



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة زيان عاشور - الجلفة

Université Ziane Achour – Djelfa

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم العلوم الفلاحية و البيطرية

Département des Sciences Agronomiques et Vétérinaires

Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Science Agronomique

Spécialité : Agro-alimentaire et contrôle de qualité

Thème

Succédané de la présure traditionnelle en Algérie

Présenté par : Djermoume Fatima zohra

Bouhadja Helima

Soutenu le :

Devant le jury composé de :

Président :

Promoteur : Khreisat Nadjoua

Examineur :

Examineur :

Année universitaire : 2020/2021

Remerciement :

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Madame khreisat**, on la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nos remerciement s'adresse à Mr kacimi pour son aide, son patience, son soutien moral et ses encouragements.

Nos remerciement s'adresse également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Grand Mercie à tous.

Dédicace :

Premièrement et avant tout :

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات

A mon très cher père « **Gharbi-** »

Tu as toujours à mes cotés pour me soutenir et m'encourager

Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection

A ma très chère mère « **Fatiha** »

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide, et ta présence à mes cotés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mes chers **frères** et mes belles **sœurs**

Puisse dieu vous donne santé, bonheur et surtout réussite

A toute ma **famille**

A mes **amis bien-aimés**

A mon binôme **Helima**

Pour leur aides et support dans les moments difficiles et leurs prières pour moi

À tous ceux qui m'aiment et à tous ceux qui m'ont aidé ou guidé, même d'un mot, dans mon cheminement académique

A tous ceux qui m'ont appris, à tous mes professeurs

Mercie beaucoup



Dédicace :

Avec l'expression de ma reconnaissance

Je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arrivais jamais à leurs exprimer mon amour sincère. Mon respect :

Mon cher père

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse :

Mon adorable mère

A ma **chère sœur**

Et **mon marie**

N'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études.

Sans oublier mon binôme : **Fatima Zohra**

Pour sa compréhension tout au long de ce projet.



Sommaire :

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Résumé

Introduction 1

Chapitre 01 : la présure

1- définition 3

A. La chymosine 4

B. La pepsine 4

2- mécanisme d'extraction de la présure 5

3- les types de présure 6

a- Présure animal 6

b- Présure végétale 6

c- Présure microbienne 6

4- mécanisme de coagulation par la présure 7

Chapitre 02 : généralité sur le fromage

1- définition 10

2- la transformation de lait en fromage 10

3- classification des fromages 11

3-1- fromages à pâte fraîche 11

3-2- fromages à pâte pressées 11

3-2-A- les fromages à pâte pressées cuites 12

3-2-A- les fromages à pâte pressées non cuites 12

3-2-A- les fromages à pâte pressées mi-cuites	12
3-3- fromage à pâte molle	12
3-3-A- fromage à pâte molle à croûte fleurie	12
3-3-A- fromage à pâte molle à croûte lavée	13
3-4- fromage persillé	13
3-5- fromage fondus	13

Chapitre 03 : succédanés de la présure traditionnelle en Algérie

I- Généralité	15
1- Enzymes d'origine végétale	16
2- Enzymes d'origine microbienne	16
a- Origine bactérienne	17
b- Origine fongique	17
3- Enzymes d'origine animale	17
II- les succédanés de la présure traditionnelle en Algérie	20
a- Les succédanés végétaux	20
b- Les succédanés animaux	25
c- Les succédanés microbiens	28
Conclusion	30

Liste des références

Liste des tableaux :

Tableau 01 : Influence du régime alimentaire et de l'âge sur la proportion (%) de chymosine ou de pepsine (testée par l'activité de coagulation du lait à pH 6,5) dans les extraits de caillette bovine

..... 4

Tableau 02 : Origine de différentes enzymes utilisées pour coaguler le lait 19

Liste des figures :

Figure 01 : méthode traditionnelle de la préparation de présure	5
Figure 02 : Représentation schématique de la micelle de caséine	7
Figure 03 : Classification didactique des fromages	14
Figure 04 : chardon marie	20
Figure 05 : la fleur d'artichaut	22
Figure 06 : <i>Ficus carica</i> L	23

Listes d'abréviations :

aa : Acides Aminés

FDA : Food and Drug Administration (Agence américaine des produits alimentaires et médicamenteux)

PM : poids moléculaire

SDS-PAGE : électrophorèse sur gel de polyacrylamide de dodécyl sulfate de sodium

U.A.C : unité d'activité coagulante

Da : dalton

Résumé :

Jusqu'à 1950, l'utilisation en fromagerie de la présure comme agent coagulant du lait était prédominante. Les décennies suivantes ont ensuite connu une pénurie mondiale en présure avec une fluctuation des prix en parallèle avec une production croissante en fromage. Ainsi que des causes religieuses. Cette situation a stimulé la recherche de succédanés de présure convenables. Dans notre étude bibliographique on a cherché des succédanés de la présure traditionnelle en Algérie, et nous avons trouvé qu'ils y ont des succédanés d'origine végétales comme : Chardon Marie (*Cynara cardunculus*), La fleur d'artichaut (*Cynara Scolymus*) et Latex de figuier qui sont utilisés de l'antiquité par les femmes algériennes. Des succédanés d'origine animales tel que : la Pepsine de proventricule de poulet (*Gallus Gallus*), la pepsine d'estomac de limon (*Seriola Sp.*), Les extraits coagulants de dromadaire et la pepsine ovine qui servira au même temps d'évaluer les sous-produits d'abattage qui sont disponibles et peu coûteuses ; et enfin des succédanés d'origine microbiens Nous l'avons mentionné : *Mucur pusillus*. Tous ces succédanés ont montré de bons résultats dans la coagulation des différentes origines de lait (lait de vache, lait de chèvre ... etc).

Mots clés : présure, succédanés, *Cynara cardunculus*, *Cynara Scolymus*, *Gallus Gallus*, *Seriola Sp*, *Mucur pusillus*, Latex de figuier.

Abstract :

Until 1950, the use of rennet as a milk coagulating agent in the cheese dairy was predominant. The following decades then experienced a worldwide shortage of rennet with a price fluctuation in parallel with an increasing cheese production. As well as religious causes. This situation has stimulated the search for suitable rennet substitutes. In our bibliographic study we look for traditional rennet substitutes in Algeria, and we found that they have plant-based substitutes such as: Chardon Marie (*Cynara cardunculus*), The artichoke flower (*Cynara Scolymus*) and Latex of fig tree that are used from antiquity by Algerian women. Animal substitutes such as: Chicken Proventricular Pepsin (*Gallus Gallus*), the stomach pepsin of silt (*Seriola Sp.*), The coagulant extracts of dromedary and the sheep pepsin which will serve at the same time to evaluate the by-products of slaughter which are available and inexpensive; and finally substitutes of microbial origin We have mentioned: *Mucur pusillus*. All these substitutes have good results in the coagulation of the differential origins of milk (cow's milk, goat's milk, etc.).

Keywords : rennet, substitutes, *Cynara cardunculus*, *Cynara Scolymus*, *Gallus Gallus*, *Seriola Sp*, *Mucur pusillus*, Latex of fig tree.

ملخص:

حتى عام 1950، كان استخدام انزيم الرنين كعامل تخمر الحليب في ألبان الجبن هو السائد. ثم شهدت العقود التالية نقصا في الرنين على نطاق العالم مع تقلب الأسعار بالتوازي مع زيادة إنتاج الجبن. وكذلك القضايا الدينية. وقد حفزت هذه الحالة البحث عن بدائل مناسبة للرنين. وفي دراستنا الجغرافية نبحث عن بدائل الرنين التقليدية في الجزائر، ووجدنا أن لديها بدائل نباتية مثل: نبات شوك الجمل سينارا كاردونكولوس، زهرة الخرشوف سينارا سكوليموس والانزيم المستخرج من لاتكس شجرة التين التي تستخدم من العصور القديمة من قبل المرأة الجزائرية. والبدائل المستمدة من الحيوانات مثل: بيبسين بروفنتريكولا دجاج غالوس غالوس، و بيبسين معدة سيلت سيريو لا إس بي، وانزيمات مخثرة مستخلصة من الجمل، ومقتطفات بيبسين الغنم التي سوف تستخدم في نفس الوقت لتقييم المنتجات الثانوية المتاحة وغير المكلفة للمذابح؛ وأخيرا، البدائل الجرثومية التي ذكرنا منها: موكور بوسيلوس وكل هذه البدائل تؤدي إلى نتائج جيدة في تخثير الحليب مع تنوع أصله (حليب البقر، وحليب الماعز، وما إلى ذلك).

كلمات رئيسية: الرنين، بدائل، سينارا كاردونكولوس، سينارا سكوليموس، غالوس غالوس، سيريو لا إس بي، موكور بوسيلوس، لاتكس من شجرة التين.

introduction

Le secteur des produits laitiers en Algérie tient une place importante, cependant le pays doit faire face à de nombreux défis au niveau national et international. En 2018, l'Algérie était le 3^{ème} pays importateur de produits laitiers, après la Chine et le Mexique. La consommation de produits laitiers était de 120 L/an/hab (la plus forte d'Afrique). En même année, les produits laitiers représentaient 16% des importations alimentaires de l'Algérie. Le secteur du fromage est en forte croissance avec une consommation de 85.000 T/an (deshoux, 2020).

En technologie fromagère la coagulation du lait est une étape essentielle dans laquelle l'utilisation d'une enzyme protéique est indispensable. Depuis quelques années, on note une diminution progressive des disponibilités de présure animale destinée à l'industrie fromagère. Cette diminution a suscité de nombreux travaux de recherche pour l'obtention d'enzymes de remplacement à partir d'autres sources. D'une part, cette diminution de la disponibilité résulte de l'obligation d'éviter l'abattage de veaux avant sevrage ainsi que sa production à partir des caillettes qui restent un sous-produit de la viande et d'autre part. Les besoins protéiques de l'alimentation ont déterminé une plus forte demande des produits fromagers, donc l'augmentation de la consommation de la présure est due à la croissance de la fromagerie industrielle (Bensaid, 2011).

