



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة الشهيد حمة لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakdhar- EL OUED

كلية العلوم الطبيعية والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا الخلوية والجزينية

Département de Biologie Cellulaire et Moléculaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences biologiques

Spécialité : Biochimie appliquée

THEME

**Fabrication d'un fromage à pâte molle type camembert
à base du lait camelin et du lait caprin avec la pepsine de
poulet**

Présenté Par :

M^{elle} : DJABALLAH Imane

M^{elle} : CHELBI Roumaïssa

M^{elle} : HENKA Ferial

M^{me} MEHRIG Assia

Devant le jury composé de :

Présidente	MCA	M ^{me} . TOUMI Ikram	Université d'El Oued.
Examinatrice	MCA	M ^{me} . MAHBOUB Nasma	Université d'El Oued.
Promoteur	MAA	Dr. BOURAS Biya	Université d'El Oued.

Remerciement

*Avant tout, nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné le courage, la patience, la volonté et la force d'accomplir ce travail. Merci de nous éclairer sur le chemin du succès. Pour parvenir à cette fin fructueuse. Cette thème nous a donné l'occasion de rencontrer et de travailler avec des gens formidables. Nos sincères remerciements vont à notre Promoteur **Mme Bouras Biya** pour sa grande patience, ses encouragements, son aide et ses précieux conseils avisés. pendant la période de réalisation de ces travaux. Nous avons eu l'honneur de travailler avec elle. Nous tenons à remercier les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer et d'examiner ce travail et d'avoir partagé leurs commentaires reconnaissables et avisés, ce qui ne fera qu'améliorer la qualité de ce travail. Nous tenons également à remercier tous les membres du Laboratoire Pédagogique de Biochimie. Un merci spécial à **Mme Latifa**, responsable du laboratoire où se sont déroulés nos travaux pratiques, et pour son aide, et un grand et particulier merci à nos familles (**HENKA, DJABALLAH, CHELBI et MEHRIG**) et à tous nos amis pour leurs encouragements. Nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

Dédicace

الحمد لله والمكر له كما ينبغي لجمال وجهه وعظيم سلطانه، عدد خلقه ورضا نفسه وزنة عرشه ومداد كلماته على أن من علي بانجاز هذه الدراسة، والصلاة والسلام على أفضل الخلق نبينا محمد وعلى آله وصحبه وسلم تسليما كثيرا.

أمي الحبيبة أمال حنكة

اي شيء في هذا اليوم أهدي إليك يا ملاكي وكل شيء لديك

أهدي تفاؤلا لم أدرك حقيقته إلا من عينيك أمألا وليس في الأرض أمل كالذي أقرأه في عينيك أم نجاحا ونجاحي الحقيقي تحت قدميك

ليس عندي شيء أعز من الروح وروحي مرهونة في يديك

أبي الحبيب محمد حنكة

يا قلبي ونبض الحروف حين تلمسها الأنامل وانت الجواب حين أسأل ما التناؤل

بل الحياة أنت وما بين النفس والتنفس أنت...

إخوتي علي وعرفات والحاج ابراهيم وعبد الرحمان حفظكم الله بحفظه وأدامكم لي سندا.

أبي اخواتي الكرمات وسعادة روحي

مارية واولادها جورى و ابراهيم انار الله دريهم وفاطمة وأنوار وورود ورياح بهجة البيت وقطعة من قلبي حفظكن الله لي احبكن حبا لا وصف له.

إلى زملاء الدراسة وفقكم الله بتوفيقه تاج الدين حساني ومحمد الهادي حنكة اتوجه لهما بجزيل الشكر وتهاني

والى صديقاتي العزيزات رفيقات الدرب إيمان جاب الله ورميصاء شلبي وإيمان بوطيب وسميحة غريبي ومليك نسرين وفرحات جوهر كل الحب والفخر أدام الله

عشرتنا بالصفاء والنقاء احبكم في الله

أقدم بالشكر الجزيل إلى صاحبة القلب الكبير، والنفس الطويل، والعلم الوفير، التي كانت بمثابة المصباح الوهاج لي متأهات افكاري بتوجيهها لي ودعمها الكبير حفظها الله

السيدة الذكورة بية بوراس المشرفة على هذه الدراسة، اتقدم بوافر الشكر وعظيم الامتنان والدعاء للعلي التقدير أن يجزيكم كل خير وأن يجعل ما قدمتهولي

في موازين حسناتكم أنه على ذلك لتقدير من قريب او بعيد او بأي صفة كانت والى الأخ أسامة بنين شكرا كثيرا

فريال

Dédicace

أولئك الحمد ربي على كثير فضلك وجميل عطائك وجودك، الحمد لله ربي ومهما حمدنا فلن نستوفي حمدك والصلاة والسلام على من لا نبي بعده. الحمد والشكر لله عز وجل على التوفيق للوصول لهذا العمل المتواضع.

إلى أعز ما فقدت روح والدي محمد شلبي العزيزة الطاهرة الذي جعلني أميرة في عرشه الذي علمني أن لكل شيء قيمة أبي الذي لا توجد كلمات توفيه حقه أسأل الله سبحانه أن يرزقني الصبر على فراقه الذي أرهق قلبي وروحي رحمة الله عليه اللهم اغفر الله وارحمه برحمك واسكحه فسيح جناته وأجعل قبره روضة من رياض الجنة.

إلى من أبصرت بها طريق حياتي واستمدت منها قوتي وإعزازي بذاتي إلى الكفاح الذي ينتوق، إلى الشامخة التي علمتني معنى الإصرار وأن لا شيء مستحيل في الحياة مع قوة الأيمان والتخطيط السليم، إلى ينبوع العطاء المتقاني مدى عمري إلى والدتي الحادة شلبي الغالية أمد الله في عمرها، وجزأها الله عنى خير الجزاء.

إلى خطيبي بوبكر زاسي كثير الشكر على توجيهي وأدامه الله لي سنداً أسأل المولى عز وجل أن يحفظه ويحميه بحمايته.

إلى أخواتي الكريسات وأبناتهن

شهيره وبناتها أسيل ورهف ورحيل

نصيرة وابنها عبد الله الرفاعي وابنتها سيدرة المنهي وإستيرق

نجوى وابنها خضر البشير وابنتها ميساء

وأختي منى رفيقة روحي، حبيبة قلبي عزيزتي وقطعة من قلبي تعجز الكلمات عن تعبير لها عن الحب والشكر والتقدير اسعد الله قلوبكن وقلبي لا يسعد إلا بروية ابتسامتهن.

إلى اخوتي

عبد المجيد وابناؤه اسراء ومحمد

وأخي أحمد أدامك الله لي ذخراً وحفظك كما بحفظه، عائلتي أراكم بسمتي وأرى جمال الأيام أتم أسعد الله قلوبكم بنوره

أتوجه بشكر الكبير لعائلة مرزوقي وإلى عائلة فرجاني حفظهم الله

إلى أخواتي التي لم تلههم أمي رفيفات المشوار بحلوه ومره فريال حنكة وإيمان جاب الله وحفصه هزيري وسارة مرزوقي وساسية فرجاني وأية ديدة وإيمان بوطيب سميحة غريبي أسعد الله قلوبكم بالفرح والسرور وحصنتكم بحصنه الحصين وأدام الله بسمكن وفقكن الله بتوفيقه.

أتوجه بشكر والتقدير والعرفان والامتنان لسعادة المشرفة السيدة الدكتور بية بوراس على اللطف والحب وحسن الاستماع الذي غموتنا بهو المجهودات التي بذلتها في سبيل دعمنا لتقديم الأفضل حفظها الله وأسعد قلبها وجزأها الله خيراً كثيراً.

وأخيراً إليكي كل من ساعدني، وكان له دور قريب أو بعيد في إتمام هذا العمل سائلة المولى عز وجل أن يجزي الجميع خير الجزاء في الدنيا والآخرة.

ثم لكل طالب علم سعى بعلمه، ليفيد الإسلام والمسلمين بكل ما أعطاه الله من علم ومعرفة

رميصاء

Dédicace

إلى الحمد لله نحمده سبحانه وتعالى حمداً يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه، فقد سدد الخطى وشرح الصدر وبسر الأمر فله الحمد كله وإليه يعود الفضل كله،
والصلاة والسلام على أشرف المرسلين سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم النبي الأمين الذي بعث في الأمين رسولا يهديهم إلى
سبيل الرشاد والنور.

لا يسمعي بعد أن وفقني الله سبحانه وتعالى في إتمام هذا العمل المتواضع إلا أن آخر ساجده لله عز وجل، اعترافا بفضله علي حامدة له نعمه
علي، راجية عفوه ومغفرته وهدايته وتوفيقه.

إلى أمي إلى حلوة اللبن التي ما خاظ لبنها يوما سكر المصالح
إلى ذات الصدر الحنون الذي كان لي ظلا بارداً في هجير الحياة..
إلى صاحبة الجبل السري الذي أثره باقيا في حتى الآن، لأكون (إيمان) كما أسميني، وعطاء كما ربنتي...
دعواتها التي أجنبي ثمارها كل لحظة من أثر إلى مسيرة
وسطر إلى محبرة
وثمر إلى شجر.

أهدي هذا العمل إلى أبي العزيز حفظه الله مير وكجابه الله
إلى من كان سندا في مسيرتي
إلى من أهنئي حب الكفاح والعمل الدؤوب من أجل المعالي في دروب العلم
إلى من زرع في قلبي النشأة على شغف الاطلاع والمعرفة...
إلى من علمني أن أرتقي سلم الحياة بحكمة وصرير.
إلى اخواتي الكرمات ليلي وسمية اللواتي كما عوننا وظهرنا لي أسعد الله قلوبهن بالبهجة والسرور.
إلى اخي فريد وزوجته وابنتهما أمجد قطعة من قلبي حماهم الله بحمايته أسعد أيامهم بذكره.
إلى اخوتي أسامة وعلاء الدين وعبد الهادي وفقهم الله وأنار دروبهم.
إلى حبيبات القلب فريال حنكة وريمصاء شلبي إلى من شققت الطريق معاهم بالاخوة والمحبة الخالصة نحو طريق النجاح في مسيرتنا العلمية أدام الله
بسمتهم.

إلى ابنة خالتي رقيقة دربي: إكرام جاب الله وصدقتي إسلام سبوعي وإيمان بوطيب وسميحة غربي وفقهم الله في دراستهم.
إلى أجدادي رحمهم الله برحمته

إلى خالتي أخص بالذكر أمال جاب الله والعطرة جاب الله حفظهم ورعاهم الله وأخوالي وعمي طارق جاب الله حفظهم الله وأسعد قلوبهم بنوره.

أتقدم بالشكر العظيم والكبير والاعتراف والامتنان بفضل تعب والاخلاص الذي قدمته سعادة السيدة الدكتور بيرة بوراس المشرفة على هذا العمل المتواضع
من خلال التوجيه والدعم والاحترام جزأها الله الاجر الكبير وخير الجزاء حماها الله وأدامها فخر لها ثمتها.
أتوجه بالشكر القدير إلى كل من كانت له فيها مساهمة ولو بسيطة في إنجاز هذا العمل وجزأهم الله خيرا كثيرا.

إيمان

Dédicace

إلى والدتي العزيزة صليحة على كل تضحياتها وهمومها على احتياجات دراستي إلى
والدي العزيز العيد، على كل الجهود التي بذلها من أجل رؤيتي أنجح يوماً ما في دراستي
إلى إخوتي وأخواتي الأعزاء، يا من حرصتم كثيراً على دراستي، وكنتم دائماً
حاضرين في لحظات ضعفي بدعمكم، أعبر لكم من خلال هذا العمل عن مشاعري
من الأخوة والحب إلى زوجي العزيز محمد، أشكرك على كل الدعم والحب الذي قدمته لي
طوال الوقت. إلى مؤطرتي السيدة الدكتور بوراس بية أشكرك على كل المجهودات المبذولة منك
ولكل عائلتي ومن يحبونني أشكركم جميعاً على دعمكم لي

آسياء

Résumé

Résumé

L'objectif de ce travail est de rechercher les conditions optimales de coagulation du lait pasteurisé en mélange par l'utilisation de la méthode de surface de réponse et d'essai de fabrication fromage frais et fromage à pâte molle de type camembert à base de lait pasteurisé en mélange (lait camelin et lait caprin) pour les trois formulations par la pepsine de poulet comme agent de coagulation du lait pour atteindre cet objectif, nous avons procédé par de la pepsine de poulet à partir des proventricules Sur la méthode (Bohak 1970), et l'extrait clarifié de pepsine de poulet présente une activité coagulante de $(1,553 \pm 0,073)$ U.A.C./ml, une force coagulante (1/3000) US., Avant la fabrication nous avons procédé à l'optimisation de l'efficacité des facteurs choisis et à l'étude des différents effets et interactions des variables sur les réponses. Les modèles développés ont indiqué que les conditions optimales des facteurs des trois formulations du fromage frais sont : FP50%: (pH= 5.4121 / T=42 C°), FP 75% (pH= 5.120 / T = 42 C°), FP 25% (pH = 5.017 / T = 30C°). La caractérisation sensorielle du notre fromage à pâte molle de type camembert coagulé par l'extrait de la pepsine de poulet une texture plus ferme et surface lisse et d'un gout moyennement salé, riche en arôme intense. Selon les résultats obtenus nous concluons que la pepsine de poulet peut remplacer la présure dans la fabrication fromagère et aussi nous pouvons fabriquer un fromage à pâte molle de type camembert à partir de lait pasteurisé mélange (lait camelin et lait caprin).

Mots-clés : pepsine de poulet, présure, fromage frais, fromage à pâte molle de type camembert, pasteurisation.

Abstract

The objective of this work is to find the optimal conditions for the coagulation of pasteurized milk in a mixture by using the response surface method and the manufacturing test of fresh cheese and soft cheese of the Camembert type made from milk. pasteurized in mixture (cameline milk and goat's milk) for the three formulations by chicken pepsin as a milk coagulation agent to achieve this objective, we proceeded to the extraction of chicken pepsin from the proventriculi On the method (Bohak 1970), and the clarified chicken pepsin extract has a coagulant activity of (1.553 ± 0.073) U.A.C./ml, a coagulant strength (1/3000) US., Before manufacturing we proceeded to the optimization of the effectiveness of the factors chosen and the study of the different effects and interactions of the variables on the responses. The models developed indicated that the optimal conditions of the factors of the three fresh cheese formulations are: FP50 %: (pH= 5.4121 / T=42 C°), FP 75% (pH= 5.120 / T = 42 C°), FP 25% (pH = 5.017 / T = 30C°).the sensory characterization of our soft cheese from camembert type coagulated with the extract of chicken pepsin a firmer texture and smooth surface and a moderately salty taste, rich in intense aroma. According to the results obtained we conclude that chicken pepsin can replace rennet in the manufacture cheese maker and also we can make a soft Camembert-type cheese from a mixture of pasteurized milk (cameline milk and goat's milk).

Key Word: chicken pepsin, rennet, fresh cheese, soft cheese of the Camembert type made, pasteurization.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو البحث عن الظروف المثلى لتخثر الحليب المبستر المختلط باستخدام طريقة الاستجابات السطحية واختبار انتاج الجبن الطازج وجبن الكاممبير من الحليب المبستر المختلط (حليب الإبل وحليب الماعز) للتركيبات الثلاثة بواسطة بيسين الدجاج كعامل تخثر الحليب لتحقيق هذا الهدف، شرعنا في استخراج بيسين الدجاج من المعدة الغدية على طريقة (Bohak1970)، المستخلص الموضح من بيسين الدجاج يظهر نشاط تخثر (1.553 ± 0.073) U.A.C./ml ، قوة تخثر US 3000/1. قبل التصنيع بدأنا في تحسين كفاءة العوامل المختارة والتحقيق في التأثيرات و التفاعلات المختلفة للمتغيرات على الاستجابات. أشارت النماذج المطورة إلى أن الظروف المثلى لعوامل الصيغة الثلاثة لإنتاج جبن الطازج هي

FP50% (pH =5.4121 / T= 42 C°) FP75%(pH =5.0120 / T= 42 C°)

FP25% (pH= 5.017 / T = 30C°)

من خلال تحليل الحسي لجبن الكاممبير الطري المخثر بيسين الدجاج اظهرت نتائج ان قوامه يكون قليل صلابة و سطح أملس وطعم مالح معتدل وغني بالنكهة قوية. نستنتج ان بيسين الدجاج يمكن ان يحل محل المنفحة في صناعة الجبن الكاممبير الطري من الحليب المبستر المختلط (حليب ناقة وحليب الماعز)
الكلمات المفتاحية: بيسين الدجاج، المنفحة، الجبن الطازج، الجبن الطري الكاممبير، البسترة.

Liste des Figures

Figure 01 : Phases de coagulation enzymatique du lait.....	22
Figure 02: Complexe stomacal du poulet.....	26
Figure 03: Diagramme d'extraction de la pepsine de poulet selon	43
Figure 04 : Plan composite pour l'étude de deux facteurs. Les points factoriels sont en noirs, les points en étoile sont en gris clair, les points centraux sont en blanc.....	48
Figure 05: Les étapes de la fabrication du fromage frais.	51
Figure 06: Diagramme de fabrication du Camembert.....	53
Figure 07: Graphique de surface de réponse du temps de floculation du F50%, F75%, F25% par la pepsine de poulet.	64
Figure 08: Graphique de surface de réponse du temps de cougulation du F50%, F75%, F25% par la pepsine de poulet.	69
Figure 09 : Produit fini (fromage frais) pour les trois formulations (FP75% ,FP50% ,FP25%)	70
Figure 10 : Fabrication de fromage à pâte molle de type camembert avec pepsine de poulet	71
Figure 11 : Fabrication de fromage à pâte molle de type camembert avec présure Microbienne.....	71
Figure 12: les analyses sensorielles des fromages (Aspect de la surface).....	72
Figure 13: les analyses sensorielles des fromages (Texture de la pate)	73
Figure 14: les analyses sensorielles des fromages (Arome)	74
Figure 15: les analyses sensorielles des fromages (Saveur / Gout).....	75

Liste des tableaux

Tableau 01: évolution des effectifs du camelins en algérie.....	6
Tableau 02: production de lait camelin en Algérie	8
Tableau 03: évolution des effectifs du caprine de algérie	14
Tableau 04: production de lait caprin en algéria	16
Tableau 05 : Typologie des fromages	32
Tableau 06 : facteur, codes et niveaux du plan d'expérience pour les paramètres de T et de pH	49
Tableau 07 : Matrice d'expérience du plan composite orthogonale centré à deux facteurs.	49
Tableau 08 : Résultats d'analyses physico-chimiques des échantillons de lait camelin, lait caprin et lait vache.	56
Tableau 09 : Principales caractéristiques de l'extrait enzymatique.	58
Tableau 10: Réponse de temps de floculation des trois formulations avec la pepsine de poulet	59
Tableau11 : Régression équation de réponse de floculation des trois formulations	61
Tableau 12: Analyse de variance du modèle quadratique complet de floculation des trois Formulation.	62
Tableau 13 : Réponse de temps de coagulation des trois formulations avec la pepsine de poulet	65
Tableau14 : Régression équation de réponse de coagulation des trois formulations.....	67
Tableau15 : Analyse de variance du modèle quadratique complet de coagulation des trois formulations.....	68
Tableau 16 : Rendement du fromage frais	70

Liste des abréviations

ANOVA : analyse de la variance.

FCM : Fromage camembert coagulé par présure microbien.

MG : Matière grasse.

°C : Degré Celsius.

°D : Degrés Dornic.

CaCl₂ : Chlorure de calcium.

CCD : plan compositecentré.

E.coli : Escherichia coli.

EST : Extrait sec total.

FAO : Food and Agriculture Organization.

FCP : Fromage camembert coagulé par pepsine du poulet.

FP25% : formulation (25% lait caprin/75% lait camelin)

FP50% : formulation (50% lait caprin/50% lait camelin)

FP75% : formulation (75% lait caprin/25% lait camelin)

H₂SO₄: acide sulfurique.

Hcl : Chlorure d'hydrogène (acide chlorhydrique)

LC: le lait caprin

LC: le lait cru

LD: le lait camlein

LP :le lait pasteurisé

MMS: Méthode Milko-Scan

MS : Matière sèche.

NaCl : Chlorure de sodium.

NaHCO₃ : carbonate de sodium

NaOH : Hydroxyle de sodium.

pH : Potentiel hydrogène.

Rf : rendement fromager.

RSM : méthodologie des surfaces de réponse.

U.A.C: unité d'activité coagulante

UP : Unité présure.

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Liste des Figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Sommaire	
Introduction	1

Etude bibliographique

Chapiter I: Généralités sur le lait

<i>I. Méthode d'élevage camelin en Algérie</i>	3
I.1. Mode d'élevage.....	3
I.1.1. Elevage intensif	3
I.1.2. Elevage semi-intensif	3
I.1.3. Elevage extensif.....	3
I.2. Races algériennes	4
I.2.1. Le Chaambi	4
I.2.2 L'Ouled Sidi Cheikh	5
I.2.3. Le Saharaoui:	5
I.2.4. L'Ait Khebbach.....	5
I.2.5. Le Chameau de la Steppe:	5
I.2.6. Le Targui ou race des Touaregs du Nord:	5
I.2.7. L'Ajjer.....	5
I.2.8. Le Reguibi	5
I.2.9. Le Chameau de l'Aftouh.....	6
I.3. Evolution des effectifs camelins en algérie	6
I.4. Généralité lait.....	7
I.4.1 lait camelin	7
I.4.1.1. Généralité	7
I.4.1.2. Production du lait camelin	8
I.4.1.3. Composition chimique du lait camelin.....	8
I.4.1.4. Caractéristiques du lait de camelin.....	11
<i>II. Méthode d'élevage caprin en Algérie</i>	12
II.1. Types de système d'élevage	12
II.1.1 Système extensif	12
II.1.2 Système semi extensif.....	12
II.1.3 Système intensif.....	12
II.2.1 Les populations locales caprines.....	12
II.2.1.1 Caprin ARBIA	12
II.2.1.2 Caprin KABYLE.....	12
II.2.1.3. Caprin MAKATIA	13

II.2.1.4 Caprin MOZABITE	13
II.2.2 Population croisée	13
II.2.3 Races améliorées.....	13
II.2.Evolution des effectifs caprine en Algérie	14
II.3. lait de caprin	15
II.3.1. Généralité.....	15
II.3.2. Production de lait caprin	15
II.3.3. Composition chimique du lait caprin	16
II.3.3.1 Protéines	16
II.3.3.2. Glucides.....	17
II.3.3.3. Lipides	17
II.3.3.4. Vitamines	17
II.3.3.5. Minéraux	17
II.3.3.6. Oligo-éléments	18
II.3.4. Caractéristiques du lait de caprin	18
II.3.4.1. Caractéristiques Organoleptiques.....	18
II.3.4.2. Caractéristiques physico-chimiques.....	18
II.3.4.3. Qualité nutritionnelle du lait de caprin.....	19

Chapitre II : Les agents coagulants

I. Coagulation du lait.....	21
I.1. Définition	21
I.2. Différents types de coagulation	21
I.2.1. Coagulation acide.....	21
I.2.2. Coagulation enzymatique du lait.....	21
I.2.3. Coagulation mixte	22
I.3.Phases de la coagulation	23
I.3.1. Phase primaire	23
I.3.2. Phase secondaire	23
I.3.3.Phase tertiaire	23
I.4.Facteurs de la coagulation.....	24
<i>Température</i> :	24
<i>pH</i> :	24
<i>Concentration en enzyme</i> :.....	24
<i>Teneur en calcium</i> :	24
<i>Teneur en caséines</i> :	24
<i>Dimension des micelles</i>	24
I.5.Origines des enzymes coagulantes du lait	25
I.5.1. Enzymes d'origine animale	25
I.5.1.1 Présure	25
I.5.1.2.La chymosine.....	25
I.5.1.3.Pepsines	25
I.5.2. Enzymes d'origine microbienne	27

<i>a- Origine bactérienne :</i>	27
<i>b- Origine fongique :</i>	27
I.5.3. Enzymes d'origine végétale	28

Chapitre III : fromage

<i>Parti I : I. Généralités sur le fromage</i>	30
I.1. Définition du fromage	30
I.2. Différents types de fromages	30
I.2.1. Fromages à pâte molle	30
I.2.1.1. Pâte molle, croûte lavée	30
I.2.1.2. Pâte molle et à croûte fleurie	30
I.2.2. Fromages à pâte pressée	30
I.2.2.1. Pâte pressée cuite	30
I.2.2.2. Pâte pressée non cuite	31
I.2.3. Fromages à pâte fraîche filée	31
I.2.4. Fromages de caprin	31
I.2.5. Fromages à pâte persillée	31
I.2.6. Fromages à pâte fondue	31
<i>Parti II: Fromage type camembert</i>	33
II.1. Définition du fromage camembert	33
II.2. Étapes de la fabrication	33
II.2.1. Phase d'ensemencement – maturation	33
II.2.2. Coagulation	33
II.2.3. Fromages à pâte fraîche	34
II.2.4. Égouttage	34
II.2.5. Salage	34
II.2.6. Affinage	35

Etude expérimentale

Chapitre I: Matériel et méthodes

<i>Matériel et méthodes</i>	38
<i>I. Matériel</i>	38
I.1. Appareillage	38
I.2. Petits matériels	38
I.3. Produits chimiques, réactifs et milieux de culture	38
I.3.1. Produits chimiques et réactifs	38
I.4. Matériel biologique	39
I.4.1. Lait camelin	39
I.4.2. Lait caprin	39
I.4.3. Lait vache	39
I.4.4. Lait de poudre	39
I.4.5. Préparation des proventricules	39
I.4.6. Présure commerciale	40
<i>II. Méthode</i>	41

II.1. Collecte du lait.....	41
II.2. Méthode Milko-Scan	41
II.3. Caractérisation du lait.....	41
II.3.1. Détermination du pH.....	41
II.3.2. Détermination de la teneur en lactose, protéine et matière grasse.....	42
II.4. Extraction d'enzyme coagulante (pepsine de poulet)	42
II.4.1 Caractérisation de l'extrait enzymatique	44
II.4.1.1. Détermination de l'activité coagulante	44
II.4.1.2 Force coagulante	45
II.4.1.3 Détermination du temps de prise (temps de coagulation).....	45
II.4.1.4 Mesure du temps de floculation	45
II.4.1.5 Teneur en protéines	45
II.4.1.6 Activité spécifique.....	46
II.5. Pasteurisation.....	47
<i>III. Optimisation de l'activité enzymatique par la méthode surface de réponse.....</i>	<i>47</i>
III.1. Plan d'expérience (Présentation du plan composite centrale).....	47
III.2. Modélisation de réponse.....	50
III.2.1. Construction des représentations graphique.	50
III.3. Traitement statistique	50
<i>IV. Validation des résultats (fabrication fromage frais).....</i>	<i>51</i>
IV.1. Rendement fromager.....	52
<i>V. Fabrication fromage à pâte molle Type camembert.</i>	<i>52</i>
<i>VI. Analyse du profil sensoriel des fromage à pâte molle Type camembert fabriquées à coagulation enzymatique</i>	<i>54</i>

Chapitre II : Résultat et discussion

<i>I. Résultats d'analyses physicochimiques du lait</i>	<i>56</i>
<i>II. Caractérisation de l'extrait enzymatique (pepsine de poulet).....</i>	<i>57</i>
II.1. Activité coagulante	58
II.2. Force de coagulante	58
II.3. Teneur en protéine	58
II.4. L'activité spécifique	59
<i>III. Optimisations des paramètres (pH, T) de floculation par la méthode de surface de réponse.....</i>	<i>59</i>
III.1 Les résultats Réponse de temps de floculation.....	59
III.2 Modalisation statistique de floculation de lait.....	61
III.2.1. Analyse statistique des résultats de floculation du FP50%	63
III.2.2. Analyse statistique des résultats de floculation du FP75%	63
III.2.3. Analyse statistique des résultats floculation du FP25%	63
III.3. Les graphiques de contour et digrammes de surface.....	64
<i>IV. Optimisations des paramètres (pH/T(C°)) de coagulation par la méthode de surface de réponse.....</i>	<i>65</i>
IV.1 Les résultats Réponse de temps de coagulation.....	65

IV.2. Modalisation statistique de coagulation de lait	67
IV.2.1. Analyse statistique des résultats de coagulation du FP50%	68
IV.2.2. Analyse statistique des résultats de coagulation du FP75%	68
IV.2.3. Analyse statistique des résultats de coagulation du FP25%	68
IV.3. Les graphiques de contour et digrammes de surface	69
V. Validation des résultats (<i>Fabrication du fromage frais</i>).....	70
VI. Validation des résultats (<i>fabrication de fromage à pâte molle de type camembert</i>)	71
Conclusion	77
Références bibliographie.....	80
Annexes.....	91

Introduction

Le Cameline sont un type d'animal polyvalent dédié à la production de lait, de viande, de laine, d'engrais et de cuir, car ils sont capables de coexister dans les régions arides (Bernard et Gaukhar, 2011). Représente une activité centrale dans l'occupation de la basse - les steppes et le désert et dans le maintien de l'activité agricole qui étudie les systèmes oasiens, dans la valorisation de l'élevage du désert et dans la lutte contre la désertification. De plus, le changement climatique dans cette partie du monde caractérisé par une désertification accrue dans les franges désertiques entraîne une diminution des ressources naturelles et la nécessité d'une gestion rationnelle des ressources en eau (Senoussiet *al.*, 2014).

