogastrique. Sa teneur est très stable entre 48 et 50 g/l dans le lait de vache.

Le lactose est un sucre spécifique du lait (**HODEN et COULON, 1991**).

I-1.2-3- Matière grasse

La matière grasse ou taux butyreux représente 25 à 45 g par litre. (LUQUET, 1985).

La matière grasse est présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0.1 à 10µm et est essentiellement constituée de triglycérides (98%). La matière grasse de lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65% d'acides gras saturés et 35% d'acides gras insaturés. (JEANTET et al, 2008)

I-1.2-4- Protéines

Elles constituent avec les sels la partie la plus complexe du lait. Leur importance tient à plusieurs raisons : quatrième groupe de substance par son abondance après l'eau, le lactose et les matières grasses. (MATHIEU 1998).

D'après JEANTET et coll (2007), le lait de vache contient 3.2 à 3.5% de protéines réparties en deux fractions distinctes :

- Les caséines qui précipitent à pH 4.6, représentent 80% des protéines totales,
- Les protéines sériques solubles à pH 4.6, représentent 20% des protéines totales.

La classification des protéines du lait est illustrée dans le tableau 03

Tableau 03 : Classification des protéines (BRUNNER, 1981 cité par POUGHEON, 2001)

NOMS	% des protéines	Nombre d'AA
CASEINES	75-85	
Caséine α_1	39-46	199
Caséine α_2	8-11	207
Caséine	25-35	209
Caséine k	8-15	169
Caséine g	3-7	
PROTEINES DU LACTOSERUM	15-22	
β -Lactoglobuline	7-12	162
α -Lactalbumine	2-5	123
Sérum-albumine	0.7-1.3	582
Immunoglobulines (G1, G2, A, M)	1.9-3.3	-

Protéoses-peptones	2-4	-
--------------------	-----	---

I-1.2-5- Minéraux

Le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux sont : calcium, magnésium et potassium pour les cations et phosphate, chlorure et citrate pour les anions. (GAUCHERON, 2004).

La matière minérale du lait est (7g à 7.5g : l) est fondamentale d'un point de vue nutritionnel et technologique. Il est possible de doser les matières minérales ou cendres du lait par une méthode de calcination à 550°C (LUQUET, 1985).

Les minéraux sont présents, soit en solution dans la fraction soluble, soit sous forme liée dans la fraction insoluble (ou colloïdale). Certains minéraux se trouvent exclusivement à l'état dissous sous forme d'ions (sodium, potassium et chlore) et sont particulièrement biodisponibles. Les ions calcium, phosphore, magnésium et soufre existent dans les deux fractions (MATHIEU, 1998).

Tableau 04 : Composition minérale du lait de vache (JEANTET et al., 2007)

Eléments minéraux	Concentration (mg/kg)
Calcium	1043-1283
Magnésium	97-146
Phosphate inorganique	1805-2185
Citrate	1323-2079
Sodium	391-644
Potassium	1212-1681
Chlorure	772-1207

I-1.2-6- Vitamines

Ce sont des molécules complexes de taille plus faible que les protéines, de structures très variées ayant un apport étroit avec les enzymes, car elles jouent un rôle de coenzyme protéique.

On classe les enzymes en deux grandes catégories :

-les vitamines hydrosolubles (vitamines de groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait ;

-les vitamines liposolubles (vitamine A, D, E et K) associées à la matière grasse, certaines sont au centre globule gras et d'autres à sa périphérie. (DEBRY, 2001).

Tableau 05 : Composition vitaminique moyenne du lait cru (AMIOT *et al.*, 2002)

Vitamines	Teneur moyenne
Vitamines liposolubles	
Vitamine A (+carotènes)	40µg/100ml
Vitamine D	2.4µg/100ml
Vitamine E	100µg/100ml
Vitamine K	5µg/100ml
Vitamine hydrosolubles	
Vitamine C (acide ascorbique)	2mg/100ml
Vitamine B1 (Thiamine)	45µg/100ml
Vitamine B2 (Riboflavine)	175µg/100ml
Vitamine B6 (Pyridoxine)	50µg/100ml
Vitamine B12 (Cyanocobalamine)	0.45µg/100ml
Niacine et niacinamide	90µg/100ml
Acide pantothénique	350µg/100ml

Acide folique	5.5µg/100ml
Vitamine H (Biotine)	3.5µg/100ml

I-1.2-7- Enzymes

Ce sont des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Plus de 60 enzymes principales ont pu être isolés du lait ou dont l'activité a été déterminée. La moitié d'entre elles sont des hydrolases. (BLANC, 1982 ; POUGHEON, 2001).

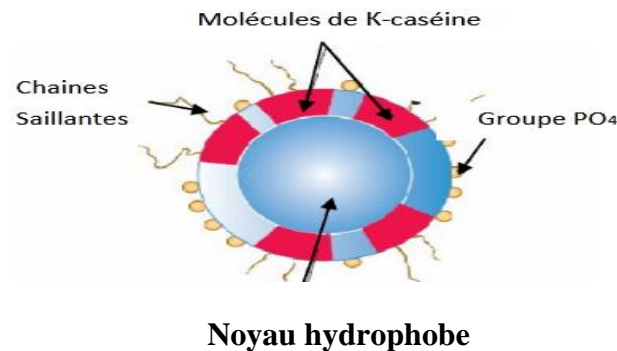


Figure 1 : structure d'une sub-micelle caséique (BYLUND, 1995)

Ces enzymes peuvent jouer un rôle très important en fonction de leurs propriétés : -Lyse des constituants originels du lait ayant des conséquences importantes sur le plan technologique et sur les qualités organoleptiques du lait (lipases, protéases). Ainsi on distingue des protéases originelles du lait ; La plasmine est le composant majoritaire (elle provient du sang et migre via la glande mammaire), et des protéases d'origine microbienne. Le genre *Pseudomonas fluorescens*, synthétise des protéases exocellulaires thermostables. Il est également à souligner que dans les laits de mammites, le nombre des cellules somatiques peut être considérablement accru, le niveau de protéolyse est nettement plus élevé que dans les laits normaux (MIRANDA et GRIPON, 1986).

-Rôle antibactérienne, elles apportent une protection au lait (lactoperoxydase et lysozyme).

- Indicateurs de qualité hygiénique (certains enzymes sont produites par des bactéries et de leucocytes), de traitement thermique (phosphate alcaline, peroxydase, acétylsterase, sont

des enzymes thermosensibles) et d'espèces (test de la xantine-oxydase pour détecter le lait de vache dans le lait de chèvre) (POUGHEON, 2001).

I-1.3-Facteurs influençant la variation dans la composition du lait

Deux grands types de variation existent, au stade de l'animal et au stade du traitement du lait. La composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs (STOLL, 2003).

Ces principaux facteurs de variation sont bien connus. Il sont soit intrinsèques liés à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire, etc.), soit extrinsèques liés aux milieux et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation). Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter compte tenu de leurs interrelations (WOLTER, 1988).

I-1.3-1-Facteurs intrinsèques

I-1.3-1-1 Facteurs génétiques

On observe des variations importantes de la composition du lait entre les différentes races laitières et entre les individus d'une même race. D'une manière générale, on remarque que les fortes productrices donnent un lait plus pauvre en matières azotées et en matières grasses. Ces dernières sont les plus instables par rapport au lactose. (VEISSEYRE, 1979).

JAKOB et HANNI en 2004, notent l'existence de variantes génétiques A et B issus des mutations ponctuelles. Ces derniers donnent des protéines différentes qui ne se distinguent que par l'échange d'un ou deux acides aminés. Les variantes génétiques des protéines du lait, notamment ceux de la caséine k (k-Cn) et de la β -lactoglobuline (β -Lg), influencent la composition du lait et certains critères de productivité de vaches.

I-1.3-1-2- Stade de lactation

Au cours de la lactation, les quantités de matière grasse, des matières azotées et de caséines évoluent de façon inversement proportionnelle à la quantité de lait produite. Les taux de matière grasse et de matières azotées, élevés au vêlage, diminuent au cours de premier mois et se maintiennent à un niveau minimal pendant le deuxième mois. Ils amorcent ensuite une remontée jusqu'au tarissement. L'amplitude de variation est généralement très importante pour le taux butyreux que pour le taux protéique. Les laits de fin de lactation présentent les mêmes caractéristiques des laits sécrétés par les animaux âgés. En outre, les deux taux protéiques et

butyreux, ont tendance à diminuer au cours des lactations successives. (**MEYER et DENIS, 1999**).

I-1.3-1-3- Age et nombre de vêlage

VEISSEYRE en 1979, montre que la quantité de lait augmente généralement du 1^{er} vêlage au 5^{ème}, puis diminue sensiblement et assez vite à partir de 7^{ème}.

Le vieillissement des vaches provoque un appauvrissement de leur lait, ainsi la richesse de lait en matière sèche tend à diminuer. Ces variations dans la composition sont attribuées à la dégradation de l'état sanitaire de la mamelle ; en fonction de l'âge, le nombre de mammites croît et la proportion de protéines solubles augmente en particulier celles provenant du sang (**MAHIEU, 1985**).

I-1.3-1-4- Etat sanitaire

Lors d'infection, il y a un appel leucocytaire important qui se caractérise par une augmentation de comptage cellulaire induisant des modifications considérables dans la composition du lait. (**BADINAND, 1994**).

Les mammites sont les infections les plus fréquentes dans les élevages laitiers. Elles sont à l'origine d'une modification des composants du lait avec pour conséquence, une altération de l'aptitude à la coagulation des laits et du rendement fromager (**TOUREAU et al, 2004**).

I-1.3-2- Facteurs extrinsèques

I-1.3-2-1- Alimentation

L'alimentation joue un rôle important ; elle permet d'agir à court terme et de manière différente sur les taux de matière grasse et de protéines. En effet, selon **COULON et HODEN en (1991)**, le taux protéique varie dans le même sens que les apports énergétiques, il peut aussi être amélioré par des apports spécifiques en acides aminés (lysine et méthionine). Quant au taux butyreux, il dépend à la fois de la part d'aliment concentré dans la ration, de son mode de présentation et de distribution (finesse de hachage, nombre de repas et mélange des aliments).

I-1.3-2-2- Saison et climat

L'effet propre de la saison sur les performances des vaches laitières est difficile à mettre en évidence compte tenu de l'effet conjoint du stade physiologique et des facteurs alimentaires (COULON *et al.*, 1991).

A partir des travaux réalisés par SPIKE et FREEMAN (1967) cité par COULON *et al.* (1991), il a été montré que la production laitière est maximale en décembre. A l'inverse, les taux butyreux et protéique du lait sont les plus faibles en été et les plus élevés en hiver. Chez des vaches de type pie noire, ils atteignent 3g/Kg pour le taux butyreux et près de 2g /Kg pour le taux protéique.

II. Fromage

II.1. Généralités

Les Gerces nommaient « FORMOS » le panier d'osier dans lequel ils transportaient les fromages. Les Romains en tirèrent le mot « Forma » puis la locution latine « Fromagère » qui veut dire « gâteau de lait caillé » qui au fil des siècles est devenu par contraction orale en « Fromage » en vieux français puis « Fromage que nous connaissons de nos jours ». L'appellation « Fromage » est réservé au produit fermenté ou non obtenu par la coagulation du lait , de la crème du lait écrémé , ou de leur mélanger, suivi d'égouttage et contenant au minimum 23 grammes de matière sèche pour 100 grammes de Fromage (**D.F.R.V. 2002**).

c'est un aliment fermenté ou non, obtenue par la coagulation spontanée ou artificielle du lait (**fonteneau 2017**).

Un fromage est la transformation du lait par coagulation qui a pour but la conservation des éléments nutritifs du lait .

Il existe plusieurs catégories de fromages, et chacune exige sa technique particulière à chaque étape de la fabrication, mais le processus le même pour tous les fromages.

