

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 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences agronomiques
Spécialité/Option: Production et Technologie Laitières
Département: Ecologie et Génie de l'Environnement

Valorisation du lactosérum : Incorporation dans des pâtes alimentaires

Présenté par :

ZEMMOUCHI Ryma Khadija

SAOUD Afaf

Devant le jury composé de :

Président: Dr. BENYOUNES Abdelaziz

Professeur

Université de Guelma

Examineur : Mr. MEZROUA El Yamine

M.A.A

Université de Guelma

Encadreur : Dr. BOUDALIA Sofiane

M.C.B

Université de Guelma

Juin 2016

Remerciements

Il nous sera très difficile de remercier tout le monde car c'est grâce à l'aide de nombreuses personnes qu'on a pu élaborer ce mémoire à son terme.

Nous exprimons nos profonds remerciements avec grandeur à notre promoteur, monsieur BOUDALIA Sofiane pour l'aide qu'il nous a apportée, sa compétence, sa patience et sa confiance, son encouragement, et son œil critique qui nous a été très précieux pour structurer et élaborer ce travail et pour améliorer la qualité des différentes sections de notre mémoire, nous le remercions vivement.

Nos vifs remerciements vont au professeur BENYOUNES Abdelaziz pour l'honneur qu'il nous fait de présider ce jury.

Nous remercions également chaleureusement Monsieur MEZROUA El Yamine d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Ensuite nous tenons à remercier toute l'équipe de l'unité laitière EDOUGH (Annaba) et en particulier monsieur TERFAYA cadre dans cette entreprise pour nous avoir autorisé et permis de faire le stage dans de bonnes conditions, ainsi que Mme ARABI, Mme OUKIL et Mr TOUMI pour nous avoir fait profiter de leurs connaissances sur les analyses du lactosérum, et sans oublier le chef de fabrication et toute son équipe, ainsi que les membres de l'annexe pour leurs aides précieuses.

Je tiens à remercier également RATIBA la technicienne du laboratoire de biochimie de l'université 8 mai 1945 Guelma pour son aide et sa patience, ainsi que les membres du laboratoire de recherche de chimie appliquée (LCA) (Université 8 Mai 1945, Guelma).

J'adresse aussi mes remerciements à Mr SEDIKI et toute l'équipe du laboratoire de l'unité laitière de *Beni Foughal* Guelma de nous avoir autorisé à utiliser le *lactoscan*.

Nous souhaitons exprimer nos sincères remerciements à Monsieur WARTSSI, Mme KAHLERRASS chef de service du laboratoire d'analyse du moulin AMOR BEN AMOR qui nous ont permis d'intégrer le laboratoire, et l'aide précieuse de toute l'équipe LOUBNA, CHERIF, FOUAD et toute l'équipe du moulin ABA.

En particulier nos vifs remerciements vont à KASSEM pour son aide, ses conseils et l'intérêt qu'il a porté à notre travail avec une grande disponibilité, Merci Kas.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à

Ma chère mère **LAMIA**

Mon exemple de courage, aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont elle ne cesse de me combler. Que dieu lui procure bonne santé et longue vie.

Mama **AZOUZA**

Hommage à ma chère grand mère que je n'arriverais jamais à oublier, tu es gravée dans mon cœur, j'aurais aimé que tu sois là, je suis certaine que tu seras fière de moi, **ALLAH YARHMEK.**

Mon très cher mari **DALI SALAH**

Tes sacrifices, ton soutien moral et matériel m'ont permis de réussir mes études. Ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.

Ma tante **AMINA**

Ma cousine, ma confidente **Wafa**

Mes cousins **ABDOU ET CHIHEB**

Mes beaux parents **MALIKA, MOHAMED**

Ma belle sœur **MANEL**

Ma belle sœur **RATIBA** et ses enfants **ISLEM, MAJDI, MALEK** et **AMIR**

Mes copines **AHLEM, KARIMA, FAYROUZ, RYMA**

A tous les membres de ma promotion. A tous mes enseignants depuis mes premières années d'études. A tous ceux qui me sens chers et que j'ai omis de citer.