Le lait de camelin est la principale source de nourriture des tribus nomades, qui le consomment généralement frais ou fermenté. Ces dernières années, on a remarqué que de grandes quantités de lait de camelin étaient disponibles. Il a une composition physico-chimique similaire à celle du lait de vache. Il se distingue également des autres produits laitiers par la présence d'un système de protection très solide. Ceci est lié à sa forte teneur en glucides, lipides, vitamines, sels minéraux et lactose (Siboukeur *et al.*, 2012). Dans les pays où l'élevage caprin est développé,

Le lait de caprin est largement utilisé comme boisson et comme matière première pour la production de fromage, de yaourt et d'autres produits laitiers. C'est aussi une source de nutriments essentiels (protéines, lipides et glucides) mais aussi riche en calcium, vitamines et oligo-éléments. C'est un aliment adapté à différentes tranches d'affinage dans lequel il peut être consommé frais ou sous forme de produit transformé, notamment dans le fromage et le yaourt (Madr, 2011).

Les fromages artificiels représentent un patrimoine culturel et sont le résultat d'un savoir empirique accumulé transmis de génération en génération. Chaque fromage est associé à la région d'origine et aux conditions climatiques dominantes (Alichanidis et Polychroniadou, 2008).

Le fromage est obtenu par coagulation spontanée avec de la présure d'origine animale. Camembert est un fromage fabriqué à partir de lait cru de caprin, de brebis, de vache. Où il s'agit d'une fine croûte blanche avec une moisissure de surface *Penicillium* (Tatiana *et al.* , 2020). Le fromage à pâte molle type Camembert était produit à partir d'un mélange de lait pasteurisé (camelin et caprin). L'étape principale de la réussite du fromage est la coagulation qui se traduit par la formation d'une substance gélatineuse suite aux modifications physiques et chimiques qui se produisent au niveau des micelles de caséine (Abdellaoui, 2007). Par voie

enzymatique par hydrolyse de la bêta-caséine par la présure ou tout substitut animal d'origine animale excrété par l'estomac des mammifères, notamment vache, ovins, caprins, porcins et volailles. Ces enzymes sont très intéressantes en fromagerie (**Alais, 1984 ; Ramet, 1997**).

La pepsine de poulet semble être un succédané de présure adéquat, vu le développement notable du secteur aviaire en Algérie (253000 t en 2004 contre 194000 t en 1990), et la disponibilité de plus en plus assurée d'une matière première non encore valorisée (**Boughellout , 2007**) Il y a plusieurs recherches qui ciblent à la pepsine de poulet comme : **BOUGHELLOUT, H (2007), BENYAHIA, F. (2013), SIAR, E. (2014), AMIMOUR (2019).**(**Bouras et al., 2022**) .

Optimiser les points optimaux des paramètres (pH/T) pour la coagulation du lait pasteurisé en mélange et améliorer la capacité de coagulation du lait de camelin avec celle du lait de caprin. L'objectif de ce travail est de :

- ✓Extraction de la pepsine de poulet du proventricolate, et caractériser l'extrait enzymatique obtenu.

- ✓Fabrication de fromage sous forme de caillé à base de lait pasteurisé mélangé (lait camelin et lait de caprin) à partir des trois formulations avec de la pepsine de poulet après détermination des conditions optimales de coagulation à l'aide d'un plan de surface de réponse de type complexe centré CCD.

- ✓Amélioration du fromage sous forme de manganèse par coagulation enzymatique.

Pour rendre compte des résultats de nos travaux de recherche, le document s'articule principalement autour de trois chapitres :

1. Synthèse bibliographique, et rend compte de l'ensemble des travaux sur production et caractéristiques du lait et les facteurs de coagulation du lait et des fromages.

2. Méthodologie, ce chapitre rapport sur :

- ✓Paramètres physiques et chimiques du lait.

- ✓Extraction et caractérisation de l'extrait enzymatique. et optimisation (pH, Température).

- ✓Optimisation des coefficients de floculation et de coagulation par méthode de réponse de surface.

- ✓ Fabrication et caractérisation de fromage frais et fromage Camembert à coagulation enzymatique.

- ✓ Production de fromage frais et de fromage à pâte molle de type camembert avec coagulation enzymatique.

3. Résultats et discussion, cette partie traite des résultats sur :

- ✓ les propriétés physico-chimiques du lait et les propriétés de l'extrait enzymatique et l'application des résultats obtenus par la méthode de réponse de surface au test de fabrication du fromage Camembert et frais sur la base du lait mélangé.

- ✓ Analyses sensorielles sur fromage à pâte molle de type camembert avec coagulation enzymatique.

Etude bibliographique

Chapitre I: *Généralités*
sur le lait

I. Méthode d'élevage camelin en Algérie

I.1. Mode d'élevage

Il existe deux modes d'élevage l'élevage extensif (communément suivi), pratiqué dans des parcours et de vastes superficies et qui se base sur la végétation naturelle et l'élevage intensif (en limitation) qui se base sur l'utilisation des complémentations alimentaires. A ces deux modes s'ajoute un autre système d'élevage, c'est le mode semi-intensif (**Madjour, 2014**).

I.1.1. Elevage intensif

L'utilisation des systèmes intensifs est aussi remarquable dans les élevages d'animaux de course. Le dromadaire est capable de céder aux exigences de la "modernité" en élevage et de subir une intensification de sa production pour satisfaire aux demandes croissantes des populations urbaines des zones désertiques et semi-désertiques. (**Ould Ahmed, 2009**). L'évolution d'un nouveau mode d'élevage ou plutôt d'exploitation des dromadaires. Il s'agit de l'engraissement dans des parcours délimités en vue de l'abattage. Les « exploitants » s'organisent pour acquérir les dromadaires dans les zones de production et les transportent par camion vers des zones d'engraissement où ensuite ils sont abattus. Ce système semble se développer ces dernières années, suite à l'augmentation des prix des viandes rouges (**Ben Aissa, 1989**)

I.1.2. Elevage semi-intensif

En élevage semi-intensif, le troupeau est maintenu à l'intérieur de la clôture (**Correa, 2006**). En saison des pluies, la nourriture dépend presque exclusivement des pâturages naturels. Durant toute la saison sèche, les troupeaux camelins, constitués uniquement des femelles laitières et qui reçoivent une ration le matin avant de partir à la recherche de pâturages dans les zones périphériques de la ville. Ils reviennent très tôt dans l'après-midi et reçoivent de l'eau et une complémentation alimentaire composée de tourteau d'arachide, de son, de riz, de blé etc (**Ould Soule, 2003 ; Correa, 2006**).

I.1.3. Elevage extensif

Kilomètres dans le Sahara toute la journée, mais il est important de rappeler qu'il fait un choix marqué par consommation d'une quantité bien déterminée de plantes (**Ben aisa, 1989 ;**

Diallo, 1989 ; Kamoun, 2011). Les camelins sont élevés selon les systèmes Les camelins sont libres de chercher leur nourriture en marchant des centaines de d'élevage existants : Sédentaire, nomadisme, semi-nomadisme et transhumant.

I.1.3.1. Nomadisme

L'élevage nomade est un ensemble de déplacements irréguliers anarchiques entrepris par un groupe de pasteurs d'effectifs variables dans des directions imprévisibles. (**Ague, 1998**).

I.1.3.2. Semi-nomadisme

Là aussi, l'alimentation est assurée, pendant une bonne partie de l'année, par des déplacements irréguliers à la recherche d'herbe et d'eau (**Qaaro, 1997**).

I.1.3.3. Sédentaire

Ce type d'élevage base l'alimentation sur les ressources situées à proximité de l'habitat fixe, et sur les produits de l'agriculture (**Qaaro, 1997**).

I.1.3.4. Transhumance

La transhumance fait référence à une pratique de déplacement des troupeaux, saisonnier, pendulaire, selon des parcours bien précis, répétés chaque année. Elle existe sous diverses modalités et au sein de différents types de systèmes d'élevage pastoral en fonction des objectifs donnés par les éleveurs (**Ould Ahmed, 2009**).

I.2. Races algériennes

Les différentes races rencontrées en Algérie se trouvent dans les trois pays d'Afrique du Nord; ce sont des races de selle, de bât et de trait Il s'agit des races suivantes:

I.2.1. Le Chaambi

Animal média ligne, très bon pour le transport, moyen pour la selle, possède une grande musculature et un fort squelette osseux, sa hauteur à l'épaule peut atteindre 1,65m,. (**Benhadid, 2010**). Sa répartition va du grand ERG Occidental au grand ERG Oriental. On le retrouve aussi dans le Métaillé des Chaambas (**Ben Aissa. 1989**)

1.2.2 L'Ouled Sidi Cheikh

C'est un animal media ligne de selle, solide à pelage foncé mi-long,. Les individus sont de tailles moyennes et varie entre 1,80m et 1,83m, ils sont robustes et plus adaptés aux sols caillouteux qu'aux sols sableux, son élevage se trouve en déclin actuellement, il est remplacé par le sahraoui (**Benhadida, 2010**). On le trouve dans les hauts plateaux du grand ERG Occidental (**Ben aissa ,1989**).

1.2.3. Le Saharaoui:

Est issu du croisement Chaambi et Ouled Sidi Cheikh. C'est un excellent méhari. Son territoire va du grand ERG Occidental au Centre du Sahara (**Ben Aissa. 1989**).

1.2.4. L'Ait Khebbach

Animal bréviligne, de bât, il est robuste généralement fort, présentant des muscles bien développés avec des poils courts et ondulés et une couleur foncée. On le trouve dans l'aire Sud-ouest (**Benhadid, 2010**).

1.2.5. Le Chameau de la Steppe:

Il est utilisé pour le nomadisme rapprochi. On le trouve aux limites Sud de la steppe (**BEN AISSA. 1989**).

1.2.6. Le Targui ou race des Touaregs du Nord:

Les dromadaires Targuis sont des animaux habitués aussi bien aux rudes escarpements du Tassili et du Massif central du Hoggar, qu'aux sables. Excellent Méhari, animal de selle par excellence souvent recherché au Sahara comme reproducteur (**Rahli, 2015**).

1.2.7. L'Ajjer

Animal bréviligne, de petite taille adaptée à la montée, bon marcheuse et porteuse, il est donc utilisé pour le transport et le tourisme. Il se trouve dans le Tassili d'Ajjer (**Benhadid, 2010**).

1.2.8. Le Reguibi

Très bon méhari. Il est réparti dans le Sahara Occidental, le Sud Orannais (Béchar, Tindouf). Son berceau Oum El Assel Reguibet (**Ben Aissa. 1989**).

1.2.9. Le Chameau de l'Aftouh

Dromadaire bréviligne c'est un bon porteur, Utilisé comme animal de trait et de bât. On le trouve aussi dans la région des Reguibet (Tindouf, Bechar) (**Ben Aissa. 1989**).

I.3. Evolution des effectifs camelins en algérie

Les statistiques de la population de chameaux en Algérie ne sont pas très précises. Parce que cet élevage est extensif et largement nomade, il est difficile d'obtenir des statistiques précises sauf dans les zones où des campagnes de vaccination sont régulièrement organisées où les animaux ont été identifiés. (**Bengoumi et Faye. 2015**) Le nombre total de dromadaires est estimé à 416 mille en Algérie (**Direction de l'agriculture, 2021**) et. Elle aurait décliné pendant 50 ans, mais cette évolution contraste selon les périodes et les pays. En effet, après une période de déclin important au début des années 1960 (-2,4 % par an de 1961 à 1978), la population est restée globalement stable jusqu'à la fin des années 1990 (croissance de 0,4 % entre 1979 et 1998), pour connaître des une croissance annuelle d'environ 2 %. Les races ou types de chameaux sont principalement du type producteur de viande avec peu ou pas de produits laitiers (**Bengoumi et Faye, 2015**). Comme indiqué dans le tableau (1) évolution des effectifs du camelins en algérie.

Tableau 01: évolution des effectifs du camelins en algérie (**Direction de l'agriculture, 2021**).

Année	ESPECE CAMELINE		
	CAMELIN	AUTRES	TOTAL
2009	179,223	121,895	301,118
2010	186,062	127,928	313,990
2011	186,550	132,205	318,755
2012	200,284	139,856	340,140
2013	197,830	146,185	344,015
2014	203,824	150,641	354,465
2015	204,049	158,216	362,265
2016	213,987	165,107	379,094
2017	207,884	173,998	381,882
2018	250,404	166,918	417,322
2019	259,332	157,187	416,519

I.4. Généralité lait

Le lait est essentiel dans la consommation alimentaire de la population mondiale. En effet, cet aliment est considéré comme essentiel pour les nourrissons et vital pour les autres tranches d'âge (**Naziha et al .,2016**), grâce à son apport hydrique élevé, son pH proche de la neutralité et sa richesse en lactose qui le rend rapidement évolutif microbien et enzymatique (**Arroum et al .,2016**) car riche en et dense en nutriments essentiels (protéines, lipides et glucides) et sa richesse en vitamines et minéraux dont le calcium le rend moins allergisant et subit une fermentation lactique plus lente que celle de la vache. Ces qualités nutritionnelles sont le résultat d'un certain nombre de propriétés physiques, chimiques et microbiologiques (**Bosset et al., 2000 ; Montell, 2003**).

Cette denrée alimentaire, source de protéines animales, connaît une demande croissante, soit en tant que produit commercialisé sous forme de lait frais, soit transformé en produits dérivés fromage, beurre, etc .

Cet effort vise principalement à augmenter la production de produits laitiers, ainsi qu'à améliorer les conditions internes et externes de reproduction que ce soit pour la vache qui domine la production mondiale, ou pour d'autres espèces. Leur rusticité et leur adaptation particulière à leur environnement comme les chameaux et les caprins (**Naziha et al., 2016**).

I.4.1 lait camelin

I.4.1.1. Généralité

Le lait de camelin (*Camelus dromaderius*) est un produit identitaire fort pour l'élevage de la population camelin. Un rôle important est joué par l'alimentation des Bédouins et de la population du sud algérien, peu connu dans d'autres parties du pays. (**Alloui-lombarkia et al., 2007**). Sa composition varie fortement selon les types de composition chimique et physique complexes qui permettent aux jeunes dromadaires de répondre à leurs besoins, ainsi qu'en fonction des types de méthodes chamelières et de saison. La productivité des produits laitiers est directement liée aux mammifères (**Bezzalla et Gouttaya, 2013**) Performance génétique individuelle. La réputation du lait de camelin est en partie due à sa richesse en vitamine C (**Farah et al., 1992**) et à sa présence dans un régime antibactérien puissant (**Elagamy, 2000**).

I.4.1.2. Production du lait camelin

Le nombre de camelin dans le monde est estimé à 20 millions de têtes, dont les femelles laitières représentent 18% avec une production moyenne de 1500 litres par an, et la production mondiale de lait de camelin sera d'environ 5,4 millions de tonnes, dont 55% sont consommée par les veaux). (DRA Amira Ghislaine.2018). La production individuelle varie de 396 000 à 2 730 000 litres en Algérie. (Direction de l'agriculture, 2021). La durée de lactation est très variable (généralement 8 à 18 mois). Comme indiqué dans le tableau (2) **production de lait** camelin en Algérie.

Tableau 02:production de lait camelin en Algérie (Direction de l'agriculture, 2021).

Année	Camelin
	10 ³ L
2009	396
2010	415
2011	480
2012	915
2013	927
2014	630
2015	670
2016	688
2017	2127
2018	2130
2019	2678
2020	2730

I.4.1.3. Composition chimique du lait camelin

I.4.1.3.1 Protéines

La teneur totale en protéines du lait de camelin varie de 2,15 à 4,90 % et se situe en moyenne entre 3,1 et 0,5 %. Il a été constaté que la teneur en protéines (caséine et protéines de lactosérum) est la même que dans le lait de camelin de la même race, et le lait aurait une teneur en protéines plus élevée. La même souche a constaté que la teneur en protéines était plus faible (2,48 %) en août et plus élevée (2,9 %) en décembre et janvier. Le lait de camelin

arabe contient environ 1,63^e 2,76% de caséine, soit environ 52^e 87% du total. La b-CN est la principale caséine du lait de camelin, suivie de l'as1-CN. 3,47% de la caséine totale correspond à la k-caséine dans le lait de camelin contre 13% dans le lait de vache. La protéine de lactosérum est le deuxième composant majeur de la protéine de lait de camelin et représente 2025% de la protéine totale. La teneur en protéines de lactosérum du lait de camelin varie entre 0,63 et 0,80 %. 4,3 Lactose : La teneur en lactose du lait de camelin varie de 2,40 à 5,80 %. La moyenne est de 4,4 0,7 %. La grande différence de teneur en lactose peut être due au type de plantes consommées dans les déserts. Il a été rapporté que la teneur en lactose est le seul ingrédient qui reste retenu tout au long de la saison et dans des conditions humides ou sèches. Il a été constaté que la teneur en lactose ne change que légèrement dans le lait de camelin de certaines races dans différentes parties du monde (**Al haj Omar et al., 2010**).

I.4.2.3.2 Lipides

La teneur en matières grasses de La camelin arabe varie entre 1,2 et 6,4 % et la moyenne est de 3,5 à 1,0 %. Une forte relation positive a été trouvée entre la teneur en matières grasses et en protéines. La teneur en matières grasses du lait de camelin a diminué de 4,3 à 1,1 % en produit par des camelins assoiffés. Par rapport au lait de vache, la graisse arabique du lait de camelin contient de plus petites quantités d'acides gras à chaîne courte et une teneur plus faible. La teneur peut expliquer la couleur plus blanche de la graisse du lait de camelin. Des teneurs élevées en acides gras à longue chaîne ont également été signalées pour matière grasse du lait de camelin par rapport au lait de camelin arabe. Avec du lait de vache gras. Les valeurs moyennes pour la teneur en acides gras insaturés (43%) étaient plus élevées que celle du lait de camelin arabe, en particulier les acides gras essentiels. Le pourcentage d'acides saturés est plus élevé dans la matière grasse du lait de vache (69,9%) que dans la matière grasse du lait de camelin (moyenne de 67,7) La teneur en cholestérol de la matière grasse du lait de camelin (34,5 mg 100 g 1) est plus élevée (25,63 mg 100 g 1) matière grasse du lait du père Goudron Il a été rapporté après une étude que des difficultés à extraire la graisse du lait de camelin en utilisant du lait de camelin par certaines méthodes traditionnelles telles que fouetter le yaourt, très probablement parce que les globules de graisse étaient étroitement liés aux protéines du lait de camelin (**Al haj Omar et al., 2010**).

I.4.1.3.3 Minéraux

La teneur totale en minéraux est généralement exprimée en cendres totales ; Cette quantité varie de 0,60 à 0,90% dans le lait de camelin et une moyenne de 0,79 à 0,07%. Les différences de teneur en minéraux sont attribuées aux différences de races, de régime alimentaire, de procédures de test et de consommation d'eau. Les valeurs moyennes et l'écart type des minéraux du lait de camelin sont les suivants : calcium, 114 13 mg 100 g⁻¹ ; potassium 156 38 mg 100 g⁻¹ ; Sodium 59 16 mg 100 g⁻¹ ; fer, 0,29 0,09 mg 100 g⁻¹ ; magnésium, 10,5 1,8 mg 100 g⁻¹ ; Manganèse 0,05 0,03 mg 100 g⁻¹ et zinc 0,53 0,08 mg 100 g⁻¹. Le lait de camelin est une riche source de chlorure en raison des aliments que les chameaux mangent comme l'Atriplex et l'Acacia, qui sont généralement riches en sel. La diminution des principaux composants du lait et l'augmentation de la teneur en chlorure du lait de camelin en poudre peuvent être une autre raison du goût salé du lait de camelin. Les minéraux Na, K, Fe, Cu et Mn dans le lait de camelin étaient significativement plus élevés que ceux du lait de vache. Les chameaux préfèrent généralement les plantes qui aiment le sel telles que l'Atriplex, la Salosa et l'Acacia pour leurs besoins physiologiques en sel (**Al haj Omar et al., 2010**).

I.4.1.3.4 vitamines

Il a été rapporté que le lait de camelin arabe contient diverses vitamines, telles que les vitamines C, A, E, D et B. Le lait de camelin est connu pour être une riche source de vitamine C. Par conséquent, le lait de camelin cru et fermenté peut être une bonne source de vitamine C pour les personnes qui vivent dans la zone désertique où les légumes et les fruits ne sont pas disponibles. La teneur moyenne en vitamine C du lait de camelin est de 34,16 mg par litre, la teneur en niacine (B3) est plus élevée dans le lait de camelin. La teneur en vitamine A et en riboflavine (B2) du lait de camelin est inférieure à celle du lait de vache. Les concentrations moyennes d'acide pantothénique, d'acide folique et de B12. Cela peut être dû aux différences entre les races de chameaux et les procédures analytiques. Cependant, les concentrations de thiamine (B1) et de pyridoxine (B6) dans le lait de camelin étaient similaires à celles du lait de vache, tandis que la concentration de vitamine E était très proche de celle du lait de vache. Selon le **Département américain de l'agriculture (2009)**. (**Al haj Omar et al., 2010**).

I.4.1.3.5 Eau

L'eau est un facteur important qui affecte la composition du lait de camelin. Sa teneur varie selon son apport dans l'alimentation. La teneur moyenne en eau donnée par (**Elami et**

Wilcox, 1992) est de 88,33%. Cela représente en période de sécheresse un avantage pour l'hydratation du chamelon. Ces variations d'humidité affectent de façon directe les autres composants. En fait, cette dilution répond à un mécanisme de régulation hormonale, faisant intervenir l'aldostérone ainsi que la vasopressine (**Shuiep et al., 2008**).

I.4.1.4. Caractéristiques du lait de camelin

I.4.1.4.1. Caractéristiques organoleptiques

Le lait de camelin est de couleur blanche mate, le goût est un peu salé avec un aspect plus visqueux que le lait de vache, qui est de couleur jaunâtre. Ces caractéristiques et surtout le goût du lait de camelin diffère selon l'alimentation des animaux et la disponibilité en eau. L'ingestion de fourrages comme la luzerne, donne un goût sucré, certaines plantes halophytes le rendent salé (**Farah et Bachman, 1987**).