L'augmentation de la production du lait durant certaines saisons et la difficulté de sa préservation sous la forme fraîche sont deux facteurs qui ont conduit au développement des technologies de production traditionnelle algérienne. La transformation de la matière première de différentes origines (lait bovin, ovin, caprin ou camelin) en nouveaux produits avec des caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles variées (Rayeb, Lben, Zebda), ne permet pas une conservation durable. La fabrication des fromages semble la solution idéale pour améliorer la qualité sensorielle des produits laitiers et assurer une source de protéine d'origine animale pendant l'hiver vu la rareté du pâturage qui influe sur la disponibilité du lait pendant cette saison. Les fromages traditionnels algériens sont peu nombreux. Ils peuvent être classés en fromage affiné, fromage frais et fromage sec (Khoualdi, 2017).

La fabrication fromagère a tiré un grand profit du développement de la recherche enzymatique. En effet, des enzymes de différentes origines ayant la spécificité de coaguler le lait ont été découvertes et isolées dans le but de succéder à la présure (Lezzoum et Messad, 2008).

La présure est la base de tous les fromages. On peut dire que sans présure, il n'y a pas de fromage possible, car, s'il est vrai, qu'abandonné à lui-même le lait se coagule spontanément sous l'influence des ferments dont il s'infecte par le simple contact de l'air et des agrès de la fromagerie, qui transforment le sucre qu'il renferme en acide lactique, un tel caillé ne peut se travailler suivant la volonté du fromager en une sorte de fromage déterminée ; ce caillé restera sec, pulvérulent ; la pâte en sera cassante et ne se liera pas de façon à former la masse homogène demandée. C'est, comme nous le verrons plus loin, dans la théorie de la fabrication des fromages que nous allons exposer, par l'action combinée de la quantité de présure, de la température de la coagulation, et par le choix du moment où il devra arrêter ce phénomène, que le fromager sera maître de sa fabrication en dirigeant à sa volonté l'opération initiale, la plus importante de la fabrication des fromages (Collin, 2015).

Dans cette étude on a donné quelque exemple sur les succédanés utilisés en Algérie traditionnellement par les femmes de l'antiquité comme les enzymes d'origine végétales ou bien les enzymes d'origine animal et microbienne qu'ils ont la possibilité de remplacer la présure traditionnelle utilisé par les industries.

Chapitre 01: la présure

Chapitre 01:
la présure

1- Définition :

Le terme présure est généralement dédié à une préparation enzymatique fonctionnelle capable d'induire la formation de caillé de lait. En commençant par la présure naturelle de la muqueuse abomasale des ruminants (JAROS et ROHM,2017)

La présure de veau est l'agent coagulant traditionnellement utilisé pour la coagulation du lait en vue de la fabrication de la majorité des fromages ; de petites quantités sont produites à partir de l'estomac de chevreau et d'agneau. Selon la fédération internationale du lait (FIL) la dénomination « présure » est donnée à l'extrait coagulant provenant de caillettes de jeunes ruminants abattus avant sevrage. Elle contient en réalité deux fractions actives, l'une, majeure, constituée par la chymosine, l'autre, mineure, par la pepsine. Au pH du lait (6,2-6,6), la chymosine représente plus de 80 % de l'activité coagulante (Zaidi et Cheurfaoui, 2020).

La proportion de chymosine et de pepsine dans la muqueuse de la caillette dépend du régime alimentaire et de l'âge du ruminant. Dès la naissance, et même de la 10^e à la 20^e semaine de gestation, la chymosine est la protéinase dominante dans la caillette des veaux. Tant que le veau est uniquement allaité ou nourri au lait, la proportion de chymosine, dosée par l'activité de coagulation du lait à pH 6,5, est d'environ 90 %. La proportion de chymosine reste à un niveau élevé (75%) même chez un veau de 6 mois nourri au pâturage, il est autorisé à allaiter sa mère. Cependant, si le veau est sevré et nourri avec des concentrés non laitiers, la proportion de chymosine diminue jusqu'à environ 30 % à l'âge de 6 mois. La proportion de chymosine diminue ensuite avec l'âge et chez les bovins adultes seules des traces de chymosine sont retrouvées. Alors l'alimentation lactée et la proportion de chymosine sont fortement liées (Anders, 2011).

Historiquement, le premier fromage a été accidentellement produit vers 5000 avant JC lors du transport du lait dans des sacs à base d'estomacs d'animaux. Depuis ce temps, la présure naturelle de la caillette de veau (principale source de chymosine) est l'agent de coagulation du lait préféré en raison de sa grande efficacité pour coaguler le lait, ce qui donne une texture de caillé appropriée et un rendement du fromage produit (Mazorra et *al.*,2018).

Tableau 01 : Influence du régime alimentaire et de l'âge sur la proportion (%) de chymosine ou de pepsine (testée par l'activité de coagulation du lait à pH 6,5) dans les extraits de caillette bovine (Anders, 2011).

Alimentation	Âge (mois)	Chymosine (%)	Pepsine (%)
Veau de lait ou de lait	<3	90	10
Veau nourri au pâturage et allaité	6	75	25
Veau nourri au concentré	6	30	70
Vache nourrie au concentré et au foin	>24	Trace	100

A. La chymosine :

La chymosine, également appelée présure, est une enzyme utilisée pour coaguler le lait et produire du fromage. Dans le passé (Smith, 2000), la chymosine naturelle peut comprendre jusqu'à six espèces moléculaires, correspondant aux variantes génétiques A et B, dont chacune est un mélange de trois formes différant à l'extrémité N-terminale, l'une étant plus longue de trois résidus et les deux autres plus courtes, puis la chymosine mature. La chymosine (rennine; EC3.4.23.4) est une protéinase aspartique gastrique néonatale et a une importance commerciale dans la fabrication du fromage, elle appartient à la famille des protéinases aspartiques qui est largement distribuée dans de nombreux organismes et tissus avec différentes propriétés physiologiques et fonctionnelles (Crabbe, 2004), est une aspartate protéinase active dans l'estomac des veaux non sevrés et qui hydrolyse la liaison entre les acides aminés 105 (méthionine) et 106 (phénylalanine) de la k-caséine (Faccia, 2020). Les transformateurs obtenaient la chymosine à partir de la présure, une préparation grattée du quatrième estomac des veaux nourris au lait. Aujourd'hui, l'enzyme est purifiée à partir d'une bactérie qui a été génétiquement modifiée pour la produire. La chymosine obtenue dans ce procédé est structurellement identique à la forme naturelle (Smith, 2000).

B. La pepsine :

La pepsine est une protéase acide présente dans le suc gastrique de tous les mammifères et les oiseaux. L'une de ses remarquables caractéristiques est sa grande activité dans cet environnement acide ; elle est active même à pH 1 où plusieurs enzymes et protéines subissent une rapide dénaturation (Adoui, 2007).

2- Mécanisme d'extraction de la présure :

Après collecte, les caillettes, préalablement nettoyées, sont séchées, salées ou congelées pour conservation jusqu'à l'extraction de la présure.

Cette opération est réalisée par macération des estomacs, découpés, dans une solution salée, pendant quelques jours, le pH étant ajustée à 5,0 à 5,5 pour favoriser l'activation de la prochymosine.

Le jus de macération est ensuite clarifié à l'alun, puis filtré. La standardisation de la force, du pH, de la teneur en NaCl, de la couleur, est effectuée finalement parallèlement à l'ajout de conservateurs autorisés par la réglementation comme le montre le schéma ci-dessus (figure 01) (Moulay, 2014).

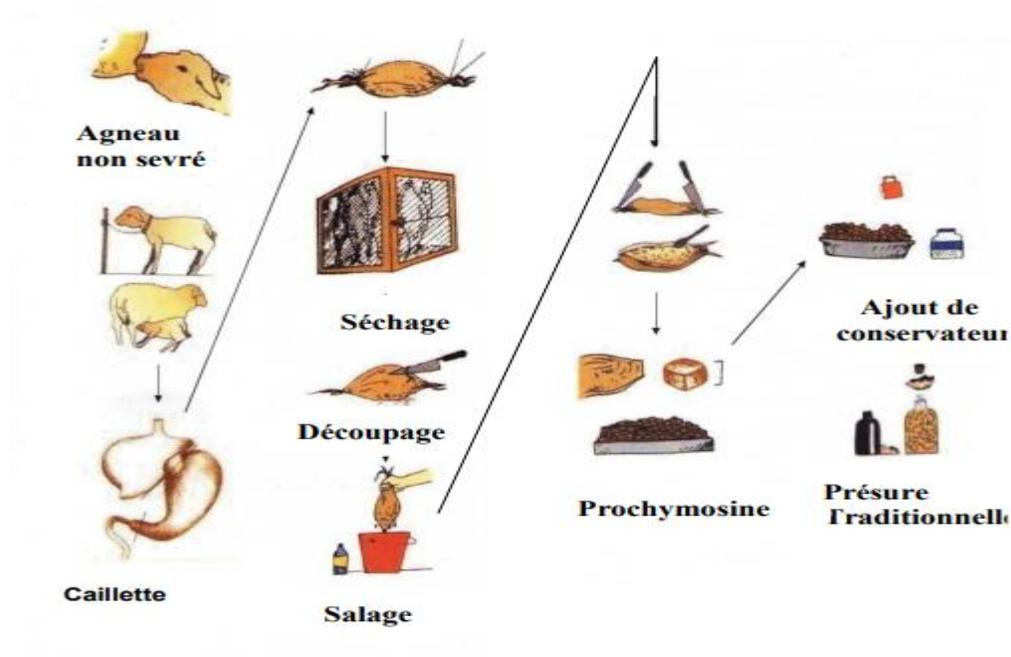


Figure 01 : méthode traditionnelle de la préparation de présure (Moulay, 2014)

3- Les types de présure :

a) Présure animale:

Des estomacs d'animaux. C'est la manière la plus ancienne et la plus courante de s'approvisionner en présure. Les ruminants possèdent plusieurs estomacs. La plupart de la présure dérivée de l'estomac est prélevée dans le quatrième estomac de jeunes veaux non sevrés. Ces animaux ne sont pas tués expressément pour leur présure ; ils sont plutôt tués pour la production de viande (dans ce cas, le veau) et la présure est un sous-produit. Malgré cela, de nombreux végétariens cherchent à éviter les fromages à base de présure d'origine animale (MasterClass, 2020).

b) Présure végétale :

La présure végétale ou la présure végétale est une alternative qui a gagné du terrain. La présure végétale est fabriquée à partir de certains légumes qui ont des propriétés de coagulation. Ces plantes (comme les artichauts, les orties ou le chardon) ne contiennent pas de chymosine, mais elles ont d'autres enzymes qui peuvent coaguler le lait (Frey, 2021).