Un fromage dit fermier, est un fromage fabriqué à petite échelle avec le lait d'une seule et unique ferme, et qui a été transformé dans cette même ferme.

Un fromage artisanal ou une usine artisanale, décrit d'ordinaire une fromagerie exploitée à petite échelle, située ou non sur une ferme utilisant le lait provenant aussi d'autres fermes.

2. les composants du fromage

2.1. Le lait

C'est le lait, qui est la base, la matière première du fromage, de tous les fromages. suivant les pays, il peut provenir de nombreux animaux domestiques : la vache, la chèvre , la brebis , mais aussi la bufflonne , la chamelle .En Algérie sont utilisés les laits de vache , de chèvre et rarement de brebis ,dont la composition est différente suivant les espèces animales, ainsi que l'indique l'encadré ci-dessous (**Tableau 06**)

Tableau 06 : les compositions du fromage (Teneur en g/kg) .(**fonteneau 2017**)

Origine	Matière grasse	Matières azotées	Lactose	Maitres minérales	Eau
Vache	40g	32g	50g	7g	871g
Chèvre	37g	32g	49g	7g	875g
Brebis	85g	62g	42g	8,5 g	802,5g

Tous les fromages « maison » peuvent être préparés soit avec du lait pasteurisé, soit avec du lait employé immédiatement après la traite. Mais il est essentiel que le lait soit toujours sain, parfaitement propre et frais.

Le lait est l'élément fondamental de la fabrication fromagère, la qualité du fromage dépend de la qualité du lait cette dernière :

- Ne doit pas contenir d'impuretés visibles.
- Ne doit présenter ni odeur, ni goûts anormaux.
- Ne doit pas contenir d'antibiotiques.
- Son acidité être voisine ou légèrement supérieur à celle qu'il possédait au moment de la traite.
- Le colostrum ou lait contenant du colostrum ou lait additionné de substances diverses (antiseptique, eau ...etc.) ne sont pas considérés comme lait sain et normal.

2.2. La présure

Chaque fromage réclame en effet un dosage, une température et un temps de coagulation différents. La présure est un produit fragile qui doit toujours être conservé au frais et à l'abri de la lumière, en bas d'un réfrigérateur par exemple.

Les fromages se fabriquent en faisant cailler du lait par adjonction de présure. Celle-ci est une enzyme extraite de la caillette des jeunes ruminants (veau, chevreaux, agneaux) avant servage (qui tète encore sa mère) . C'est la présure d'origine animale.

Cette présure contient deux fonctions actives l'une majeur, constituée par la chymosine, l'autre mineur, la pepsine.

La sécrétion de la chymosine s'arrête au moment du servage lorsque les éléments solides sont présents dans la ration alimentaire, la production de pepsine s'accroît alors très fortement et devient dominante (**Gelais et al., 2002, Katz et Weaver, 2003**).

Selon (**ITELV 2014**) d'autres présures de différentes origines peuvent être utilisées, telles que :

- La présure d'origine végétale (exemple : Fleurs de chardon sauvage, fleurs d'artichaut-suc ou lait de figuier).

- La présure chimique, composées de 95% à 100% de chymosine.
- Il existe plusieurs forces de présure, la plus utilisée est l'extrait de présure 1/10000^{ème}.
- La force de présure ou pouvoir coagulant se définit par les litres de lait que peut coaguler un litre de présure en 40 minutes à la température de 37°C, exemple cas de présure 1/10000^{ème} : 1 litre de présure coagule 10000 litres de lait en 40 min à 35°C.
- La présure doit être conservée au réfrigérateur à 4°C.
- La présure se présente soit sous forme liquide ou en poudre et doit être diluée dans l'eau stérilisée ou de l'eau minérale avant l'utilisation.

➤ Intérêt de présure :

- Coagulation rapide du lait.
- Amélioration de l'égouttage grâce au pouvoir de rétraction.

2.3. Le sel

Le salage des fromages est fort important. Non seulement il leur donne une saveur plus agréable, mais encore il assure une certaine durée de conservation. Le sel doit être fin et parfaitement sec. Le salage se pratique soit en mélangeant le sel au lait caillé, soit par saupoudrage sur les fromages frais, soit encore sous formes de saumure dans laquelle les fromages sont plongés pendant quelque temps (PLF, 2017).

2.4. L'acide lactique

L'acidité est une notion très importante pour l'appréciation de la valeur d'un lait de fabrication car c'est l'acidité qui fait tourner le lait et par conséquent c'est la coagulation spontanée.

Le lait contient naturellement des bactéries lactiques, ces microorganismes vivants consomment le lactose et produisent de l'acide lactique. L'importance de cette activité dépend beaucoup de la température, avec le temps et les conditions de conservation l'acidité initiale évoluera en fonction de l'activité microbienne produisant de l'acide lactique le lait.

C'est ainsi que l'acidité d'un lait pris à moment donné sera le résultat de deux acidités d'origines différentes : l'acidité initiale du lait (naturelle) et l'acidité (microbienne) développée (**Gelais et al., 2002, Katz et Weaver, 2003**).

Il faut savoir que :

- Le développement des bactéries lactiques permet lutter contre le développement de la flore indésirable (pathogène et autres germes nuisibles) .
- L'acidité de lait ou du lactosérum se mesure en degré DORNIC .
- L'acidité du lait diffère d'une espèce animale à une autre .

Tableau 07: mesure l'acidité du lait de 3 espèces ruminants. (ITELV.2014)

Origine du lait	Lait de vache	Lait de brebis	Lait de chèvre
L'acidité du lait en DORNIC	15-17	20- 22	14

3. Les bactéries lactiques

3.1. Les bactéries lactiques et la production d'acide lactique

Les bactéries lactiques sont des microorganismes anaérobies stricts dégradant le lactose en acide lactique ; il est possible de les classer en plusieurs groupes.

La qualité d'un levain lactique est définie par sa capacité produire de l'acide lactique, évaluée par la quantité d'acide lactique produite une durée et à une température donnée.

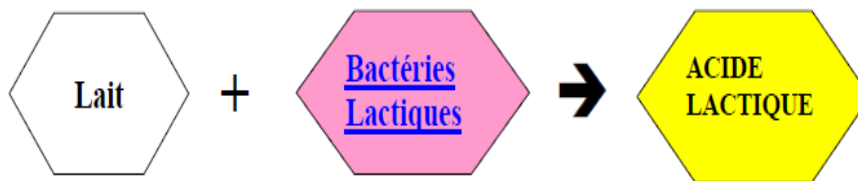


Figure 02 : fermentation lactique (Sylvie Morge et al,2004)

3.2. Les types bactéries lactiques

a. Les bactéries lactiques Homo-fermentaires

Ce sont des bactéries fermentant le lactose en produisant uniquement de l'acide lactique

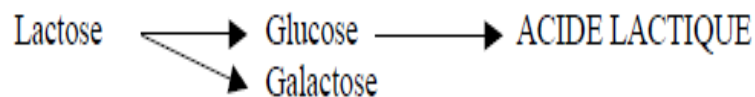


Figure 03 : Dégradation lactose au acide lactique (Sylvie Morge et al,2014)

b. Les bactéries lactiques Hétéro-fermentaires :

Les métabolites résultants de la fermentation du lactose sont des acides et du CO₂, cette particularité entraîne la formation de bulles de gaz emprisonnés dans la coagulum responsable de la formation de trous visibles dans le caillé ou le fromage.

c. Les bactéries lactiques Mésophiles

Ce sont des bactéries dont la température optimale de multiplication se situe entre 20 et 30 °C , mais la multiplication est possible entre 10 et 35 °C.

d. Les bactéries lactiques Thermophiles

Ce sont des bactéries dont la température optimal de multiplication se situe 40 et 60°C, toutefois la multiplication est possible entre 25et 60°C .

e. Les bactéries psychrotrophes

Ce sont des bactéries mésophiles capables de multiplier à une température inférieure à 7°C, mais avec des temps de génération long. Exemple : *Listeria monocytogen*, *Pseudomonas Fluorees*.

3.3. Caractéristiques des espèces bactériennes rencontrées les levains de fromagerie

Influence des bactéries lactiques au fabrication de fromage suite le tableau 06

Tableau 08 : Caractéristiques des espèces bactériennes (Gauzer, 2004).

Espèces bactériennes	Caractéristiques variable selon les souches
Homo-fermentaires mésophiles	
❖ <i>Lactococcus lactis ssp. Lactis</i>	Acidifiante rapide, sensible aux phages. Moins rapide, aromatisant, gazogène, sensible aux phages.
❖ <i>Lactococcus lactis var. diactylactis.</i>	Plus ou moins acidifiante, plus ou moins rapide , moins sensible aux phages.
❖ <i>Lactococcus lactis ssp. Cremoris.</i>	
Hétérofermentaires stricte mésophiles	
❖ <i>Leuoconstoc mesenteroides ssp. Cremoris.</i>	Aromatisant, gazogène
❖ <i>Leuoconstoc mesenteroides.</i>	Plus gazogène
Homofermentaires Thermophiles	
<i>Streptococcus thermophilus .</i>	Moins acidifiante, plus rapide, ne fermente pas le galactose.
<i>Lactobacillus bulgaricus.</i>	Plus acidifiante, plus ou moins rapide , ne fermente pas le galactose.

<i>Lactobacillus delbruki ssp. Lactis</i>	Plus acidifiante, plus lente, moins protéolytique, moins thermensible, plus résistante au lysozyme.
<i>Lactobacillus helveticus</i> .	Plus ou moins acidifiante, plus lente, plus protéolytique, plus thermorésistante, plus ou moins résistantes au lysozymes.

3.4. Croissance des bactéries lactiques

Tableau 09 : La température est un des facteurs majeurs de la croissance microbienne (Morge et al., 2004).

Espèces bactériens	température		
	Minimales	Optimales	maximales
Les lactocoques mésophiles :			
- <i>Lactococcus lactis ssp. Lactis</i> .	10	25-30°C	40°C
- <i>Lactococcus lactis var. diacetylactis</i> .	10	20-22°C	38°C
- <i>Lactococcus lactis ssp. cremoris</i>	10	25-30°C	38°C
Les streptocoques thermophiles :			
<i>Streptococcus thermophilus</i>	18°C	40- 45°C	50°C pas de croissance à 53°C
Les lactobacilles thermophiles :			
- <i>Lactobacillus delbrueki ssp. Bulgaricus</i> .	20°C	40-45°C	52,5°C
- <i>Lactobacillus lactis</i>	20°C	40-45°C	52°C
- <i>Lactobacillus helveticus</i>	20°C	40-45°C	50°C

Les bactéries lactiques sont détruites de manière conséquente au-dessus de 72°C, 15 minutes au cours d'une pasteurisation.

4 .Classification des fromages :

4.1. Selon la réglementation des fromages (FAO /OMS, 1978)

- **Fromage** : il faut au moins 23g de MS/100g.
- **Fromage blanc** : qui n'a pas subi d'affinage.
- **Fromage frais** : si la flore est vivante au moment de la vente, peut avoir moins de 32% de MS/100g.
- **Fromage fondu** : Produit de la fonte d'un fromage ou d'un mélange de fromage avec éventuellement d'autre produit laitiers. il doit y avoir 43% de MS dont 40% MG (Eck *et al.*, 1997).
- **Fromage au lait de mélange** : quand la matière première provient d'au moins deux espèces animales différentes.
- **Fromage fermier** : production traditionnelle par le producteur agricole.
- **Fromage au lait cru** : préparation avec du lait cru, c'est-à-dire pas chauffé au de la de 40°C, et sans additions.