I.4.1.4.2. Caractéristiques physico-chimiques

Le pH du lait camelin se situe autour de 6,6 et l'acidité est de l'ordre de 15 °Dornic. Sa densité oscille entre 0,99 et 1,034 avec une viscosité moyenne de 2,2 centipoises (**Siboukeur, 2007**). Selon **Kamoun (1995)**, le lait de dromadaire est plus acide et moins dense et sa viscosité est plus faible que le lait de vache.

I.4.1.4.3. Propriétés nutritionnelles

Le lait de camelin présente des teneurs importantes et équilibrées en nutriments de base. Ce lait présente des taux de protéines variant de 2,5 à 4,5%. Les teneurs en matière grasse dans ce lait sont estimés en moyenne à 3,15%. La matière grasse cameline est caractérisée par la richesse en acide gras mono-insaturés à longue chaîne (acide stéarique et oléique). Le lactose constitue le sucre principal dans le lait. Sa concentration dans le lait camelin varie de 2,8 à 5,8%. Par ailleurs, les grandes concentrations en vitamine et en minéraux font de ce lait un véritable aliment à finalité diététique. A ce propos le lait de camelin présente de faible teneur en vitamine A et B2 par rapport au lait de vache et de fortes teneurs en vitamine E et B1 dans le colostrum tandis qu'il présente un apport important en vitamine C (**Siboukeur, 2012**).

Le lait de camelin est considéré comme l'une des sources alimentaires les plus précieuses en raison de sa valeur nutritive et de ses propriétés médicinales ; Il est beaucoup plus nutritif que le lait de vache car il contient de faibles quantités de matières grasses et de lactose et plus élevé en potassium, en fer et en vitamine C (**Al-Ashqar et al, 2015**).

II. Méthode d'élevage caprin en Algérie

II.1. Types de système d'élevage

Les différents types du système d'élevage sont :

II.1.1 Système extensif

Selon **Nedjraoui (1981)**, c'est le système le plus répandu, l'alimentation est assurée essentiellement dans les parcours, il est divisé en trois sous-systèmes: Sédentaire, nomadisme et transhumance.

II.1.2 Système semi extensif

Selon **Faye (1997)**, le système semi extensif est le déplacement qui existe toujours mais n'est pas régulier dans le temps et dans l'espace, il est plutôt fonction d'un seul paramètre qui est la pluviométrie.

II.1.3 Système intensif

Concerne principalement les races améliorées, ce système s'applique aux troupeaux orientés vers la production laitière ou la production fourragère, il est à favoriser (**Nedjraoui, 1981**). Et selon **Faye (1997)** le système intensif met en stabulation les animaux pour leur apporter les ressources nécessaires pour la production de lait ou de viande.

II.2.1 Les populations locales caprines

II.2.1.1 Caprin ARBIA

C'est la population la plus dominante, qui est lié à la race nubienne, est On le trouve surtout dans les hauts plateaux, les steppes et les semi-steppes. Où Il se caractérise par une taille basse de 50-70 cm, et une tête sans cornes avec des oreilles Long, large et suspendu. Sa robe est multicolore, le lait est produit environ 1,5 litre par jour. D'après (**Dekkiche, 1987**), et (**Madani et al 2003**), on a deux types : le sédentaire et le transhumant.

II.2.1.2 Caprin KABYLE

Selon **Jelmaoui et Abd al-Rahman (1995)**, la caprin kapil est considérée Un descendant de la caprin Pamel capra promaza. Selon **Pedro (1952)**, **Hellal (1986)**, ce sont les caprins originelles qui habitent les massifs. Là où se trouvent les régions montagneuses de

Kabylie et des Aurès, et appelées « Kabyles nains ». Elle à une faible production laitière, elle est généralement élevée pour la production de viande de haute qualité.

II.2.1.3. Caprin MAKATIA

Après (**Kelmaoui et Abdel Rahman, 1995**), elle est originaire de Welad Neil, on la retrouve dans la région de Laghouat. C'est sans doute le résultat du croisement entre ARABIE et CHERKIA (**Djari et Grebecchi, 1981**), réalisé en général conjointement avec les caprins sédentaires arabes.

Selon Hilal (1986), la caprin Makatia a un corps allongé avec une crête droite, Le museau est légèrement convexe chez certains individus. La tête est forte chez le mâle, et chez la femelle les cornes sont dirigées vers elle le dos, le poids est de 60 kg pour le mâle et 40 kg pour la femelle, tandis que la hauteur au garrot est respectivement de 72 cm et 63 cm. Le pis est de type carré bien équilibré, haut et bien implanté et 2/3 des femelles ont de gros mamelons, production de lait 1 à 2 litres par jour.

II.2.1.4 Caprin MOZABITE

On l'appelle aussi "La caprin de l'oasis rouge". Elle est de Mitlily ou Brian. Il se caractérise par un corps allongé, droit et rectiligne d'une hauteur de 68 cm pour les mâles 65 cm pour la femelle avec un poids de 50 kg et 35 kg. (**Hilal, 1986**). La race mozabite est très intéressante du point de vue de la production laitière (2,56 kg/jour).

II.2.2 Population croisée

Elle est constituée par des sujets issus des croisements non contrôlés entre la population locale et d'autres races, mais les essais sont très limités, les produits ont une taille remarquable, une carcasse pleine, souvent des gestations gémellaires, et une production laitière appréciable, les poils sont généralement courts (**Khelifi, 1997**). Ces produits sont rencontrés principalement au sein des exploitations de l'Etat (**Chellig, 1978**).

II.2.3 Races améliorées

Ce sont des races introduites en Algérie depuis la période coloniale, dans le cadre d'une stratégie d'amélioration génétique du cheptel caprin, il s'agit de la Maltaise, la Murciana, la Toggenburg et plus récemment l'Alpine et la Saanen.

Selon **Kerkhouche (1979)**, la maltaise et la caprin de Murcie ont été implantées à Oran et sur le littoral pendant la colonisation, d'autres essais d'introduction d'animaux performants ont été réalisés dans le territoire national après l'indépendance dans le Mitidja, à Tizi-Ouzou, à Sétif et dans le haut Chélif.

(**Geoffroy, 1919**), Huart du Plessis (**1919**), Diffloth (**1926**) notent que la caprin de Malte était très rependue sur la littoral Algérien. Selon **Decaen et Turpault (1969)**, la Maltaise se rencontre dans les zones côtières d'Annaba, Skikda, Alger ainsi qu'aux oasis. En Algérie, l'introduction de la première Alpine date entre 1924-1925 lors d'un essai (**Sadeler, 1949**).

II.2. Evolution des effectifs caprine en Algérie

En Algérie Le cheptel se caractérise principalement par la prédominance de cinq races qu'il convient de connaître : les vaches, les moutons, les caprins, les chameaux et les chevaux. Selon le ministère de l'Agriculture et du Développement rural, l'élevage caprin arrive en deuxième position avec 3,9 à 5,12 millions de caprins durant la période 2009-2019. En Algérie, (**Direction de l'agriculture, 2021**) il existe une spécialisation dans les domaines agro-écologiques en matière d'élevage. L'élevage reste confiné au nord du pays avec quelques incursions dans d'autres régions. Les pâturages steppiques sont la zone privilégiée pour l'élevage des ovins et des caprins puisque plus de 90 pour cent des troupeaux y vivent ce qui conduit à la surexploitation de ces pâturages. (**Melle. Boumediane, Farida 2013**) Comme indiqué dans le (**tableau 03**) évolution des effectifs du caprine de algérie.

Tableau 03: évolution des effectifs du caprine de algérie (**Direction de l'agriculture, 2021**)

Année	ESPECE CAPRINE				TOTAL
	Caprins	Boucs	Chevreaux de 6 mois	Chevrettes de 6 mois	
2009	2,298,611	252,049	650,834	760,626	3,962,120
2010	2,492,855	260,390	696,615	837,440	4,287,300
2011	2,578,950	266,518	712,186	853,366	4,411,020
2012	2,658,890	280,708	753,390	901,537	4,594,525
2013	2,894,480	300,743	767,611	947,866	4,910,700
2014	2,967,407	310,493	827,303	1,024,636	5,129,839
2015	2,955,766	314,876	765,588	977,720	5,013,950
2016	2,903,147	326,176	767,835	937,543	4,934,701
2017	2,949,646	297,468	778,076	982,704	5,007,894
2018	2,856,327	282,334	803,098	966,726	4,908,485
2019	2,919,731	315,791	805,710	944,884	4,986,116

II.3. lait de caprin

II.3.1. Généralité

Le lait de caprin est un milieu biologique d'une extrême complexité. Son élaboration par la glande mammaire s'effectue à partir des éléments provenant d'une synthèse et d'une filtration sélective des constituants sanguins.

Le lait de caprin frais possède une acidité, soit un pH de 6,6 environ ou 15°D. On peut éviter le développement des germes de contamination (coliformes, pathogènes) par l'acidification des produits laitiers, par abaissement du pH (**Corcy, 1991**).

Le lait de caprin est moins connu et moins utilisé que le lait de vache et pourtant il a des qualités nutritionnelles bien plus importantes que le lait de vache. Le lait de caprin est une source de bienfaits pour la santé de l'homme. Bien plus précieux que la fortune, la santé se révèle fortifiée par la consommation du lait de caprin et de ses dérivés, fromage, beurre, yaourt, kéfir (**Christian, 2006**).

II.3.2. Production de lait caprin

Le rendement laitier estimé par caprin est de 121 kg pour une période de lactation de 120 jours, et le lait produit a une teneur estimée en matière sèche, en matières grasses et en protéines de 12,85, respectivement ; La teneur en acides gras de 3,5 et 3,7 % du lait produit montre 61,45 % d'acides gras saturés. 40 OÙ la production par habitant varie de 24 240 à 29 963 103 L en Algérie. (**Direction de l'Agriculture 2021**) Comme indiqué dans (**tableau 4**) production de lait caprin en algéria.

Tableau 04: production de lait caprin en algéria (Direction de l'agriculture 2021).

Année	Caprins
	<i>10³ L</i>
2009	24.240
2010	24.250
2011	27.480
2012	28.785
2013	28.673
2014	28.870
2015	29.100
2016	29.730
2017	29.963
2018	25.920
2019	25.830
2020	25.830

II.3.3. Composition chimique du lait caprin

II.3.3.1 Protéines

Le lait de caprin de consommation contient environ 30 à 35 g par litre de protéines dont 80 % de caséine, 19 % de protéines solubles (albumines et lactoglobulines) et 1 % d'enzymes (Ciquel/ITPLC – 2007). Les teneurs en protéines des deux laits sont comparables. Cependant, une différence est remarquée dans la distribution des variantes de caséines. Le lait de caprin contient une quantité plus grande de caséine de type bêta alors que le lait de vache contient des quantités équivalentes entre les caséines alpha et bêta. Les protéines de lactosérum ne démontrent pas de différence significative (Nathalie Sylvain Nutritionniste. 2004).

II.3.3.2. Glucides

Le lactose compose la teneur en glucide du lait. Il est composé de deux fractions. Le glucose et le galactose, attachés ensemble, nécessitent l'action de l'enzyme lactase, pour être dissociés. Le lactose fournit de l'énergie et contribue activement à l'absorption du calcium. La quantité de lactose retrouvée dans le lait de caprin est la même que dans le lait de vache, soit 10 g pour 250 ml. (**Nathalie Sylvain Nutritionniste., 2004**) Il limiterait la prolifération de bactéries pathogènes et favoriserait le développement de bactéries ayant un effet bénéfique sur l'intestin (effet prébiotique) (**Ciquel/ITPLC – 2007**) .

II.3.3.3. Lipides

Le lait de caprin entier contient environ 35 g/L de matière grasse composée à 99,5 % de lipides et à 0,5 % d'autres substances liposolubles (cholestérol, vitamines A, D...). Les lipides ont essentiellement un rôle énergétique (9 Kcal/g). Le lait de caprin contient une grande variété d'acides gras (AG). Ils sont classés en fonction de la longueur de leur chaîne carbonée et du nombre de doubles liaisons. La MG caprine contient environ 65 à 70 % d'AG saturés et 30 à 35 % d'insaturés (essentiellement des mono-insaturés) (**Ciquel/ITPLC – 2007**).

II.3.3.4. Vitamines

Le lait de caprin apporte des quantités intéressantes de vitamines du groupe B : B1 (système nerveux et musculaire...), B2 (renouvellement et entretien des tissus...), B5 (peau, ongles, cheveux...), B6 (formation des globules rouges...) et B3 (croissance, peau...). De la vit A (vision, protection de la peau et muqueuses, croissance, résistance aux infections). Il apporte également lorsqu'il est entier de la vitamine D (métabolisme du calcium et du phosphore, propriétés antirachitiques chez l'enfant...) et un peu de vit K (coagulation du sang...). A la traite, le lait de caprin contient peu de vitamine B9 (formation des globules rouges, cellules nerveuses...) mais les laits de consommation sont généralement enrichis. (**Ciquel/ITPLC – 2007**).

II.3.3.5. Minéraux

Tous les minéraux indispensables (calcium, phosphore, magnésium, sodium, potassium...) sont présents dans le lait de caprin. Les teneurs varient légèrement en fonction du stade de lactation, des races, de la saison, l'alimentation... L'intérêt du lait de caprin réside essentiellement en sa richesse en calcium (1 000 à 1 200 mg/L) particulièrement bien absorbé

(du fait notamment de la présence dans le lait de protéines, de pepti- des, de lactose...)* et en phosphore (os, mise en réserve de l'énergie) (**Ciqual/ITPLC – 2007**).

II.3.3.6. Oligo-éléments

Le lait de caprin contient de nombreux oligo-éléments indispensables à l'organisme (fer, cui- vre, manganèse, sélénium, molybdène, chrome, fluor etc.) à l'état de trace. Le zinc y apparaît en revanche en quantité importante (2 à 5 mg/L) tout comme l'iode (teneurs variables selon les régions et les saisons) (**Ciqual/ITPLC – 2007**).

II.3.4. Caractéristiques du lait de caprin

II.3.4.1. Caractéristiques Organoleptiques

Comme le lait de vache, le lait de caprin est une émulsion de matière grasse sous forme de globules gras dispersés dans une solution aqueuse comprenant de nombreux éléments , les uns à l'état dissous (lactose , protéine de lactosérum...etc.), les autres sous forme colloïdale (caséines) (**Melle. Boumediane Farida 2013**). Contrairement au lait de vache, l'absence de pigments caroténoïdes confère au lait et aux fromages de caprin leur couleur blanche si caractéristique. Le lait caprin a un goût légèrement sucré (**Duteurtre et al , 2005**). Il est caractérisé par une flaveur particulière et un goût plus relevé que le lait de vache (**Jooyandeh et Abroumend, 2010**).

II.3.4.2. Caractéristiques physico-chimiques

II.3.4.2.1. pH

Le pH de lait de caprin se caractérise par des valeurs allant de 6,45 à 6,90. avec une moyenne de 6,7 différant peu du pH moyen du lait vache qui est de 6,6 (**Remeuf et al., 1989**).

II.3.4.2.2. Acidité

L'acidité titrable: indique le taux d'acide lactique formé à partir du lactose. L'acidité du lait de caprin et de vache reste assez stable durant la lactation. Elle oscille entre 0,16 et 0,17 % d'acide lactique (**Veinoglou et al., 1982**). L'acidité titrable, exprimée en degrés Dornic (D°) est de 15 à 18° D.

II.3.4.2.3. Densité

La densité du lait caprin est comparable à celle de lait de vache, avec une densité moyenne de 1030,05 à 15°C .La densité de lait de caprin est assez stable et se situe à 1,022, inférieure à celle de lait de vache (1,036) (**Melle. Boumediane, 2013**).

II.3.4.3. Qualité nutritionnelle du lait de caprin

Le lait de caprin a fait l'objet d'une attention particulière de la part des chercheurs et de l'industrie laitière en raison de sa valeur nutritionnelle. Certaines propriétés du lait de caprin sont connues pour être bénéfiques par rapport à celles du lait de vache, comme une tolérance plus élevée chez les enfants allergiques, qui est liée à la quantité et aux différences structurelles en protéines de lactosérum (α -lactalbumine et β -lactalbumine) et à une proportion élevée de protéines de lactosérum de petits globules lipidiques (1,5 μ m), qui permettent une meilleure digestion. Certaines études ont révélé que le lait maternel en raison des propriétés anti-allergiques de ses protéines (**Mme Boumedian, 2013**). Le lait de caprin est un aliment fonctionnel et une source naturelle d'oligosaccharides. Il a une composition saine en matières grasses avec une augmentation de l'acide linoléique conjugué et des acides gras à chaîne courte, une teneur élevée en vitamines (A et B) et en calcium (**Park, 2006; Silanokove et al., 2010; Haenlein et Anke, 2011**). Cela est dû à la faible concentration d'acide caprique dans le lait, ces acides gras étant plus facilement absorbés que les acides à longue durée d'action, et donc plus digestes (**Barrionuevo et al. 2001; Wehrmüller et Ryffel, 2007**).

Chapitre II : :Les agents coagulants

I. Coagulation du lait

I.1. Définition

La coagulation est la première étape de transformation du lait en fromage. Cette coagulation se traduit par la formation d'un gel, résultant des modifications physico-chimiques intervenant au niveau des micelles de caséine. Les mécanismes proposés dans la formation du coagulum diffèrent totalement suivant que ces modifications sont induites par acidification ou par action des enzymes coagulantes (**Abdellaoui, 2007**).

I.2. Différents types de coagulation

I.2.1. Coagulation acide

Elle consiste à précipiter les caséines à leur point isoélectrique ($pHi = 4,6$) par acidification biologique à l'aide des ferments lactiques qui fermentent le lactose en acide lactique, ou par acidification chimique l'addition d'un agent acidogène (glucono- δ -lactone) ou ajout de protéines sérique à pH acide. Le gel obtenu par acidification présente une bonne perméabilité mais une friabilité élevée. Le manque de structuration du réseau a pour conséquence une élasticité et une plasticité pratiquement nulle et une faible résistance aux traitements mécaniques (**Abdellaoui, 2007**).

I.2.2. Coagulation enzymatique du lait

La coagulation du lait par des enzymes protéolytiques est une des plus anciennes opérations de transformation alimentaire. Un grand nombre d'enzymes protéolytiques d'origine animale, végétale ou microbienne, présente la propriété de coaguler le complexe caséinique (**Benyahia, 2013**). La présure, (voir chapitre enzymes coagulantes) est l'enzyme coagulante la mieux connue et son mécanisme d'action est bien établi. Le processus de coagulation est influencé par la température, l'acidité et la teneur en calcium. La coagulation, provoquée par la présure (figure 01), résulte d'un processus en trois phases (**ALAIS, 1984 ; BRULE *et al.*, 1997, MAHAUT *et al.*, 2000 et LUCEY, 2002**).

Phase primaire ou enzymatique,

Phase secondaire ou phase d'agrégation des micelles déstabilisées,

Phase tertiaire ou phase de développement du réseau par réticulation et formation de gel.

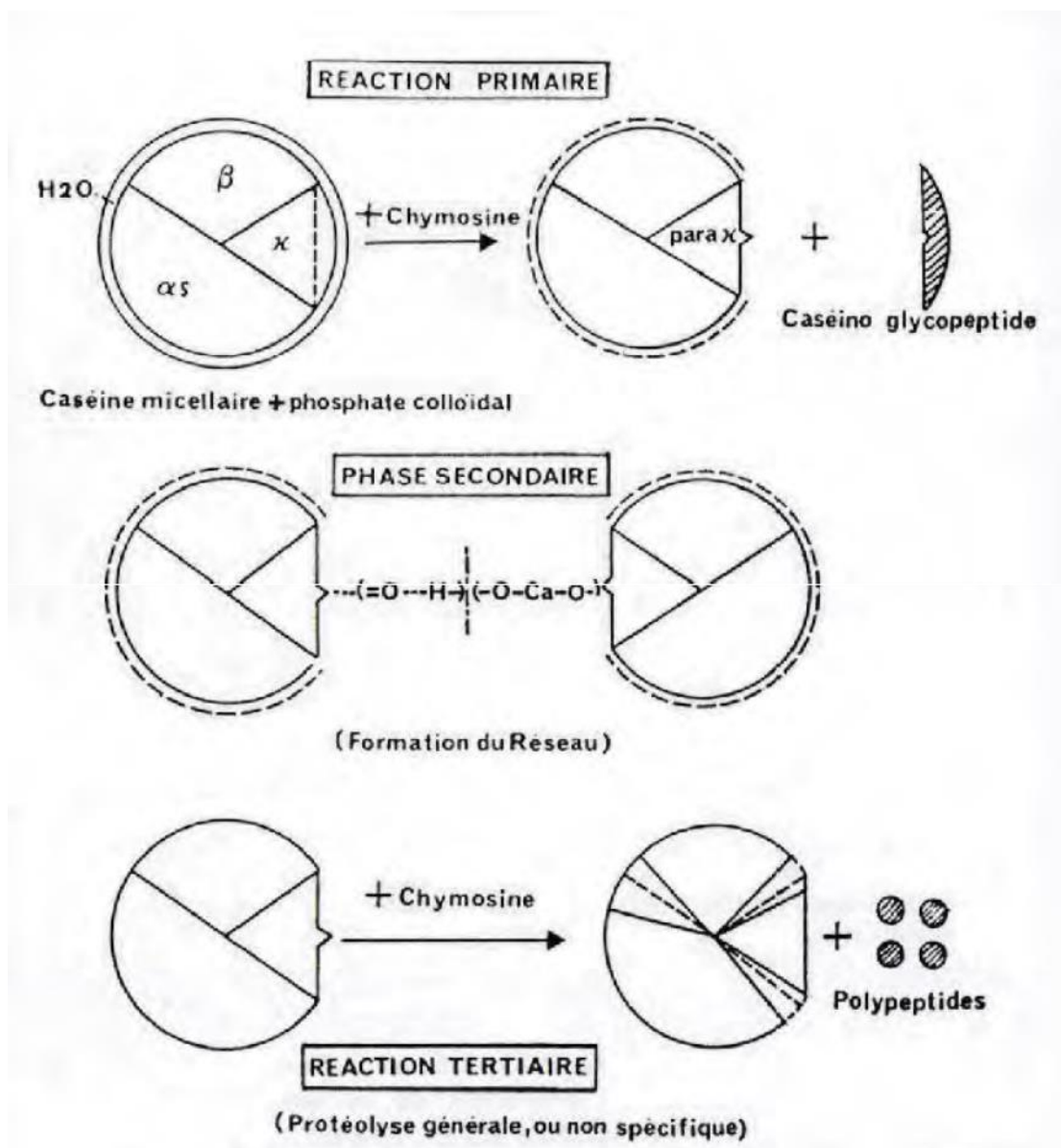


Figure 01 : Phases de coagulation enzymatique du lait, (Alais, 1984)

I.2.3. Coagulation mixte

La coagulation mixte est réalisée par acidification du lait et addition des enzymes coagulantes. En pratique cette méthode est utilisée pour la fabrication des fromages frais ou fromages à pâte molle (boughellout, 2007). Le coagulum obtenu présente des caractères intermédiaires entre ceux du gel lactique et présure. Il est caractérisé par une souplesse et une élasticité moins grande, une fermeté et friabilité plus accentuées que celle du gel présure (Jeantet *et al.*, 2008).

I.3. Phases de la coagulation

I.3.1. Phase primaire

La micelle est principalement constituée de caséine κ avec son segment C-terminal hydrophile libre qui s'étend dans la phase aqueuse du lait assurant la stabilité stérique et agissant comme une barrière contre l'association des micelles. Au cours de la phase enzymatique, la présure hydrolyse 80 à 90 % de la caséine κ au niveau de la liaison peptidique phénylalanine (105) et méthionine (106) à pH = 6,6. Cette action permet la libération de caséinomacropéptide fortement glycosylé et hydrophile (CMP, fragment 106-169) dans le lactosérum, l'autre partie reste associée aux autres caséines au sein des micelles, c'est la paracaséine κ (1-105). Ce taux d'hydrolyse correspond à 60 % du temps nécessaire pour obtenir une coagulation visible. Ce temps est noté temps de floculation. Cette hydrolyse entraîne une réduction de la charge négative et des répulsions stériques de telle sorte que les micelles de caséine deviennent susceptibles à l'agrégation (**Benyahia, 2013**).

I.3.2. Phase secondaire

Cette phase commence dès que 85 % de la caséine- κ est hydrolysée. Elle est dite phase d'agglomération ou d'agrégation ou phase de coagulation proprement dit (**Lucey, 2002**). Durant laquelle la libération du macropéptide de la caséine- κ sous l'action de l'enzyme entraîne la réduction des répulsions électrostatiques entre les micelles de caséines hydrolysées. L'élimination de ces macropéptides entraîne également une réduction du diamètre hydrodynamique et une perte de la stabilité (**Lucey, 2002**). La nature des interactions intervenant durant cette phase n'est pas encore bien connue. Toutefois, les ponts calciques et les forces de Van der Waals ainsi que les interactions hydrophobes semblent être impliquées (Schmidt, 1982). Les micelles déstabilisées s'agrègent en présence des ions de calcium libres (Ca^{++}). Au début, il y a une formation de chaînes linéaires de micelles qui continuent de s'agréger pour former des amas. Ces derniers constituent le gel protéique qui se sépare nettement de lactosérum (**Lucey, 2002**).

I.3.3. Phase tertiaire

Durant cette phase, les micelles agrégées subissent une profonde réorganisation par la mise en place de liaisons phosphocalciques et peut être de ponts disulfures entre les paracaséines (**Vignola, 2002**).