Il y a certaines parties du monde où l'utilisation de présure végétale (parfois aussi appelée présure de chardon lorsqu'elle est fabriquée à partir de chardon) est plus courante. Par exemple, en Espagne et au Portugal, les fromagers l'utilisent pour fabriquer des produits artisanaux. Cependant, de nombreux fromagers se plaignent que la présure végétale est incohérente dans sa capacité à épaissir le fromage. Cela peut également affecter la saveur du fromage (Frey, 2021).

c) Présure microbienne :

Certains micro-organismes, tels que certaines espèces de moisissures, produiront naturellement des enzymes qui imitent les propriétés de la chymosine. Bien que ces enzymes provenant de moisissures puissent théoriquement être utilisées dans la fabrication du fromage, dans la pratique, une telle chose se produit rarement. La présure microbienne est sujette à des saveurs amères qui ne correspondent pas aux palettes de nombreuses personnes. En tant que tel, les fromagers ont tendance à l'éviter (MasterClass, 2020).

d) Présure produite par fermentation :

Il existe également une présure synthétisée produite par fermentation, qui crée de la chymosine, ou présure. La chymosine produite par fermentation peut être obtenue en manipulant les gènes d'un jeune ruminant et/ou en synthétisant ses gènes. Cette méthode est couramment utilisée dans la fabrication du fromage contemporaine car elle est rentable et fiable (Covington, 2021).

4- Mécanisme de coagulation par la présure :

La protéine la plus importante présente dans le lait est la caséine, qui représente 80 % du total des protéines présentes dans le lait de vache. Il existe quatre types individuels de molécules de caséine, les caséines α_1 , α_2 , β et κ (Alshamiry et Addelrahman, 2020).

Caséine κ : plusieurs modèles ont été proposés pour décrire l'interaction de (caséine κ) avec les autres caséines. L'occurrence de la caséine κ dans les micelles a longtemps été reconnue comme étant l'un des principaux facteurs en charge de la stabilisation. Les micelles de caséine dans le lait sont stabilisées par une brosse en plastique composée principalement de la protéine κ -caséine. Ceci les protéines portent plusieurs groupes acides carboxyliques qui sont des hydrolyses dans des conditions physiques, pH 6. Plusieurs. Puisque la durabilité ionique est -0.1 mol (Alshamiry et Addelrahman, 2020).

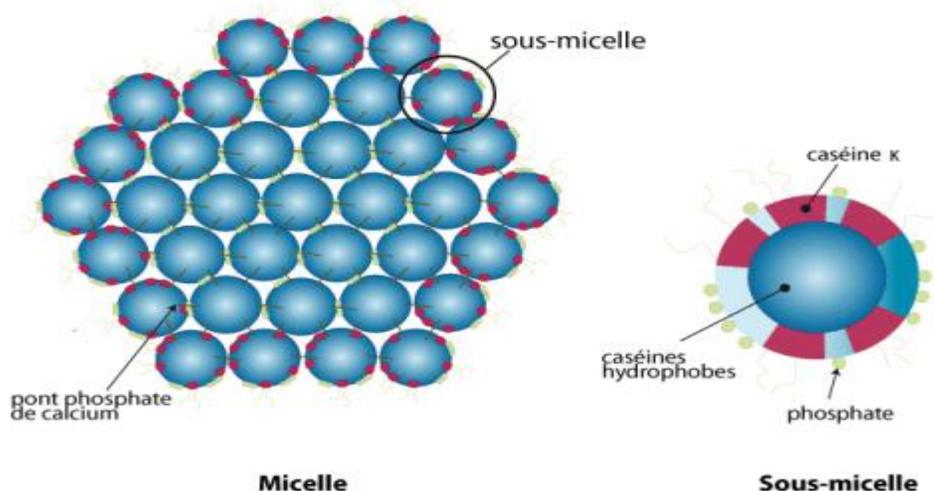


Figure 02 : Représentation schématique de la micelle de caséine (Bouquelet, 2016)

La présure (préparation enzymatique coagulante) dans le lait libère le caséinomacropéptide (CMP) et induit une diminution de l'hydratation des micelles de caséine (passage de 2,5 g d'eau par gramme de caséine à 1,6 – 1,7 g/g à pH 6,60, et de la charge nette des micelles de caséine (cette charge passe de -15 -20 mV à -5 -8 mV) (Ilboudo *et al*, 2012).

Le mécanisme se déroule en trois phases principales.

Phase primaire :

La présure attaque la composante qui stabilise la micelle de caséine (la caséine κ) au niveau de la liaison PHE105-MET106. Il y a alors coupure de la chaîne peptidique en deux segments inégaux : le segment 1-105 est la paracaséine- κ et le segment 106-169, le caséinomacropéptide (CMP). La paracaséine- κ liée aux caséines α et β reste intégrée à la micelle hydrophobe et le CMP contenant tous les glucides est libéré et passe dans le lactosérum. Le CMP est la partie de la caséine κ qui est fortement chargée négativement et responsable des répulsions stériques et électrostatiques. La chymosine supprime cette chevelure stabilisante de la micelle (Ilboudo *et al*, 2012).

Phase secondaire :

C'est une étape d'agglomération de mécanisme encore mal connu. Lors de cette phase, les micelles déstabilisées peuvent se rapprocher et former des liens hydrophobes par intervention des ions calcium qui s'unissent à la partie chargée négativement des micelles diminuant ainsi les forces de répulsion électrostatiques auxquelles elles sont soumises ce qui favorise leur agrégation. Cette phase est observable par la formation du gel. Le démarrage de cette phase nécessite qu'au moins 85 à 90% de la caséine κ soit hydrolysée. Le CMP se détache de la caséine κ et la micelle perd son caractère hydrophile. Il y a diminution de son degré d'hydratation et de son potentiel de surface. Des liaisons hydrophobes et électrostatiques s'établissent alors entre les micelles modifiées et vont entraîner la formation du gel (Ilboudo *et al*, 2012).

Phase tertiaire :

Les micelles agrégées subissent de profondes réorganisations par la mise en place de liaisons phosphocalciques et peut-être des ponts disulfures entre les paracaséines. Ces mécanismes survenant au cours des phases (2 et 3) sont assez complexes et encore mal connus (Ilboudo et *al*, 2012).

Chapitre 02: généralité sur le fromage

1- Définition:

Le fromage selon la norme codex, est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum, caséines ne dépasse pas celui de lait. On obtient le fromage par coagulation complète du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés, et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation (Amiar et Baiche, 2015).

La dénomination « fromage » est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitière suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse (MG), babeurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse. La teneur minimale en matière sèche (MS) du produit ainsi défini doit être de 23 g pour 100 g de fromage, les fromages sont des formes de conservation ancestrales de la matière utile de lait (Protéines, matière grasse ainsi qu'une partie de calcium et le phosphore). Ils sont issus du lait de vache, chèvre ou brebis. Leurs qualités nutritionnelles et organoleptiques sont appréciées par l'Homme dans tout le globe (Belkhiri et *al*, 2016).

Un bon rendement fromager dépend de la qualité du lait réceptionné tels que sa composition chimique, sa richesse en caséines, sa charge microbienne, la nature de sa microflore et son aptitude au développement des bactéries lactiques. Elle dépend aussi de son comportement vis-à-vis de la présure (Mezarja, 2018)

2- La transformation de lait en fromage :

La transformation de lait en fromage comporte, pour la plus grande partie des fromages, trois étapes principales : la coagulation, l'égouttage et l'affinage.

La coagulation correspond à une déstabilisation des micelles de caséines qui flocculent puis se soudent pour former un gel emprisonnant des éléments solubles du lait. On peut provoquer la coagulation par acidification, par l'action d'un enzyme ou encore par l'action combinée des deux.

L'égouttage correspond à une séparation physique entre solide et liquide. Puisque le gel obtenu par la floculation des caséines est instable, il se transforme rapidement à la suite de la contraction des micelles, ce qui provoque l'expulsion de la phase liquide hors du caillé. Ce phénomène appelé synérèse permet de séparer le caillé, contenant la caséine et la matière grasse, du sérum qui contient le lactose, des minéraux et les protéines solubles du lait.

L'affinage correspond à une digestion enzymatique des constituants du caillé égoutté. Comme le caillé frais a un goût fade, l'évolution de la transformation biochimiques des composantes du caillé sous l'action de divers enzymes confèrera au fromage sa texture et sa saveur caractéristique au terme de l'affinage.

Pour certaines variétés de fromages, il n'y a pas d'affinage, car le caillé se consomme après égouttage, comme dans le cas des fromages frais. Un fait intéressant est que selon les paramètres technologiques appliquées à ces trois étapes, il est possible d'obtenir une très grande variété de fromages. Si on tient compte du lait des différents mammifères pouvant être transformé, il y aurait selon certaines sources près de 2000 variétés de fromages dans le monde (Vignola et Carole, 2002).