4.2. Selon la qualité :

- **Fromages définis** : les caractéristiques de fabrication, de format, d'affinage, de teneur en MG sont définis dans un cahier des charges précis. EX : St-Paulin, Camembert, Emmenthal.
- **Fromages « AOC »** : **Appellation d'Origine Contrôlée**, délivrée par l'institut National des appellations d'origine, comme les fromages définies mais propres à un terroir et une tradition (Roquefort).
- **Fromage avec « label Agricole »** : le label atteste d'un niveau de qualité de la production et de la fabrication.
- **Fromage avec « AOP » et « IGP »** :
AOP : Appellation d'origine protégée.
IGP : Indication Géographique de provenance.

4.3. Selon la fabrication

Selon **Rodriguez Fernandez et al.**, (2017) ; **Katz et Weaver**, (2003) et **Pradal**, (2012), les fromages peuvent être classés selon leurs fabrications en :

- **Les fromages à pâte fraîche « fromage frais »** : leur fabrication est simple, rapide et ne nécessite pas d'affinage, de courte conservation, ils sont consommés immédiatement, ils sont assez déminéralisés .
- **Fromages à pâte molle** : le terme pâte molle s'applique un fromage qui subit au moment de sa fabrication ni chauffage, ni pressage, c'est une pâte tendre, onctueuse, voir

coulante à pleine maturation du fromage. Les moisissures de champignons donnent au fromage une croûte fleurie (brie, camembert,...).

• **Les fromages à pâte persilles** : ce sont des pâtes molles,ensemencées de spores de pénicillium qui développent des moisissures lors du moulage ils sont mis en cave ou sous des conditions contrôlées et avec de longues aiguilles ils sont percés pour permettre la circulation de l'air indispensable au développement des moisissures (Roquefort, le bleu des causes...).

• **Les fromages à pâte dure « fromages à pâte pressée ».**

Les fromages sont pressés après le moulage et sont égouttés complètement, on distingue :

a- **Pâte presses non cuites « PPNC »** : fabriqués à partir d'un lait caillé peu chauffé afin de conserver l'humidité nécessaire à un affinage de plusieurs mois.

Le pressage du caillé, accélérant l'évacuation du sérum, durcit la pâte déshydratation, exemple : (Cheddar, Saint Paulin).

b- **Pâte presses cuites « PPC »** : sont fabriqués à partir d'un caillé présuré fortement chauffé ; fromage de grande taille et demandent de longue mois d'affinage comme l'Emmenthal, le Gruyère, le Comté.

5. Technologies de la fabrication fromagère

5.1. L'emprésurage

C'est l'ajoute de la présure dans le lait afin qu'il puisse cailler. C'est deux ingrédients produisent alors l'acidité nécessaire pour que les protéines s'assemblent et donnent le fameux aspect mi- solide du lait caillé.

5.2. Le caillage

Le lait va passer de l'état liquide à l'état solide au cours de cette coagulation , la caséine se soude en sorte de gel (caille-présuré) ou en forme de flacon (caille lactique).

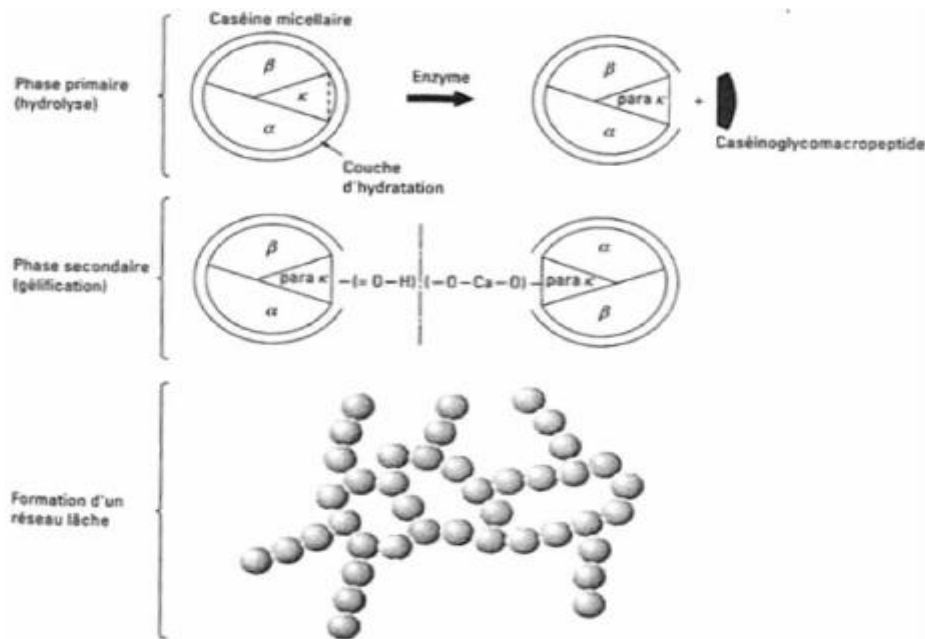


Figure 4 : Les trois phases de la coagulation enzymatique des fromages (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002).

➤ **L'hydrolyse enzymatique de la caséine K**

Elle concerne l'hydrolyse de la caséine K au niveau de la liaison peptidique phénylalanine (105) et méthionine (106), qui conduit à la formation de para-caséine K (1-105), et de CMP (106-169). La libération du CMP se traduit par une réduction du potentiel de surface des micelles et en conséquence, une diminution des répulsion électrostatique qui à l'état initial contribue à la stabilité du système colloïdal (Eck et Gillis, 1997).

➤ **La phase de réticulation**

Au cours de la formation du gel plusieurs facteurs peuvent influencer son activité coagulante (Jeantet et al., 2007)., parmi ces on peut citer :

- **La concentration en enzyme :** le temps de coagulation est inversement lié à la concentration en enzyme (Mahaut et al., 2003).

- **La Température :**

La température joue un rôle assez important dans la coagulation du lait par la présure (tableau 4).

Tableau 10 : Impacte de la température sur coagulation du lait par la présure (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002).

Température	impact
<10°C	Il n'y a pas de coagulation mais l'enzyme agit quand même

10- 20°C	La coagulation est lente
30-42°C	Il y a une augmentation progressive de la vitesse de coagulation
42 – 55°C	La vitesse de coagulation diminue
55°C et +	Il y a absence de coagulation

• pH

L'abaissement du pH du lait entraîne un temps de coagulation plus court. Cela résulte d'une part d'un effet sur l'activité de l'enzyme, dont le pH optimal d'action sur la caséine K est de 5,5, d'autre part de la diminution de la stabilité des micelles, lié à la naturalisation des charges et de la libération d'ion calcium à partir des complexes dissous et colloïdaux (**Mahut et al., 2003**).

• Teneur en CaCl₂

L'addition de CaCl₂ entraîne une augmentation du calcium ionisé et du colloïdal ayant pour conséquence une augmentation de la taille des micelles (plus la dimension de la micelle est grande, plus le temps de coagulation est court) (**Lenoir, 1985 ; Mahaut et al., 2003**).

5.3. Le moulage

Le moulage modelé, le fromage dans sa forme définitive. Pour les pâtes molles, on verse le caillé au moyen de louches, pôles ou écrémâtes dans des moules perforés placés sur des tables, afin que le sérum s'écoule. Les pâtes pressées cuites sont moulées dans des formes à fond de bois et le caillé est enveloppé dans une toile de lin.

5.4. L'égouttage

L'égouttage est l'étape de séparation du caillé (la phase solide) et du lactosérum ou petit lait (la phase liquide) composée d'eau et de matières solubles comme la lactose (75%), des minéraux (essentiellement du calcium), des vitamines et protéines (10%). Durant cette phase, c'est 80% d'eau contenue dans le caillé qui est éliminée (**Pointurier et al., 2003**).

Le caillé doit être séparé du petit-lait (lactosérum) de cette intervention délicate, dépendant la qualité et la conservation du fromage.

Quand le caillé est à caractère lactique, l'égouttage est spontané, car les grains de caillé sont perméables. Par la pression, le petit-lait peut être expulsé. Cela dure plusieurs heures.

Pour l'égouttage des caillés à caractère présure, la masse coagulée doit être rompue par des opérations de tranchage (tranche-cillé), brasage. Plus pressage qui permettront de séparer le petit-lait. En même temps que le caillé est tranché, il est chauffé (la température dépend du type de fromage).

5.5. Le salage :

Le sel assure une meilleure conservation, contribue après le démoulage d'une plus belle croûte, améliore le goût et donne de la consistance au laitage.

Selon **Vignola (2002)**, trois méthodes de salage sont couramment utilisées.

1. Technique à sec : la plus simple consiste, après le démoulage à saupoudrer ou à frotter régulièrement chacune des surfaces du fromage avec du sel (évite de mouiller la surface et permet de l'assécher et de la faire croûter, mais elle entraîne une baisse de rendement et de fluctuation dans la teneur finale en sel). On l'utilise pour des fromages de type suisse, comme le comté ou le gruyère, et pour des fromages fermiers de chèvre.

2. Technique en saumure : on plonge les fromages dans un bac ou une piscine de saumure, pendant un temps qui varie de 15 min à 2 jours suivant la taille des meules, la concentration en sel et la température de la saumure.

3. Une autre technique de salage consiste à saler les grains de fromage avant la mise en moule. C'est la technique du cantal, du cheddar et d'autres fromages apparentés du sel dans l'ensemble des meules et le contrôle des microorganismes sont plus rapides.

Après avoir démoulé les fromages, on vérifie éventuellement que le fromage, soit suffisamment égoutté.

Ensuite on sale ; soit au sel fin, à la volée, soit par immersion du fromage dans un bain de saumure saturée en sel.

Le sel joue un triple rôle :

- Il exerce une action antiseptique.
- Il détermine, selon sa préparation dans la surface, l'aspect et le goût du fromage.
- Il participe à la formation de la croûte, il est nécessaire à la conservation.

5.6. L'affinage

Pour les fromages blancs, les opérations s'arrêtent avec l'égouttage ; Pour les autres commence l'affinage, une maturation biologique qui dure plusieurs jours à plusieurs mois.

Il exige de l'affineur le bon geste au bon moment, une attention aiguisée, de la patience dans l'atmosphère contrôlée des caves ou des hâloirs, c'est la phase ultime de la fabrication des fromages, c'est aussi la plus complexe.

L'affinage peut être en processus primaires et processus secondaires de dégradation.

Le processus I^{aire} comporte : la fermentation du lactose résiduel, de l'acide lactique et de l'acide citrique, ainsi que la dégradation des protéines et des lipides. Suite à ces événements primaires, d'autres événements biochimiques secondaires prennent place et sont très importants pour le développement des composés aromatiques. Le processus secondaire concerne donc la dégradation des acides aminés et des acides gras (**Mc Sweeney, 2004**).

➤ Fermentation du lactose

Le lactose est hydrolysé sous l'action de nombreux micro-organismes. La molécule, après pénétration dans la cellule du microorganisme est transformée en glucose et galactose puis dégradée par de nombreuses voies métabolique. Le métabolite majeure obtenue est l'acide lactique (**Goudéranche et al., 2008**).

➤ **Lipolyse**

L'activité lipolyse se traduit essentiellement à travers les activités enzymatiques de type lipase et estérases endocellulaires, qui sont relarguées dans la matrice fromagère lors de l'autolyse des bactéries, au cours du procès de fabrication. Les estérases hydrolysent les esters d'alcools, de phénol et d'acides gras, tandis que les lipases hydrolysent essentiellement les TG (**Dridier et prevost, 2009**)

➤ **Protéolyse**

D'une manière générale, les bactéries lactiques et en particulier les lactocoques et les lactobacilles, possèdent un système protéolytique complexe qui permet la dégradation des protéines extracellulaires et assure leurs importants besoins en acides aminés (**Dridier et Prevost, 2009**).

La protéolyse n'est pas uniquement due aux micro-organismes présents lors de la fabrication, mais également aux enzymes contenues naturellement dans le lait « plasmine » ou apportées volontairement par la présure « chymosine » (**Dridier et Prevost, 2009**) .