I.4.Facteurs de la coagulation

De Nombreux facteurs sont susceptibles de modifier la coagulation du lait et les caractéristiques physiques des coagulums. Ces facteurs sont principalement liés à la concentration en enzyme, à la température, au pH, à la teneur en calcium, à la teneur en caséines et à la dimension des micelles (**Benyahia, 2013; et Dalgleish, 2006**).

Température : la température optimale d'activité de la chymosine et de la pepsine est de 40-42°C. A cet intervalle de température, le temps de floculation est minimal, puis augmente aux températures plus élevées et devient nul à 65°C où la présure est inactivée. On note que le temps de raffermissement du gel diminue avec l'élévation de la température (**Benyahia, 2013**).

pH : en passant de pH 6,7 à 5,6, la vitesse de coagulation est accrue. Ceci résulte d'un accroissement de la vitesse d'hydrolyse et par suite une augmentation de la vitesse de raffermissement du gel. La fermeté est significativement importante de pH 6,6 à pH 6,0 due à une plus grande disponibilité du calcium ionisé. Au-dessous de pH 6,0, la caséine se déminéralise et la désagrégation de la structure micellaire est accentuée jusqu'à devenir totale à pH 5,2. Il en résulte un affaiblissement du réseau.

Concentration en enzyme : la concentration en enzyme est inversement proportionnelle au temps de coagulation. Cependant, elle est proportionnelle à la vitesse d'hydrolyse de la caséine κ (phase enzymatique) et à la vitesse d'agrégation des micelles (phase physique).

Teneur en calcium : la réticulation du gel lors de la coagulation du lait par la présure, impliquant des liaisons phosphocalciques, est particulièrement influencée par la teneur et la nature du calcium présent. L'addition du CaCl_2 entraîne une augmentation du calcium ionisé et du calcium colloïdal ayant pour conséquence un temps de coagulation plus court et une fermeté du gel plus élevée (**Benyahia, 2013**).

Teneur en caséines : la vitesse d'hydrolyse enzymatique est proportionnelle à la teneur en protéines. Ainsi, la vitesse d'agrégation et la fermeté des gels augmentent avec la teneur des caséines (**Benyahia, 2013**).

Dimension des micelles : la relation entre les dimensions des micelles et le temps de coagulation est proportionnelle. Pour les micelles de faible diamètre, riches en caséine κ , la vitesse d'hydrolyse est plus rapide (**Benyahia, 2013**).

I.5.Origines des enzymes coagulantes du lait

I.5.1. Enzymes d'origine animale

Les protéases gastriques des mammifères adultes sont désignées de pepsine A et pepsine C (gastriscine), alors que la chymosine est associée au développement néonatale du très jeune mammifère.

Les protéases extraites du jus gastrique sont secrétées sous formes inactives (zymogène), et sont activés par les conditions acides du jus gastrique.

I.5.1.1 Présure

La présure est l'extrait provenant de caillettes de jeunes bovidés nourris au lait constituée de deux fractions actives, l'une, majeure, la chymosine, l'autre, mineure, la pepsine dans un rapport de masse de chymosine active/ masse de pepsine vache active est ≥ 1.38 (**Desmazeud, 1997**).

Une présure préparée à partir de caillettes d'agneau a été utilisée avec succès pour la préparation d'un fromage local grec, son utilisation n'a posé aucun problème ni à la technologie ni à la maturation (**Anifantakis, 1976**).

I.5.1.2.La chymosine

Est une holoprotéine dont le poids moléculaire est voisin de 31400. Elle hydrolyse la liaison phe105-met106 de la caséine κ et possède une activité protéolytique générale faible pendant l'affinage du fromage.

L'activité protéolytique de la chymosine est fortement influencée par les facteurs de milieu et principalement par le pH et la température. L'activité optimale de la présure se situe dans un intervalle de pH de 5 à 5.5 et à la température de 42°C. 24

I.5.1.3.Pepsines

La pepsine est extraite de l'estomac des mammifères adultes ou des proventricules de volailles. Elle hydrolyse la plupart des protéines naturelles telles que la caséine, la globuline, et certaines enzymes telles que la trypsine, la papaine et les amylases. Elle attaque préférentiellement les peptides contenant de la L-Phénylalanine ou de la L-Tyrosine et plus généralement les acides aminés à noyau aromatique (**Yamamoto, 1975**).

I.5.1.3.1 Pepsine vache

C'est un des constituants mineurs normaux de la présure, (Alais, 1974 ; Fox, 1969 ; cité par Ernstrom, 1983). Elle est extraite des caillettes de bovidés adultes, et son poids moléculaire est de 33400 Da.

L'activité coagulante de la pepsine vache 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 (Ramet, 1997a).

I.5.1.3.2 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 (figure 02). Des glandes de type tubulaire ont des orifices formant des rangées de mamelons visibles à l'oeil nu ; les alvéoles de ces glandes sont bordées de cellules spécialisées oxyntico-peptiques sécrétant à la fois de l'acide chlorhydrique et une proenzyme protéolytique : le pepsinogène. Le système de canaux collecteurs s'ouvrant sur des petites papilles, apporte le suc gastrique dans la lumière des proventricules (Alamareot, 1982). Le volume du suc gastrique qui varie de 5 à 20ml/ heure en période de jeûne, atteint 40ml/heure après stimulation. Le pH du suc varie de 1 à 2 (Larbier et Leclerc, 1992).

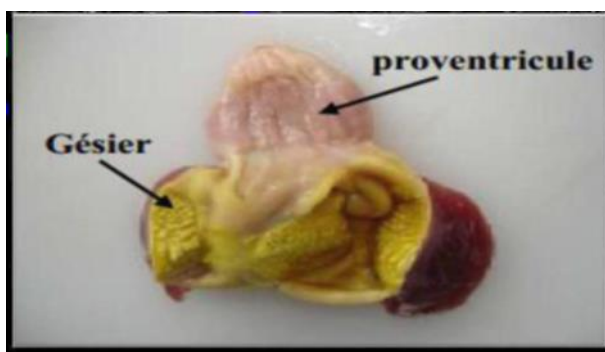


Figure 02: Complexe stomacal du poulet (Bohak, 1969).

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 (Bohak, 1969). Le pH optimum de la pepsine du poulet est de 2.8. L'enzyme reste stable à pH 8, et devient inactive à pH 8,5. Cette stabilité est très liée à la température : (Bohak, 1969), rapporte qu'une solution de pepsine à pH 8,2 maintient 93% de son activité après 20 min à la température ordinaire (24°C) et seulement 10 % à 37° C. Cet auteur ajoute qu'à pH 7,8 l'enzyme perd seulement 10% de son activité après 24 heures à

température ordinaire et 10%/heure à 37°C. De même, une solution de pepsine de poulet dans 0.02N ou 0.001N d'HCl est stable dans ces conditions, et perd moins de 5% après 24 heures à 37°C ou une semaine à 4°C (**Donta et Van Vukis, 1970**).

Plusieurs études ont été réalisées afin d'introduire la pepsine de poulet comme succédané de la présure. Des travaux de Green, (**1972**) cité par (**Michael Eskin, 1990**), ont conduit à la fabrication de fromage de type cheddar à l'aide de la pepsine du poulet, mais le produit obtenu était de qualité inférieure, il présentait un corps mou, peu d'arômes et un arrière goût assez prononcé due à une protéolyse excessive. D'autres travaux de (**Green et al., 1984**), ont montré que le cheddar préparé par un mélange de pepsine de poulet et de pepsine porcine était similaire à celui préparé par de la présure. (**Gordin et Rosenthal, 1978**) ont utilisé la pepsine de poulet pour la fabrication de l'emmental et un autre fromage traditionnel de type Kashkaval, qui sont des fromages à pâte molle ; ils ont obtenu de meilleurs résultats et des fromages de qualité comparable à celles obtenues par la présure. Ils ont attribué cette différence aux conditions de production et spécialement à la température de 85°C nécessaire pour l'emmental contre 52°C lors de la cheddarisation ; ce qui implique une inactivation de la pepsine et par conséquent une diminution de la protéolyse.

I.5.2. Enzymes d'origine microbienne

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 (**Sternberg, 1976 ; cité par Dagleish, 1997**).

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) (**Ernstrom, 1983**).

De récents travaux de génie génétique ont permis de préparer une présure formée de chymosine pure, par clonage de gène sur *Escherichia coli* (**Alais et Linden, 1997**).

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* (**Goursaud, 1999**).

I.5.3. 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*) (**Cuvellier, 1993**).

La papaïne : La papaïne extraite du latex de *Carioca papaya*, est caractérisée par une activité coagulante assez forte, mais également un fort pouvoir protéolytique (**Dastur, 1948, cité par Ernstrom et Wongt, 1983 ; Cuvelier, 1993**).

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. Des travaux de **Murachi (1970)** ; cité par **Ernstrom, (1983)**, ont prouvé qu'elle a un pouvoir protéolytique défavorable au rendement et à la qualité organoleptique dans l'industrie fromagère.

Chapitre III : fromage

Parti I : I. Généralités sur le fromage

I.1. Définition du fromage

Le fromage frais est un fromage à pâte molle non affiné, très moelleux, peu minéralisé, Il a un léger goût crémeux ou aigre, facile à étaler et à mélanger avec d'autres types Alimentation (**Vignola, 2002**). Il est obtenu par la coagulation complète ou courante du lait par l'action de la présure ou par la production d'une coagulation lente à prédominance acide Grâce à l'action des bactéries lactiques associée à une pression faible ou nulle (1-5 ml / 100 litres de lait) et une longue période d'incubation, mais un stockage court (**Eck et Gill, 2006**). Les fromages frais offrent une grande variété selon le degré d'égouttage du fromage teneur en coagulum et en matière grasse du lait.

I.2. Différents types de fromages

A pâte dure ou molle, pressée cuite ou crue, à croûte fleurie ou lavée.

I.2.1. Fromages à pâte molle

I.2.1.1. Pâte molle, croûte lavée

Livarot, Maroilles, Pont-l'Evêque, Munster, Langres

Le fromage n'a subi ni chauffage, ni pressage. La croûte est lavée et brossée avec une solution d'eau salée enrichie de bactéries spécifiques, ce qui favorise l'apparition des champignons orangés. La pâte moelleuse offre de nombreuses saveurs et des parfums souvent puissants.

I.2.1.2. Pâte molle et à croûte fleurie

Brie, Camembert, Chaource, Neufchâtel Le fromage n'a subi ni chauffage, ni pressage. C'est un champignon, un pénicillium, qui donne son aspect duveté de blanc à la croûte. Il est pulvérisé à la surface après salage et se développe durant son affinage.

I.2.2. Fromages à pâte pressée

I.2.2.1. Pâte pressée cuite

Comté, le Beaufort ou l'Abondance Au moment de la transformation en caillé, le fromage est chauffé à 55°C. Il est ensuite pressé, moulé et mis à fermenter. C'est à ce moment

qu'apparaîtront les fameux trous, pour les fromages séjournant en cave chaude (donc pas pour le comté ni le beaufort). Ils sont très riches en calcium. L'affinage peut durer de trois à neuf mois, voire plus.

I.2.2.2. Pâte pressée non cuite

Cantal, St Nectaire, Salers, Reblochon, Ossau-Iraty, Morbier, Laguiole Ils se fabriquent comme les pâtes pressées cuites, sans l'étape du chauffage. L'affinage dure de 15 jours à plusieurs mois en fonction du fromage (**TPro, 2015**).

I.2.3. Fromages à pâte fraîche filée

Mozzarella Ces fromages sont obtenus par pétrissage et étirement du caillé jusqu'à consistance désirée. La France ne fabrique pas de fromages à pâte filée, et l'Italie en est le principal producteur. (**TPro, 2015**).

I.2.4. Fromages de caprin

Selles-sur-Cher, Chabichou, Sainte-Maure, Picodon, Pélardon, Crottin de Chavignol

Cette famille ne se distingue pas par son mode de fabrication mais par son lait, de caprin. Ces fromages offrent une large gamme de saveurs, du frais au sec en passant par le crémeux ou le tendre. Ils sont parfois cendrés avec du charbon de bois ou roulés sur des aromates. (**TPro, 2015**).

I.2.5. Fromages à pâte persillée

Roquefort, le Bleu d'Auvergne, la Fourme d'Ambert

Ce sont tous « bleus ». Leur fabrication nécessite un perçage avec de longues et fines aiguillesensemencées de penicillium" pour permettre le développement de ces" moisissures dans la pâte. Elles sont à l'origine des marbrures vertes ou bleues (**TPro ,2015**).

I.2.6. Fromages à pâte fondue

Ils sont constitués d'un mélange de fromage(s), de beurre de crème et de lait, pasteurisé (95°C) ou stérilisé (125°C) Certaines variétés sont aromatisées ou épicées. Les durées de conservation sont généralement très longues, Ces fromages fondus sont des fromages de grignotage très appréciés par les enfants (**TPro, 2015**). Comme indiqué dans (**le tableau 05**).

Tableau 05 : Typologie des fromages (Gret, 2006).

Types de fromages	Caractéristiques	Exemples
Fromages frais	Egouttage peu poussé Humidité importante Sans affinage	Petit suisse Caprin frais, minas, fromage peulh brut
Fromages affinés	Affinage	
Pâtes molles	Pas de presage	Camembert, Fêta
Pâtes pressées non cuites	Caillé mixte, presage	Saint paulin, Teleme
Pâtes pressées cuites	Caillé présure, brassage et chauffage du caillé. Pressage	Gruyère Fromage peulh coloré
Pâtes filées	Filetage du caillé	Oaxaca
Fromage très sec	Déshydratation poussée	Fromage sec de Caprin, Fromage du pourtour du Sahara
Fromage fondu	Fusion de fromage	Cancoillotte, fromage à tartiner

Parti II: Fromage type camembert

II.1. Définition du fromage camembert

Le camembert, comme le cheddar, le brie ou le gruyère, sont des fromages définis par le Codex Alimentarius mais qui peuvent être fabriqués partout dans le monde. Les spécifications sont moins précises. Le camembert est un fromage à pâte molle affiné en surface, principalement par des moisissures, qui se présente sous la forme d'un cylindre plat de 80g à 500gm, (Laurent Seminel, 2015) caillé non divisé. Ces fromages mesurent de 10 à 11 cm de diamètre et 3 cm d'épaisseur. Composé d'au moins 40% de matière grasse et 110g de matière sèche (Bouterfa, 2020).

II.2.Étapes de la fabrication

La formation de ce type de fromage nécessite certaines propriétés organoleptiques pour la réussite de plusieurs étapes technologiques, principalement : semis - affinage, coagulation, séchage, et enfin affinage.

II.2.1. Phase d'ensemencement – maturation

La première étape de l'élaboration du camembert à partir de lait consiste en l'introduction de levures lactiques sélectionnées qui agissent pour coaguler le lait (acidifiant) et participent également à l'activité de décomposition lors de l'affinage de ce fromage. De plus, une dose de levure lactique mésophile est inoculée dans un petit volume de lait. Elle est de l'ordre de 1,5 à 2 % (Dahou, 2017) La reproduction et le développement de souches de bactéries lactiques inoculées nécessitent un temps de maturation suffisant. Une fois ses souches revivifiées, le levain (tel que préparé) servira à inoculer de grandes cuves de caillage. Des levures fongiques sont également introduites qui jouent un rôle important dans le phénomène de maturation. Ce sont les spores de *Penicillium camemberti*, *Penicillium caticulum* et *Geotrichum candidum* (Bouterfa, 2020)

II.2.2. Coagulation

La coagulation se traduit par la formation d'un gel (ou coagulum) qui résulte dans le cas du Camembert, des modifications physico-chimiques qui interviennent autour des micelles de caséines et qui concourent à leur déstabilisation extrême. Pour les fromages à pâtes molles, la coagulation est généralement mixte. Elle est provoquée par l'action conjuguée de la présure (coagulation enzymatique) et les bactéries lactiques (coagulation acide). Dans le

cas de la coagulation acide (provoquée par l'acide lactique d'origine bactérienne), l'abaissement du pH induit la solubilisation du calcium et du phosphate inorganique. Par équilibre, le pont salin dégarni peu à peu les micelles. Ces dernières, vont se lier entre-elles et former un gel cassant, très friable et peu élastique. La coagulation enzymatique est quant à elle due à l'action de la présure qui est une enzyme protéolytique provenant de caillettes de veaux non sevrés. Cette enzyme correspond en réalité à deux fractions actives : l'une majeure (80 %), constituée par la chymosine, l'autre mineure (20 %), est représentée par la pepsine. Il a été établi qu'au cours de la coagulation enzymatique, la présure en hydrolysant la caséine au niveau de la liaison (Phe105- Met106), induit une déstabilisation des micelles de caséines qui vont peu à peu flocculer pour former un gel ferme, compact et ayant une bonne cohésion (**Dahou, 2017**).

II.2.3. Fromages à pâte fraîche

Petit Suisse, le demi-sel Ce sont des fromages peu égouttés qui n'ont pas été affinés, juste coagulation des protéines du lait sous l'effet des ferments lactiques. On peut les consommer nature ou aromatisés (**TPro, 2015**).

II.2.4. Égouttage

C'est l'étape qui permet la séparation du lactosérum du caillé. Son but est non seulement de régler la teneur en eau du caillé mais aussi la minéralisation de ce dernier et son délactosage. Selon **Beuvier (2004)**, il est possible de distinguer dans cette phase deux actions complémentaires

expulsion du sérum par le coagulum qui se contracte et se concentre (synérèse).

séparation du sérum et du caillé par action physique. La pâte obtenue est salée par addition de chlorure de sodium. Le sel inhibe certaines proliférations microbiennes, complète l'égouttage du caillé et relève la saveur du fromage (**Dahou, 2017**).

II.2.5. Salage

La pâte obtenue subit un salage par adjonction de chlorure de sodium. Le sel assure l'élimination de certaines proliférations microbiennes, il permet de poursuivre l'étape de l'égouttage et sert comme exhausteur de goût en relevant la saveur du fromage. Le salage fait appel à deux techniques ; la première consiste à un salage à sec par saupoudrage superficiel, par frottage ou par incorporation dans la masse du caillé. La

deuxième technique représente le salage en saumure par immersion dans une solution saturée en NaCl « 317,8 g /l ». La teneur en sel du fromage à pâte molle type Camembert est de l'ordre de 1,7 à 2,5 g/100g de fromage (**Bouterfa, 2020**).

II.2.6. Affinage

L'affinage est en fait la résultante de trois principales actions biochimiques qui se déroulent simultanément à savoir :

- la dégradation des protéines
- l'hydrolyse de la matière grasse
- la fermentation du lactose.

La finalité de l'affinage est de diriger ces évolutions dans le sens souhaité ; il correspond principalement à des modifications de deux composants majeurs : protéines et matière grasse ; protéolyse et lipolyse sont donc les phénomènes dominants de l'affinage, elles se traduisent par de profondes modifications de la composition physico-chimique du substrat, et par voie de conséquence, de celles de son aspect, de ses qualités organoleptiques, de sa digestibilité et de sa valeur nutritive (**Mdahou, 2017**).

Etude expérimentale

Matériel et méthodes

Le présent travail a été réalisé au niveau Laboratoire pédagogie de l'université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued. Ce travail a duré 06 mois La partie expérimentale se partage en deux partie, à savoir :

Partie biochimique : incluse l'optimisation de la pepsine (coagulant et floculation) du lait.

Partie technologique : la fabrication fromage à pâte molle Type camembert partir du lait en mélange "Lait camelin et lait caprin" par une coagulation enzymatique" pepsine de poulet ".

Matériel et méthodes

I. Matériel

I.1. Appareillage

- Agitateur (Lab Tech)
- Bain Marie (Memmert)
- Balance (KERN)
- Balance de précision.
- Centrifugeuse (SiGmA)
- Congélateur à -10°C.
- Hachoir à viande.
- Milco Scan (Master Pro touch)
- pH mètre (Crison, C3010)
- Réfrigérateur à + 4°C.

I.2. Petits matériels

Un certain nombre de petit matériel approprié a été également utilisé dans cette étude. Il s'agit de: bécher, burette graduée avec support, boîtes de prélèvement, capsule, compresses stériles, erlenmeyerm, éprouvette graduée cylindrique sans bec, fiole jaugée, Micro pipette (1000 µl), pipette, pipette graduée, pipette pasteur, spatule, tubes à essai stériles, tube à essai.

I.3. Produits chimiques, réactifs et milieux de culture

I.3.1. Produits chimiques et réactifs

Solvants : NaHCO₃, HCL,

Sels : sel, la soude, Chlorure de calcium (CaCl₂), acide lactique

I.4. Matériel biologique

I.4.1. Lait camelin

Le lait camelin de population SAHRAOUI d'un élevage extensive a été collecté auprès des éleveurs de la région **HASSANI ABDELKARIME, BEN GACHA, HEROUILE (MEH WANSSA) (en mars et avril)** dans wilaya d'EL OUED dans les conditions d'hygiène appropriées.

I.4.2. Lait caprin

Le lait caprin de race ARABIA d'un élevage semi extensive a été collecté auprès des éleveurs de la région **ELRABAH**, dans wilaya d'El-OUED dans les conditions d'hygiène appropriées.

I.4.3. Lait vache

Le lait vache est utilisé à titre comparatif, d'un élevage semi extensive été collecté auprès des éleveurs de la région **ELRABAH** dans wilaya d'El-OUED dans les conditions d'hygiène appropriées, ce lait ce lait est utilisé à titre comparatif .

1.4.4. Lait de poudre

Le lait est obtenu par reconstitution à 12 % (m/v) dans une solution de CaCl₂ (0,01M) d'une poudre de lait écrémé préparant ainsi le substrat de Berridge. Cette poudre de lait est conservé à 4°C pendant une nuit pour assurer l'équilibre physicochimique d'une part, et d'autre part, la stabilité et la réhydratation des micelles. et Pour éviter le développement microbien (**BENYAHIA, KRID, 2013**).

I.4.5. Préparation des proventricules

La Proventricole a été extraite de la zone de **TEKSBTE** dans l'Etat **d'El-Oued**. Après abattage et éviscération du poulet, un lot d'environ 0.4 kg de Proventricole est récupéré, débarrassé de la graisse environnante puis lavé (Fig. 1). A l'aide d'un couteau, rincez-le à l'eau du robinet pour enlever les particules alimentaires collées puis filtrez-le. Ensuite, il est refroidi et transporté au laboratoire où il est immédiatement divisé en portions de 100 g (12 morceaux), puis congelé à -20°C jusqu'à utilisation (**Annexe I**) .

I.4.6. Présure commerciale

Origine fongique (*Rhizomucor miehei*) I + Activite coagulante = 2.96 Up (**Annexe II**)

Ferments mésophiles aromatiques (DANISCO, France)

Comprennent des bactéries intervenant dans la production modérée d'acide lactique et Du CO₂, avec une forte production de flaveur : Flora Danica : *Lactococcus lactis* subsp .cremoris ; *Lactococcus lactis* subsp .lactis ; *Leuconostoc mesenteroides* subsp cremoris. Flore MM : *Lactococcus lactis* subsp .lactis ; diacetylactis .

Ferments thermophiles (Chr .Hansen, Danemark)

Produisent des faibles quantités d'acide lactique et assurent la stabilisation du fromage, les souches utilisées sont :

Streptococcus thermophilus.

Streptococcus salivarius subsp *thermophilus*.

Penicillium candidum

Connue également sous le nom de *P.Camemberti*, la souche est utilisée particulièrement pour l'inhibition de la contamination par *Mucor*, elle assure aussi l'augmentation de la croissance des autres moisissures et le développement d'une apparence de blancheur et un arôme caractéristique.

Geotrichum candidum

Agent clé dans la maturation des fromages, il influence grandement l'aspect, la structure et la saveur du fromage. Il est caractérisé par un métabolisme rapide de l'acide lactique dû à sa croissance rapide (24h-48h).

Après ensemencement et maturation du lait et quand le niveau d'acidité atteint les 20°D, on le fait descendre à l'atelier de fabrication du fromage (**Annexe I**).

II. Méthode

II.1. Collecte du lait

Le lait est tiré à partir des camelins, caprine et des vache en bon état de santé. Il est recueilli proprement dans de bouteilles en plastique neuves et propres. Ces dernières étaient placées immédiatement dans une glacière contenant des blocs de glace. Ensuite congelés à -18 °C jusqu'à leur utilisation ultérieure.

II.2. Méthode Milko-Scan

Le Milko-Scan TM Mars met la puissance de la technologie analytique IRTF à la portée des laiteries, de taille petite à moyenne, ce qui leur permet de ne pas recourir aux méthodes d'analyse traditionnelles, lentes et gourmandes en main d'œuvre, et d'améliorer leur capacité à détecter l'adultération intentionnelle ou accidentelle des livraisons de lait. C'est considéré L'analyseur Milko Scan FT1 est dédié à l'analyse des laits en production. Il vous permet de contrôler et de standardiser les produits laitiers liquides tout en effectuant un dépistage des adultérant. Il est parfaitement adapté pour :

Le contrôle rapide en réception pour une ségrégation optimale, un paiement équitable et la détection des adultérant.

La standardisation du lait pour une utilisation optimale des matières premières et une qualité constante des produits.

Le contrôle qualité des produits finis, Par la méthode suivante:

Un moyen simple d'analyser le lait et de contrôler la qualité instantanément Il vous suffit de positionner l'échantillon sous la pipette et d'appuyer sur démarrer pour obtenir les résultats de jusqu'à six paramètres en seulement une minute. Minimisez vos coûts grâce au système de circulation robuste et supprimez l'utilisation de produits chimiques et de consommables. (Foss, 2011)

II.3. Caractérisation du lait

II.3.1. Détermination du pH.