Dans la plupart des fabrications, entre l'égouttage et l'affinage, se situe l'opération de salage qui représente à la fois un complément d'égouttage et un facteur important de la maîtrise de l'affinage par action sur l'activité de l'eau (Louhichi, 2008).

3- Classification des fromage:

Il existe une grande variété des fromages qui diffèrent par le goût, l'odeur, la texture ou la forme. Cette variété dépend de plusieurs paramètres liés à l'origine du lait, la matière dont le lait est transformé, et de son traitement thermique (Bachouche et Guessas, 2018). On peut classer les fromages en 3 catégories différentes :

3.1. Fromage à pâte fraîche:

Un fromage à pâte fraîche a une texture molle granuleuse ou lisse, crémeuse et veloutée. C'est un fromage peu égoutté caractérisé par une teneur très élevée de l'humidité et une teneur de 60 à 80% de la matière grasse (Bachouche et Guessas, 2018).

3.2. Fromage à pâte pressées:

Ce sont des fromages dont le caillé est pressé après soutirage, puis mis à l'affinage. Dans cette catégorie, on peut distinguer les fromages à pâte pressée non cuite et les fromages à pâte pressée cuite (pâte dure, le caillé chauffé à 65 C°) (Bachouche et Guessas, 2018).

3.2.A. Les fromages à pâtes pressées cuites :

Parmi les pâtes pressées cuites, il faut distinguer celles sans trous, également appelés « yeux », (ex. : Parmesan), ou avec « yeux » (ex. : Emmental). La formation des « yeux » résulte de l'activité de certaines bactéries d'affinage (ex. : *Propionibacterium freudenreichii* pour la production de l'Emmental). Le caillé est chauffé à une température égale ou supérieure à 50 °C, le pH d'emprésurage est de 6,40 – 6,45 dans le cas du Parmesan et de 6,55 - 6,65 dans le cas de l'Emmental. La durée de l'affinage varie selon le fromage : dans le cas de l'Emmental, elle est de 1,5 à 3 mois ou plus pour permettre la formation d'yeux suite à l'activité enzymatique, tandis que pour le Parmesan, elle est de minimum 12 mois jusqu'à 18 mois et plus (Quynh My, 2019).

3.2.B. Les fromages à pâtes pressées non cuites :

Parmi les fromages à pâte pressée non cuite ($T^{\circ} < 40^{\circ} \text{C}$ tout au long du procédé), trois sous familles se distinguent : les souples (ex. : Reblochon), les fermes (ex. : Gouda) et les caillés broyés (ex. : Cheddar) (Quynh My, 2019).

Il y a aussi :

3.2.C. Les fromages à pâtes pressées mi-cuites :

Deux sous-familles de pâtes pressées mi-cuites peuvent être différenciées : les mi-cuites aveugles (ex. : Abondance) et les mi-cuites à ouvertures (ex. : Appenzell). L'étape de chauffage du caillé est effectuée à 40 – 50 °C. Le pH d'emprésurage est environ à 6,60 – 6,70 et celui au démoulage est d'environ 5,20. L'affinage du fromage Abondance dure de 6 mois à 1 an, et minimum 3 mois pour l'Appenzell (Quynh My, 2019).

3.3. Fromage à pâte molle:

Le fromage à pâte molle est un camembert affiné en surface par les moisissures. La texture de ce type de camembert est molle caractérisée par une couleur du blanc cassé allant au jaune pâle. Une croûte molle recouverte des moisissures blanches (Bachouche et Guessas, 2018).

3.3.A. Fromages à pâte molle à croûte fleurie :

L'expression à croûte fleurie s'applique à un fromage dont la croûte est couverte de moisissures (notamment *Penicillium*) qui lui donne un aspect duveteux blanc (GEM RCN, 2009).

3.3.B. Fromages à pâte molle à croûte lavée :

L'expression à croûte lavée s'applique à un fromage dont la croûte subit, au cours de l'affinage, des lavages et brossages qui favorisent le développement d'un goût prononcé (GEM RCN, 2009).

Il y a aussi des autres types de fromages :

3.4. Fromage persillé:

Le persillé appartient à la famille des bleus. Son nom dérive des champignons bleu gris, semblables à des feuilles de persil, qui se développent à l'intérieur de la pâte au bout d'un temps de maturation variant entre 6 et 12 mois. Le caillé fait à une température qui varie entre 27° et 33° est laissé égoutter sans le rompre ou en pratiquant un simple découpage et sera par la suite mélangé aux caillés des jours suivants, qui auront entretemps subi le même traitement, avant d'être moulé une dernière fois. Il s'agit d'un fromage produit d'un assemblage de caillés présentant un degré différent d'humidité, brisés et remoulés, ce qui donne à la pâte une texture friable (Dunoyer, 2019).

3.5. Fromage fondus:

Il obtenus à partir des fromages à pâte ferme et doivent renfermer au minimum 40% de matière grasse. Ce sont les crèmes, crèmes de gruyère, de chester...etc. La cuisson et le brassage sont généralement effectués dans des pétrins à double paroi pour atteindre des températures de 90- 95 °C, voire 120- 125 °C pour la stérilisation. La durée de conservation exceptionnelle permet son exportation dans les pays chauds (Bouloussa et Mahmoudi, 2020).

COAGULATION

EGOUTTAGE

TYPE DE PÂTES

AFFINAGE

TYPE DE FROMAGES

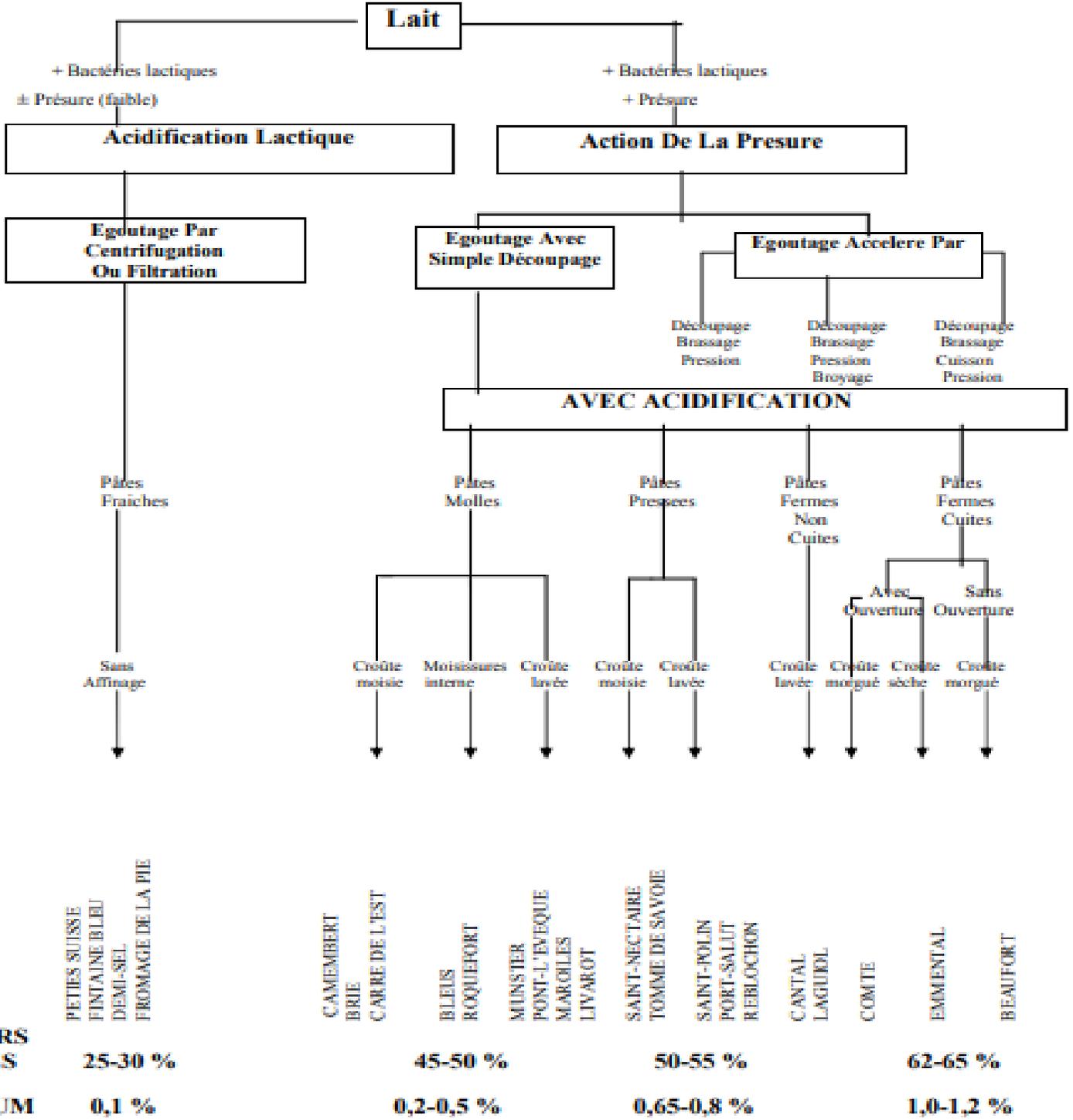


Figure 03 : Classification didactique des fromages (AMIAR et BAICHE, 2015).

Chapitre 03:

les succédanés de la présure traditionnelle en Algérie

I- Généralité :

La forte demande de la présure par les industries fromagères et le prix relativement élevé de ce coagulant ont conduit à l'approvisionnement de plus en plus difficile de la présure traditionnelle. Par ailleurs, dans certains pays, pour des raisons philosophiques ou religieuses l'utilisation de la présure est interdite. A cet égard, des recherches ont été entreprises, ces dernières années, afin d'exploiter d'autres sources potentielles de coagulases capables de remplacer la présure désignée sous le terme de succédanés de présure (Belhamiche, 2005).