Chapitre II. Les pleurotes

II.1. Définition

Les Pleurotes sont des organismes eucaryotes, thallophytes, non chlorophylliens, à corps généralement filamenteux appelé mycélium. Ce dernier est de couleur blanche et est septé. Il forme, en période de fructification, des sporophores ou carpophores appelés communément champignon (**Maublanc, 1976 ; Monnier, 1997**).

Parmi les espèces de Pleurotes se trouve *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex. Fries) Kummer, appelé couramment Pleurote en forme d'huitre ou Pleurote en huitre, champignon saprophyte comestible, qui a fait l'objet de nombreux travaux de recherche dans différents domaines. En France, sa culture ne date que des années 70, alors qu'elle remonte à des temps beaucoup plus anciens en Chine (**Olivier et al., 1991**).

La culture du Pleurote occupe la deuxième place dans le monde après *Agaricus Bisporus* (**Rühl et al., 2008**).

C'est un Basidiomycète lignocellulolytique, c'est à dire décomposeur primaire; il pousse sur bois ou paille et offre la possibilité de valoriser divers déchets agro-industriels (paille de céréale,

marc de café, grignon d'olive ...etc.)(Mansour-Benamar et al, 2007, 2010; Mansour-Benamar, 2016).

II.2. Description

Selon Mansour-Benamar (2016) le Pleurote en huitre locale (**figure 1**) qui fait objet de cette étude présente les caractéristiques suivantes :

-Le chapeau : légèrement bombé, s'étalant en éventail, charnu, marron grisâtre, de 4 à 15 cm de diamètre.

Les marges du chapeau sont incurvées et lisses,



Figure 05 : *Pleurotus ostreatus* (Jacq.ex. Fries) Kummer

Les lamelles : sont blanchâtres, serrées et longuement décurrentes, plus espacées vers le pied,

- Le pied (ou stipe) est excentré, très court, plein, poilu à la base, dépourvu d'anneau et de volve,
- La chair : blanche, épaisse et tendre sauf le pied,
- Les basides avec quelques rares basidiospores (7,5–11 x 3–4 μm),
- Pousse en touffes
- Bon comestible,
- Date de récolte et du 1er isolement : Novembre 1993.

II.3. Cycle de vie des Pleurotes

D'après Delmas (1989), Olivier et al. (1991) et Oei (1993), le cycle biologique des Pleurotes est composé de deux phases distinctes:

- **une phase végétative** qui synchronise la croissance et le développement d'un mycélium primaire monocaryotique, issu de la germination d'une basidiospore,
- **une phase fructifère** qui correspond à la formation des carpophores.

Elle démarre avec la conjugaison (plasmogamie) de deux mycéliums monocaryotiques haploïdes compatibles, donnant naissance à un mycélium secondaire dicaryotique caractérisé par la formation de boucles d'anastomoses, et qui, à son tour, rentre en phase de croissance.

Lorsque les conditions environnementales changent et deviennent contraignantes, ce mycélium s'agrège et s'organise en primordia qui évoluent en carpophores au sein desquelles, s'individualisent des cellules spéciales : les basides, sièges de la reproduction sexuée (caryogamie). Suite à la méiose, il se forme des basidiospores mononucléées haploïdes qui se détachent puis germent lorsque les conditions sont favorables. Elles sont à l'origine d'une nouvelle génération.

Dans la **figure 05**, nous avons repris la représentation schématique du cycle de vie du Pleurote en forme d'huître, selon **Delmas (1989)**.

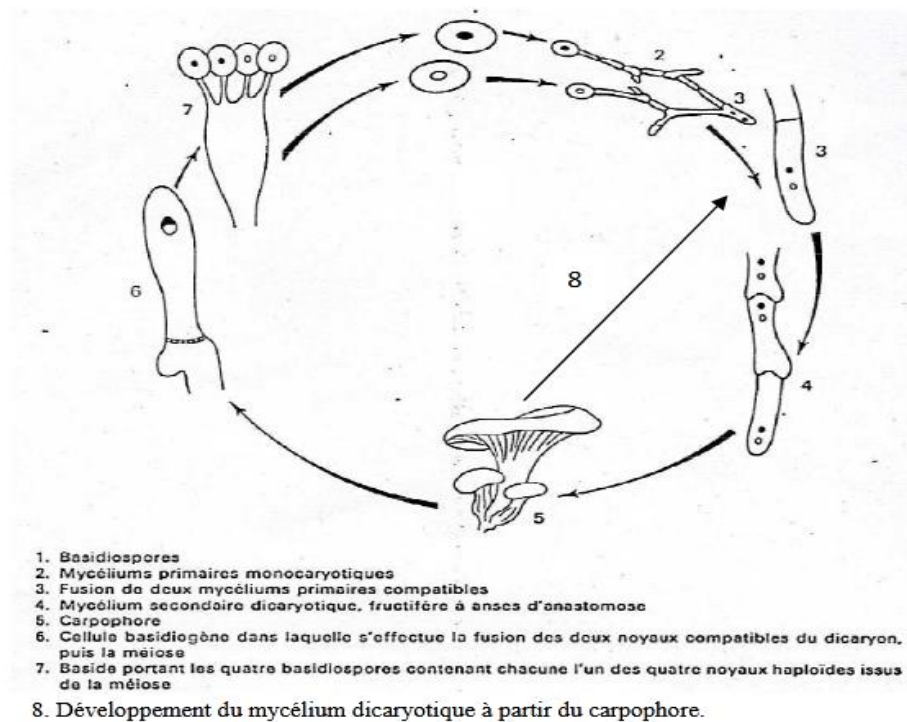


Figure 06 : Cycle de reproduction de *Pleurotus ostreatus* (Delmas, 1989)

II.4. Systématique

La systématique du Pleurote en huître, rapportée par Mansour-Benamar (2016), est la suivante :

Règne : Fungi

Division : Basidiomycota

Classe	: Agaricomycetes
Sous classe	: Agaricomycetidae
Ordre	: Agaricales ou Tricholomatales
Famille	: Pleurotaceae
Genre	: Pleurotus
Espèce	: <i>P. ostreatus</i> (Jacq. Ex. Fries) Kummer (1871)

II.5. Facteurs influençant la croissance et la fructification des Pleurotes

Différents facteurs influent sur la croissance mycélienne et la fructification des Pleurotes. Ils sont, d'ordre, nutritif, physique et chimique.

II.5.1. Facteurs nutritifs

Le Pleurote en forme d'huitre exige un milieu de vie dans lequel il doit trouver toutes les substances nécessaires au développement de son mycélium et à sa croissance et à la formation des carpophores. Il a besoin d'une source de carbone. La meilleure source pour le Pleurote est l'amidon, le mannose, le glucose et le maltose (**Delmas 1989 ; Olivier et al., 1991**). Il a également besoin d'une source d'azote retrouvée dans le sulfate d'ammonium et l'urée ainsi que des éléments minéraux comme le phosphore, le potassium, le magnésium, le calcium et des oligo-éléments comme le zinc, le cuivre, le fer et le manganèse. Les Pleurotes ont également besoin de thiamine (**Delmas, 1989**).

II.5.2. Facteurs physiques

Les principaux facteurs physiques ayant une influence sur la croissance du Pleurote sont la température, l'humidité, la lumière et l'aération.

Le développement du mycélium est optimal à une température avoisinant 25° et bon entre 20 et 25°C (**Olivier et al., 1991**).

La fructification requiert une température d'environ 15°C et l'induction fructifère nécessite un abaissement de la température (**Olivier et al., 1991**).

L'humidité de l'air doit se situer entre 80 et 85% pendant la phase d'incubation du mycélium alors qu'elle doit se situer entre 80 à 90% en phase de fructification (**Olivier et al., 1991**).

La lumière n'est nécessaire qu'au cours de la fructification (**Oei, 2005**).

II.5.3. Facteurs chimiques

Les facteurs chimiques qui influencent la croissance mycélienne et la fructification sont: les gaz et le pH.

Les champignons cultivés, étant des organismes aérobies, exigent de l'oxygène pour respirer et pour la dégradation de certaines substances comme la lignine (**Olivier, 1991**).

Au cours de la fructification, le taux de CO₂ dans le substrat de culture doit être inférieur à 0.1%. En effet une forte concentration en CO₂ est favorable à la croissance mycélienne mais non à sa fructification (**Oei, 2005**).

Pour l'acidité (pH) du milieu, les champignons se développent sur des supports légèrement acides (pH 5 à 6.5), mais ces derniers présentent l'inconvénient d'être également favorables au développement de moisissures concurrentes d'où la recommandation d'un pH basique (pH= 9) (**Philipoussis, 2009**).

II.6. Intérêts du Pleurote

II.6.1. Intérêt alimentaire

Nutritionnellement, les Pleurotes sont considérés comme aliment sain, riche en protéines, fibres, minéraux et en vitamines (principalement les vitamines B1, B2, C et D), mais contient de faibles teneur en calories et en matières grasses. Il possède une saveur unique et des propriétés aromatiques (**Herndndezet al., 2003; Manzi et al., 2004; Kalmis et al., 2008**).

II.6.2. Intérêt médicinal

De nombreuses propriétés pharmacologiques ont été attribuées à *Pleurotus ostreatus*, comme des activités anticancéreuses rapportées par **Givelet (2011)** et **Blandeau (2012)**, des

activités anti-cholesterol (**Radha & Lakshmanan, 2013**) et des activités anti-oxydantes puissantes (**Jayakumar et al., 2007**)

II.6.3. Intérêt économiques et écologiques

Le premier intérêt des Pleurotes est dans la possibilité de valoriser les matières premières de faible coût à savoir des résidus de l'agriculture; de plus les résidus de cette culture peuvent être, à leur tour, valorisés en les utilisant comme engrais (**Flandroy, 1993; Kara Ali & Khendriche, 2013**) ou être intégrés dans l'alimentation animale (**Akkache, 2010**). De nombreuses recherches ont été entreprises pour l'utilisation des Pleurotes dans la bio remédiation des sols contaminés par les PCP (**Cannon & Kirk, 2007**).

III- Matériels et méthode

Notre expérimentation a été réalisée au niveau du laboratoire pédagogique situé à la faculté SNV/STU de l'université de Tlemcen. Ce travail a été réalisé en plusieurs étapes et ceci du 22/05/2021 au 22/06/2021.

1- Matériels

Les outils et le matériel utilisé dans cette expérimentation sont résumés dans le **tableau 10**.

Tableau 11 : Les outils et les produits utilisés dans la fabrication du fromage.

Appareillages	Réactifs	Verrerie	Autres
<ul style="list-style-type: none">• pH mètre• Thermo-lacto-densimètre• Autoclave• Balance• Haute UV• Bain marie	<ul style="list-style-type: none">• Ferments lactiques• Présure• Chlorure de Calcium• Eau distillée	<ul style="list-style-type: none">• Bouteilles de 1litre• Béchers• Eprovettes• Entonnoir	<ul style="list-style-type: none">• Coton stérile• Papier aluminium• Louche• Récipients• Ustensiles• moules

• Thermomètre			
---------------	--	--	--

2.1. Lait cru

L'échantillon du lait cru utilisé dans le cadre de cette étude provient d'un élevage de vaches implantés dans la région de Tlemcen. Il été collecté à partir de vaches saines, Il a été recueilli proprement dans des citernes en inox. Ces dernières sont transportées vers la laiterie où il a été analysé.

2.2. Méthodes d'analyses physicochimiques

Les analyses physicochimiques d'un produit ont pour but d'assurer sa fiabilité et sa consistance afin de garantir ses caractéristiques nutritionnelles et organoleptiques Pour effectuer ces analyses nous avons utilisé les méthodes selon **AFNOR (1986)**.

2.1. Détermination du pH

- Principe

Cette méthode est basé sur la mesure directe du pH à l'aide d'un pH mètre.