Le pH et l'acidité titrable sont deux mesures d'acidité du lait. Le pH permet de déterminer les ions H⁺, le pH du lait est mesurée par pHmètre (Knick pHmeter 766 calimatic). L'acidité exprimée en degré Dornic, est déterminée par titration directe de l'acide

lactique par l'hydroxyde de sodium 0.1N en présence de phénolphtaléine. La mesure est réalisée sur le lait après reconstitution et avant chaque utilisation (**Halima Boughellout, 2007**) (**Annexe III**).

II.3.2. Détermination de la teneur en lactose, protéine et matière grasse

La détermination des teneurs en lactose, protéines et matière grasse (MG) est réalisée directement après le conditionnement du lait. Ces teneurs sont déterminées en utilisant un milko Scan qui affiche les valeurs sur son écran après avoir plongé son électrode dans un tube contenant l'échantillon de lait (**Annexe III**) .

II.4. Extraction d'enzyme coagulante (pepsine de poulet)

L'extraction de la pepsine est réalisée en suivant le protocole d'extraction proposé par (**Bohak, 1970**) qui se compose des étapes montrées sur le diagramme présenté en (**figure 03**).

Pour chaque extraction une portion de 100 g est décongelée à température ambiante (20 à 25°C) pendant 30 min, puis hachée dans un hachoir à viande tournant à 5000t/min pendant 10 secondes. Le tissu haché est laissé pour macération dans une solution de 3% de NaCl et 0.7% (p/v) de NaHCO₃ (p/v) à 25°C pendant 3 heures avec une agitation continue. Après macération, le mélange est filtré à travers une gaze à double couche. L'activation du pepsinogène en pepsine est obtenue par acidification (Hcl 3N) du filtrat à pH 2 pendant 15 min, suivie d'une centrifugation à 3200 tour pendant 30min permettant l'élimination du Mucilage. L'extrait obtenu est ajusté à pH 6.4 par NaOH 3N, et conservé au réfrigérateur à 4°C jusqu'à utilisation (**Annexe VI**).

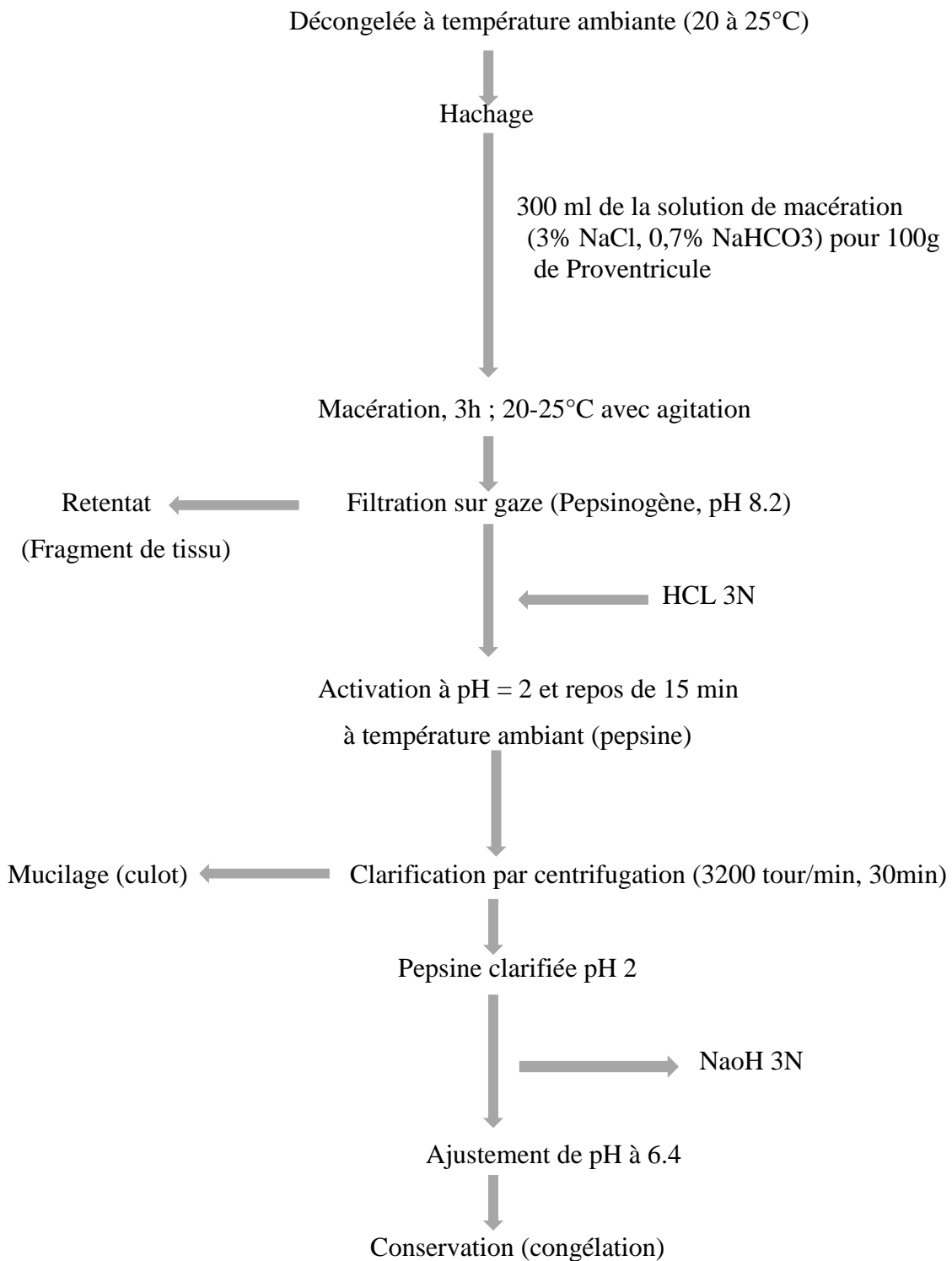


Figure 03: Diagramme d'extraction de la pepsine de poulet selon **Bohak (1970)**.



Figure 04: l'extrait clarifié de pepsine de poulet.

II.4.1 Caractérisation de l'extrait enzymatique

II.4.1.1. Détermination de l'activité coagulante

L'activité coagulante est déterminée par mesure du temps de floculation selon la méthode de **Berridge (1955)**. Le temps de floculation est l'intervalle de temps, compris entre le moment de l'emprésurage et l'apparition des premiers flocons de caséines visibles à l'oeil nu. L'unité d'activité coagulante (U.A.C) ou l'unité présure est défini par la quantité d'enzyme contenu dans 1ml, qui peut coaguler 10 ml de lait (substrat standard de Berridge: 12% p/v de lait écrémé en poudre dissout dans une solution de CaCl_2 0.01M) en 100 sec à 30°C (**Alais, 1974**).

$$U.A.C. = 10.V/T.V'$$

V: volume du lait

V' Volume de l'extrait enzymatique

T : temps de floculation

Un volume de 10ml de lait est versé dans un tube à essai et porté à 30°C dans un bain marie. Au temps zéro, 1 ml de la solution enzymatique est ajouté et le chronomètre déclenché. Le tube immergé est maintenu incliné, de telle sorte que le niveau de l'eau soit au-dessus de celui du lait. Il est régulièrement animé d'un mouvement rotatif autour de son axe. Le lait forme ainsi un film mince et homogène. Au moment de la floculation, des petits flocons apparaissent au sein même de ce film (**Boughellout, 2007**).

II.4.1.2 Force coagulante

La force coagulante (F), est exprimée en unité Soxhlet (US), elle représente le nombre de volumes du lait frais coagulé par un volume de présure, en 40 min à 35°C (**Annexe IV**).

$$F = 2400.V/T. V$$

V : volume de lait v volume de l'extrait d'enzyme dilué.

T : temps de coagulation en secondes; 2400: 40 x 60 secondes.

II.4.1.3 Détermination du temps de prise (temps de coagulation)

Le temps de prise est le point où apparaissent les premières gouttelettes du lactosérum sur la surface du gel, le coagulum devient rigide et ne coule plus sur les parois du tube (**Alais, 1974**).

Un volume de 10ml de lait est versé dans un tube à essai maintenu à 30°C dans un bain marie, puis additionné de 1 ml de la solution enzymatique, le tube est laissé jusqu'à la solidification du gel et l'apparition des premières gouttelettes du sérum sur la surface du gel. Le temps écoulé représente le temps de prise. Pour la coagulation présure, le temps de prise représente généralement environ le double du temps de floculation ; ainsi pour un temps de coagulation compris entre 12 et 15 min, le temps de prise est compris entre 25 et 30 min (**FAO, 1990**). (**BOUGHELLOUT 2007**) (**Annexe V**).

II.4.1.4 Mesure du temps de floculation

Dix mL du substrat de Berridge (pH 6,6) contenus dans un tube à essai sont maintenus au bain Marie à 30°C. Le chronomètre est déclenché lors de l'ajout de 1 mL de la dilution enzymatique. Le tube est ensuite soumis à une légère rotation. Le chronomètre est arrêté dès 45 l'apparition des premiers flocons sur la paroi du tube et le temps de floculation est noté (**ALAIS, 1974**). Le temps de floculation est employé dans le calcul de l'activité coagulante. La dilution d'enzyme retenue est celle qui donne un temps de floculation compris entre 300 et 360 secondes (**GREEN et al., 1984**), soit 0,5 % (v/v) pour la dilution de l'extrait brut de pepsine et 0,1 % (v/v) pour la dilution de présure. Rappelons que la dilution de l'extrait brut de pepsine et celle de la présure suscitées ont servi à l'ensemble des différentes déterminations de notre étude. (**Férial Aziza Benyahia ép. Krid 2013**).

II.4.1.5 Teneuren protéines

La méthode de **kjeldahl**, cette méthode, qui est la méthode de référence, consiste à effectuer une minéralisation complète des molécules organiques, transformant l'azote présent

en ammoniacale qui peut être dosé par différentes techniques. Présentation de la méthode Les échantillons sont minéralisés en présence d'acide sulfurique concentré et chaud (250° C). Le carbone, d'oxygène et l'hydrogène sont transformés en gaz carbonique et en vapeur d'eau, alors que l'azote reste en solution sous forme de sulfate d'ammonium. L'adjonction d'acide perchlorique ou d'eau oxygénée permet une minéralisation plus poussée (**Krame et al., 1973**).

Des catalyseurs doivent être rajoutés au milieu réactionnel (Sélénium, sels de mercure ou de cuivre, le sulfate de cuivre est le catalyseur retenu par la FIL). Les sulfates de potassium ou de fer élèvent le point d'ébullition. L'ammoniacale est obtenue par alcalinisation du milieu. Trois techniques permettent de doser cette ammoniacale. Elles nécessitent la constitution d'une courbe d'étalonnage obtenue avec des solutions de 'Concentration connue en sulfate d'ammonium.

Le titrage

L'ammoniacale est titrée par un acide (HCl, H₂SO₄) après entraînement à la vapeur (distillation) et piégeage dans une solution d'acide para-hydroxybenzoïque ou d'acide borique (**Urban,1971**). La diffusion, technique selon laquelle l'ammoniacale se propage dans la solution piégeant placée dans un container, a aussi été utilisée (**Linet Randolph, 1978**). L'ammoniacale augmente le pH de la solution et la quantité d'HCl rajoutée pour revenir au pH initial, détectée par l'utilisation d'un indicateur coloré, est proportionnelle à la quantité d'ammoniacale. Le titrage est une méthode manuelle. Il peut être partiellement (**Lin et RAndolph, 1978**) ou totalement automatisé.

Expression des résultats :

$$\text{Azote totale} = 1,40 \times N \times (V_i - V_0) / P$$

Teneur en Pr= teneur azote x6.25coefficient de conversation.

II.4.1.6 Activité spécifique

L'activité spécifique et exprimer par le rapport entre l'activité coagulante de l'extrait enzymatique et le taux de protéines de cet extrait enzymatiques et exprimée en **U.P/mg** (**Nouani et al., 2009**).

II.5. Pasteurisation

Le lait mélange doit passer par une première étape importante, la pasteurisation. Cette pasteurisation permet la destruction de la quasi-totalité des germes, elle s'effectue grâce au contact de plaques chaudes, à température de 63°C. Puis un refroidissement se fait dans un échangeur à plaque à eau glacée, afin de faciliter son stockage et d'éviter la réaction enzymatique trop rapide.

Le pasteurisateur est protégé par un boîtier en acier inoxydable est parfaitement adapté pour enregistrer la température pendant la pasteurisation. L'appareil est conforme aux exigences des réglementations en vigueur spécifiques à l'industrie laitière en matière de mesure, régulation, contrôle et sécurité des installations de transformation du lait (**Annexe V**).

III. Optimisation de l'activité enzymatique par la méthode surface de réponse

Les plans de surface représentent un ensemble de techniques de planification d'expériences qui permettent de mieux comprendre et d'optimiser des réponses (**Jin et al., 2014**). La méthodologie des surfaces de réponse est souvent utilisée pour mettre au point des modèles une fois déterminés les facteurs les plus importants influençant la réponse étudiée. Une équation décrivant une surface de réponse se différencie de l'équation d'un plan factoriel par l'ajout de termes quadratiques qui permettent de modéliser une courbure dans la réponse (**Rabier 2007 ; Abu Amr et al., 2014**).

La méthode des surfaces de réponses passe par trois étapes : la construction du plan expérimental, la modélisation de la réponse et la représentation graphique. On peut avoir une bonne approximation de cette relation par un polynôme de second degré qui permet de décrire les phénomènes étudiés (**Ghanbari, 2014**).

Il existe deux principaux types de plans de surface : le plan composite centrale et le plan de Box-Behnken (**Goupy et Creighton, 2006, Myers et al., 2009**).

III.1. Plan d'expérience (Présentation du plan composite centrale)

Le plan composite centrale (CCD) est le plan de surface de réponse le plus utilisé (**Rabier 2007 ; Ghafari et al., 2009**). Ils se prêtent bien au déroulement séquentiel d'une étude. La première partie de l'étude est un plan factoriel complet ou fractionnaire complété par des points au centre pour vérifier la validité du modèle (termes du premier degré et termes d'interactions). Si les tests de validation sont positifs (la réponse mesurée au centre du

domaine est statistiquement égale à la réponse calculée au même point), L'étude s'achève le plus souvent, mais s'ils sont négatifs, on entreprend des essais supplémentaires pour établir un modèle du second degré. Les essais supplémentaires sont représentés par des points d'expériences situés sur les axes de coordonnées et par de nouveaux points centraux.

Les points situés sur les axes de coordonnées sont appelés les *points en étoile* (Goupy et Creighton, 2006 ; Montgomery 2013 ; Farrokhi et al., 2015).

Les plans composites présentent donc trois parties (Figure04)

Le plan factoriel : c'est un plan factoriel complet ou fractionnaire à deux niveaux par facteurs. Les points expérimentaux sont aux sommets du domaine d'étude.

Le plan en étoile : les points du plan en étoile sont sur les axes et ils sont, en général, tous situés à la même distance du centre du domaine d'étude.

Les points au centre du domaine d'étude : On prévoit toujours des points expérimentaux situés au centre du domaine d'étude, et cela aussi bien pour les plans factoriels que pour les plans en étoile. Le nombre total n d'essais à réaliser est la somme des essais du plan factoriel (n_f), des essais du plan en étoile (n_α) et des essais au centre (n_0). Le nombre n des essais d'un plan composite est donné par la relation (Thuy et Lim, 2011): $n = n_f + n_\alpha + n_0$.

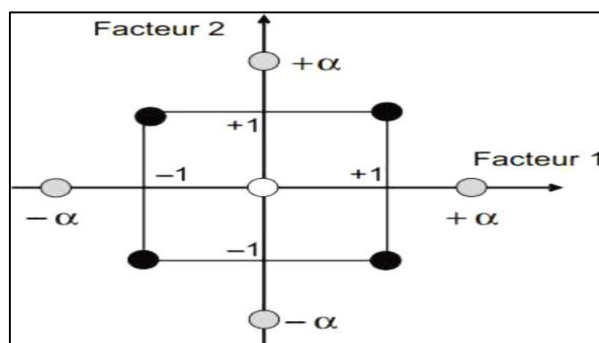


Figure 04 : Plan composite pour l'étude de deux facteurs. Les points factoriels sont en noirs, les points en étoile sont en gris clair, les points centraux sont en blanc (Goupy et Creighton, 2006).

Dans ces plans d'expression de travail ont présenté les points minimaux et maximum de deux facteurs pH et T des floculation-coagulation et chaque facteur varie sur 5 niveaux ont été réalisées. Le degré de température et le pH, varient de 30 à 45 C°, et 5 à 6.7 respectivement. Ces valeurs sont également choisies en nous basant sur des recherches. Le plan est exécuté et les résultats des essais sont rassemblés dans le **Tableau (6)**.

Tableau 06 : facteur, codes et niveaux du plan d'expérience pour les paramètres de T et de pH

Niveau (codés)	Factures (non codés)	
	pH	T°
Point min(-α)	5	30
-1	5.25	31.76
0	5.85	36
1	6.45	40.24
Point max (+α)	6.7	42

Le plan d'expérience à donner 13 essais des floculations -coagulation qui permis de déterminer les relations polynomiales quadratiques entre les variables d'entrée valeur codé (a) et (b) et la réponse de sortie est valeur non codé pH et température. Le **Tableau (7)** rassemble les résultats des essais du plan composite centré (CCD).

Tableau 07 : Matrice d'expérience du plan composite orthogonale centré à deux facteurs.

Essai	Valeur codés		Valeur non codés	
	A	B	ph	T°
1	0	1.41421	5,85	42
2	0	0	5,85	36
3	1	-1	6.451	31,757
4	1	1	6.451	40.242
5	0	0	5,85	36
6	-1	1	5.248	40.242
7	0	0	5,85	36
8	1.41421	0	6.70	6.30
9	0	0	5,85	36
10	0	-1.41421	5,85	30
11	-1.41421	0	5	36
12	0	0	5,85	36
13	-1	-1	5.248	31.75

III.2. Modélisation de réponse

Ce modèle inclut les effets linéaires, les effets quadratiques et les effets d'interaction et les effets quadratiques des facteurs (Equation I.1). Il peut s'écrire de la manière suivante

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=i+1}^k \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \varepsilon \quad (I.1)$$

Où Y représente la fonction de réponse, β_0 est la constante polynomiale qui exprime l'effet moyen général, β_i , β_{ii} et β_{ij} sont les coefficients des effets linéaires, quadratiques et interaction respectivement, x_i et x_j représentent les variables codées indépendantes et ε le terme d'erreur (**Chattoraj et al, 2014 ; Ghosh et al, 2014**). Une fois la modélisation effectuée, il faut valider les modèles obtenus. Pour cela, des paramètres statistiques (**ANOVA**) sont à considérer tel que : le coefficient de détermination R^2 , la valeur de p .

Finalement, des expériences de confirmations ont été effectuées en trois exemplaires en utilisant les résultats optimisés numériquement pour valider les modèles trouvés (**Lessoued, 2018**).

III.2.1. Construction des représentations graphique.

Les graphiques sont avant tout un outil d'aide à l'interprétation des résultats mais, ils permettent également de manière plus communicative lors d'une réunion de tirer plus rapidement des conclusions et ainsi d'orienter la poursuite d'une étude (**karam 2004 ; Smaoui et al, 2016**). Un des avantages des plans d'expériences est la présentation des résultats sous forme graphique.

Un graphique de contour affiche une vue en deux dimensions de la surface, où les points ayant la même réponse sont reliés pour produire des lignes de contour de réponses constantes. Les graphiques de contour permettent d'établir les valeurs de réponses et les conditions d'exploitation souhaitables (**Smaoui et al, 2016**).

III.3. Traitement statistique

Il s'agit d'une étape de l'analyse statistique de la variance (ANOVA) des résultats consistant à modéliser les réponses et à valider les modèles obtenus, Cela se fait grâce à l'utilisation du logiciel Minitab 18 (Minitab Inc., State College, Pennsylvanie). Le taux de riche a est 5% et les représentation graphique ont été fait par statistique (vession) validation des résultats (fabrication)

IV. Validation des résultats (fabrication fromage frais).

L'essai de fabrication du fromage frais, elle vise à préparer pour l'enzyme et la présure trois formulations selon les conditions optimales de la coagulation enzymatique suivantes (Annexe VI).

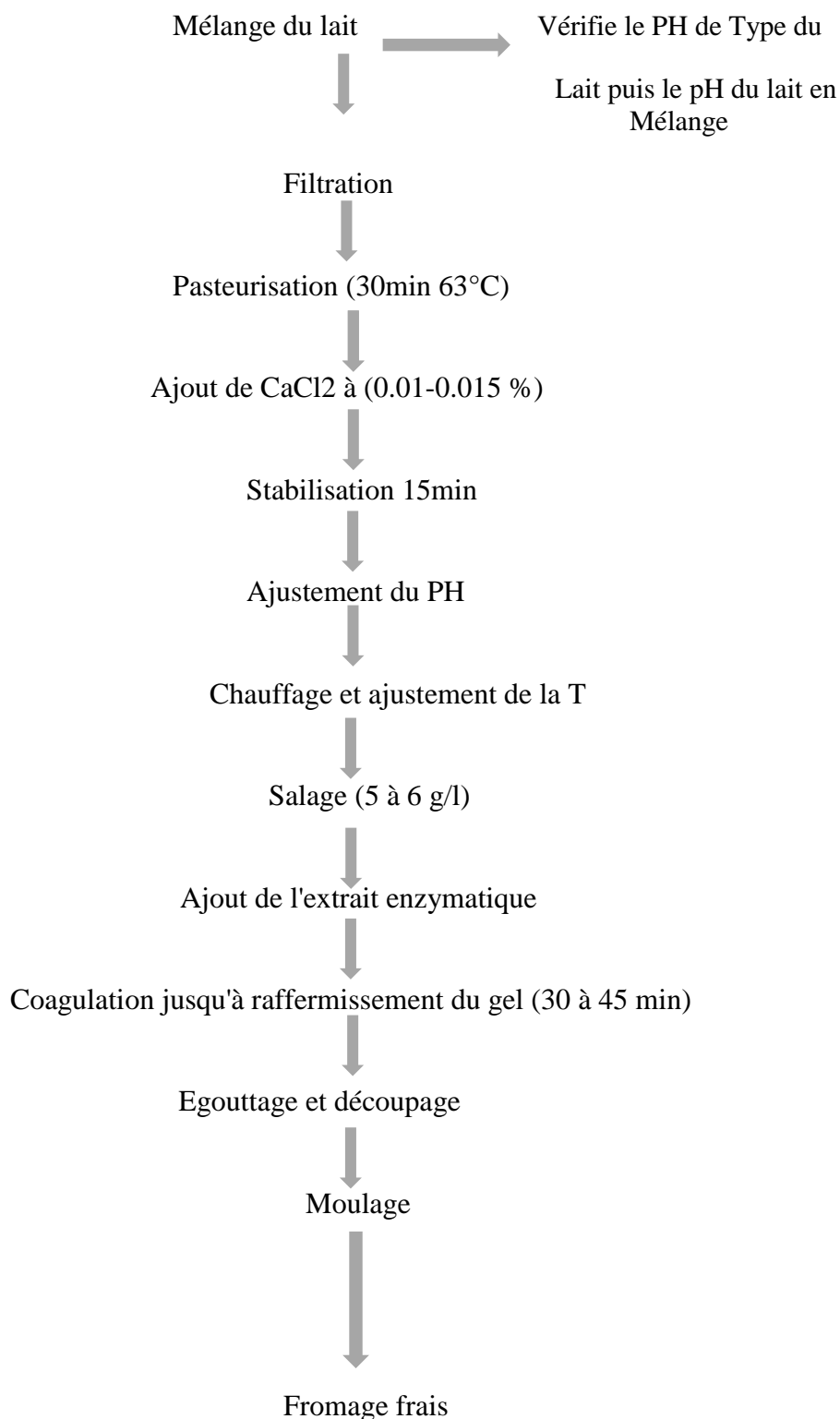


Figure 05: Les étapes de la fabrication du fromage frais.

IV.1. Rendement fromager

Le rendement fromager présente un grand intérêt en industrie fromagère car il reflète globalement comment a été réalisée la répartition quantitative des constituants du lait lors de l'éégouttage. Il nécessite un taux élevé en extrait sec et plus précisément en protéines (caséine) et des concentrations élevées en matière grasse (Naoani, 2009).

Il est calculé comme suit :

$$Rf (\%) = \frac{\text{poids du fromage}}{\text{poids du lait}} \times 100.$$

R : signifie le rendement fromager en %.

Fg : signifie le poids du fromage obtenu en kilogrammes.

L : signifie le poids du lait en kilogrammes.

I : signifie le poids des ferments et de présure

V. Fabrication fromage à pâte molle Type camembert.

Le fromage est obtenu à partir de différents types de laitages (chameaux, caprins) purs ou mélangés, et la fabrication du fromage était à l'origine une méthode de conservation du lait. Il ne permettait de stocker que la partie laiteuse solide après transformation, de sorte que le fromage pouvait être descendu plus tard dans les vallées.

Coagulation : Des levures lactiques ou de la présure sont ajoutées au lait pour le coaguler.

Séchage : le caillé se contracte et le lactosérum s'écoule, cette séparation se fait automatiquement, et peut être accélérée par brassage, hachage et chauffage.

Moulage : Le fromage est formé soit dans des moules perforés, soit par pressage dans du tissu collé sur du bois ou d'autres matériaux.

Salage : Le sel est réparti dans ou sur la surface, et le sel permet de contrôler la croissance de certains micro-organismes, afin d'orienter le caillé vers l'aspect final et le goût souhaités.

Affinage : Là où le fromage mûrit, il dure de plusieurs jours à quelques mois, et le caillé se transforme en pâte, et le goût et l'arôme apparaissent sous l'influence de la fermentation. Par exemple, le camembert est fabriqué à partir de lait pasteurisé provenant d'un mélange de lait de camelin et de lait de caprin (50/50) dans certaines conditions de pH

Température et fermentation lactique pour l'acidification. Les étapes montrées sur le diagramme présenté en **(figure06) (Annexe VII)** .