Cependant, un succédané de la présure animal doit présenter une bonne solubilité dans l'eau, un degré de pureté élevé et une activité protéolytique et lipolytique faibles. En plus, il ne doit pas contenir d'enzymes contaminantes (telles les lipases).

Par ailleurs, il doit respecter (les modalités habituelles du déroulement du processus de la fabrication fromagères. Pour cela, tout succédané de présure doit répondre aux critères suivants :

- L'activité coagulante doit être bonne dans les conditions physico-chimiques des laits habituellement transformés en fromagerie ;
- Les propriétés rhéologiques des coagulums doivent évoluer après la floculation de façon à permettre le travail mécanique du gel dans les délais habituels ;
- La synérèse du coagulum au cours de la phase d'égouttage doit permettre d'obtenir un fromage d'extrait sec et de composition chimique caractéristiques, dans un délai au plus égal à celui observé avec la présure ;
- Les rendements fromagers, exprimés en poids sec de fromage, doivent être au moins égaux à ceux relevés lors de l'emploi de la présure.
- D'un point de vue réglementaire, comme tout additif, l'emploi des enzymes doit être soumis à une réglementation stricte qui permet d'éviter tout risque de toxicité.
- Le milieu de culture utilisé dans le cas des enzymes microbiennes ne doit laisser aucun résidu nocif ou toxique.

- Les micro-organismes utilisés doivent être non pathogènes et ne pas produire de toxines ou de substances cancérogènes.
- Les préparations enzymatiques commercialisées ne doivent pas contenir de contaminants microbiens.
- Les agents de stabilisations et de dilution doivent être dans un état d'innocuité.
- Les doses d'utilisation des préparations enzymatiques doivent être respectées afin d'éviter les conséquences dangereuses d'un surdosage.

Par ailleurs, un contrôle de pureté doit être effectué de façon systématique au cours de la production pour les préparations enzymatiques microbiennes (Belhamiche, 2005).

1-Enzymes d'origine végétale :

Les protéases d'origine végétale sont par ordre d'intérêt en technologie laitière la papaïne extraite d'une plante équatoriale et tropicale (*Carica papaya*), la broméline extraite de l'ananas (*Ananas comosus*), la ficine issue de la figue (*Ficus glabrata*).

- La papaïne : La papaïne extraite du latex de *Carioca papaya*, est caractérisée par une activité coagulante assez forte, mais également un fort pouvoir protéolytique.
- La ficine : est une sulfhydryl enzyme, extraite du latex de *Ficus genus* ou *Ficus carica*. Comme la papaïne, elle a un pouvoir coagulant important mais son utilisation est limitée par son fort pouvoir protéolytique.
- La broméline : est une enzyme extraite de l'ananas (*Ananas comosus*), elle a été considérée comme substituant possible de la chymosine. Elle a un pouvoir protéolytique défavorable au rendement et à la qualité organoleptique dans l'industrie fromagère (Boughellout, 2007).

2- Enzymes d'origine microbienne :

Les protéases microbiennes peuvent être produites par les bactéries, les moisissures et les levures. Dès que le développement de la microbiologie a permis de mieux comprendre les systèmes qui président à la synthèse des enzymes chez les microorganismes, la production

industrielle d'enzymes s'est orientée vers les processus fermentaires (Benkahoul et Mechakra-Maza, 2016)

L'industrie de fermentation s'est intéressée à la production de protéases susceptibles de remplacer la présure, à partir de micro-organismes. Dans ce but, de multiples espèces de bactéries et de champignons inférieurs ont été étudiées afin de pallier la pénurie mondiale de présure. En effet, il a été estimé qu'en 1974 environ 60% de la technologie fromagère aux Etats-Unis d'Amérique utilisaient des protéases d'origine microbienne (Boughellout, 2007).

a- **Origine bactérienne** : La recherche d'enzymes pour substituer la présure a conduit à de multiples travaux sur plusieurs bactéries : *Streptococcus liquifaciens*, *Micrococcus caseolyticus*, *Bacillus cereus*, et *Bacillus coagulans*. Les protéases extraites de ces bactéries ont plusieurs inconvénients, tels que la non spécificité de l'hydrolyse, la protéolyse excessive qui a pour conséquence un faible rendement fromager et une modification des caractéristiques organoleptiques des fromages (goût acide, amertume).

De récents travaux de génie génétique ont permis de préparer une présure formée de chymosine pure, par clonage de gène sur *Escherichia coli*.

b- **Origine fongique** : Les travaux réalisés sur différents types de levures et moisissures, ont permis de sélectionner trois types de moisissures dont les propriétés coagulantes et protéolytiques de leurs enzymes se rapprochent le plus de celles de la présure. Ces moisissures sont : *Endothia parasitica*, *Mucor miehei* et *Mucor pusillus* (Boughellout, 2007).

3- Enzymes d'origine animale :

Les enzymes coagulants d'origine animale sont des protéases gastriques. Ils appartiennent à la catégorie des endo-peptidases actives à pH acide appelées protéases à aspartate ou encore protéases acides (Benhamadouche et Nesnas, 2019).

Pepsine :

La pepsine, du grec « pepsis » signifiant digestion, est le membre le mieux connu de la classe des protéases à aspartate et l'une des premières enzymes à y être découverte et purifiée

dans sa forme cristalline. Cette enzyme a pour code EC, 3.4.23.1 (Benhamadouche et Nesnas, 2019).

La pepsine est sécrétée en proportion plus importante après sevrage dans l'estomac des mammifères, est produite par les cellules de la muqueuse gastrique sous forme de pepsinogène inactif de PM= 42000 et comporte 371 aa, Elle peut s'activer de façon auto-catalytique en pepsine par perte de 44 aa du côté N-Terminal (Benhamadouche et Nesnas, 2019).

La pepsine porcine :

L'extraction et l'utilisation de la pepsine porcine ont débuté durant la première guerre mondiale pour pallier une pénurie de la présure, mais n'a été réellement industrialisée qu'à partir des années 60. Elle est extraite de l'estomac de porcs sous forme inactive, puis activée par acidification à pH 2, son poids moléculaire est de 34500 Da (Boughellout, 2007 ; Bourahla, 2020).

L'emploi de la pepsine porcine présente pour la coagulation du lait des difficultés, à cause d'une activité protéolytique supérieure à celle de la présure, avec présence d'arrière-goût et d'amertume pour certains fromages (Bourahla, 2020).

La pepsine bovine :

C'est un des constituants mineurs normaux de la présure. Elle est extraite des caillottes de bovidés adultes, et son poids moléculaire est de 33400 Da. L'activité coagulante de la pepsine bovine n'est pas aussi dépendante du pH que celle de la pepsine porcine, et peut coaguler le lait à des pH supérieurs à 6.9, son activité protéolytique est proche de celle de la présure. Elle est utilisée en fromagerie en mélange 50 :50 avec la présure (Boughellout, 2007 ; Bourahla, 2020).

La Pepsine de poulet :

La pepsine du poulet est extraite du proventricule ou ventricule succenturié qui est un renflement fusiforme de 3 cm de long en moyenne, situé au-dessus du gésier, il est revêtu d'un épithélium de cellules cylindriques. Le pepsinogène du poulet est composé de 387 résidus d'acides aminés avec un poids moléculaire de 43000 Da. La pepsine elle, est composée de 308

résidus d'acides aminés et un poids moléculaire de 35000 Da. Le pH optimum de la pepsine de poulet est de 2.8. L'enzyme reste stable à pH 8, et devient inactive à pH 8,5 (Bourahla, 2020).

Tableau 02 : Origine de différentes enzymes utilisées pour coaguler le lait (Bourahla, 2020).

Origines		Enzymes
Animaux	Ruminants	
	-Veaux	Chymosine + pepsine
	-Agneaux	Chymosine + pepsine
	-chevreaux	Chymosine + pepsine
	-Bovins adultes	Chymosine + pepsine
	Monogastrique	Pepsine
	-Porcs	Pepsine
Oiseaux	Pepsine	
-Poulets	Pepsine	
Végétaux	-Figuier (suc)	Ficine
	-Ananas (tige)	Broméline
	-Chardon, artichaut	Cardosines
	-Gaillet	Cyprosine
	-Courge...	

Moisissures	Endothiaparasitica	Protéase
	-Mucorpusillus	Protéase
	-Mucormeihei	Protéase
	-Aspergillus nige	Protéase
		Chymosine (génétique)
Levures	Kiuyxeromyces lactis	Chymosine (génétique)
Bactéries	-Echerichia coli	Chymosine (génétique)
	-Bacillus subtilis	Subtiline (génétique)

II- Les succédanés de la présure traditionnelle en Algérie :

a- Les Succédanés végétaux :

En Algérie l'utilisation des fleurs du chardon, de l'extrait de l'artichaut, des graines de citrouille, ou de la sève du figuier sont des pratiques connues pour la production du Jben traditionnel

- **Chardon Marie (*Cynara cardunculus*) :**

L'Algérie, dépendante de l'étranger pour ces présures, connaît des essais de travaux, tels que ceux de TEPA (Transformation et Elaboration des Produits Agro-alimentaires) sur les agents coagulants d'origine végétale, principalement du Chardon Marie. La plante en question est utilisée depuis toujours pour la fabrication des fromages traditionnels algériens (Amroune, 2019).

La chardonnette est une plante vivace sauvage proche du Cardon et de l'artichaut, aux feuilles recouvertes de piquants et les fleurs d'aiguilles très agressives longues de 2 à 3 cm, et comme toutes ces plantes recouvertes de piquants, c'est qu'elles protègent un trésor (comme la figue de barbarie). Le trésor de la chardonnette se trouve dans sa fleur, ses fleurons violets qui en séchant, se détachent facilement (toute fois en se munissant de gants de cuir), tous les ans, en été,

récupérées et bien séchées à l'ombre sont utilisées pour le prochain été (Amroune,



2019

Figure 04 : chardon marie (Amroune, 2019).