- Mode opératoire

Introduire les électrodes de pH mètre dans un bécher contenant le lait à analyser. La valeur du pH est lue directement sur l'afficheur du pH mètre (**Figure 01**).

Après étalonnage de pH mètre à l'aide d'une solution tampon (pH 4 et pH 7) nous avons procédé par les étapes suivantes :

- Prolonger l'électrode dans l'échantillon à analyser ;
- Mesurer le pH ;
- Rincer à l'eau distillée après chaque utilisation.



Photo 01 : Acidimètre (Photo originale)

2 .2. Détermination de la densité

La mesure de la densité du lait sert à l'étude de mouillage du lait.

Principe

La densité du lait est le poids en kilos d'un litre de lait à 20°C. Elle est mesurée par un thermo-lacto-densimètre (**Figure 02**).



Photo 02 : Mesure la densité du lait (Photo originale)

Norme

Selon La mesure de la densité du lait cru doit être comprise entre 1.028 -1.032.

- **Détermination de la densité**

Principe

La densité est définie comme étant le quotient d'un certain volume de lait sur le même volume d'eaux. Ce rapport doit se faire à température et à pression constante.

Mode opératoire

Le lait est versé doucement dans une éprouvette de 250 ml, le faisant couler le long de la paroi pour éviter la formation de la mousse. Remplir l'éprouvette jusqu' à son extrémité supérieure de manière que le lait déborde légèrement puis on plonge le lactodensimètre. La lecture se fait directement sur l'échelle graduée du lactodensimètre en suivant la loi suivant :

- Si la température est supérieur à 20°C alors $D = D_i + 0,2(T - 20)$

-Si la température est inférieur à 20°C alors $D = D_i - 0,2(T - 20)$

2.3. Stérilisation du lait

- principe

C'est un traitement thermique pour éliminer toute la flore bactérienne existante dans le lait cru afin d'éviter tous conquérants prévus de mycélium qui va êtreensemencé dans ce lait, on effectue la technique de tyndallisation.

Cette dernière est basée sur un échauffement à 100°C pendant 10 minutes, on répète l'opération trois fois avec une durée de 24 heures d'intervalle (**Photo 03**).

Mode opératoire

- Préparation et nettoyage de bouteilles en verre de 1 litre de contenance.
- Remplir les bouteilles avec le lait frais à raison de 600 ml par bouteille.
- Mettre les bouteilles et le lait dans un autoclave à une température de 100 °C pendant 10 minutes.
- Répétition de ce protocole pendant 3 jours.



Photo 03 : stérilisation du lait (Photo originale)

Objectif de la technique de tyndallisation

La méthode décrite par **John TYNDALL (1820-1893)** consiste en une série de traitements thermiques d'une heure dans une température de 70 à 80°C répété trois fois et séparées par un repos à température ambiante d'un intervalle de 24 h ce qui permet la germination des spores dans la température ambiante puis leur destruction par élévation de température sans qu'il y ait une utilisation excessive de la température.

2.4. Ensemencement du mycélium dans le lait stérilisé

Mode opératoire

Remplir 20 grammes de mycélium pour chaque 600 ml du lait stérilisé. Cette opération a été effectuée sous une hotte à flux laminaire afin d'éviter tous genres de contamination possible (**Photo 04**).



Photo 04 : Ensemencement du mycélium sous hotte à flux laminaire (Photo originale)

2.5. Incubation du mycélium ensemencé dans le lait :

Mode opératoire

On laisse le mycélium incubé dans le lait pendant sept jours.

Après l'incubation on obtient un lait avec un taux élevé de mycélium, ce lait on essaie de l'utiliser dans la fabrication du fromage (**Photo 05**).

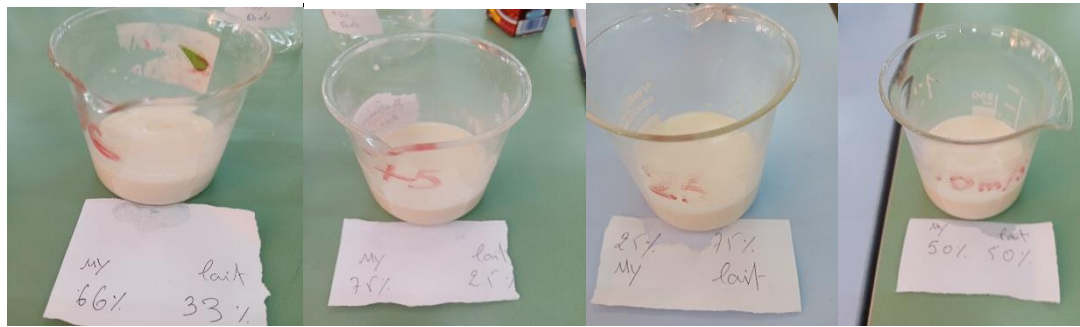


Photo 05 : incubation dans une étuve (Photo originale)

3. Fabrication de fromage

3.1. Echantillonnage

Nous avons préparé 4 échantillons avec des proportions différentes et y avons ajouté la présure en quantité fixée représentée par une goutte de présure avec une concentration de 1/5000 à l'intérieur d'un mélange entre du lait pasteurisé et du lait contenant des spores de champignons (**Photo 06**).



Ech 01

My 66%/ lait 33%

Ech 02

My 75%/ lait 25%

Ech 03

My 25%/ lait 75%

Ech 04

My 50%/ lait 50%

Photo 06: le caillage du lait selon différent le taux de My (Photo originale)

3.2. Objectif

L'objectif de cette étape est de connaître le temps nécessaire à la coagulation du lait et le taux du caillage.

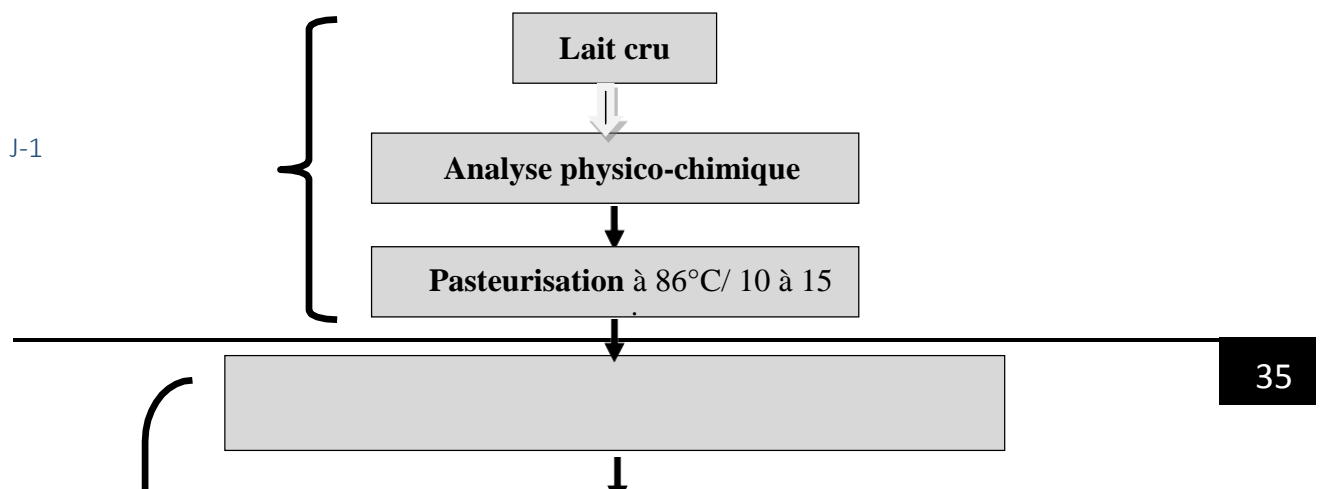
Après l'étape d'échantillonnage on a choisi l'échantillon 03 avec un taux du laitensemencé avec du mycélium à raison de 25% qu'on a mélangé avec du lait cru à raison de de 75% « **My 25%/ lait 75%** » et le témoin a été de 100 % de lait Pasteurisé.

3.3. Protocole de fabrication du camembert

Selon le **CODEX ALIMENTARIUS (2011)**, « Le camembert est un fromage à pâte molle, affiné en surface principalement par des moisissures. Il se présente sous la forme d'un cylindre plat ou des morceaux cylindrique. La pâte a une couleur allant du blanc cassé au jaune pâle et une texture molle mais non friable, affinée de la surface au centre». Les trous de gaz sont généralement absents, mais la présence de quelques ouvertures et fissures est acceptable.

La croûte est molle, entièrement recouverte des moisissures blanches caractéristiques essentiellement par *Penicillium candidum* et /ou le *Penicillium camemberti*.

Le diagramme présenté dans la **figure 07** illustre les différentes étapes de la fabrication du camembert.



Refroidissement

J

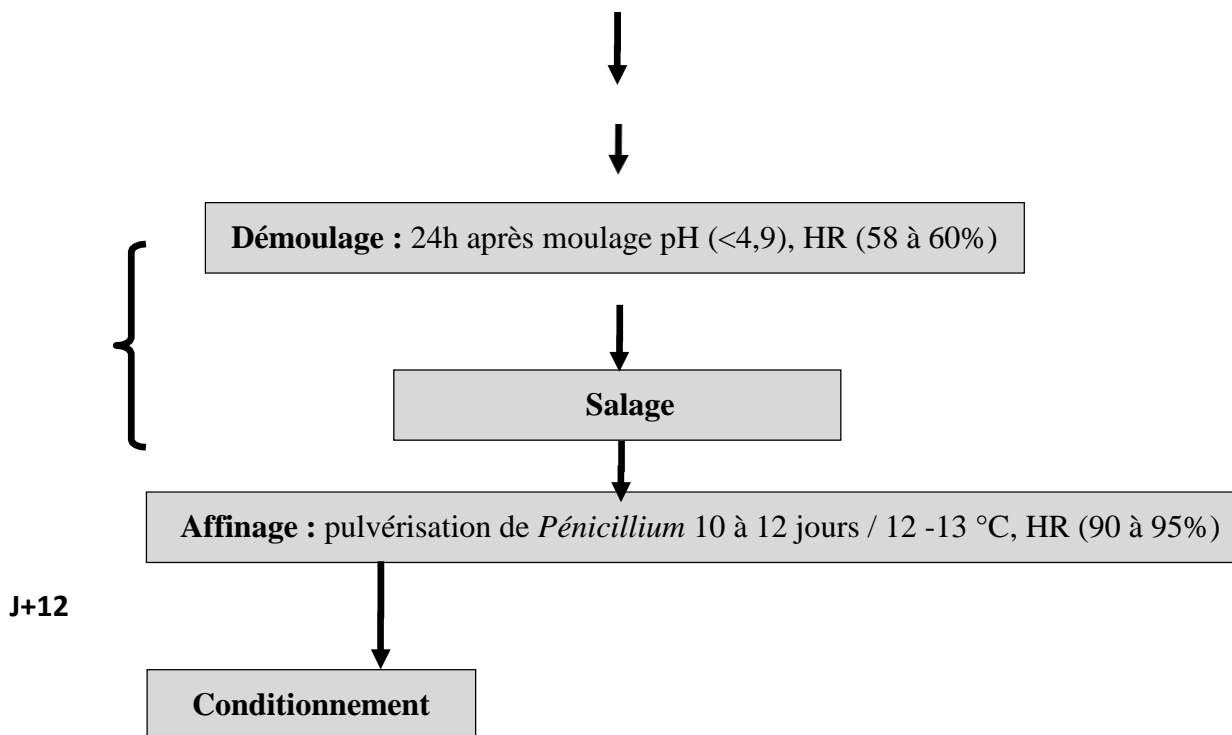


Figure 06 : Diagramme de fabrication du fromage camembert

3. 3.1. Traitements préliminaires du lait

-Nettoyage du lait par filtration

Dans ce procédé, des membranes de filtration sont utilisées. Elles permettent de séparer les éléments en suspension ou en solution dans un liquide et de retenir les impuretés du lait (Photo 07).