AFAF

Dédicace

Je dédie ce mémoire à

Papa et Maman

Ces êtres chers à mon cœur, qui ont pendant toute leur vie combattu et donné le meilleur d'eux même à leurs enfants.

Zine-Eddine et Amel ! Je ne vous remercierais jamais assez, je peux seulement vous dire que je vous aime et si j'ai réussie aujourd'hui, c'est beaucoup grâce à vous, merci d'être toujours là pour moi

Mes grand-mères

Mama Warda, Mama bila, 3aychouch

Hommage à mes grands pères

Papa Zouzou, papa Bila, khali Hamid (Rabi yarhmhoum) et Ribouh

Mes sœurs et mon frère

Imen la douce, au cœur si grand et Sofia, la prune de mes yeux

Ammar, l'homme de ma vie

Mes deux tantes et mes oncles

Nadhira, Radia

Kader, Mimide et notre beau-frère tonton Toufik,

Mes cousins et cousines

Sofiane, Esma, Féfé

Ramzi, Kiko, Riad, Léa

Kahina, Aniss, Maya

Nissa, Zora

Mes pupucettes

Rayenne, Hanna, Sarah, Amany, Hend, Mira et Affaf

Et en particulier Mina ma besta pour son soutien éternel.

la scelta del mio cuore **MILAçEK**

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

RYMA

Résumé

Bien que le lactosérum soit source d'une variété de nutriments, ce sont les protéines sériques qui constituent son principal intérêt. Cela est expliqué par leurs multiples propriétés biologiques et fonctionnelles.

Dans cette étude, une caractérisation physico-chimique et bactériologique du lactosérum issue de la fabrication du camembert a été réalisée afin de mettre en évidence sa salubrité et sa valeur nutritive.

La lyophilisation du lactosérum a permis de récupérer la poudre de ce dernier et l'incorporer dans le processus de fabrication des pâtes alimentaires, fabriquées à l'aide d'une semoule préalablement analysée.

La caractérisation des pâtes alimentaires montre qu'il y a eu des différences significatives dans les différents paramètres analysés par rapport à notre témoin, et une augmentation du taux protéique des pâtes alimentaires enrichie fabriquées.

Mots clés : lactosérum, enrichissement, critères physicochimiques, pâtes alimentaires.

Abstract

Whey is the major by-product of the dairy industry, produced in large quantities, however, and despite its high level of proteins and lactose; it is usually disposed off causing major environmental pollution.

Also, yet this type of food contains a very low percentage of protein, *Pasta* is a staple food in many countries. The main objective of this study was to evaluate the potential of animal proteins of Whey as a component for pasta production and its effect on the pasta quality and consumer acceptance.

First, physicochemical and bacteriological analyses were carried out to evaluate the safety of whey, then, freeze-drying was used to obtain whey powder, which directly incorporated to pasta. Pasta samples were manufactured following a small-scale pilot procedure. Whey-pasta samples were evaluated for its physicochemical qualities and textural qualities.

The results of all analysis (semolina and pasta) meet the standards according to international and Algerian regulations, however, pasta made with whey had not similar characteristics ($p < 0,05$).

This study points out that Whey leaves could be technically used for pasta production, and this method allows reducing production cost, which is an essential requirement for the food industry.

Keys words: physicochemical criteria; semolina and pasta; valorization; whey.

المخلص

بالرغم من أن مصل اللبن هو مصدر مجموعة متنوعة من المغذيات (بروتين و لكتوز) إلا أن استغلاله يعتبر جد ضئيل ، بل زيادة على ذلك يتم صرفه في المجاري المائية مسببا لتلوثا في البيئة.

أيضا و بالرغم من أنها مصدر جد ضئيل للبروتين الا ان العجائن الغذائية تعتبر من أكثر المواد استهلاكا في العالم.

إن الهدف الرئيسي من هذه الدراسة محاولة دمج مسحوق مصل اللبن في العجائن لرفع قيمتها الغذائية.

في هذه الدراسة ، تم إجراء تحديد الخصائص الفيزيائية الكيميائية والبكتيرية لمصل اللبن الناتج عن تصنيع جبن الكممبير لتسليط الضوء على سلامته وقيمه الغذائية.