- **Extraction du système enzymatique des fleurs de cardon :**

Extraction du système enzymatique des fleurs de cardon Pour extraire le système enzymatique des fleurs sèches de cardon, plusieurs types d'extractions ont été appliqués et de nombreux protocoles ont été décrit ; il peut s'agir d'une extraction aqueuse par macération des fleurs soit dans de l'eau, dans une solution saline ou dans une solution tampon. Aussi, d'une extraction alcoolique par macération dans de l'éthanol. Ou encore, d'une extraction à l'azote liquide (Zikiou, 2013).

- **Utilisation de l'extrait des fleurs de chardon dans la fabrication des fromages en Algérie :**

Dans les hauts plateaux, et plus exactement dans les petits villages qui entourent la région des Aures, on avait l'habitude de fabriquer un des fromages les plus communs du pays le Djben à base de lait de brebis. En été, la fabrication de ce fromage se fait en utilisant un extrait des fleurs de chardon. Ces fleurs cueillies des capitules de chardon, sont utilisées directement sans être préalablement séchées. Une touffe de fleurs est prise et mise dans un peu de laine lavée ; Cette touffe est bien écrasée durant quelques minutes à l'intérieur de la laine, pour faire sortir l'extrait enzymatique des fleurs. Le tout est bien essoré au-dessus d'une quantité de lait (1 à 5 litres) et ceci jusqu'à l'obtention de quelques gouttes d'un liquide jaunâtre qui seront ajoutées au lait. Le lait est bien mélangé et mis au soleil durant environ 30min. Le caillé obtenu est débarrassé de

son sérum par un égouttage assez poussé à l'aide d'une toile ; Le Djben obtenu peut être consommé directement ou après salage (Ammar et Chouddani, 2020).

- La fleur d'artichaut (*Cynara Scolymus*) :

L'observation du cycle naturel montre que l'artichaut est une espèce typiquement méditerranéenne à croissance végétative automno-printanière plus ou moins ralentie en hiver.

La partie consommable est un petit capitule de 80 à 90g contenant des jeunes fleurs centrales inférieure ou égale 2mm, un cœur ovoïde à longues bractées centrales, aussi charnues que possible et très peu anthocyanées (substrat d'oxydation).

L'artichaut (*Cynara Scolymus*) est une plante dicotylédone de la famille des Astéracées ou composées c'est un chardon domestique et cultivé ; de l'espèce (*Cynara cardunculus*), dont la variété sauvage est *Cynara cardunculus sylvestris*

Des protéinases aspartiques des fleurs de *Cynara cardunculus* ont été intensivement étudiées et longtemps employées comme coagulants dans la fabrication de plusieurs fromages Espagnols et portugais traditionnels, ces endopeptidases s'appellent les Cardosins ou les cynarases.

Cependant, les protéinases d'une autre plante de genre *Cynara*, l'artichaut (*Cynara scolymus*) sont moins connus probablement parce que la fleur est habituellement consommée comme légume.



Figure 05 : la fleur d'artichaut (<https://www.genialvegetal.net>)

Trois protéinases (Cynarases A,B et C) ont la propriété de coaguler le lait sont épurées du foin de l'artichaut, chaque une des trois protéinases est une glycoprotéine et composée d'une grande et d'une petite sous unité.

L'extrait de l'artichaut pouvait également être employé dans l'industrie du lait comme l'extrait obtenu à partir de la fleur du *Cynara cardunculus*.

La méthode traditionnelle de conservation des fleurs récupérées c'est de séchage des fleurs à température ambiante et à l'abri des rayons solaires pendant environ 3 semaines, après leur étalement sur une toile sèche absorbant l'humidité ou sur un papier ce qui leur permettra de conserver pendant longtemps leurs activités (Tchantchane et Zermane, 2011).

- **Latex de figuier :**

Le figuier ou *F. carica* L. est l'un des premiers arbres domestiqués dans le monde. Selon son historique il vient d'Asie occidentale puis il a expansé vers le bassin méditerranéen. *F. carica* est une espèce parmi les 1400 espèces appartenant à la famille des Moraceae qui regroupe environ 40 genres.



Figure 06 : *Ficus carica* L (Hamer Laine et Zoubiri, 2018).

Le latex est le liquide blanc laiteux qui s'écoule après une coupure de la tige, les feuilles et les fruits non murs. Le latex du figuier est d'une grande importance, il sert à protéger cet arbre contre les phytopathogènes et les insectes herbivores, et les conditions hostiles comme l'eau et le stress environnemental (Hamer Laine et Zoubiri, 2018). Ce matériel contient divers métabolites

secondaires comme les composés phénoliques et des protéines à savoir les protéases à cystéine. Le latex est constitué de caoutchouc, résine, albumine, sucre et acide malique, enzymes protéolytiques, diastase, estérase, lipase, catalase et peroxydase. Traditionnellement, il est utilisé dans le traitement de la goutte, des ulcères et des verrues. Il contient une enzyme protéolytique capable de coagulation de lait et de digérer la caséine.

Il est connu depuis bien d'années que le latex contient une activité protéolytique. Le nom ficine a été inventée par ROBBINS (1930) pour la poudre blanche purifiée dotée d'une activité antihelminthique obtenu à partir de latex de genre *Ficus*. Ficine, est le nom donné pour l'enzyme protéolytique (endopeptidase) isolée à partir de latex des arbres du genre *Ficus*. Elle appartient à la famille des protéases à cystéine. Les informations disponibles indiquent que la ficine a beaucoup de propriétés communes avec la papaine (Siar, 2014).

Les protéases végétales ont été employées depuis les périodes antiques. On indique que le latex du figuier est utilisé pour la fabrication du fromage et comme un antihelminthique. Dans le secteur de la brasserie afin d'obtenir de bonnes propriétés colloïdales à de basses températures. Ou dans le domaine pharmaceutique. La ficine est aussi utilisée pour l'attendrissement de la viande. En Italie, la ficine est utilisée pour la fabrication d'un fromage traditionnelle le Cacioricotta, la ficine peut remplacer avec succès la chymosine dans la fabrication de fromage Gaziantep. Traditionnellement, dans les montagnes d'Algérie, particulièrement la Kabylie, le latex de figuier (ficine brute) est utilisé comme agent coagulant pour la préparation d'un fromage connu sous le nom AGUGLI ou IGUISSI selon la région (Siar, 2014).

Le pH optimal du ficaine est proche de 7 et le large profil du pH est régi principalement par un groupe de valeurs de pKa de 4,46 et 8,37. L'activation de ficaine nécessite des agents réducteurs.

Le latex est une substance liquide visqueuse de couleur blanche, elle circule dans tout le figuier (sève végétale), elle permet de protéger l'arbre contre les ravageurs. Le latex est récupéré dans des contenants en plastique propres et maintenu à froid de sorte qu'il ne perd pas sa fraîcheur le long du trajet.

L'extraction de la ficine est une étape très importante, elle sert à séparer l'extrait enzymatique de la gomme. Elle se fait par centrifugation à 3200 g pendant 15 minutes à 4°C,

pour récupérer l'extrait enzymatique (phase aqueuse) qui ensuite conservé à 18°C pour des utilisations ultérieures (Hamer Laine et Zoubiri, 2018).

La ficine, est une enzyme protéolytique, qui été connu depuis toujours pour ces pouvoir de coagulation du lait. Et pour bien comprendre ces propriétés de coagulation plusieurs recherches ont été effectuée, dont certaines était basées sur une étude comparative entre la ficine et une autre substance phytochimique qui possède le même pouvoir de coagulation qu'elle, et cela dans le but d'étudier encore plus son efficacité, par exemple dans une étude, la ficine a été comparée à l'extrait de *Polyporus badius* dans la coagulation du lait en analysant la rhéologie et la microstructure caractéristiques du lait caillé de brebis. Les gels produits par Les gels *P. badius* étaient plus visqueux et avec une texture plus douce que les gels de ficine (Djennane, 2020).

Autrement dit, ils ont une humidité plus élevée et des teneurs en protéines plus faibles présentant une structure plus compacte. Une autre méthode basée sur l'étude de l'effet de la ficine, la papaine et la présure, sur les molécules de caséine d'un lait ultrafiltré était réalisés comme suite ; des échantillons de lait écrémé bovin ultrafiltré ont été traités avec de la présure de veau, de la ficine et de la papaine. Les auteurs ont trouvé que la ficine et la papaine avaient un effet plus significatif sur la protéolyse du caillé formé de lait ordinaire et 1 × ultrafiltré que de 2 × ou 4 × lait ultrafiltré. Les auteurs ont proposé que l'ultrafiltration peut produire des modifications structurelles de certains constituants du lait les propriétés de coagulation et / ou de protéolyse des molécules de caséine (Djennane, 2020).

b- Les succédanés animaux :

A côté des succédanés de présure d'origine végétale et microbienne, existe ceux d'origine animale. Les enzymes sécrétées par l'estomac des mammifères sont celles qui sont intéressantes pour la fromagerie. Dans cet intervalle sont incluses les pepsines de différente espèce animale, principalement bovine, ovine, caprine, porcine et aviaire. Ces différentes pepsines sont parfois utilisées en mélange avec la présure à des proportions variables qui dépendent du type de fromage à préparer. Précisons, que les pepsines scindent les liaisons peptidiques des acides aminés à noyaux aromatiques et des acides aminés hydrophobes. Leurs sites actifs comportent deux aspartates ayant des réactivités chimiques différentes (Krid, Née Benyahia, 2013).