Photo 07 : filtration (Photo originale)

La Pasteurisation

Le lait a été chauffé à une température de 85°C pendant 15 minutes afin de détruire la grande partie des germes pathogènes, suivi directement d'un refroidissement (**Photo 09**).



Photo 08 : Traitement thermique (Photo originale)

3.3.2. Ensemencement-Maturation

Mode opératoire

Le lait est réchauffé à 35°C puis ensemer avec des ferments lactiques, puis laissé de 45 à 60 minutes à une température de 30 à 34°C. Cette maturation se fait par ensemencement

de 3% des ferments lactiques mésophiles et thermophiles (**Photo 10**), à raison de 3g pour chaque 100 L de lait et un ajout du CaCl_2 (**Photo 11**) à raison de 10%.

Les conditions nécessaires pour l'inoculation du lait cru par les ferments sont une acidité de 14°D à 17 °D, une masse volumique de 1.028 à 1.032 et une température de 35 °C. Un échantillon du lait, prélevé à partir de la cuve de maturation, et additionné de :

- Différents ferments de caillage (les ferments mésophiles, les ferments thermophiles)
- Ferments d'affinage (moisissure et levures)
- Chlorure de calcium : pour la coagulation du lait (100 ml pour 1000 L de lait)



Photo 09 : ferments lactiques (Photo originale)

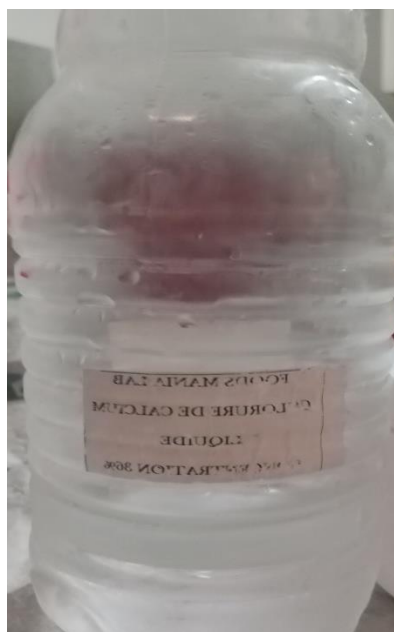


Photo 10 : Chlorure de calcium à 36% (Photo originale)

3.3.4. L'emprésurage de lait

Cette étape correspond à l'addition de la présure (**Photo 11**) (1ml dans 10 l de lait) dans des cuves caillage à la température de 30°C. La coagulation de lait est observée par l'apparition des grimauds. A partir de ce moment, on prend le temps de l'emprésurage.

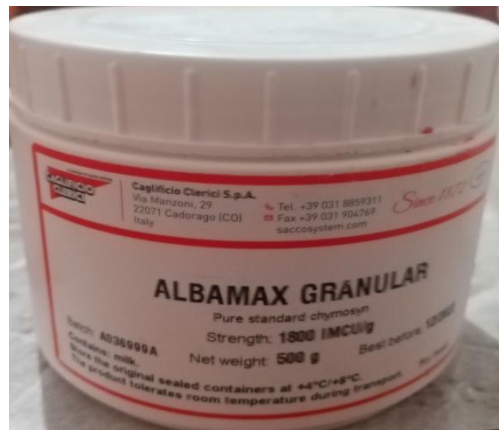


Photo 11 : présure sous forme de poudre (Photo originale)

3.3.5. Tranchage « découpage »

Le tranchage de caillé à l'aide d'une tranche caillée afin de séparer le caillé du lactosérum (**Figure 12**) qui va être éliminé.



Photo 12 : coagulation et découpage (Photo originale)

3.3.6. Moulage

Le moulage se fait dans des blocs moles qui sont constituées d'un plateau, un store en plastique, un moule et un rehausse (**Photo 13**).



Photo 13 : Moulage (Photo originale)

3.3.7. Egouttage

Les blocs moles sont placés sur des tables d'égouttage afin d'éliminer le lactosérum, durant cette étape on réalise un 1er retournement à 30°D et un 2ème retournement à 50°D.

3.3.8. Affinage

La phase d'affinage est aussi importante dans la fabrication du camembert (**Figure 14**). C'est une période de maturation pendant laquelle les propriétés organoleptiques se développent grâce à des différentes réactions biochimiques de la flore interne et externe.

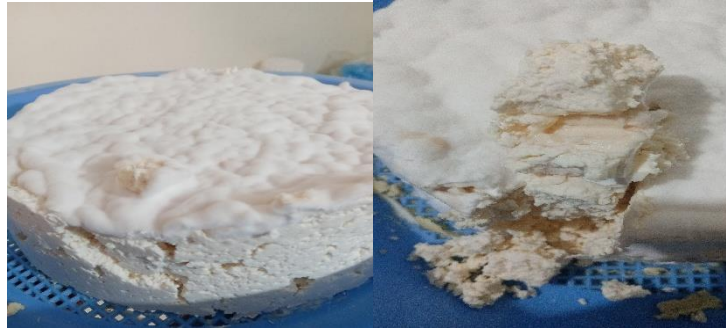
Selon **Romain et al. (2008)**, l'affinage du camembert se passe en trois étapes :

-**La 1^{ère} étape** d'affinage c'est la pulvérisation de camembert par un pénicillium d'affinage dans des chambres caractérisées par une température de 15 °C et une humidité de 90%.

-**2^{ème} étape** : le camembert est déplacé à une autre chambre (T° : 13 °C/Humidité : 90±2).

-**La 3^{ème} étape** : c'est le séchage pendant une nuit.

Formation d'une croûte riche en mycélium →



Après 5 jours

Après 10 jours

Photo15 : Phase de l'affinage -(Photo originale)

3.4. Protocole de fabrication du Mozzarella

3.4.1. Définitions du Codex Alimentarius : Codex STAN 262-2007

« La Mozzarella est un fromage non affiné, conformément à la Norme générale pour le fromage (Codex STAN 283-1978) et à la Norme pour les fromages non affinés, y compris le fromage frais (Codex STAN 221-2001).

C'est un fromage lisse à texture élastique composée de longues fibres de protéines parallèles, sans présence de grains de caillé. Ce fromage ne possède pas de croûte et peut se présenter sous diverses formes.

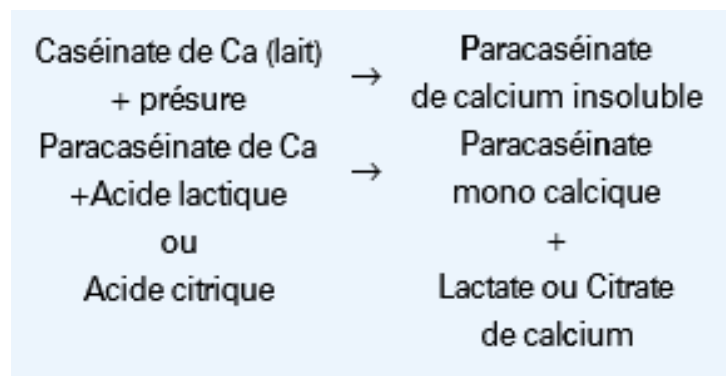
La Mozzarella à haute teneur en humidité est un fromage à pâte molle à couches superposées pouvant former des poches contenant du liquide d'apparence laiteuse. Elle peut être conditionnée avec ou sans liquide. Le fromage a une couleur blanc cassé.

La Mozzarella à basse teneur en humidité est un fromage homogène à pâte ferme/semi-dure sans trous, qu'il est possible de râper.

La Mozzarella est fabriquée selon le procédé « pasta filata », qui consiste à chauffer le caillé présentant une valeur pH appropriée et à le pétrir et l'étirer jusqu'à ce qu'il soit lisse et exempt de grumeaux. Pendant qu'il est encore chaud, le caillé est coupé et moulé, puis raffermi par refroidissement. D'autres techniques de fabrication, qui donnent aux produits finis les mêmes caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques, sont autorisées ».

la Mozzarella et les pâtes filées doivent leurs caractéristiques technologiques et fonctionnelles, à l'action déminéralisante et décalcifiante, d'acides organiques (acides : lactique, citrique, acétique) sur la para-caséine insoluble à un pH compris entre 5,00 et 5,40.

Tableau 12 : Évolution du caséinate de calcium durant la fabrication des pâtes filées :



Nom du produit : Mozzarella (nom traditionnel ne pouvant être traduit dans d'autres langues) portant un symbole et une mention communautaire visés au règlement (CE) no 2515/94.

3.4.2. Méthodes de production ou d'élaboration spécifiques :

3.4.2.1. Matières premières : Lait de vache pasteurisé et laitensemencé au mycélium, et produits obtenus à partir de ces laits.

3.4.2.2. Mode opératoire :

- ensemencement du lait à l'aide de levain lactique naturel (cultivé sur lait ou sérum locaux) ;
- addition de présure (pepsine : activité comprise entre 20 et 30 %) ;
- coagulation à partir de présure entre 30 et 35 °C ;
- découpage et égouttage du caillé ;
- maturation lactique du caillé jusqu'à obtention d'un pH compris entre 5,00 à 5,40 ;
- découpage en morceaux de la pâte acidifiée ;
- filage (opération thermomécanique de réchauffement de la pâte à l'aide d'eau chaude, additionnée éventuellement de sel, avec une température finale de la pâte comprise entre 65 et 85 °C) ;
- formage à chaud de la pâte ;
- raffermissement dans de l'eau froide, éventuellement additionnée de sel ;
- conditionnement

3.4.3. Caractéristiques organoleptiques :

– aspect :

- absence de croûte, présence d'une peau de consistance tendre,
- surface lisse et brillante, homogène, d'un blanc laiteux,
- pâte à texture fibreuse (caractère typique), plus prononcée à l'origine, à couches superposées d'où s'écoule, à la découpe et après une légère compression, un liquide

laiteux. La pâte peut alors présenter des poches dans lesquelles ce liquide s'accumule, absence d'yeux ;

- **couleur** : blanc laiteux, homogène, dépourvue de tâches ou de striures ;
- **consistance** : douce et légèrement élastique ;
- **goût** : caractéristique, sapide, frais, délicatement acidulé ;
- **odeur** : caractéristique, parfumée, délicate, de lait légèrement acidulé

Chapitre VI : Résultats et discussion

I- Analyse physico-chimique

1- Matière première

Le lait de vache utilisé dans cette expérimentation provient d'une ferme d'élevage de vache situé dans la région de Boutrak, ce lait a été utilisé cru et une partie a subi une tyndallisation pour être utilisé.

Les résultats des analyses physicochimiques de la matière première sont présentés dans le tableau (12).

Tableau 13: Analyse du pH, de la température et de l'acidité titrable du lait cru et stérilisé utilisé.

Paramètre produit	pH	T (en °C)	Acidité (en °D)
Lait cru	6,29	12	20.20
Lait stérilisé par Tyndallisation	6,27	12	20.39

A travers le **tableau 13**, il apparaît clairement que les pH des deux lait utilisés dans cette expérimentation obtenu à la température de de 12°C étaient comprises entre 6,27 et 6,29 respectivement pour le lait stérilisé et le lait cru.

Lors de la réception du lait cru nous avons effectué une analyse de l'acidité titrable et nous avons enregistré un taux de 20,20°D et après stérilisation par tyndallisation pendant 3 jours nous avons enregistré une acidité titrable de l'ordre de 20,39°D.

Selon la norme AFNOR (1986) le lait de vache cru doit avoir une acidité titrable comprise entre 14 et 18°D.