تجفيد مصل اللبن يسمح بالتحصل على مسحوق، هذا الأخير يتم دمج في صنع العجائن الغذائية المصنوعة من سميد القمح الصلب.

تحديد خصائص العجائن الغذائية يظهر أن هناك اختلافات في مختلف معايير التحليل مقارنة بالعينة الشاهدة ، وزيادة في محتوى البروتين في العجائن التي تحتوي على مسحوق مصل اللبن.

الكلمات مفتاحية: مصل اللبن ، خصائص فيزيوكيميائية ، تجفيد، عجائن غذائية.

Liste d'abréviation

ABA	Amor Ben Amor
AFNOR	Association française de Normalisation
C	Degrés Celsius
CaCl₂	Chlorure de calcium
Cm	Centimètres
C_{protéines}	Concentration des protéines
D	Degrés dornique
D.B.O	Demande biochimique d'oxygène
DLC	Date limite de conservation
ESD	Extrait sec dégraissé
EST	Extrait sec total
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nation
g	Gramme
g/L	Gramme / litre
h	Heure
H₂SO₄	Acide sulfurique
IG	Indice de gonflement
ISO	International organization for standardization
I.T.C.F	Institut technique des céréales et des fourrages
KDa	Kil Dalton
Kg	Kilogramme
L	Litre
M₀	Masse
MG	Matière grasse
Mg	Milligramme
Min	Minute
ml	Millilitres
Mm	Millimètre
MO	Moyenne
MS	Matière sèche
MTQ	Masse totale de charge
n	Nombre de répétitions
NaOH	Hydroxyde de sodium
P	Préparation
p	<i>p-value</i>
PCA	Plate count agar
pH	Potentiel hydrogène
RT	Refus du tamis
S	Seconde
SSSE	Semoule Sasse Sur finisseur Extra
SD	<i>Standard déviation</i>
SNG	Solide non gras
T	Température

t	Temps
t/j	Tonne/jour
TOC	Temps Optimal de Cuisson
tr/min	Tours/minute
µm	Micromètre
V	Volume
V/V	Volume/volume
%	Pourcentage

Liste des figures

Figure	Titre	Page
I-1	Processus de fabrication des pâtes alimentaires	10
II-1	Obtention du lactosérum doux au niveau de la laiterie d'Edough	12
II-2	Principe de la méthode gluten	22
III-1	Analyse physico-chimique du lactosérum brut, récupéré de l'atelier de fromagerie au niveau de l'unité de l'Edough (Groupe Giplait, Annaba)	27
III-2	Estimation de taux des protéines (pâte enrichie vs pâte non enrichie)	37

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
I.1	Composition moyenne du lactosérum doux et acide	2
I.2	Propriétés physico-chimiques des protéines sériques du lactosérum	5
III.1	Analyses physico-chimiques de la matière première (la semoule)	30
III.2	Analyses physico-chimiques et culinaires des pâtes alimentaires (enrichie vs non enrichie)	34

Sommaire

Introduction

Rappels bibliographiques

I.1.	Lactosérum	1
I.1.1.	Définitions.....	1
I.1.2.	Types de lactosérum	1
I.1.2.1.	Lactosérum acide	1
I.1.2.2.	Lactosérum doux.....	2
I.1.3.	Composition du lactosérum	2
I.1.3.1.	Lactose	3
I.1.3.2.	Les minéraux.....	4
I.1.3.3.	Les protéines du lactosérum	4
I.1.4.	Utilisation de lactosérum.....	5
I.1.5.	Pouvoir polluant du lactosérum.....	6
I.1.6.	Le séchage de lactosérum.....	6
I.2.	Les pâtes alimentaires.....	8
I.2.1.	Définition	8
I.2.2.	Valeur nutritive	8
I.2.3.	Classification.....	8
I.2.4.	Constituants de la pâte	9

Matériel et méthodes

II.1.	Lactosérum	11
II.1.1.	Caractérisation physico-chimique du lactosérum brut.....	13
II.1.1.1.	Potentiel hydrogène (pH).....	13
II.1.1.2.	Acidité titrable	13
II.1.1.3.	Extrait sec totale (EST).....	13
II.1.1.4.	Détermination de la matière grasse (Méthode de GERBER)	14
II.1.1.5.	Dosage de lactose et des protéines et cendres.....	14
II.1.2.	Caractérisation bactériologique du lactosérum brut.....	14
II.1.2.1	Prélèvement du lactosérum doux	14
II.1.2.2	Milieux de culture utilisés.....	14