On a là des exemples :

- Pepsine de proventricule de poulet (*Gallus Gallus*) :

Selon l'étude de (Boughellout, 2007) qu'a été entreprise dans le but de contribuer à la possibilité de substitution de la présure par la pepsine de poulet lors de la coagulation du lait. L'extraction de la pepsine de poulet a permis de donner à partir de 100g de proventricule 250ml d'extrait enzymatique, donnant un temps de floculation de 41 sec et une activité coagulante de 2.42 U.A.C./ml. Pour obtenir un temps de floculation compris entre 12 et 15 min l'extrait doit être dilué à raison de 1.65%.

Les résultats ne décèlent aucun inconvénient à substituer la présure par la pepsine de poulet lors de la phase de coagulation. Au contraire, elle a remarqué certains avantages tels que la protéolyse réduite lors de la première heure de la coagulation, et un nombre d'interactions hydrogènes plus important indiquant une fermeté supérieure du gel. Cependant, il est nécessaire de signaler que la phase de coagulation n'est que la première étape de la fromagerie. Des problèmes causés par l'utilisation de la pepsine de poulet peuvent survenir lors des étapes ultérieures, et notamment lors de l'affinage et la conservation des fromages

- La pepsine d'estomacs De Limon (*Seriola Sp.*) :

Selon l'étude de (Nouani, 2009) qui fait une comparaison entre l'enzyme extrait de proventricule de poulet et d'estomacs de limon il a trouvé que :

-La conservation des préparations coagulantes est généralement meilleure à des températures très basses (congélation).

-En ce qui concerne l'activité protéolytique, l'enzyme de poulet a une activité légèrement plus élevée que celle de limon mais toutes les deux manifestent une protéolyse plus marquée par rapport à la présure traditionnelle.

Compare aux substituts d'origine microbienne et végétale, l'extraction et la purification des protéases à partir des viscères représentent sans doute des techniques plus onéreuses eu égard à la structure des tissus qui les composent et la difficulté de manipulation de sous-produits très polluants. Cependant, leur pouvoir protéolytique, leur action spécifique sur les caséines du lait et la similitude de structure avec la Chymosine sont autant de facteurs qui les prédisposent comme la présure traditionnelle a une utilisation très favorable en fromagerie. A cet effet, il reste à

déterminer l'intérêt de promouvoir les méthodes d'extraction et de purification pour constituer, sans doute, une meilleure approche pour une production industrielle de ces substances. Les tentatives de valorisation des protéases extraites d'organismes animaux s'inscrivent bien dans une telle perspective.

- Les extraits coagulants de dromadaire :

L'extraction des enzymes coagulantes à partir des caillettes de dromadaires, d'âges variés. Les préparations enzymatiques brutes testées sur leur pouvoir de coagulation de lait bovin ont montré que les meilleures aptitudes correspondent à celles issues de l'animal le plus âgé (EC 5). L'étude du temps de floculation a permis d'affirmer qu'il y a une bonne affinité des extraits coagulants de dromadaire pour le lait bovin. Les essais réalisés aussi montrés que la réduction du temps de floculation est possible en ayant recours à des extraits coagulants de dromadaires adultes utilisés à un pH d'emprésurage voisin de 6 et à des températures avoisinantes 42°C. Ce résultat est très encourageant vu la pénurie mondiale de la présure et les fluctuations de son prix suite à quoi son importation présente un handicap majeur pour le développement de la production locale. Pour cela, le choix d'un succédané de présure de production locale, est souhaitable. Il permettrait un approvisionnement permanent limitant la dépendance avec l'importation et les fluctuations de prix. Ce résultat est aussi prometteur étant donné la disponibilité des caillettes de dromadaires adultes prêts à l'abattage dans le sud Algérien (Boudjenah-Haroun et *al*, 2014).

- La pepsine ovine :

A travers les recherches menées par (Slamani et Bellal, 2015) qui visaient à la valorisation des caillettes d'ovins adultes en vue de la préparation de la pepsine ovine et la caractérisation de son activité coagulante. Là où ils l'ont utilisé la méthode d'extraction qui consistait à tremper un poids de caillette broyée dans une solution d'acide chlorhydrique 0,2 M. selon le rapport 8/10 (w/w). Le mélange est porté à une température de 35°C pendant une durée de 96 heures. Cette méthode d'extraction a permis d'obtenir des rendements d'extraction plus intéressants par rapport aux autres méthodes testées et présente certains avantages en l'occurrence, le maintien du jus de macération dans des conditions ($\text{pH} \leq 2$) qui limitent les

risques de contamination microbienne pendant toute la durée d'incubation, et ce contrairement aux macérations conduites dans des saumures à des températures moyennes avec lesquelles, il est très difficile d'obtenir des extraits exempts de contaminations microbiennes en absence de conservateurs.

Les auteurs affirmer que les caillettes d'ovins constituent une source potentielle de pepsine qui peut substituer, en partie, la présure classique. La méthode d'extraction adoptée peut être employée à plus grande échelle, néanmoins l'utilisation des caillettes ovines pose le problème de leur collecte. Enfin, l'utilisation de la pepsine ovine en tant que substitut de la présure est conditionnée par la possibilité de la préparation de cette protéase de manière stable et continue d'une part, et d'autre part des propriétés technologiques qui caractérise cette enzyme. En conséquence, il y a lieu d'envisager une étude sur les propriétés physico-chimique de cet extrait coagulant et de son aptitude fromagère afin de pouvoir répondre à la question de son emploi en fromagerie.

c- Les succédanés microbiens :

Les coagulants d'origine microbienne sont des enzymes protéolytiques produites par des microorganismes capables d'induire la coagulation du lait de manière similaire aux coagulants d'origine animale. Un grand nombre de champignons sécrètent des protéases à acide aspartique dans le milieu de culture, la fonction physiologique de ces enzymes étant l'hydrolyse de protéines pour répondre aux besoins nutritionnels. Les principaux champignons connus depuis longtemps qui sont sources de protéases à acide aspartique, sont *Endothia parasitica*, *Rhizopus chinensis*, *Penicillium janthinellum*, *Mucor pusillus* et *Mucor miehei* (Nouani, 2009).

- *La Coagulase De Mucor Pusillus :*

Selon (Nouani, 2009) qui a fait une étude sur la coagulation de lait par la coagulase de *Mucor pusillus* à travers l'optimisation des conditions de purification et la nécessité de réduire les pertes d'activité de l'enzyme et des rendements protéiques. Les résultats montrent que l'extrait enzymatique brut, obtenu à partir de la culture en surface de *Mucor pusillus*, est caractérisé par une force coagulante brute de 1 /1200, une activité jugée acceptable pour un emploi en technologie fromagère. Par ailleurs et à travers les différents protocoles de purification

appliquées, il a été conclu que l'étape du fractionnement au sulfate d'ammonium (40- 80 % de saturation) de l'extrait enzymatique brut de la souche fongique étudiée n'est pas préconisée. En effet, une chute importante de l'activité coagulante a été constatée (28,53 %) avec un facteur de purification voisin de 3.

De plus, l'étude électrophorétique sur SDS- PAGE ne montre aucune différence entre l'extrait précipité par fractionnement et celui précipité directement à 80 % de saturation. L'emploi de la technique de chromatographie d'exclusion dans le processus de purification semble plus intéressant. En effet, sur des extraits bruts lyophilisés, elle a permis d'obtenir un meilleur rendement de l'ordre de 55,13 tout en multipliant par un facteur de 20,88 l'activité spécifique de la coagulase comparée à l'échangeuse d'ions, qui pour un rendement en activité sensiblement équivalent a donné un facteur de purification de 6,75. Dans une autre approche de l'étude, l'activité protéolytique manifestée par les protéases lors du processus de coagulation du lait et au cours de l'affinage des fromages est déterminant en fromagerie et une cinétique très ralentie est recherchée. Les protocoles de purifications ne semblent avoir aucun impact sur l'activité des protéases purifiées. Les résultats enregistrés pour une protéase issue d'une espèce microbienne approuvée par le Codex et la FDA, confirment la possibilité de son emploi comme une enzyme de remplacement de la présure traditionnelle en fromagerie.

conclusion

L'objectif principale de notre travail, était la réalisation d'une synthèse bibliographique des succédanés de la présure traditionnelle en Algérie, à travers des informations recueillies à partir de diverses études, a permis de trouver de multiples exemples d'alternatives végétales, animales et microbiennes à l'étouffement traditionnel, pour des alternatives végétales il y a: Chardon Marie (*Cynara cardunculus*), La fleur d'artichaut (*Cynara Scolymus*) et Latex de figuier utilisée par les femmes algériennes à la maison dans plusieurs régions et de plusieurs manières différentes selon les coutumes de chaque région, où la fabrication du fromage était l'une des traditions que les femmes sont friandes et peut être appliquée dans Notre temps actuel dans les usines spécialisées dans la production fromagère.

En ce qui concerne les alternatives animales il y a : la Pepsine de proventricule de poulet (*Gallus Gallus*), la pepsine d'estomac de limon (*Seriola Sp.*), Les extraits coagulants de dromadaire et la pepsine ovine, où ils ont obtenu des résultats très encourageants, ces enzymes ont conduit à la coagulation du lait avec des résultats variables, mais de bons résultats réussis avec la nécessité de faire des études pour stabiliser certains points sur la qualité du lait mieux pour faire la coagulation et le volume de l'enzyme nécessaire à la coagulation. Ce faisant, nous avons également évalué les résidus d'abattage et les résidus de l'industrie maritime. Pour cela, le choix d'un succédané de présure de production locale, est souhaitable.

En plus, des succédanés microbiens, tel que : La Coagulase De *Mucor Pusillus*, qui est confirmé par le Codex Alimentarius et la Food and Drug Administration (FDA), comme alternative à l'enzyme présure traditionnelle dans la fabrication du fromage.