Bien que le lait frais donne une acide titrable comprise entre 14-18°D pour le lait de vache et environ le même niveau pour le lait de chèvre, tandis que le lait de brebis possède une acidité titrable normale comprise entre 18 et 25 °D. Dans certains cas, un niveau d'acidité inférieur à 14 °D peut indiquer que le lait de l'animal est mamiteux ou bien c'est du colostrum et encore plus il peut faire l'objet d'un mouillage (ajout de l'eau)-

Quant à notre étude, nous avons remarqué que l'acidité titrable du lait utilisé dans notre étude ne répondait pas correctement à la norme nationale et internationale ceci peut être dû soit à la non conservation du lait cru au froid juste après la traite soit au matériel de la traite qui n'a pas été correctement nettoyé ou stérilisé après la dernière traite.

2- Tyndallisation de lait

Après traitement thermique du lait par une méthode de tyndallisation répétée sous une température de 100°C, la couleur du lait est passée du blanc au jaune doré (Figure 16).

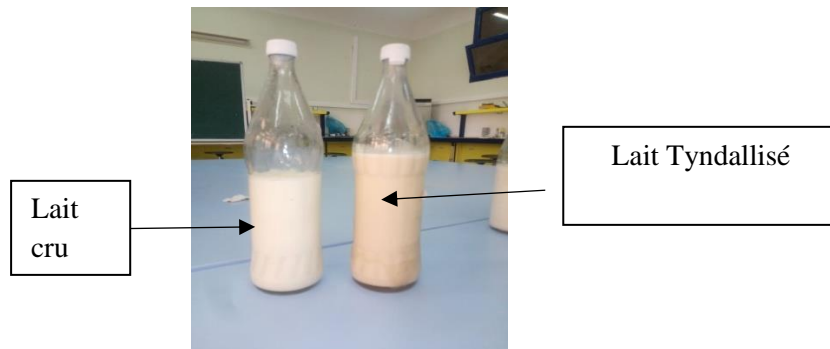


Photo 16 : Le lait cru et tyndallisé utilisé dans cette expérimentation

Au niveau gustatif, il s'est transformé en sucre caramélisé, ce qui a entraîné la désagrégation du sucre du lait et la rupture de certaines liaisons protéines et acides gras par chaleur répétée 3 fois pendant 10 minutes à la température de 100°C, afin d'éliminer tous les organismes existant dans ce lait.

Pour ce qui est de la tyndallisation, il s'agit d'une pasteurisation répétée. Les sont chauffés à 100°C pendant 10 minutes, et, ceci trois jours. Ils sont refroidis brusquement après chaque chauffage. C'est ainsi que la moyenne des germes comptés après tyndallisation, va être de l'ordre de 4 à 10 par 1 millilitre, exceptionnellement 100, en tout cas, on ne doit plus pouvoir trouver au contrôle de germes pathogènes. L'inconvénient principal de cette méthode est sa durée de réalisation, mais c'est elle qui offre le plus de sécurité par rapport à la pasteurisation simple (Pierret et al., 1956).

Selon TYNDALL (1820-1893), cette méthode consiste en une série de trois pasteurisations d'une heure de 70-80°C séparées d'un intervalle de 24 h à température ambiante ce qui permet la germination et la destruction des spores, sans l'emploi d'une température excessive.

3- La densité de lait

A travers les résultats enregistrés dans le tableau 13, ils apparaissent clairement l'évolution de la densité du lait frais et pasteurisé estimée à 1029,40, tandis que le lait pasteurisé mélangé avec du mycélium de pleurotes nous avons remarqué une augmentation de la valeur de la densité en enregistrant à 1031,40.

Tableau 14 : Les densités des laits utilisés dans notre expérimentation et enregistrés à la température de 12°C.

Paramètre produit	Lait cru	Lait stérilisé par Tyndallisation	Lait stérilisé + Mycélium de champignon
Di	1031	1031	1033
Densité	1029,40 Q (que veut dire ce Q)	1.029,40 Q	1.031,40 Q

La T inférieur à 20°C _ alors $D = D_i - 0,2(T - 20)$.

D : La densité corrigée du lait.

D_i : La densité lue du lait.

T : La température du lait.

Nous concluons que la densité du lait a augmenté en raison de la croissance du mycélium des champignons dans le lait qui a duré 4 jours à une température de 25 °C, (pH= 6, 27) et acide lactique 20,39 D.

Cela indique bien qu'il y a eu une croissance du mycélium des champignons, malgré la caramélisation du lait au cours de la tyndallisation.

4- Echantillonnage

- **Ech01** : My= Lait stérilisé + Mycélium de champignon (66%) + Lait pasteurisé (33%).
- **Ech 02** : My= Lait stérilisé + Mycélium de champignon (75%) + Lait pasteurisé (25%) .
- **Ech 04** : My= Lait stérilisé + Mycélium de champignon (50%) + Lait pasteurisé (50%) .

Au moment de l'emprésurage l'acidité titrable enregistrée du lait a été de 20,39°D, cette acidité a conduit le lait à adopter une texture molle du caillé à aspect brillant et d'apparence d'un flan ce qui n'a pas permis de mouler le caillé et par conséquent n'a pas permis l'égouttage de ce caillé.

Une faible acidité titrable de l'ordre de 40-45°D a été enregistrée après 24 heures d'emprésurage au lieu de 55-65°D qui aurait dû être enregistrée **Les causes :**

Le manque d'acidification est peut être dû à la :

- Faiblesse des ferments lactiques (manque quantitatif ou dégénérescence de ces dernières).
- Présence d'antibiotiques dans le lait qui a affecté la viabilité des ferments lactiques et de la présure. C'est pour cette raison que nous avons obtenu une faible acidité du sérum et que le caillé a été de type flan. On peut donc dire que la non coagulation du lait peut être liée à la présence d'antibiotiques, car l'utilisation de 100 % lait pasteurisé sans ajout de lait stérilisé avec le mycélium de champignons et en ajoutant la même quantité de ferment lactique et de présure et en laissant la même durée de coagulation, nous avons obtenu une bonne coagulation et une excellente texture du coagulat .

D'un autre côté cette non coagulation peut être dû à la dénaturation des protéines du lait causée par le procédé de tyndallisation à 100°C adopté dans notre expérimentation.

- **Ech 03 :** My= Lait stérilisé + Mycélium de champignon (25%) + Lait pasteurisé (75%) .

Dans cet échantillon, nous avons observé une coagulation du lait, indiquant que le mélange entre le lait Tyndallisé etensemencé par des champignons et mélangé avec du lait entier pasteurisé a été apte à la fabrication fromagère.

D'un autre côté, le lait contenant du mycélium n'a pas affecté la coagulation du lait.

La quantité de protéines que contient le lait est considérée comme une caractéristique fondamentale de sa valeur nutritionnelle, commerciale, biologique et technologique, car plus la quantité de ces protéines dans le lait mou est élevée, plus le rendement en fromage est élevé (ITELV,2002).

2- Evaluation du produit fini

2-1. Fromage camembert

- **Gout d'Amertume** : ce goût d'amertume est observé dans certains fromages cela est dû à la dégradation incomplète de la caséine.

C'est le cas des fromages consommés très jeunes lorsque la maturation est insuffisante.

L'excès de sel ou de présure peut être également à l'origine de ce goût.

La présence d'antibiotique dans le lait gêne le bon déroulement de l'affinage (déséquilibre) ce qui a pour résultat l'apparition de saveurs anormales (ITELV, 2002).

Après affinage du fromage de **17/06/21** au **27/06/21** sous deux conditions, la température ne dépassant pas 14°C et l'humidité de 85%, on obtient un fromage à **pâte molle et à croûte fleurie** aux caractéristiques positives : Il a été fabriqué à partir de l'échantillon 03 (**Ech 03**). Sa croûte fleurie et fine de couleur blanche caractéristique à la fermentation de *Penicillium candidum* et selon le temps d'affinage

Nous avons remarqué la formation d'une couche blanche rapidement et uniformément dans les 3 premiers jours, ce qui indique deux choses importantes : la première est l'efficacité de *Penicillium candidum*, qui est bien apparue à la surface du fromage, et d'autre part, elle indique la propagation des fils de mycélium des pleurotes d'une manière uniforme.

Ce qui confirme la croissance des fils de mycélium de champignon dans le fromage est l'apparition de la mouche des champignons, et par conséquent, nous concluons que le processus de fabrication de fromage avec du mycélium de champignon est possible et qui conduit à des résultats satisfaisants et à une réussite de la fabrication du fromage de type camembert.

2-2. Fromage Mozzarella

Théorie du filage

La Mozzarella est fabriquée selon le procédé « pasta filata », qui consiste à chauffer le caillé présentant une valeur pH appropriée et à le pétrir et l'étirer jusqu'à ce qu'il soit lisse et exempt de grumeaux. Pendant qu'il est encore chaud, le caillé est coupé et moulé, puis raffermi par refroidissement. D'autres techniques de fabrication, qui donnent aux produits finis les mêmes caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques, sont autorisées » **CODEX STAN 262-2007**.

.

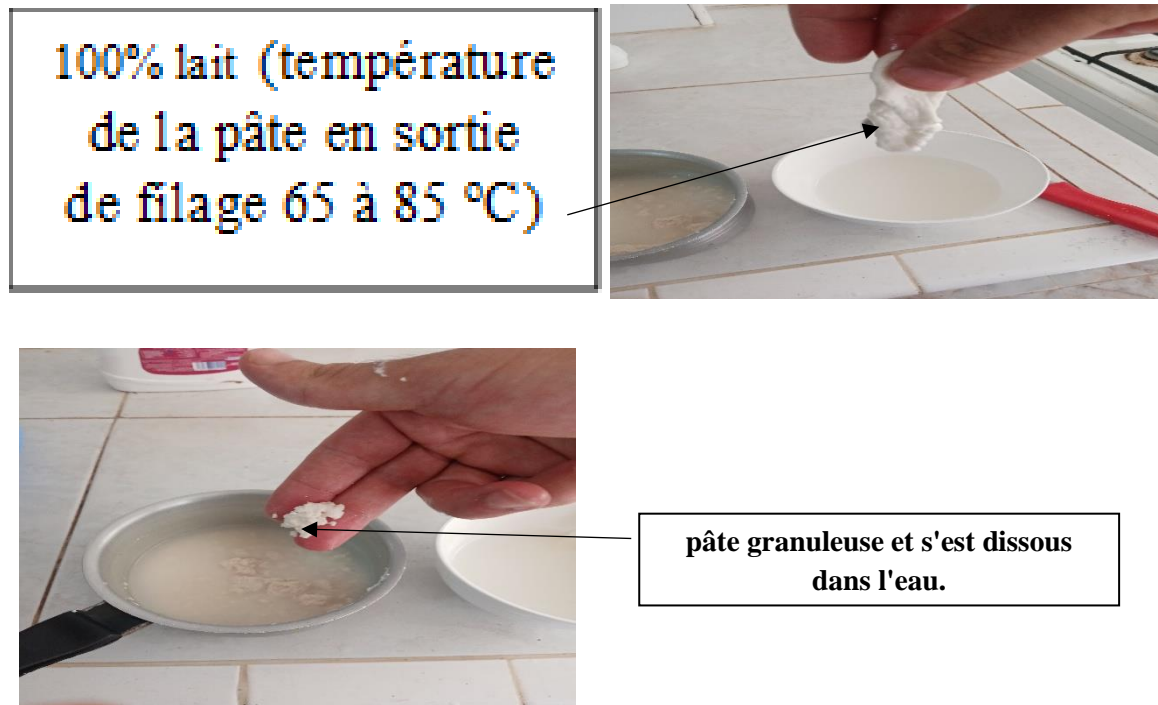


Photo17 : Test de la texture de la Mozzarella (photo originale).

Cette opération consiste à pétrir et à étirer le caillé à chaud (température de la pâte en sortie de filage 65 à 85 °C) de manière à orienter les fibres de para-caséines sous forme de fibres. Le fluide caloporteur est le plus souvent de l'eau (avec une température de 70 à 90°C).