II.1.2.3	Dénombrement des coliformes totaux	16
II.1.2.4	Dénombrement des germes aérobies mésophiles	16
II.1.2.5	Identification de clostridium sulfito-réducteur	16
II.1.2.6	Dénombrement des staphylocoques.....	17
II.1.2.7	Dénombrement des salmonelles	17
II.1.3.	Obtention de la poudre de lactosérum.....	18
II.2.	Etude des pâtes alimentaires	19
II.2.1.	Paramètres relatifs aux caractéristiques de la semoule de blé dur	19
II.2.1.1.	Granulométrie par tamisage	19
II.2.1.2.	Teneur en humidité	20
II.2.1.3.	Couleur de la semoule.....	20
II.2.1.4.	Indice de gluten.....	21
II.2.1.5.	La détermination du taux de cendres	23
II.2.2.	Paramètre relatifs aux caractéristiques des pâtes alimentaires	24
II.2.2.1.	Fabrication des pâtes alimentaires	24
II.2.2.2.	Appréciation de la qualité des pâtes	25
II.3.	Plan statistique	26

Résultats et discussion

III.1.	Caractéristiques physico-chimiques du lactosérum brut	27
III.2.	Caractéristiques bactériologiques du lactosérum brut	28
III.3.	Obtention de la poudre de lactosérum	29
III.4.	Caractéristiques physico-chimiques de la semoule	29
III.5.	Caractéristiques physico-chimiques des pâtes alimentaires	33

Conclusion

Références bibliographiques

Annexe

Introduction

Le lactosérum est un produit découvert il y a plus de 3000 ans avant Jésus-Christ, par des Bédouins lors du transport de lait : l'acidification et la coagulation par la chaleur provoquaient la formation d'une phase liquide au-dessus d'un caillé de lait (**De Witt, 2001**).

Pendant de nombreuses années, le lactosérum ou petit lait a été considéré comme un déchet encombrant, un sous produit des fromageries et caséineries dont l'utilisation, lorsqu'elle en était faite, se limitait à l'alimentation animale et à la fertilisation des champs (**Sottiez, 1975**).

Le lactosérum est un exemple typique de la transformation d'un sous-produit du lait en matière première. Ceci est dû d'une part à une demande biochimique d'oxygène (D.B.O.) considérable qui interdit son élimination dans les rivières (**Sayad et al., 2014**) et, d'autre part, à la grande valeur nutritive de ses protéines. Celles-ci, plus équilibrées en acides aminés que la caséine, présentent beaucoup d'intérêt aussi bien pour les pays développés, car elles permettent la fabrication de produits diététiques spéciaux, que pour les pays en voie de développement, où elles servent de supplémentation aux aliments traditionnels (**Racotta et al., 1978**).

La production mondiale du sérum de fromagerie est environ 120×10^6 tonnes par année (**Tango et al., 1999**). Au cours de la dernière décennie, le petit-lait, est devenu une industrie de plusieurs milliards de dollars (**Hennop, 2014**) bien que le développement de nouvelles approches pour l'utilisation du lactosérum ait été apporté, environ la moitié du lactosérum produit est rejetée, ce qui constitue une perte importante de source protéique.

Les quantités massives du lactosérum, font de sa gestion un enjeu à la fois économique et écologique. Économique puisque la gestion de chaque kilogramme de produit (le terme produit inclut produits finis, coproduits et sous-produits) représente un coût pour le transformateur industriel, et écologique puisque le lactosérum, s'il n'est pas géré correctement, représente un polluant majeur (**Smithers, 2004**). Le développement de nouvelles technologies pour la valorisation du lactosérum est nécessaire, surtout que les quantités produites ne cessent d'augmenter. Ce n'est que depuis quelques années que le lactosérum a suscité l'intérêt des industries et c'est la production de poudre de lactosérum et de lactose qui prédomine. Cependant, la tendance actuelle est d'obtenir de nouveaux produits (**Gonzfilez, 1996 ; Shang et al., 1994**).