Enfin, vu de la pénurie mondiale de la présure et les fluctuations de son prix, son importation présente un handicap majeur pour le développement de la production locale. En plus de ces considérations économiques, le facteur religieux joue également un rôle important dans le choix du type de coagulant utilisé, de son origine et des conditions de sa préparation. Pour cela, le choix d'un succédané de présure de production locale, est souhaitable. Il permettrait un approvisionnement permanent limitant la dépendance avec l'importation et les fluctuations de prix et répond mieux à nos exigences religieuses.

liste des références

A

- Adoui, F. Extraction d'enzyme Coagulant le lait à partir de proventricules de poulet. Mémoire, université MENTOURI. 2007.
- Amiar, Mohamed et Baiche, Loundja. Influence du rapport gras/sec sur le rendement final d'un fromage à pâte molle type Camembert Fabriqué à la laiterie Draa Ben Khedda. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention de diplôme de Master II en Biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 2015.
- Ammar, Amina. Chouddani, Hanane. Fabrication Du Fromage A Base De Lait De Chevre Par Incorporation D'extrait Des Fleurs Du Chardon. Memoire De Master. Universite Akli Mohand Oulhadj – Bouira. 2020.
- Anders Andrén. Cheese: rennets and coagulants. [Swedish University of Agricultural Sciences](#). December 2011.

B

- Bachouche, Siham et Guessas, Hayat. Fabrication de fromage de type Camembert à base de lait reconstitué. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention de diplôme de Master en Sciences Biologiques. Universite Akli Mohand Oulhadj – Bouira. 2018
- Bouquelet Stéphane. Protéines alimentaires. Université de Lille, Sciences et Technologies. 20 avril 2016. <https://biochim-agro.univ-lille.fr/>.
- Belhamiche, Nabila. Extraction, purification et caractérisation de la coagulase de Mucor Pusillus. Thèse en vue de l'obtention du diplôme de magister en sciences agronomiques. Institut National Agronomique-El-Harrach. 2005.
- Belkhiri, Rebiha. Hachemi, Rania. Mehiris, Khalissa. L'effet de la température de stockage sur la qualité microbiologique et physico-chimique de petit-suisse. Mémoire En vue de l'obtention du Diplôme de Master. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A. 2016.
- Benhamadouche, Yasmine ; Nesnas, Assia. Extraction et caractérisation des extraits coagulants issus de caillettes de dromadaires adultes et non sevrés. Thèse de Doctorat. Université Mouloud Mammeri. 2019.

- Benkahoul, Malika; Mechakra-Maza, Aicha. Evaluation, Extraction et caractérisation de l'activité coagulante des protéases de deux chardons endémiques, *Galactites tomentosa* et *Onopordum acanthium*. Thèse de Doctorat. Université des frères mentouri constantine 2016.
- BENSALIM, Ilhem. Utilisation de l'Extrait Enzymatique des Fleurs du *Cynara cardunculus* pour la Fabrication du Fromage. Mémoire de Master en Biologie. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen. 2011.
- Boudjenah-Haroun, Saliha. Souid, Wafa Balla, Asma. Senoussi, Chahra. Almi, Dalila. Si Ahmed, Saliha et Mati, Abderrahmane. Utilisation des enzymes coagulantes extraites de dromadaire pour la coagulation du lait bovin. *Livestock Research for Rural Development*, 2014, 26.3.
- Boughellout, Halima. Coagulation du lait par la pepsine de poulet. Mémoire de Magister. Université Mentouri. 2007.
- Bouloussa, Ouarda. Mahmoudi, Kaouthar. Essai de fabrication du fromage frais à base de lait de dromadaire et lait de chèvre par deux agents coagulants. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences biologiques. Université Echahid Hamma Lakhdar-El Oued. 2020.
- Bourahla, Bouchra Halima. Effet de la substitution de la présure par la pepsine de poulet dans la coagulation des laits destinés à la transformation fromagère. Mémoire de Master en Sciences alimentaires. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem. 2020.



- Cheurfaoui, Zoubir; Boukhalfa, Farid Encadreur; Zaidi, Souad. Extraction et caractérisation d'un succédané végétal de la présure obtenu à partir des graines de la citrouille *Cucurbita pepo*. 2020.
- Collin, Jean-Claude. Présures et coagulants de substitution: Comment faire le bon choix?. Editions Quae, 2015.
- Covington Linnea. What Is Rennet ?. <https://www.thespruceeats.com>. Updated 07/23/21
- Crabbe, M. J. C. Rennets: general and molecular aspects. *Cheese: Chemistry, physics and microbiology*, 2004, p. 19

D

- Deschoux, Aude. Le marché de fromage (fondus) Algérie. Bretagne Commerce International. 2020.
- Djennane, Chahrazed. Application et effet de la ficine de *Ficus carica* dans le fromage a pate fraiche aux herbes. Mémoire de Master. Université Akli Mohand Oul Hadj-Bouira. 2020.
- Dunoyer Christiane. Le processus de patrimonialisation d'un petit fromage de montagne, le persillé de Tarentaise. [En ligne], 41 | 2019, mis en ligne le 09 décembre 2019, consulté le 19 décembre 2019. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/25224>

F

- Faccia, Michele. Chemical and Technological Characterization of Dairy Products. 2020. p.83
- Frey Malia. What is rennet ?. <https://www.verywellfit.com/>. April 30, 2021

G

- GEM RCN (Groupe D'étude Des Marches De Restauration Collective Et De Nutrition). Specification Technique De L'achat Public : Lait Et Produits Laitiers. Spécification technique n° B3-07-09 destinée à l'achat public. Juillet 2009.

H

- Hamer Laine, Soumia. Zoubiri, Asma. Caractérisation d'un fromage frais "Agougli" fabriqué à partir du lait de chèvre coagulé avec l'enzyme du *Ficus carica* L. Memoire De Master. Universite Akli Mohand Oulhadj – Bouira. 2018.

I

- Iboudo, A. J., Savadogo, A., Seydi, M. G., & Traore, A. S. Place de la matière azotée dans le mécanisme de la coagulation présure du lait. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 2012, 6(6), 6075-6087.

J

- Jaros, Doris; Rohm, Harald. Rennets: applied aspects. In: *Cheese*. Academic Press, 2017. p. 53-67.

K

- Khoualdi, Ghania; Zidoune, Mohamed Nasr. *Caractérisation du fromage traditionnel algérien*.

PhD Thesis. جامعة الإخوة منتوري قسنطينة. 2017.

- Krid, Née Benyahia, Férial Azziza. Extraction de la pepsine et utilisation dans la coagulation du lait en vue d'une valorisation des proventricules de volailles au profit de la filière lait en Algérie. Université Constantine 1. 2013.

L

- Lapointe-Vignola, Carole. Science et technologie du lait : transformation du lait. Presses inter Polytechnique, 2002.

- Lezzoum, Sara et Messad, Sara. Fabrication de fromage à pate pressée non cuite à partir d'une coagulase d'origine synthétique et à partir d'une presure bovine. Thèse de doctorat. École Nationale Supérieure Vétérinaire. 2008.

- Louhichi, Mohamed. Effet de l'irradiation sur la texture d'un fromage Effet de l'irradiation sur la texture d'un fromage à pâte molle de type Camembert. Projet De Fin D'étude En Vue D'obtention Du Diplome National D'ingenieur En Industries Alimentaires. Université 7 Novembre à Carthage. 2008.

M

- Mazorra-Manzano, Miguel A.; Moreno-Hernández, Jesús M.; RAMÍREZ-SUAREZ, Juan C.

Milk-clotting plant proteases for cheesemaking. In: *Biotechnological applications of plant Proteolytic enzymes*. Springer, Cham, 2018. p. 21-41.

- MasterClass staff. Learn About Rennet: How to Use Rennet in Cheesemaking and Different Types of Rennet. <https://www.masterclass.com/>. Last updated: Nov 8, 2020

- Mezarja Karima. Essai de Fabrication d'un fromage frais à partir de souches autochtones. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention de diplôme de Master II en Biologie. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. 2018.

- Moulay Meriem. Contribution à l'étude et la caractérisation des lactocoques indigènes isolés du lait cru de chèvre et les produits laitiers Algériens. Thèse de Doctorat en Biologie. Université Oran 1 Ahmed Ben Bella. 2014.



- Quynh My, O. Caractérisation physico-chimique et microbiologique des fromages fermiers. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention de diplôme de Master Bioingénieur En Chimie Et Bio-Industries. Université de Gembloux AgroBio Tech. 2019.



- Smith, Nick. Seeds of opportunity: An assessment of the benefits, safety, and oversight of plant genomics and agricultural biotechnology. Committee on Science Subcommittee on Basic Research, US House of Representatives, 2000. p. 112

- Siar, El-Hocine. Utilisation de la pepsine de poulet et de la ficine du figuier comme agents coagulants du lait. Mémoire de magister. Université Constantine -1-. 2014.

- Slamani, R. et Bellal, M. M. Recherche De Succédanés De Presure Dans Un Coproduit D'abattage : Les Caillettes Ovines. Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie. Recherche Agronomique. 2015. Volume 17, Numéro 27, Pages 130-138



- Tchanchane, Sihem. Zermane, Wissame. Etude comparative entre deux coagulase aextraite à partir des fleurs d'artichaut (*Cynara Sculymus*) et artichaut sauvage (*Galactites tomentosa*) pour

la fabrication d'un fromage frais. Mémoire de master. Université SAAD DAHLAB DE BLIDA. 2011.

Z

- Zikiou, Abdellah. La coagulation du lait par l'extrait des fleurs de cardon (Cynara cardunculus). Mémoire de magister en sciences alimentaires. Université Constantine -1-. 2013.

Sites web :

- https://www.researchgate.net/publication/285345984_Cheese_rennets_and_coagulants..

- <https://www.genialvegetal.net/>