Mais il peut être remplacé par du sérum salé ou non en fabrication artisanal, ou plutôt de la vapeur en procès industriel.

À la température de réfrigération (4 °C), le Pizza Cheese possède une structure laminaire caractérisée par des couches parallèles de fibres de para-caséines, entre coupées par des canaux chargés de lactosérum et de matière grasse solidifiée.

La structure de la Mozzarella pourrait s'assimiler à celle d'un mille-feuille.

Tableau 15 : Acide titrable et pH de fromage

Paramètre	Acidité (°D)	pH
Coagulant	54	5,4

Nous avons commencé à fabriquer de la mozzarella à partir de l'échantillon n°03, cela est dû à la capacité à coaguler le lait. Nous avons procédé par toutes les étapes de fabrication de la mozzarella depuis la pasteurisation du lait jusqu'à l'étape d'égouttage et moulage, mais nous n'avons pas obtenu la texture de la mozzarella.

Nous avons mesuré le pH du et l'avons trouvé pH= 5,4 et l'acidité de le caillé est de 53 °D, c'est une acidité convenable pour démarrer une deuxième étape représentée par le pétrissage dans de l'eau chaude estimée à 85 °C.

Après avoir été malaxé dans de l'eau chaude, il est devenu une pâte granuleuse et s'est dissous dans l'eau.

Nous pouvons énumérer certaines des causes possibles de la non réussite de la mozzarella comme suit :

- Acidité possible causée par le mycélium du champignon présent dans le lait,
- Il est possible que le mycélium de champignons ait affecté négativement la texture du fromage, ce qui a conduit à sa consistance dans une deuxième phase avec de l'eau chaude.

Références bibliographiques

1- **POURGHEON.S et GOURSAUD.J., (2001)**. Le lait caractéristiques physicochimiques In DEBRYG-, Lait ; nutrition et santé, Tec et Doc, Paris : 566pages.

2-**JORA.N° 69 1993**. Arrêté interministériel de 27 octobre 1993. Relatif aux spécifications microbiologiques et physico-chimiques de certaines denrées alimentaires.

3-**LUQUET F. M. (1985)**. Lait et produits laitiers-Vache, brebis, chèvre. Tome 1 :Les laits De la mamelle à la laiterie. Tech. & Doc., Coll. STAA, Lavoisier, Paris.

4-**FAVIER J.C., (1985)**

Composition de lait de vache-Laits de consommation, <http://www.horizon.documentation.fr>

5-**FREDOT E., (2006)**

Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier : 25 (397 pages).

6-**JENSEN R. (1995)**

Handbook of milk composition-General description of milks, Academic Press, Inc : 3 (919pages)

7-**RAMET J.P (1985)**. La fromagerie et les variétés de fromages du bassin Méditerranéen. Etude FAO, Production et santé animales, no 48, 187 p.

8-**BRULE G. (1987)**. Le lait matière première de l'industrie laitière. CEPIL-INRA. Paris 132.

9-**MATHIEU J. (1999)**. Initiation à la physicochimie du lait. Edt Lavoisier, Tec et doc, Paris. 220p (3-190).

10-**MATHIEU J. (1998)**. Initiation à la physicochimie du lait. Guides technologiques des IAA. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris.

11-**MATHIEU J. (1998)**. Ecole nationale des industries du lait et des viandes de la Rche-SurForon.Initiation à la physicochimie du lait. Ed. Tec et Doc : Lavoisier, Paris. Pp :12-210.ISBN :2-7430-0233-6.

12-**HODEN A et COULON J.B (1991)**. Maitrise de la composition du lait.-Influence des Facteurs nutritionnels sur la qualité et les taux de matières grasses et protéiques. INRA Prod. Anim., 4 (5) p.p. 361-367.

13-**JEANTET R. CROYENNEC T. MAHANT M. SCHUCK P. BRULE G. (2008)**. Les produits laitiers (2^{ème} ed) : Lavoisier.

14-**GAUCHERON F. (2004)**. Minéraux et produits laitiers. Edition Lavoisier , Paris.

15-**DEBRY G. (2001)**. Lait, nutrition et santé. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris.

16-BLANC B. (1982). Les protéines du lait à activité enzymatique et hormonale. International dairy journal, 62pp :350-395.

17-AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R., et TURGEON H., (2002)

Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In **VIGNOLA C.L.**, Science et technologie du lait-Transformation du lait, Ecole polytechnique de Montréal, ISBN :3-25-29 (600 pages).

18-JEANTET R., CROUGUENNEC T., SCHUCK P. et BRULE G., (2007)

Science des aliments-technologie des produits alimentaires tec et doc, Lavoisier : 17 (456 pages).

19-ALAIS C. (1984). Science s du lait. Principes de techniques laitières. 3^{ème} édition, Ed publicité France. PP 431-432.

20-GOURSAUD J. (1985). Composition et propriétés physico-chimiques. Dans laits et produits laitiers vaches, brebis, chèvre. Ed. tec et doc Lavoisier. Paris. P50-150.

21-JEAN C et DIJON C. (1993). Au fil du lait, ISBN 2-86621-P172-3.

22-VIGNOLA C L. (2002). Science et technologie du lait : Transformation du lait- Montréal : presse internationale polytechnique 600p.

23-NEVILLE et JENSEN. (1995). The physical properties of human and bovine milks In **JENSEN R.** Handbook of milk composition-General description of milks, Academic Press, Inc :82 (919pages).

24-CHEFTEL JC et CHEFTEL H. (1996). Introduction à la biochimie et la technologie des aliments. Ingénieur praticiens. Ed Tec & Doc Lavoisier. Paris. PP 43.

25-BRUNNER J., (1981). Cow milk proteins :twenty five years of progress. J dairy Sci, 1981, **64** :1038-1054 .In **POUGHEON S.,** Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière .Thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France : 31(102 pages).

26-MIRANDA G et GRIPON J-C. (1986). Origin, nature and technological significance of proteolysis in milk. International dairy journal, n°66.pp :1-18.

27-POUGHEON S. (2001). Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière. Thèse doctorat d'état en médecine vétérinaire, université Paul Sabatier de Toulouse, France.

28-STOLL W. (2003). Vaches laitières : l'alimentation influence la composition du lait. RAP Agri. N° 15/2003, vol. 9, Suisse.

- 29-WOLTER R. (1988).** Alimentation de la vache laitière. 3^{ème} édition. Edition France Agricole. Paris.
- 30-VEISSEYRE R. (1979).** Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 3^{ème} édition. Edition la maison rustique, Paris.
- 31-JAKOB E et HANNI J-P. (2004).** Fromageabilité du lait. Agroscope Liebefeld Posieux. Groupe de discussion N° 17F.
- 32-MEYER C. et DENIS J.P (1999).** Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Edition Quae, CTA, presses agronomiques de Gembloux.
- 33-MAHIEU H. (1985).** Modification du lait après récolte. Dans : Lait et produits laitiers. Vaches, brebis, chèvre. LUQUET F.M tome. Tec & Doc., Coll. STAA, Lavoisier, Paris.
- 34-BADINAND F. (1994).** Maitrise du taux cellulaire du lait. Rec. Méd. Vit., n°170.
- 35-TOUREAU V., BAIEU V ., et LE BASTARD A-M. (2004).** Une priorité pour la recherche : la qualité de nos aliments. Les recherches sur la qualité du fromage. INRA mission communication.
- 36-COULON J-B ., CHILLIARD Y et REMOND B. (1991).** Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques. INRA Prod. Anim., 4(3). pp: 219-228.
- 37- POINTURIER, H et ADDA, J. (1969) ;** Beurrerie industrielle. La maison rustique, Paris.
- 38-AFNOR. (1985).** Contrôle de la qualité des produits laitiers-Analyses physiques et chimiques, 3^{ème} édition : 107-121-125-167-251 (321 pages).
- 39- VIERLING E., (2003).** Aliment et boisson-Filière et produit, 2^{ème} édition, doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine : 11(270 pages).
- 40- FREDOT E., (2005).** Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier : 10-14 (397 pages).
- 41-REUMONT P., (2009).** Licencié Kinésithérapie, <http://www.medisport.be>.
- 42-THIEULIN G ET VUILLAUME R., (1967).** Eléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait de produits laitiers et des œufs-revue générale des questions laitières 48 avenue, Président Wilson, Paris : 71-73(388pages).
- 43-RHEOTEST M., (2010).** Rhéomètre RHEOTEST® RN et viscosimètre à capillaire RHEOTEST® LK-Produits alimentaires et aromatisants [http://www.rheotest.de /download/nahrungs.fr.pdf](http://www.rheotest.de/download/nahrungs.fr.pdf).

AFNOR : Association Française de Normalisation.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تجريب ادخال ميسليوم فطر المحاري في صناعة الأجبان ذات عجينة طرية ، ومعرفة مدى تأثيره على خصائصه . ولهذا الغرض قمنا بزراعة ميسليوم في حليب معقم وقمنا بتحضيره لمدة 4 أيام حتى يتكاثر ، سجلنا ارتفاع كثافة الحليب قدرت ب 1031,40 و الحموضة اللبنية ب20,39 دورنيك ، بعدها قمنا بمزج 25 % من هذا الحليب مع 75% من حليب كامل مبستر و استعملنا هذا المزيج لصناعة جبنتي " كامبير و موزاريللا". ثم عرضنا الأجبان المحصل عليها على لجنة تدوق للحكم على خصائصها الحسية ومقارنتها بالأصلية . أبدى المتذوقون إعجابهم بالخصائص الحسية للجبنة كامبير باستثناء المذاق والذي أبدو على أنه مر قليلا أكثر من مذاقه الأصلي. أما بالنسبة جبنة موزاريللا فلم نتحصل على النتيجة المرجوة .

الكلمات المفتاحية:

جبين طري - كامبير- موزاريللا - ميسليوم الفطر المحاري - الكثافة - الحمض اللبني الدورنيك .

Résumé :

Cette etude vise à tester l'introduction du champignon mycelium de l'huitre dans la fabrication de deux types de fromages camembert et mozzarella à pâte molle et fillié, et connaitre l'étendue de son effet sur propriétés sensorielles. Acette fin nous avons cultivés des mycelium de pleurotes dans du lait sterilize par tyndillisation st les avons incubus pendant quatre jours jusqu'à ce qu'ils se multiplient. Nous avons enregistré une haute densité du lait estimé à 1031,40 et une Acidité lactique à 20,39 °D, ensuite nous avons mélangée 25% de ce lait avec 75% de lait entire et pasteurisé et avons pour faire du camembert et de la mozzarella. Les fromages obtenus ont été présentes à un comité de degustation pour juger de leurs propriétés organoléptiques et les comparer avec l'original. Les dégustateurs ont aimé les propriétés organoleptiques du camembert à l'exption du gout qui semble un peux plus amer que son gout d'origine , quant à la mozzarella nous n'avons pas obtenus le résultat escompté.

Mots clés:

Pâte molle – Camembert – Mozzarella – Mycelium de pleurote –Densité – Acidité lactique Dornique .

Summary :

This study ains tot tst the introduction of oyster mycelium fungus in the manufactur of soft dough cheese and to Know the extent of its effect on its sensory properties. For this purpose, we have grown mycelium mushrooms in sterilized milk and incubated them for four days intil they multiply. We recorded a ligh density of milk estimated at 1031,40 and lactic acidity at 20,39 °D them we mixed 25% of this milk with 75% of whole ,and pasteurized milk and used this milk to mak camembert and Mozzarella the cheese obtained were presented to à tasting committée to ju judge their organoleptic propertieé of camembert exsept for the taste which seems to be slghtly more bitter tham its original taste . As for mozzarella we did not get the desired result.

Key words : camembert – Mozzarella – Oyster mushroom mycelium- Density- Lactic acid