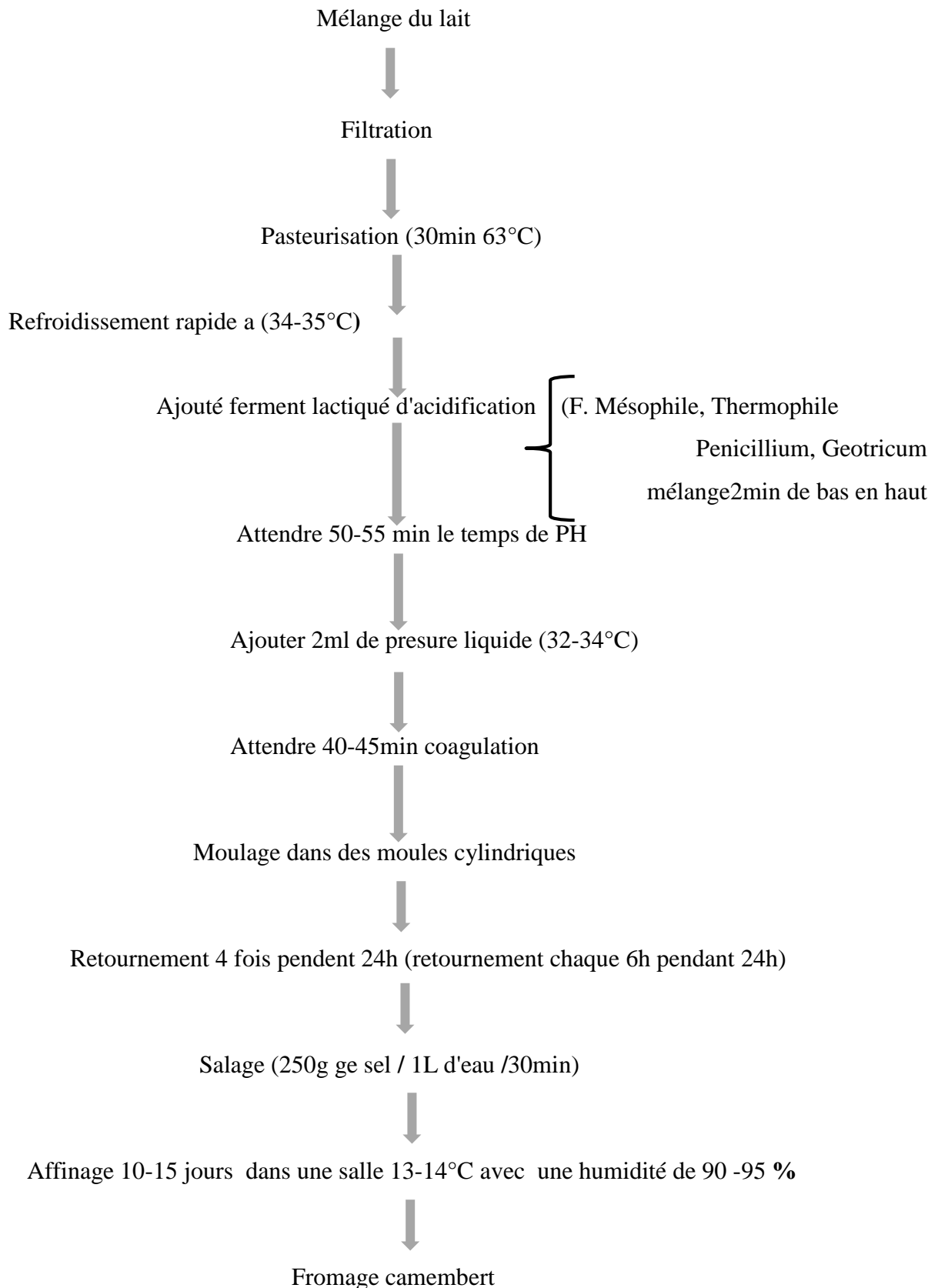


Figure 06: Diagramme de fabrication du Camembert

VI. Analyse du profil sensoriel des fromage à pâte molle Type camembert fabriquées à coagulation enzymatique

L'objectif de l'analyse consiste à donner une description sensorielle du fromage de à pâte molle Type camembert lait de camelin et caprin.

✓ Principe (Berodier et al., 2003)

Elle consiste à donner à un sujet un échantillon de fromage et les caractéristiques sensorielles sont évaluées par des observations visuelles et des dégustations.

La caractérisation porte sur :

- Aspect et texture
- Odeur et arôme
- Gout

✓ Constitution du jury

Le groupe d'examineur est constitué de 20 personnes 'Etudiants et enseignants'

✓ Mode opératoire (Berodier et al., 2003).

Les échantillons de fromage sont coupés en petits tranches et placés dans une boîte fermée pendant une heure avant le test. Le dégustateur répond aux questions sur la grille d'évaluation (**Annexe VII**) et évalue les caractéristiques sensorielles.

Résultat et discussion

Ce travail est orienté pour prendre des points optimums et les utiliser pour faire des différentes formulations de fromage à base de lait en mélange (lait de camelin et lait de caprin).

I. Résultats d'analyses physicochimiques du lait

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les échantillons du lait camelin, lait caprin et lait vache. Sont présentées dans le Tableau suivant:

Tableau 08 : Résultats d'analyses physico-chimiques des échantillons de lait camelin, lait caprin et lait vache.

	Lait camelin	Rumants .2007	Lait caprin	sboui. 2016	Lait vache	sboui. 2016
pH	6.42	6.51	6.52	6.63	6.62	6.70
Densité	1.0315	1.029	1.0327	1.026	1.0342	1.025
Matière Grasse %	5	37.44	2	32	2.1	30.25
Matière Sèche %	10.37	109.20	9.87	107.83	9.95	112.15
Lactose %	5.7	34.20	5.4	49	5.5	47.48
Protéine %	3.8	29.42	3.6	30.83	3.6	24.40
Cendres %	0.8	6.79	0.8	7.66	0.8	7.16

Nos valeurs de pH pour le lait de camelin est inférieure (6.42) comparativement au lait de vache qui est (6.62). Selon **Rumants (2007)**, il a été trouvé un pH du lait de camelin (6.51). Le pH du lait camelin se diffère selon le type de l'alimentation de l'animal et leur mode de vie (**Hajj Omar et al, 2010**).

Le pH pour le lait de caprin est inférieure (6.52) comparativement au lait de vache qui est (6.62). Selon **Sboui (2016)**, il a été trouvé un pH du lait de caprin (6.63). Le pH du lait caprin se diffère selon le type de l'alimentation de l'animal et leur mode de vie (**Hajj Omar et al, 2010**).

La densité du lait de camelin est proche (1.0315%) comparativement au le lait vache qui est (1.0342%). Selon **Rumants (2007)**, il a été trouvé la densité du lait de camelin (1.029%). la densité du lait camelin se diffère selon dépend de la teneur en matière sèche et en matières grasses, de l'augmentation de la température et de la disponibilité de la nourriture (**Al haj Omar et al. 2010**).

La densité du lait de caprin est proche (1.0327%) comparativement au le lait vache qui est (1.0342%). Selon **Sboui (2016)**, il a été trouvé la densité du lait de caprin (1.026%) la densité du lait caprin se diffère selon dépend de la teneur en matière sèche et en matières grasses, de l'augmentation de la température et de la disponibilité de la nourriture (**Al haj Omar et al, 2010**).

Les résultats de matières grasses dans le lait de camelin est supérieure (5%) comparativement au le lait de vache qui est (2,1%). Selon **Rumants (2007)**, il a été trouvé de matières grasses du lait de camelin (37.44 %). La matières grasses se diffère selon contient des graisses à longue chaîne et qu'il dépend aussi de la race et du degré de traite (**Al haj Omar et al. 2010**).

Le pourcentage de matière sèche pour le lait de camelin est supérieure (6.42%) comparativement au lait de vache qui est (9.95%). Selon **Rumants (2007)**, il a été trouvé la matière sèche du lait de camelin (109.20%). la matière sèche du lait camelin se diffère selon le stade de lactation, qui diminue au cours du dernier mois de naissance (**Hajj Omar et al. 2010**).

II. Caractérisation de l'extrait enzymatique (pepsine de poulet)

Les caractéristiques de l'extrait enzymatique (Teneur en protéine, Activité coagulante, Force coagulante, Activité spécifique et Temps de coagulation) utilisées dans notre étude sont présentées dans le tableau (09).

Tableau 09 : Principales caractéristiques de l'extrait enzymatique.

Paramètres	Pepsine de poulet	Pepsine de poulet (Bibliographie)
Activité coagulante (UP/ml)	1.553 ± 0.073	3.54±0.52
Force coagulante UAC	1/3000	1/2192.60
Teneur en protéine (mg/ml)	20	18
Activité spécifique (UP/mg)	0.1	0.196
Temps de coagulation (s)		
Lait camelin	231± 31.796	41.36±2.58
Lait caprin	203.666 ±11.930	31.75±0.27
Lait vache	190.667 ± 4.163	75±1.15

II.1. Activité coagulante

Les résultats de l'activité coagulante ont été enregistrés, exprimés en nombre d'unités présure (UP), comme indiqué dans le tableau (9). Notre résultat est inférieure à celle estimée par **Saidi et Touahria (2021)** qui a été de 2.96 UP et proche à celle trouvé par **Bouras et al. (2022)** qui a été de 1.98 UP.

II.2. Force de coagulante

Notre résultat est supérieure à celle estimée par **Saidi et Touahria (2021)** qui a été de 1/2192.6UAC et inférieure à celle trouvé par Bouras et al. (2022) qui a été 1/6153.85 UAC. La force de coagulante se diffère selon à l'âge du poulet, au type d'aliment, aux autres solutions de trempage et aux conditions d'extraction.

II.3. Teneur en protéine

Les résultats de teneur en protéines ont été enregistrés, comme indiqué dans le tableau (09). Notre résultat est supérieure à celle estimée par **Saidi et Touahria (2021)** qui a été de 18 mg et proche à celle trouvé par **Bouras et al. (2022)** qui a été de 20 mg.

II.4. L'activité spécifique

L'activité spécifique (exprimée en PU/mg), comme indiqué dans le tableau (9). Notre résultat est proche à celle estimée par **Saidi et Touahria (2021)** qui a été de 0.1UP/mg et identiques à celle trouvé par **Bouras *et al.* (2022)** qui a été de 0.1 UP/mg.

III. Optimisations des paramètres (pH, T) de floculation par la méthode de surface de réponse

III.1 Les résultats Réponse de temps de floculation

Les résultats ont montré dans chacun des réponses de floculation des formulations avec la pepsine de poulet des différences de temps et cela est dû au changement dans chaque cas de pH et de température utilisées dans notre étude sont présentées dans le tableau (10).

Tableau 10: Réponse de temps de floculation des trois formulations avec la pepsine de poulet

Valeur non codes			Réponse de temps de floculation (s)		
Essai	pH	T(C°)	FP50%	FP75%	FP25%
1	5.85	42	11.15	10.48	8.73
2	5.58	36	9.66	6.22	12.71
3	6.451	31.75	40.96	44.03	11.22
4	6.451	40.24	26.36	25.45	21.22
5	5.85	36	13.53	11.50	7.50
6	5.248	40.24	7.56	7.69	4.91
7	5.85	36	13.28	12.83	13.80
8	6.70	36	22.17	37.21	30.07
9	5.85	36	11.23	14.19	13
10	5.85	30	20.46	19.40	14.30
11	5.00	36	5	5.60	6.28
12	5.85	36	13.58	13.19	18.68
13	5.248	31	7.24	11.59	11.46

FP50%: formulation (50% lait caprin/50% lait camelin)

FP75%: formulation (75% lait caprin/25% lait camelin)

FP25%: formulation (25% lait caprin/75% lait camelin)

On remarque que pour la formulation **FP50%**, le temps **maximale du floculation a été de 40s**, qui correspond le couple (pH=6.451 /T= 31.75°C). De plus, on remarque un temps minimale du floculation **qui a été 5s** qui correspond le couple (pH=5/T=36°C) observé avec la pepsine de poulet à base du lait pasteurisé

A' titre comparatif, Le temps **maximale et minimale** du floculation de notre formulation **FP50%** à base du lait pasteurisé, ont été clairement inférieures à celle trouvé par **Saidi et Touahria (2021)** qui ont été travaillé sur la même formulation à base du lait cru.

Après l'optimisation, on a obtenu les points optimums de floculation qui sont (pH= 5/ T= 40.69°C).

On remarque que pour la formulation **FP75%**, le temps **maximale du floculation a été de 44s**, qui correspond le couple (pH=6.451 /T= 31.75°C). De plus, on remarque un temps **minimale du floculation** qui a été 5.60 s qui correspond le couple (pH=5/T=36°C) observé avec la pepsine de poulet à base du lait pasteurisé.

A' titre comparatif, Le temps **maximale et minimale** du floculation de notre formulation **FP75%** à base du lait pasteurisé, ont été clairement inférieures à celle trouvé par **Saidi et Touahria (2021)** qui ont été travaillé sur la même formulation à base du lait cru.

Après l'optimisation, on a obtenu les points optimums de floculation qui sont (pH=5.188/ T= 36.18°C).

On observe que pour la formulation **FP25%**, le temps **maximale du floculation a été de 30s**, qui correspond le couple (pH=6.70/T= 36°C). De plus, on remarque un temps **minimale du floculation qui a été 6s** qui correspond le couple (pH=5/ T=36°C) observé avec la pepsine de poulet à base du lait pasteurisé

A' titre comparatif, Le temps **maximale et miniame** du floculation de notre formulation FP25% à base du lait pasteurisé, ont été clairement inférieures à celle trouvé par **Saidi et Touahria (2021)** qui ont été travaillé sur la même formulation à base du lait cru.

Après l'optimisation, on a obtenu les points optimums de floculation qui sont (pH= 5/T= 42°C).

III.2 Modalisation statistique de floculation de lait

Le but de trouver l'équation de régression polynomiale optimale pour le modèle (après d'exclure les termes non significatifs de l'effet linéaire ou carré ou interactive), Ces résultats sont résumés dans les **tableaux 11**.

Tableau11 : Régression équation de réponse de floculation des trois formulations

	Formulation	Enzyme	R ² (%)	Equation de régression	D
Floculation	FP50%	PP	85.17%	Y= -23 + 17.7 pH	1
	FP75%		96.89%	Y= 323 - 100.6 pH - 2.39 T + 4.61 pH*pH + 1.583 pH*T	1
	FP25%		75.78%	Y=296 - 101.2 PH - 1.57 T 14.93 +PH*PH + 0.1280 T*T - 1.481 PH*T	1

D: désirabilité

R²: coefficient de régression

One observe que R² de la floculation des trois formulations avec la pepsine de poulet à base du lait pasteurisé ont été toute supérieures à 50 %. La meilleure régression a été obtenue avec la formulation FP75% avec un R² 96.89 %.

A titre comparatif, la meilleure régression obtenue avec notre formulation FP75% à base du lait pasteurisé é été différente avec celle trouvée par **Said et Touahria (2021)** qui ont été trouvé la formulation FP25% (25% lait caprin et 75% lait camelin).

Le coefficient de détermination R^2 représente la proportion de variation de la réponse attribué au modèle plutôt que de l'erreur aléatoire, le tableau (12) résume les résultats pour la régression et équation de réponse de la floculation de trois formulations.

Tableau 12: Analyse de variance du modèle quadratique complet de floculation des trois Formulation.

Enzyme	Coefficient de R^2	Velour de P		
		FP50%	FP75%	FP25%
Pp	b0	0.008	0.000	0.040
	b1	0.001	0.000	1.00
	b2	0.097	0.003	0.749
	b11	0.412	0.001	0.356
	b22	0.179	0.057	0.318
	b12	0.141	0.023	0.095

III.2.1. Analyse statistique des résultats de floculation du FP50%

Pour cette formulation, la valeur de p du b_1 est inférieure à 0.05, donc il y a un effet linéaire du pH.

III.2.2. Analyse statistique des résultats de floculation du FP75%

Pour cette formulation, la valeur de p du b_1 et de b_2 sont inférieures à 0.05, donc il y a un effet linéaire du pH et de la température. De plus, on remarqué un effet quadratique du pH dont la valeur de p de b_1 est inférieure à 0.05. Enfin, on a remarqué un effet interactif du pH et de la température.

III.2.3. Analyse statistique des résultats floculation du FP25%

Pour cette formulation, on a observé aucun effet linéaire, quadratique ou interactif.

III.3. Les graphiques de contour et digrammes de surface

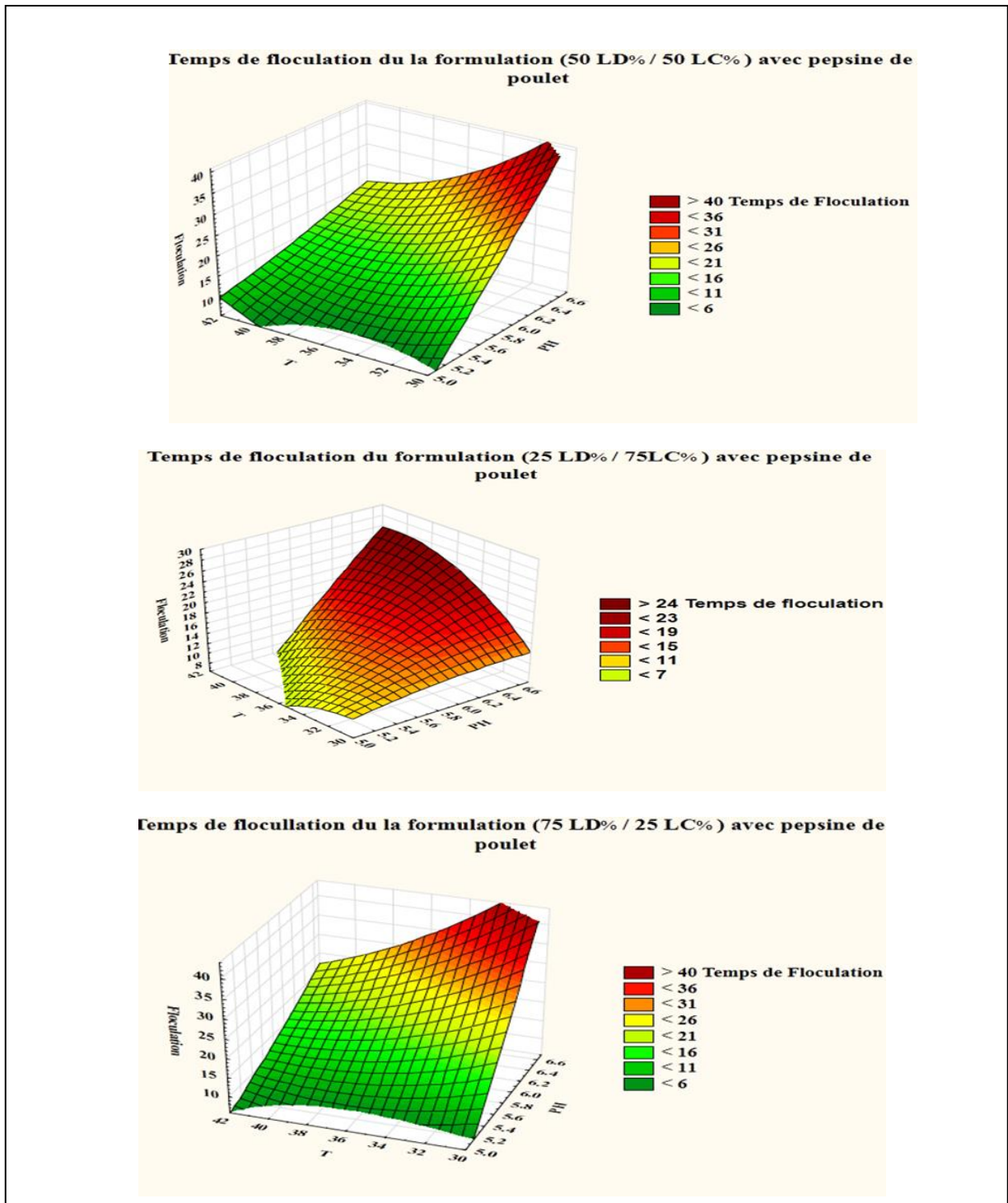


Figure 07: Graphique de surface de réponse du temps de floculation du F50%, F75%, F25% par la pepsine de poulet.

IV. Optimisations des paramètres (pH/T(C°)) de coagulation par la méthode de surface deréponse

IV.1 Les résultats Réponse de temps de coagulation

Les résultats ont montré dans chacun des réponses de coagulation des formulations avec la pepsine de poulet des différences de temps et cela est dû au changement dans chaque cas de pH et de température utilisées dans notre étude sont présentées dans le tableau (13).

Tableau 13 : Réponse de temps de coagulation des trois formulations avec la pepsine de poulet.

Velour non codes			Réponse de temps de coagulation (s)		
Essai	pH	T(C°)	FP50%	FP75%	FP25%
1	5.85	42	10.98	9.98	10.33
2	5.58	36	16.57	26.55	15.27
3	6.451	31.75	35.31	45.01	72.94
4	6.451	40.24	24.82	27.17	35.30
5	5.85	36	18.61	32.05	20.17
6	5.248	40.24	10.00	8.04	14.13
7	5.85	36	15.24	24.48	36.42
8	6.70	36	73.54	90.26	87.70
9	5.85	36	14.12	30.22	21.56
10	5.85	30	26.99	42.54	30.99
11	5.00	36	10.27	9.90	11.68
12	5.85	36	19.02	24.05	20.38
13	5.248	31	24.69	18.48	16.84

FP50%: formulation (50% lait caprin/50% lait camelin)

FP75%: formulation (75% lait caprin/25% lait camelin)

FP25%: formulation (25% lait caprin/75% lait camelin)

On remarque que pour la formulation FP50%, le temps maximale du coagulation a été de 73s, qui correspond le couple (pH=6.70 /T= 36°C). De plus, on remarque un temps minimale du coagulation qui a été 5s qui correspond le couple (pH=5.24 /T=40.24 °C) observé avec la pepsine de poulet à base du lait pasteurisé.

A' titre comparatif, Le temps maximale et minimale du coagulation de notre formulation FP50 % à base du lait pasteurisé, ont été clairement inférieures à celle trouvé par **Saidi et Touahria (2021)** qui ont été travaillé sur la même formulation à base du lait cru.

Après l'optimisation, on a obtenu les points optimums de coagulation qui sont (pH=5.4121/T= 42°C) et les points optimums selon **Saidi et Touahria (2021)** qui sont (pH= 5.03/ T = 30 °C) . cette résultat diffère se selon la pasteurisation.

On remarque que pour la formulation FP75%, le temps maximale du coagulation a été de 90s, qui correspond le couple (pH=6.70 /T= 36°C). De plus, on remarque un temps minimale du coagulation qui a été 8 s qui correspond le couple (pH=5.24 /T=40.24 °C) observé avec la pepsine de poulet à base du lait pasteurisé.

A' titre comparatif, Le temps maximale et minimale du coagulation de notre formulation FP75 % à base du lait pasteurisé, ont été clairement inférieures à celle trouvé par **Saidi et Touahria (2021)** qui ont été travaillé sur la même formulation à base du lait cru.

Après l'optimisation, on a obtenu les points optimums de coagulation qui sont (pH=5.120, T= 42°C) et les points optimums selon **Saidi et Touahria (2021)** qui sont (pH= 5. / T = 30 °C) . cette résultat diffère se selon la pasteurisation.

Formulation (FP 25): conditions optimales de la coagulation enzymatique : (pH = 5.017 / T = 30 C°). pH =5.54 / T= 38.60 C °) S'inscrire (**Saidi et Touahria, 2021**).

On observe que pour la formulation FP25%, le temps maximale du coagulation a été de 87s, qui correspond le couple (pH=6.70 /T= 36°C). De plus, on remarque un temps minimale du coagulation qui a été 10s qui correspond le couple (pH=5.85 /T=42°C) observé avec la pepsine de poulet à base du lait pasteurisé.

A' titre comparatif, Le temps maximale et minimale du coagulation de notre formulation FP25 % à base du lait pasteurisé, ont été clairement inférieures à celle trouvé par **Saidi et Touahria (2021)** qui ont été travaillé sur la même formulation à base du lait cru.

Après l'optimisation, on a obtenu les points optimums de coagulation qui sont (pH=5.017 /T= 30°C) et les points optimums selon **Saidi et Touahria (2021)** qui sont (pH= 5.54. / T = 38.60 °C). Cette résultat diffère se selon la pasteurisation.

IV.2. Modalisation statistique de coagulation de lait

Le but de trouver l'équation de régression polynomiale optimale pour le modèle (après d'exclure les termes non significatifs de l'effet linéaire ou carré ou interactive), Ces résultats sont résumés dans les **Tableaux 14**

Tableau14 : Régression équation de réponse de coagulation des trois formulations

	Formulation	Enzyme	R ² (%)	Equation de régression	D
Coagulation	F50%	PP	82.00%	Y= 967 - 338 PH + 29.70 PH*PH - 0.047 T*T	1
	F75%		81.15%	Y= 74 - 170 PH	1
	F25%		95.28%	Y=272 - 254.5 PH + 23.4 T + 35.07 PH*PH - 3.26 PH*T	1

D: désirabilité

R²: coefficient de régression

One observe que le **R²** de la coagulation des trois formulations avec la pepsine de poulet à base du lait pasteurisé ont été toute supérieures à 25 %. La meilleure régression a été obtenue avec la formulation FP75% avec un R² 95.28 .%

A titre comparatif, la meilleure régression obtenue avec notre formulation FP25% à base du lait pasteurisé é été différente avec celle trouvée par Saidi et Touahria (2021) qui ont été trouvé la formulation FP25% (25% lait caprin et 75% lait camelin).