Les poudres de lactosérum et dérivés sont aujourd'hui très utilisés comme ingrédients non seulement pour leurs bonnes propriétés techno-fonctionnelles (industrie laitières, confiserie, charcuterie...) mais aussi nutritionnelles (élaboration d'aliments diététiques, pharmaceutiques ou infantiles) (**De Witt, 2001**). Le séchage du lactosérum a pour but essentiel de stabiliser les produits par extraction de l'eau. L'amélioration des technologies, les changements des habitudes alimentaires, la baisse des coûts, et une meilleure stabilité des poudres sont les principales raisons qui ont contribué à l'accroissement de l'utilisation des produits sous forme déshydratée (**Patel et al., 1991**).

L'objectif de cette étude vise à donner aux industries fromagères Algérienne un outil de valorisation de protéines du lactosérum par un procédé efficace (lyophilisation), puis mettre en évidence l'utilisation du lactosérum en agro-alimentaire, et enfin combler le déficit des protéines animal et réduire ainsi le caractère polluant de ce sous produit.

Cette étude expérimentale est constituée de deux parties :

- Une première, concerne la caractérisation physicochimique et bactériologique du lactosérum et sa lyophilisation pour l'obtention de la poudre du lactosérum issue de la fabrication des camemberts produits par l'unité laitière d'*Edough-Annaba* (Groupe GIPLAIT).
- Une deuxième, consacrée à l'incorporation de la poudre de lactosérum dans des pâtes alimentaires qui seront ensuite analysées.

Rappels bibliographiques

I.1. Lactosérum

I.1.1. Définitions

La fabrication des fromages nécessite une étape de coagulation de la caséine par une acidification du lait obtenu par ajout de ferments lactiques ou par actions de la présure.

Traditionnellement, l'opération qui suit l'étape de coagulations consiste à séparer la phase coagulée du reste du lait au cours d'une opération d'égouttage : la fraction liquide ainsi recueillie s'appelle le *lactosérum* (**Bergel et al., 2004**).

Le lactosérum, également appelé (petit lait), est un sous-produit liquide de couleurs jaune verdâtre, contenant une quantité importante de protéine de lait environ 20% et riche en éléments nutritif (**Muller et al., 2003**). La production de 10 L de lait permet d'obtenir 1 kg de fromage et 9 L de lactosérum soit 600 g de poudre de lactosérum (**Boudry et al., 2012**).

I.1.2. Types de lactosérum

Le lactosérum doit être considéré comme un produit dérivé plutôt qu'un sous produit de la fabrication des fromages, ou de la caséine. On distingue deux types :

I.1.2.1. lactosérum acide

Le sérum acide est le produit laitier liquide obtenu durant la fabrication du fromage, de la caséine ou de produits similaires par séparation du caillé après coagulation du lait et/ou des produits dérivés du lait. Cette dernière est principalement obtenue par acidification (**Codex alimentarius, 2002**), qui favorise la précipitation des caséines à leurs pH isoélectrique de 4,6 par ajout d'acide lactique (**Violleau, 1999**). Lorsque la protéine est combinée à des sels de calcium, l'acidification entraîne sa déminéralisation qui fait passer dans le sérum une part importante d'élément minéraux, notamment le calcium et le phosphore (**Sottiez, 1990**).

Les lactosérums acides sont moins riches en lactose et plus riche en minéraux. Ils sont aussi plusensemencés en germes lactiques et moins sujets à des fermentations que les lactosérums doux (**Moletta, 2002**). Les teneurs élevées en acide lactique et en minéraux posent des difficultés pour la déshydratation, aussi les lactosérums acides sont souvent utilisés à l'état liquide alors que les sérums doux sont généralement déshydraté (**Moletta, 2002**). Le lactosérum acide provient de la fabrication des pâtes fraîches et des pâtes molles, son pH varie entre 3,8-4,6.