Le coefficient de détermination R2 représente la proportion de variation de la réponse attribué au modèle plutôt que de l'erreur aléatoire, le tableau (15) résume les résultats pour la régression et équation de réponse de la coagulation de trois formulations.

Tableau15 : Analyse de variance du modèle quadratique complet de **coagulation** des trois formulations.

Enzyme Pp	Coefficient de R^2	Valeur de P		
		FP50%	FP75%	FP25%
	b0	0.015	0.018	0.000
	b1	0.003	0.002	0.000
	b2	0.110	0.062	0.007
	b11	0.020	0.177	0.002
	b22	0.812	0.296	0.540
	b12	0.830	0.776	0.038

IV.2.1. Analyse statistique des résultats de coagulation du FP50%

Pour cette formulation, la valeur de p du b_1 est inférieure à 0.05, donc il y a un effet linéaire du pH. De plus, on remarque un effet quadratique du pH dont la valeur de p de b_{11} est inférieure à 0.05.

IV.2.2. Analyse statistique des résultats de coagulation du FP75%

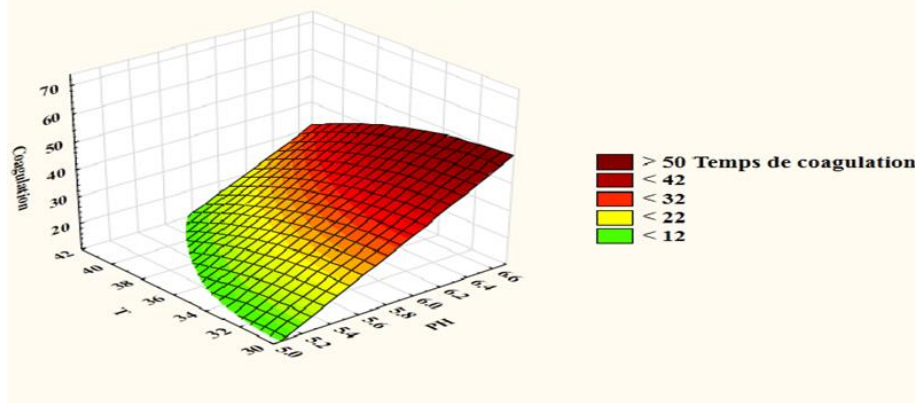
Cette formulation, la valeur de p du b_1 est inférieure à 0.05, donc il y a un effet linéaire du pH.

IV.2.3. Analyse statistique des résultats de coagulation du FP25%

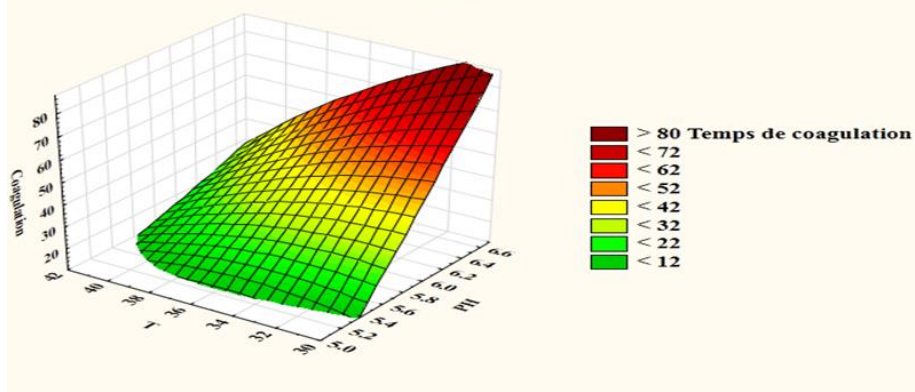
Pour cette formulation, la valeur de p du b_1 et de b_2 sont inférieures à 0.05, donc il y a un effet linéaire du pH et de la température. De plus, on remarque un effet quadratique du pH dont la valeur de p de b_{11} est inférieure à 0.05. Enfin, on a remarqué un effet interactif du pH et de la température.

IV.3. Les graphiques de contour et digrammes de surface

Temps de coagulation du la formulation (50LD% /50LC%) avec le pepsine de poulet



Temps de coagulation du formulation (25LD% / 75 LC%) avec pepsine de poulet



Temps de coagulation du la formulation (75 LD%/25 LC%) avec pepsine de poulet

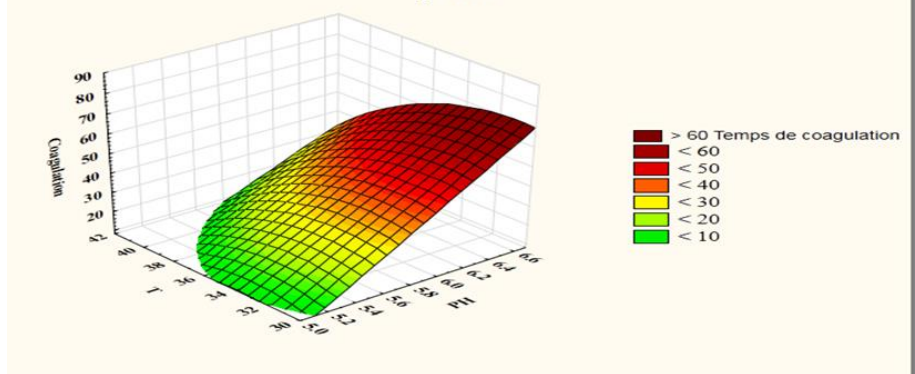


Figure 08: Graphique de surface de réponse du temps de coagulation du F50%, F75%, F25% par la pepsine de poulet.

V. Validation des résultats (Fabrication du fromage frais)

Le fromage a été fabriqué à partir d'un mélange de lait pasteurisé et un mélange de lait cru par pepsine de poulet. Cela a donné une différence dans les résultats des rendements pour le fromage présentés dans le tableau suivant (16)

Tableau 16 : Rendement du fromage frais.

Formulations	Rendement du fromage frais (%)	
	pepsine de poulet	Sadi et Touahria, 2021
FP50%	16.15	14.03
FP25%	15.1	10
FP75%	16.65	6.76

Après la synthèse du fromage à base de lait pasteurisé avec de la pepsine de poulet dans trois formulations. On remarque que meilleur rendement de fromage se retrouve dans la formulation FP75% avec une valeur de 16.65%.

Noter résultat dans trois formulations est supérieure selon **Saidi et Touahria (2021)**. En fait, d'après ce que nous avons observé et étudié, nous disons qu'il y a un effet significatif de la part des résultats obtenus à partir du point optimal, le résultat du lait pasteurisé a entraîné une modification significative du rendement du fromage produit. selon **Birckher, J (2017)**, une modification de rendement est due à la génétique et à la nutrition, qui est directement liée à la composition du lait utilisé (fibres alimentaires, matières grasses, niveau énergétique), à la santé, à la force de la présure, à l'acidification, aux techniques de moulage.



Figure 09 : Produit fini (fromage frais) pour les trois formulations (FP75%, FP50%, FP25%)

Cette travail est orientée vers la production de fromage à pâte molle de type camembert à base de lait mélange (lait de camelin et lait de caprin).

VI. Validation des résultats (fabrication de fromage à pâte molle de type camembert)

La valorisation du lait par les fromagers à la ferme passe par la production de produits de meilleure qualité mais aussi par l'optimisation de la quantité de fromage produite à partir du lait. Fromage à pâte molle de type camembert obtenu pendant une période de 24 jours à base d'un mélange de lait pasteurisé (lait de camelin et lait de caprin) qui a été produit par pepsine de poulet et présure Microbienne, utilisées dans notre étude sont présentées dans le figure (11) et (10).



Figure 10 : Fabrication de fromage à pâte molle de type camembert avec pepsine de poulet



Figure 11 : Fabrication de fromage à pâte molle de type camembert avec présure Microbienne

VI .Analyse sensorielle du fromage à pâte molle de type camembert

L'objectif de cette analyse consiste à donner le profil sensoriel global d'une nouvelle formulation de fromage à pâte molle de type camembert coagulé par la pepsine de poulet en comparaisant avec la formulation produite avec la présure microbienne.

Cette analyse décrit les caractéristiques sensorielles du fromage soit l'aspect et la texture, l'odeur, saveur et goût du fromage à pâte molle de type camembert.

L'analyse consiste à présenter à un dégustateur un échantillon du fromage .Ces paramètres sont représentés dans les figures suivantes:

Aspect de la surface

Notre fromage à pâte molle de type camembert coagulé par la pepsine de poulet est aspect de la surface faiblement plissé (4.6 ± 3.06) que celle du camembert coagulé par la présure microbienne (7.9 ± 3.19).

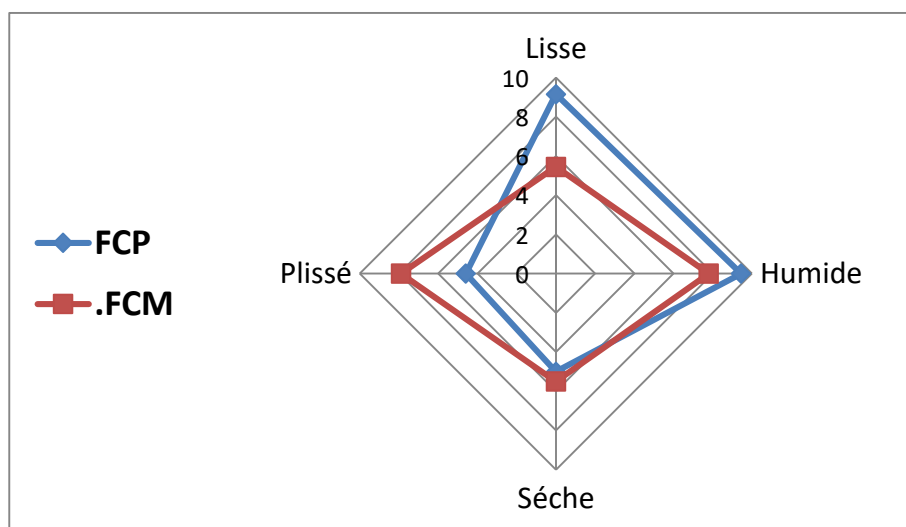


Figure 12: les analyses sensorielles des fromages (Aspect de la surface)

Texture de la pâte

Notre fromage à pâte molle de type camembert coagulé par la pepsine de poulet est plus élastique (9.55 ± 3.30) que celle du camembert coagulé par la présure microbienne (7.05 ± 2.12).

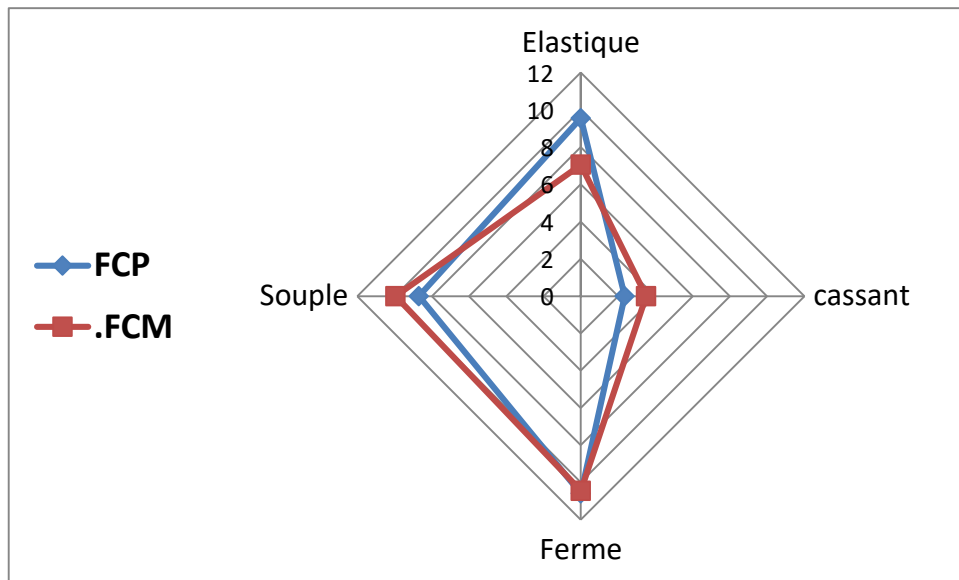


Figure 13: les analyses sensorielles des fromages (**Texture** de la pâte)

Arome

Le goût des fromages obtenus par l'extrait de pepsine et présure microbienne contiennent faible arôme de Lait frais, ils ont fort arôme Lait fermenté (11.45 ± 2.03 et 10.4 ± 3.46) respectivement du fromage par pepsine de poulet et par présure microbienne.

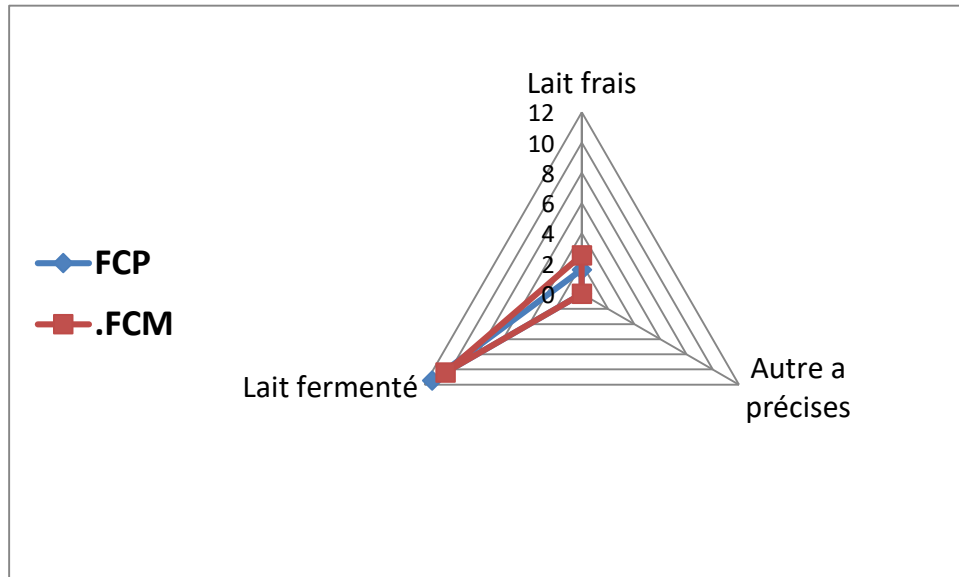


Figure 14: les analyses sensorielles des fromages (Arome)

Saveur / Gout

Notre fromage à pâte molle de type camembert coagulé par la pepsine de poulet est plus sale (8.35 ± 2.601) que celle du camembert coagulé par la présure microbienne (2.6 ± 2.9).

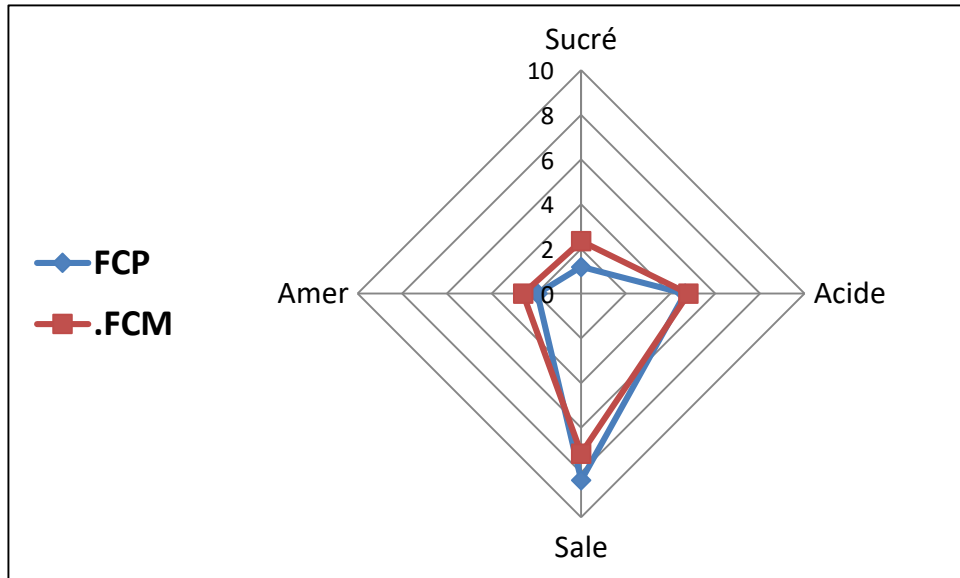


Figure 15: les analyses sensorielles des fromages (Saveur / Gout)

Au terme de cette étude sensorielle, la majorité des dégustateurs ont été généralement accepté notre fromage à pâte molle de type camembert coagulé par la pepsine de poulet avec un pourcentage de 70%, comparativement avec le camembert produit avec la présure microbienne qui est de 25%. Selon les dégustateurs, notre fromage a été aussi riche en arôme.

Conclusion

Cette étude a été menée pour la première fois dans le but de contribuer à la possibilité de substituer la pepsine de poulet à la présure pour améliorer les paramètres de coagulation et de tester la production de fromage frais et de type camembert à base de lait pasteurisé en mélange (lait de camelin et lait caprin). L'utilisation d'un plan de surface de réponse complexe (CCD) qui permet de déterminer le point optimal pour les paramètres choisis. Grâce à cette recherche, nous avons évalué les paramètres physicochimiques du lait de camelin le pH (6.42), protéines % (3.8), matières grasses % (5), matière sèche (10.37), densité (1.0315), cendres (0.8) et lactose (5.7). . Ainsi que les caractéristiques du lait de caprin en pH (6.52), protéines % (3.6), matières grasses % (2), matière sèche (9.87), densité (1.0327), cendres (0.8) et lactose (5.4). L'extrait de pepsine de poulet a reçu 100 g de proventricule 300 ml d'extrait enzymatique, donnant un temps de floculation de (20 sec) et une activité de coagulante de U.A.C /ml (1.553 ± 0.073), une force de coagulante de 1/3000, une teneur en protéines de 20 mg/ml, une activité spécifique UP/mg (0.1), le temps de coagulation (s) : (lait de vache 190.667 ± 4.163), (lait de camelin 231 ± 31.796) et (lait de caprin 203.666 ± 11.930).

Les points de deux facteurs pH et de température optimaux pour la coagulation enzymatique des trois formulations sont FP 50% (pH = 5.4121 / T = 42 C°), FP 25% (pH = 5.017 / T = 30 C°), FP 75% (pH = 5.120 / T = 42 C°).

Nous avons obtenu grâce à cette expérience la fabrication de fromage frais par l'utilisation de l'extrait pepsine de poulet a donné un rendement sur les trois formules FP50% = 16.15%), FP75% = 16.65%) et (FP25% = 15.1%). Nous avons essayé de contribuer à la fabrication du fromage à pâte molle type camembert d'une manière nouvelle, grâce à un mélange de lait pasteurisé (lait de camelin et lait de caprin). Nous avons fabriqué deux types de fromage à pâte molle camembert d'abord en utilisant la pepsine de poulet et l'autre présure microbienne pour comparaison dans conditions de température et d'acidité optimales (pH = 6,25 /T=34 C°).

Enfin, Les analyses sensorielles ont montré : une texture plus ferme et surface lisse et d'une goutte moyennement salée, riche en arôme intense. Grâce à cette étude, nous avons constaté que fromage à pâte molle type camembert fabriqué avec l'enzyme pepsine de poulet est de bien meilleure qualité que le fromage à pâte molle type camembert fabriqué avec présure microbienne.

Conclusion

En perspective, il est intéressant de poursuivre cette étude, notamment les points suivants:

- ✓ L'étude des caractéristiques microbiologique du fermage à pâte molle camembert.
- ✓ L'étude des caractéristiques physique et chimique du fermage à pâte molle camembert.
- ✓ L'étude des paramètres influençant l'activité de l'enzyme afin d'améliorer la qualité et le rendement.
- ✓ L'étude d'autre facteurs influant la coagulation du lait comme l'effet de la teneur en ions calcium (CaCl_2) et la concentration en d'enzyme.

**Références
bibliographie**

Références bibliographie

A

A.O Sibouker .(2012) .Caractéristique Physico-chimiques et biochimique du lait de chamelle collecté localement en comparaison avec le lait bovin. p10.

Abdallah BD, S., Abdel rahman BD EL, H., Shoukry, M., Mouhamed ,M. I., FATMA M. S. and A bedo , A. (2019). Some body measurements.

Abdellaoui, R. (2007). Obtention et caractérisation d'une enzyme coagulant le lait.

Abu Amr, S.S., Aziz, H.A., Bashir, M.J.K. Application of response surface methodology (RSM) for optimization of semi-aerobic landfill leachate treatment using ozone. 2014. Appl. Water Sci., 4:231- 239. DOI: 10.1007/s13201-014-0156-z. Agricole de la maison rustique, Paris, 156 p.

Ait Amer Meziane.L .(2008) .Aptitude des laits de chèvre et de berbis a coagulation parprotéases origine avicole. Poulet (Gallus gallus) et aquatique : limon (seriola Sp).

Alais C. et linden G. (1997) Abrégé de biochimie alimentaire. 4ème édition. Sepaic Paris 248P.

ALAIS C., (1984). Sciences du lait, principes des techniques laitières, 4ème édition, SEPAIC, 818 p.

Alais, C. (1974) Science du lait principes des techniques laitières. 3ème édition 807P.

Alamareot J. (1982) Manuel d'anatomie et d'autopsie aviaire, édition du point vétérinaire-Alfort 1982 289p.

Al-Ashqar, A., Salem, M;Et Abdul Kareem, M. (2015). The CD markers of camel (Camelus dromedarius) milk cells during mastitis: The LPAM-1 expression is an indication of possible mucosal nature of the cellular trafficking. Research in veterinary science.

ALG/97/G31. Pp. 44-51. algériennes, CIHEAM options méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, no. 38, pp. 245-247 améliorée (Alpine) et deux populations locales (MAKATIA et ARBIA) en élevage.

Anifantakis E. (1976) Influence d'une présure d'agneau sur la qualité du fromage Kefalotyri, Le lait Jan-Fév 1976 N° 551-552 p76-83.

Arroum, S., Zmouli, K., Gaddour, A., Fguiri, I., Naziha, A., & Khorchani, T. (2016). Étude comparative des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du lait caprin en fonction du mode d'élevage. In Options Méditerranéennes. Series A: Mediterranean Seminars. CIHEAM- IAMZ, zaragoza (Spain)/ FAO/INRA/CIRAD/ Montpellier SubAgro/ICARDA/AGROPOLIS/CITA/INIA. Atelier N°3 « Biodiversité Importante pour l'Agriculture » MATE-GEF/PNUD Projet.

B

B Mohomodu M., Nialibouly, O., Traoré Mamadou, D., N'Diaye, M Ouologuem . (1996) Production delait de la Chamelle dans les conditions d'élevage sahélienne et subhmide du maliP66.

Barrionuevo M., Alferez M.J.M., Lopez AliagaI., Sanz Sampelayo M.R., Campos M.S., 2001. Beneficial affect of goat milk on nutritive utilization of iron and copper in malabsorption syndrome. Journal of Dairy Science, 85, p.p. 657-664.

Ben Aissa (1989). Le Dromadaire en Algérie. Options Méditerranéennes –Série Séminaires –n°2 -1989 : 19-28.

Bengoumi, M., & Faye, B. (2015). Production laitière cameline au Maghreb.

Benhadid ,D.(2010). Evaluation de la production de viande cameline et estimation des poids dans la commune de Ghardaïa. Mémoire de fin d'étude en vu de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en sciences agronomiques. Ouargla: Université kasdi merbah Ouargla Faculté des Sciences de la Nature, et de la Vie, Et science de la Terre et de l'Univers.114p.

BENIN, F. E. F. P. A. (2006). PRODUCTION ET TRANSFORMATION DU LAIT.

Berodier, F., C. Stévenot P. Schilch. (2003). Descripteurs de l'arôme du fromage de Comté. Lebensm. Wiss. Technol. 30:298–304.

Beuvier E., Buchin S., 2004. Raw milk cheeses: chemistry, physics and microbiology Timothy Academic Press. Vol 1 (2004) Le premier camembert fut conçu par Marie Harel en 1791 dans le village de Camembert.

b-Madani,T., Yakhlef. H., et Abbache, N. (2003). Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation.

Bohakm Z. (1970).Chicken pepsinogen and chicken pepsin in Methods in enzymology, Proteolytic Enzymes. Ed., Perlmann G.E. and Lorand L, Acad.Press Inc., New York Volume 19.

Boughellout, H. (2007). Coagulation du lait par la pepsine de poulet. Mémoire magister, université Mentouri constantine, 69p.

Boukhobza, M.(1982). L'agro- Pastoralisme Traditionnel En Algérie De L'ordre Tribale Désordres Colonial. Ed. L'office Des Publications Universitaires (O.P.U.). Alger, 458p.

Boumediene Farida .(2013) .influence de quelque paramètres du production sur qualité de lait de chèvre abitude à la coagulation .diplome magister en science agronomiques.

Boutarfa, A. (2020). Authentification et variabilité des fromages à pâtes molles type Camembert: influence du stade physiologique de la vache laitière (Doctoral dissertation, Université de Mostaganem-Abdelhamid Ibn Badis).

BRULE G., LENOIR J. ET REMEUF F. (1997). La micelle de caséine et la coagulation du lait, In : Le fromage. Ed. A. Eck, et Gillis J.C. (coordonnateurs), pp 7-41, 3ème édition.

C

Chellig, R. (1978). La production animale de la steppe : Congrès sur le nomadisme d'aspergillus niger isole su Sole de la région de boumerdes. Mémoire de Magister, Université M'hamed Bougara, Boumerdes. 3-7 p.

Correra, A. (2006). Thèse de doctorat en écologie et gestion de la biodiversité.