I.1.2.2. Lactosérum doux

Il est obtenu après la coagulation de la caséine sous l'action de la présure sans acidification préalable, on obtient alors un sérum doux, pauvre en sels minéraux et riche en lactose et en protéines. En plus des protéines solubles du lait, ce type de lactosérum contient une glycoprotéine qui provient de l'hydrolyse de la caséine Kappa par la présure (Sottiez, 1990 ; De La Fuente *et al.*, 2002).

Lorsque le lactosérum de fromagerie n'est pas traité avec toutes les précautions nécessaires, la poursuite de la fermentation naturelle augmente son acidité. Ce type est issu de la fabrication de fromage à pâte pressée cuite ou non cuite (Emmenthal, Saint Paulin, Edam...etc.), où le pH varie entre 5 et 6,3 (Morr *et al.*, 1993).

I.1.3. Composition du lactosérum

Selon le procédé de coagulation et la composition initiale du lait (la saison, la race des animaux, le type d'alimentation, etc.) la composition du lactosérum peut varier sensiblement sa composition (Bergel *et al.*, 2004).

Tableau I.1 : composition moyenne du lactosérum doux et acide (Morr *et al.*, 1993 ; Linden *et al.*, 1994)

	Lactosérum doux (%)	Lactosérum acide (%)
<i>pH</i>	6,3	4,6
<i>Eau</i>	93	93,5
<i>Lactose</i>	4,77	4,71
<i>Protéines</i>	0,82	0,75
<i>Matière Grasse (MG)</i>	0,07	0,03
<i>Acides lactiques</i>	0,15	0,55
<i>Cendres</i>	0,53	0,69
<i>Calcium</i>	0,05	0,13
<i>Sodium</i>	0,07	0,06
<i>Potassium</i>	0,13	0,15
<i>Phosphore</i>	0,06	0,09

D'après le tableau ci-dessus on constate que les lactosérums sont riches en lactose et potassium. Dans le lactosérum acide une partie du lactose a été transformé en acide lactique, les lactosérums doux sont pauvres en calcium (reste dans le caillé pour participer à la coagulation des protéines), alors que les lactosérums acides sont riches en calcium (**Morr et al., 1993**).

I.1.3.1. Lactose

Il est le principal constituant du lactosérum de fromagerie (**Luquet et Fracois, 1990**) c'est un diholoside constitué par l'union d'une molécule de α ou β -D- glucose et d'une molécule de β -D-galactose, ce qui est à l'origine de la présence de deux lactoses stéréoisomères réducteurs.

Le lactose caractérisé par : une solubilité limitée et un pouvoir sucrant faible. A titre d'exemple, le fructose a un indice de 170, le saccharose 100, le glucose 75 et le lactose seulement 17 comme tous les composants des aliments de l'homme et des animaux, le lactose présente d'abord un intérêt nutritionnel, sa seule source implorante dans la nature est le lait. Il contribue à stabiliser le pH intestinal (**Visser et al., 1988**). En plus de son apport énergétique, le lactose est considéré comme un sucre de structure (**Vrignaud, 1983**), il intervient dans la fixation du calcium (**Visser et al., 1988**), et une fois digéré il fournit du galactose qui est indispensable pour la constitution des cellules nerveuses des jeunes animaux.

Les populations des pays en voie de développement souffrent généralement de mal nutrition et leurs consommations en lait souvent très insuffisante même pendant leur jeune âge. Le tube digestif se trouve dans ce cas moins ou pas du tout en contact avec le lactose et par conséquent perd sa capacité de sécréter la lactase. Le manque de cette enzyme se traduit par des troubles intestinaux due à la fermentation par la flore intestinale, ce qui provoque des diarrhées, vomissement et ballonnement (**Roger et al., 1976 ; Goursaud, 1986 ; lorient, 1998**). Pour remédier à ce problème, plusieurs auteurs suggèrent l'emploi des laits, et ses dérivés au lactose hydrolysé (**Goursaus, 1986 ; lorient, 1998 ; Ryder, 1988**).

Dans le même sens, l'hydrolyse du lactose permet l'amélioration du pouvoir sucrant et l'augmentation de la solubilité qui se traduit par la facilité de conservation, ainsi que la simplification des techniques de concentration et de séchage, puisqu'il n'y a plus à contrôler une éventuelle cristallisation du lactose (**kadri, 1985 ; Ryder, 1988**).

I.1.3.2. Les minéraux

Bien que selon certaines pratique fromagères, il y'a ajout de sel, ce dernier avec toutes les matières minérales en solution dans le lait se retrouve dans le lactosérum.

Les 8% à 10% des matières salines de l'extrait sec de sérum sont constitués pour plus de 50% de chlorures de sodium et de potassium et pour le reste, différents sels de calcium, principalement sous forme de phosphate de calcium (**Vrigaud, 1983**).

D'après **Méreo, 1971**, ces sels minéraux constituent en quelques sortes les éléments indésirables du sérum. En effet, il semblerait qu'une quantité relativement élevée constitue un obstacle à l'utilisation du lactosérum dans l'alimentation humaine et infantile. Elle est également un écueil pour les traitements technologiques, notamment en vue de préparation de lactose pur et des protéines. Il est donc avantageux de déminéraliser le sérum partiellement grâce à des techniques physico-chimiques, telle que l'électrodialyse (**Linden et al., 1994**).

I.1.3.3. Les protéines du lactosérum

Bien que le lactosérum soit source d'une variété de nutriments, ce sont les protéines sériques qui constituent son principal intérêt. Cela est expliqué par leurs multiples propriétés biologiques et fonctionnelles. Au niveau biologique, les protéines de lactosérum sont reconnues comme étant une excellente source d'acides aminés branchés, d'acides aminés essentiels et elles ont une valeur biologique qui dépasse celle de l'œuf, souvent utilisé comme protéine de référence (**Smithers, 2008**). On accorderait également des propriétés anticancéreuses, antimicrobiennes, antivirales et modulatrices du système immunitaire humain à des fractions et hydrolysats spécifiques de protéines de lactosérum (**Madureira et al., 2007**).

Par contre, si ces utilisations nutritives et nutraceutiques sont prometteuses, ce sont surtout les propriétés fonctionnelles des protéines du lactosérum qui retiennent l'attention. Entre autres : les propriétés de former des gels, stabiliser des émulsions, stabiliser des mousses et interagir avec d'autres protéines. Un résumé de quelques propriétés des différentes protéines sériques est présenté au tableau I.2.

Tableau I.2 : propriétés physico-chimiques des protéines sériques du lactosérum (Bylund, 1995; De Wit, 2009 ; Kinsella et Whitehead, 1989; Morr & Ha, 1993)

Protéines	Teneur relative (% massique)	Masse (kDa)	Température de dénaturation (° C)	Point isoélectrique (pI)	Ponts disulfures (SS-)	Thiol (SH) libres
Albumine de sérum bovin	6,3	66	64	4,7-4,9	17	1
α -lactalbumine	19,3	14,2	62	4,2-4,5	4	0
β -lacto-globuline	51	18,6	65	5,2	2	1
Immuno-globulines	10,9	150-960	72	5,5-8,3	32	0
Autres	12,5	Var	Var	Var	Var	0

* Les valeurs présentées pour ces propriétés sont approximatives puisqu'elles dépendent de la composition et l'origine du lactosérum.

Les protéines du lactosérum présentent une source riche en acides aminées.

I.1.4. Utilisation de lactosérum

La qualité nutritive du lactosérum tient à la fois à la présence du lactose et des protéines sériques. La richesse en lactose en fait un auxiliaire actif dans le brunissement enzymatique ou maillardisation (réaction de Maillard) apprécié en boulangerie, biscuiterie et viennoiserie (FAO, 1995).

Les propriétés fonctionnelles liées aux protéines sériques en font des produits intéressants à la fois pour l'alimentation du bétail, mais aussi en nutrition humaine.

Ces protéines sont utilisées en alimentation infantile pour leurs qualités nutritionnelles (richesse en acides aminés essentiels), pour la préparation de plats cuisinés (rétention d'eau), pour leur solubilité à toute échelle de pH (boissons au lait, limonadière) et pour leur pouvoir moussant (confiserie, nougaterie) (FAO, 1995).

Elles sont également employées dans bien d'autres opérations de l'industrie agro-alimentaire, telles que la fabrication des potages en poudre, des fromages fondus, des crèmes glacées, des mousses de foie et la panification. Enfin, les protéines sériques conviennent particulièrement au développement des levures (FAO, 1995).