Cuvellier G.F. (1993) Production des enzymes in Biotechnologie. Coord Scriban R. 4ème édition Tec. et Doc. Lavoisier PP948.

D

Dahou, A. E. A. (2017). Étude de l'évolution de la flore microbienne indigène d'un fromage industriel à pâte molle type camembert au cours de son affinage et évaluation de ses aptitudes technologiques (Doctoral dissertation, Université de Mostaganem-Abdelhamid Ibn Badis). Dans Les Principaux Faciès De Végétation Des Hautes Plaines Steppiques De La de Touggourt et à l'amélioration de sn élevage. Mémoire de fin d'études, ITA.

Dalgleish D.G. (1997). The Enzymatic coagulation of milk. in Advanced Dairy Chemistry V1 Proteins. P.F.Fox Blackie and son Ltd. P579-619.

Decaenc, C., Turpault, J.(1969). Essai d'implantation d'un troupeau de chèvres de race Alpine en MITIZA. INRAA. MARA.

Dekkiche, Y. (1987). Etudes des paramètres zootechniques d'une race caprine

DIALLO, B.C. (1989). L'élevage du camelin en Mauritanie. CIHEAM, Options Méditerranéennes, 29-31.

Diffloth, P. (1926). Encyclopédie Agricole : Mouton, chèvre, porc, Zootechnie.

Djari M.S., Ghribeche M.T., (1981). Contribution à la connaissance de la chèvre durable de la biodiversité importante pour l'agriculture en Algérie, Les races bovines,

Duteurtre, G., Oudanang M K, N'gaba S H., (2005). Les bars laitiers de N'djamena (Tchad) des petites entreprises qui valorisent le lait de brousse. Acte de colloque, ressources vivrières et choix alimentaire dans le bassin lac Tchad : 20-22 novembre, Paris X-Nanterre en Afrique, Addis-Ababa, 6-10 février.

E

Ernstrom C.A. (1983).Milk clotting enzymes and their action in fundamentals of dairy chemistry. Webb B.H., AH. Johnson and J.A. Alford. The Avi Publishing Company Inc. 2nd Edition. PP 663-718 Etude de l'élevage caprin en système d'élevage extensif.

F

Farah, Z., and Bachman, M.R. (1987). Rennet coagulation properties of camel milk. Milchwissenschaft, 42, 689-692.

Faye, B., Jaouad, M., Bhrawi, K., Senoussi, A., & Bengoumi, M. (2014). Elevage camelin en Afrique du Nord: état des lieux et perspectives. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 67(4), 213-221.

Faye, B. (1997). Profils Sanitaires En Elevage Bovin Laitier ; Mise En Relation Avec Une Typologie D'exploitations. *Etudes Et Recherches Sur Les Systèmes Agraires Et Le Développement*, 21, Ed. Inra/ Sad, Pp 13-47.

Foss slangerupgade 69 DK-3400 Hilleroed **Danemar .(2011) .MilkoScan FT1,** Standardisation du lait avec détection intégrée des adultérant.

G

Geoffroy S. T. H. (1919). L'élevage dans l'Afrique du Nord : Algérie, Maroc,

Ghanbari, F., Moradi, M. Application of Response Surface Method for Coagulation Process in Leachate Treatment as Pretreatment for Fenton Process: Biodegradability Improvement. 2014. *J. Water Process Eng.*, 4: 67-73.

Goupy, J., Creighton, L. Introduction aux Plans D'expériences, 3rd Ed. Dunod, Paris, 2006.336p. ISBN 2100497448.

Gourseaud J. (1999) Réacteurs enzymatiques à enzymes libres et à enzymes immobilisées, cas de l'industrie laitière : coagulation enzymatique du lait in *Biotechnologie Scriban R. 1999*, 5ème édition Tech et Doc 1999.

H

Haenlein G. F. W., Anke M., (2011). Mineral and trace element research in goats.

Hellal, F.(1986). Contribution à la connaissance des races caprines algériennes :

http://www.memoireonline.com/04/10/3418/m_lait-et-fromage-au-Benin3.html

(Consulter le 25.02.2017 à 22.00 h).

Huart du Plessis. (1919). La chèvre : Races, élevage, produits. Edition Librairie intensif dans une zone steppique (Laghouat). Thèse. Ing. Agro. INA, El Harrach, Alger.

I

Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P. et BRULE G. (2008) : Les produits laitiers. Ed. Tec& Doc, Lavoisier, 185 p.

Joelle Birckner .(2017) .Rendement fromager en thecnologie laqtique en production fermiér.

Jooyandeh, H.et Abroumand, A., (2010). Physico-chemical, nutritional, heat treatment effects and dairy product aspects of goat and sheep milks.World Applied Science Journal.11 (11), p.p.1316-1322.

K

Kamoun, M. (1995). Le lait de dromadaire : production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. Option Médit., 13, 81-103. Sciences Agronomiques université INA EL Harrach-Alger.

Karam. (2004). Sandrine. Application de la méthodologie des plans d'expériences et de l'analyse de données à l'optimisation des processus de depot. 234p. Thèse de doctorat: électronique: Université de Limoges.

Faye, B. (2011). Valorisation des produits camelins dans les zones désertiques: un atout essentiel pour la sécurité alimentaire.

Kerkouche, R. (1979). Etude des possibilités de mise en place d'une chèvrerie.

Khelifi ,Y. (1997). Les productions ovines et caprine dans les zones steppiques.

Krid, N. B. F. A. 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.

Kumar, S.S. Bishnoi, N.R. (2015). Coagulation of Landfill Leachate by FeCl₃: Process Optimization Using Box–Behnken Design (RSM). Appl. Water Sci., 2190-5495. l'Algérie du nord, Thèse. Ing. Agro. INA. El Harrach, Alger, 78 p.

L

Larbier M et Leclerc B. (1992).Nutririon et alimentation des volailles : physiologie digestive. INRA Pqris 1992.

LUCEY J., A., (2002). Formation and physical properties of milk protein gels. *J. Dairy Sci.* 85 : 281-294.

M

M.A.P., (1986). Organisation Et Amélioration Des Elevages Camelins. Rapport, 36P.

MADR, (2011). Etat des lieux de l'élevage des camélidés dans les zones arides et semi-arides. Workshop international sur « L'effet du changement climatique sur l'élevage et la gestion durable des parcours dans les zones arides et semi-arides du Maghreb », Université de Ouargla, Algérie.

Mahaut M., JEANTET R., et BRULE G. (2000). Initiation à la technologie fromagère. Techniques et Documentation, Lavoisier, 2ème tirage. management tool for Shami goats raised in subtropical areas in Egypt. ulletin .

Medjour E, A. (2014). Etude comparative des caractéristiques physico-chimiques du lait collecté à partir de chamelles (*Camelus dromedarius*) conduites selon deux systèmes d'élevage (extensif et semi-intensif). Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister en biologie. Biskra : université mohamed khider de Biskra faculté de sciences exactes et sciences de la nature et de la vie département de sciences de la nature et de la vie 87p.

Myers, R. H., Montgomery, D. C., Anderson-Cook, C. M. (2009) Response Surface Methodology, Process and Product Optimization Using Designed Experiments, 3rd Ed. Wiley. National Research Centre, vol. 43, no. 1, p. NA.

N

Nathalie Sylvain Nutritionniste. (2004). Positionnement des produits laitierscaprins auprès des professionnels de la santé.

Nedjraoui, D.(1981) .Evolution Des Eléments Biogènes Et Valeurs Nutritives Nord, p17.

Nouani A., Dako E., Morsli A., Belhamiche N., Belbraouet S., Bellal M.M. et Dadie A., (2009). Characterization of the purified coagulant extracts derived from artichoke

flowers (*Cynarascolumus*) and from the fig tree latex (*Ficus carica*) in light of their use in the manufacture of traditional cheeses in Algeria. *J. Food Technol.*

Nouani A., Dako E., Morsli A., Belhamiche N., Belbraouet S., Bellal M.M., Dadie A. (2009). Characterization of the purified coagulant extracts derived from artichoke flowers (*Cynara scolymus*) and from the fig tree latex (*Ficus carica*) in light of their use in the manufacture of traditional cheeses in Algeria. *J. Food Technol.*7(1) : 20-29. ovines, caprines et camelines. Alger 22-23/01/2003. Recueil des Communications Par Marie Harel.

O

Omar, A. Al haj, Hamad, A. Al Kanhal*.(2010). Compositional, technological and nutritional aspects of dromedary camel milk.

Ould Ahmed, M. (2009). Caractérisation de la population des dromadaires (*Camelus dromedarius*) en Tunisie. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Tunisie : Institution de la recherche et de l'enseignement supérieur agricoles. 172p.

P

Park, Y. W.,(2006). Goat milk-chemistry and nutrition. In : Park Y. W., Haenlein G. .W. (Eds.), *Handbook of milks of non-bovine mammals* Ames, IO, USA: Blackwell Publishing, pp. 34-58.

PEDRO, (1952). L'élevage en basse Kabylie. *Revue élevage et culture en Afrique* P:55-75.

R

Rabier, (2007). François. Modélisation par la méthode des plans d'expériences du comportement dynamique d'un module IGBT utilisé en traction ferroviaire. 239p. Thèse de doctorat : Génie Mécanique: Toulouse, INP: 2007.

Rahli, F.(2015). Valorisation du lait de chamelle par l'exploitation des potentialités technologique des bactéries lactiques isolées localement, thèse doctorat , Université D'Oran -1-,165p.

Ramos Morale E., De La Torre Adarve G., Carmona Lopez F.D., Extremera F. G., Sanz Sampelayo M.R., Poza J., 2005. Nutritionnel value of goat an cow protein. CIHEAM, option Méditerranéenne, Série A, 67, 167p.

Remeuf, F., Lenoir J. et Duby C., (1989). Etudes des relations entre les caractéristiques physicochimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la présure. Lait, 69, p.p. 499-518 review. Small Ruminant Research, 95, p.p.2-19. Revue Elevage et culture en Afrique du Nord, no. 5, pp. 127-140.

Richard D., (1985) .Le Dromadaire Et Son Elevage. Ed Maisons – Alfort. SADELER, 1949. Essai de croisement de la chèvre d'Algérie avec la race des Alpes.

S

Sboui, A., Arroum, S., Hayek, N., Mekrazi, H., & Khorchani, T. (2016). Effet du traitement thermique sur la composition physico-chimique du lait de chèvre. Options Méditerranéennes Série A, 115, 481-485.

Seminel, L. (2015). LE LIVRE BLANC DU. Camembert.P22.

Shuip E. S., EL-Zubeir I. E. M., EL-Owni O. A. E., Musa H. H, (2008). Influence de la saison et de la gestion sur la composition du lait de chamelle brut (camelus dromedarius) dans l'État de Khartoum, au Soudan. Agroécosystèmes subtropicaux tropicaux.

Siboukeur, A., Siboukeur, O. (2012). Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques du lait de chamelle collecté localement en comparaison avec le lait bovin. AST Annales des Sciences et Technologie, vol 4, n°2.

Siboukeur, O.K. (2007). Étude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse de doctorat en26.

Silanokove N., Leitner G., Merin U., Prosser C. G., 2010. Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects. Small Ruminant Research, 89, p.p.110-124.

V

Veinoglou, B., Baltadjieva, M., Kalatzoupoulos G., Stamenova V. et Papadopoulou, E. 1982. La composition de lait de chèvre de la région de Plovdiv en Bulgarie et d'Ionnina en Grèce. Lait 62, pp.155-156.

VIGNOLA C.L., (2002). Science et technologie du lait ; édition Montréal.

Vignola C.L., Michel J.C., Laquin P., Moineau M., Ponlont M et Simpson R., (2002). Science et technologie du lait : transformation du lait. technique et documentation Lavoisier.600p.

W

Wehrmüller K. et Ryffel S., (2007). Produits au lait de chèvre et alimentation : fiche technique destinée à la pratique. Département fédéral de l'économie. Station de recherche agroscope liebefeld-posieux ALP, n°28, 4p Wilaya De Saida. Thèse 3eme Cycle U.S.T.H.B., Alger, 156p.

Wongt. N.P. (1983). Cheese chemistry in fundamentals of dairy chemistry. Webb B.H., AH. Johnson and J.A. Alford . The Avi Publishing company Inc. 2nd Edition. PP 719-771.

Y

Yamamoto A. (1975) Proteolytic enzymes in Enzymes in food processing 2nd Edition, Reed G. Academic press. (Camelus dromedarius) en Tunisie. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Institut national agronomique de Tunisie 172p

Annexes

Annex I : Réactifs

1/ Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) N/9

Permet de quantifier l'acide lactique présent dans le lait en effectuant un dosage acido-basique en présence de phénolphtaléine

- **Préparation de la solution**

La préparation de la solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) N/9 se fait par dissolution de 4,445 g d'hydroxyde de sodium en pastilles dans un litre d'eau distillée. La préparation de cette solution doit être effectuée avec une grande précision.

2/ Solution d'extraction d'enzyme (solution de 3% de NaCl et 0.7% de NaHCO₃):

Dissoudre 3g de NaCl et 0.7g de NaHCO₃ dans 300 ml d'eau distillé pour 100g de proventrecole

3/Solution Hcl 3N: $V_1=C_2.V_2/C_1$.

V₁ : volume de Hcl concentré.

C₁ : concentration de Hcl.

C₂ : concentration de Hcl dilué.

V₂ : volume de Hcl dilué.

Pour préparer 10 ml de solution Hcl de 3N on prélève 1.76 ml de Hcl concentré 17 mol/l et on le dilue par l'eau distillé jusqu'à 10 ml.

4/ Solution de NaOH 3N $m=C.V.M$

M : la masse de NaOH.

C: concentration de solution. **V** : volume de solution.

M : molaire.

Pour préparer 10 ml de NaOH 3N on dissout 1.2g de NaOH de masse molaire 40

5/ Préparation Substrat de Berridge

Pour préparer 300 ml de substrat de BERRIDGE, on dissout 36g de lait écrémé en poudre (0% de matière grasse) et 0.4g de CaCl_2 et complète la quantité par l'eau distillé jusqu'à à 300 ml. conserver à 4°C On verse tout d'abord une petite quantité de solution sur la totalité de la poudre de façon à obtenir par agitation manuelle une bouillie, le reste de la solution de chlorure de calcium est alors ajouté sur cette bouillie, puis agité.

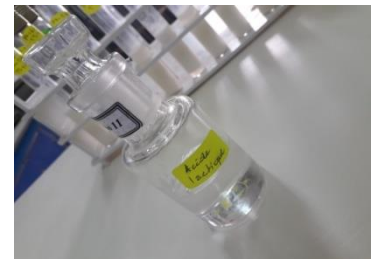
Annexe II: matériel biologiques



NaOH



HCL



Acide Lactique



Ferment Lactiqué d'acidification



Présure commerciale

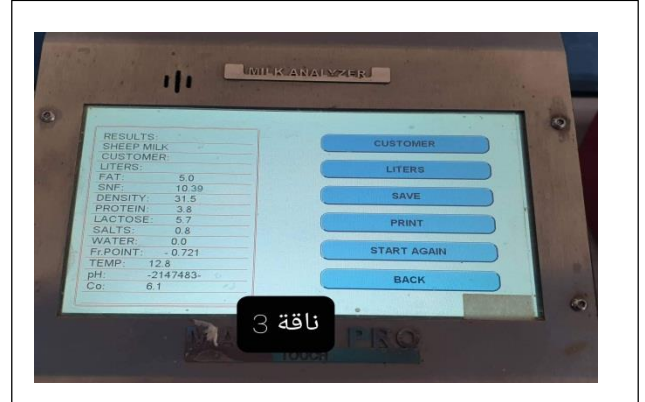
Annexe III

1. Analyse physico-chimique du lait

Paramètres / caractéristiques



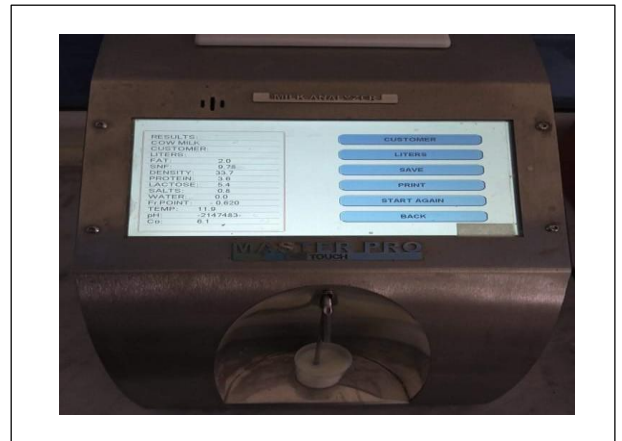
Détermination du pH



Paramètres du lait camelin



Paramètres du lait caprin



Paramètres du lait vache

Annexe IV

1/ Extraction de l'enzyme coagulant (pepsine de poulet)

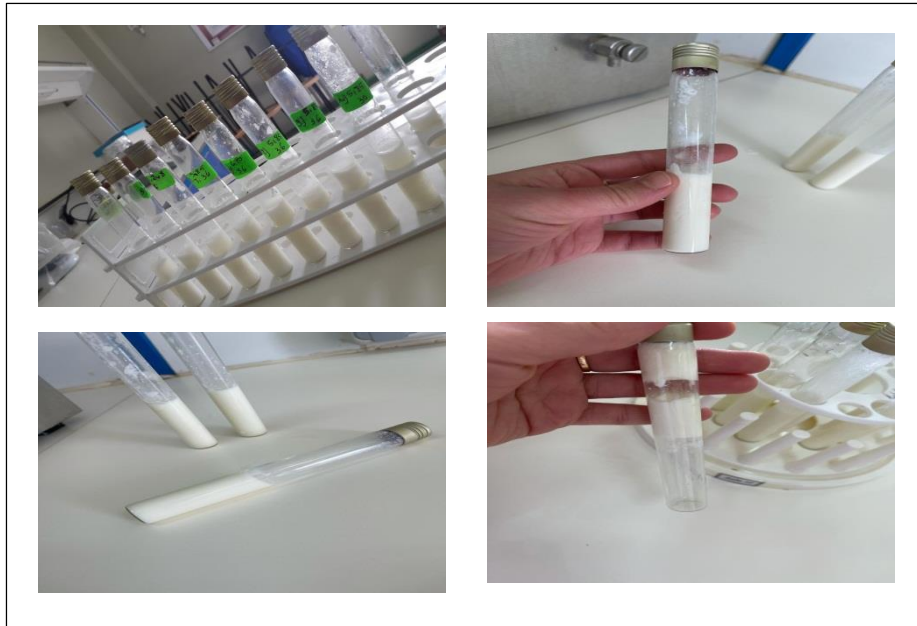


Les étapes d'extraction d'enzyme.

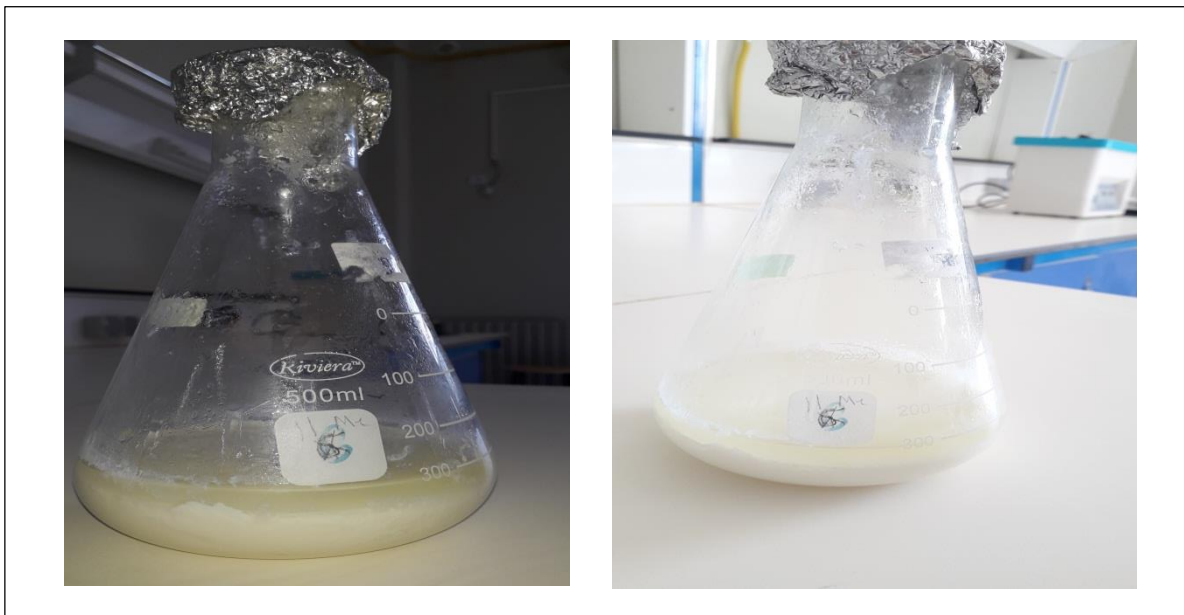
2/Caractérisation de l'extrait enzymatique



Temps de floculation



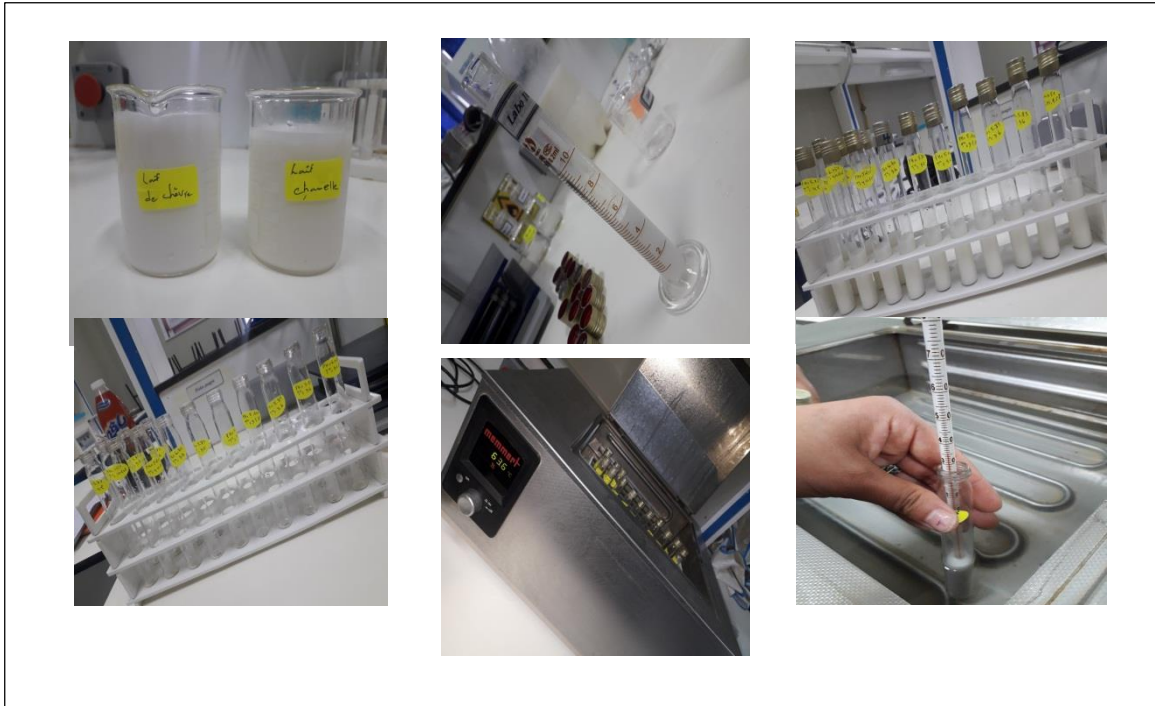
Temps de coagulation



Force coagulante

Annexe V:

Pasteurisation du lait pour de temps de floculation et coagulation des trois formulations



Pasteurisation du lait (30min 63°C)

Annexe VI:
1/ Fabrication du fromage frais



Les étapes Fabrication du fromage frais par la pepsine de poulet



Fabrication du fromage frais par la pepsine de poulet

2/ Fabrication du fromage à pâte molle de type camembert



Les étapes Fabrication du fromage à pâte molle de type camembert par la pepsine de poulet



Validation des résultats (fabrication de fromage à pâte molle de type camembert) avec pepsine de poulet



Validation des résultats (fabrication de fromage à pâte molle de type camembert) avec présure microbien

Annexe VII: Analyse sensoriel

1. sale d'analyse sensoriel



2. fiche d'analyse sensoriel

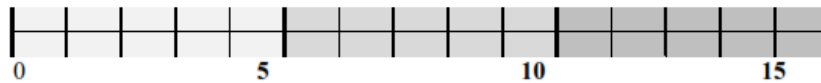
Analyse des descripteurs sensoriels d'un fromage camembert

Nom/ Prénom :

Promotion

Date :

Il vous est demandé d'évaluer les caractéristiques du fromage en donnant une note de 0 à 15 (Aspect/texture, Appréciation globale du fromage /Arôme, Goût) selon l'échelle et les caractéristiques proposées. Veuillez analyser les fromages par ordre. Model d'échelle :



Aspect de la surface				
Fromage	Lisse	Plissée	Sèche	Humide
CP				

Texture de la pate				
Fromage	Elastique	Souple	Ferme	Cassant
CP				

Arome			
Fromage	Lait frais	Lait fermenté	Autre a précises
CP			

Saveur / Gout				
Fromage	Sucré	Amer	Sale	Acide
CP				

Appréciation globale du fromage						
Fromage	Mauvais	Moyennement bon	Bon	Très bon	Riche en arôme (oui/non)	Durée de l'intensité dans la bouche
MB						

*Préciser en seconde l'intensité de (intensité faible) $\leq 3\text{sec}$ (intensité longue) jusqu'à $\geq 30\text{sec}$

Merci pour votre collaboration

Annexes