Il convient de noter la présence de diverses vitamines hydrosolubles dans le lactosérum. Le lactosérum récupéré pour la nutrition humaine ou animale provient pour l'essentiel de la fabrication fromagère. La composition donnée au tableau I.1 est à titre indicatif, compte tenu de la diversité des fabrications fromagères, notamment de celles issues de coagulation mixte et acide. Au cours du stockage du lactosérum à température ambiante, les vitamines ne sont pas détruites et la teneur en Lysine n'augmente quasiment pas, témoins d'une bonne stabilité du produit.

I.1.5. Pouvoir polluant du lactosérum

Pendant longtemps, le lactosérum a constitué un effluent de l'industrie fromagère. Par sa composition riche en matière organique, son rejet dans l'environnement constitue une source de pollution à cause de sa demande biochimique en oxygène qui est très élevée entre 32000 à 60000 mg d'O₂/L (**Cheryan, 1998**), c'est-à-dire qu'un litre de sérum nécessite 40 g d'oxygène pour que ses matières organiques soient détruites par oxydation microbienne. Le lactosérum engendre une pollution organique importante soit : 1 L correspond à environ 85% de la pollution journalière générée par un habitant (**Laplanche et al., 2006**).

Encore faut-il que son traitement soit économiquement acceptable, et parmi les méthodes de traitement du sérum, qui sont variées et permettent aussi d'obtenir de nombreux produits, il existe :

I.1.6. Le séchage de lactosérum

Il a pour but essentiel de stabiliser les produits par extraction de l'eau. L'amélioration des technologies, les changements des habitudes alimentaires, la baisse des coûts, et une meilleure stabilité des poudres sont les principales raisons qui ont contribué à l'accroissement de l'utilisation des produits sous forme déshydratée (**Schuck, 2004**).

Le sérum, déminéralisé ou non, est concentré puis éventuellement séché sur rouleaux ou par le procédé *spray*. La concentration avant séchage permet, outre une économie d'énergie, la cristallisation du lactose sous forme α -D-lactose et ainsi l'obtention d'une poudre non hygroscopique et peu collante. Selon la qualité du sérum mis en œuvre, il existe différentes variétés de concentrés ou de poudres: produits de sérum doux, de sérum acide, de sérum déminéralisé et de sérum délactosé. D'une façon générale, les sérums doux sont plus faciles à sécher, de meilleure qualité et offrent plus de débouchés (**FAO, 1995**).

L'utilisation la plus abondante de ces poudres c'est dans les aliments d'allaitement pour veaux. Elles sont également employées, de même que les concentrés liquides, en

mélange avec d'autres aliments (hachis de paille, drèches de brasserie, farines), pour divers animaux d'élevage (bovins, porcins, volailles) (FAO, 1995).

Parmi les méthodes de séchage de lactosérum : *la lyophilisation* qui comporte de nombreux avantages par rapport aux autres procédés de séchage ou de conservation, car :

- Elle permet de conserver une grande partie des qualités des aliments étant donné que ceux-ci demeurent à une température sous le point de congélation durant la sublimation. L'utilisation de la lyophilisation est particulièrement importante dans le cas des bactéries lactiques puisqu'elles sont très sensibles à la chaleur.
- Les aliments lyophilisés en général ne nécessitent pas de réfrigération pour se conserver. Les coûts d'entreposage et de transport sont ainsi réduits de façon appréciable.
- Elle entraîne une diminution importante du poids ce qui facilite grandement le transport des aliments lyophilisés. Par exemple, plusieurs aliments contiennent jusqu'à 90% d'eau. Ils seront donc 10 fois plus légers après lyophilisation.
- La plupart des aliments lyophilisés se réhydratent très rapidement grâce à leur texture poreuse. En effet, la lyophilisation n'entraîne pas de diminution de volume appréciable. L'eau peut donc reprendre sa place facilement dans la structure moléculaire de l'aliment.

Mais le seul inconvénient de la lyophilisation est le prix de revient qui est élevé car la surgélation est un traitement concurrent sérieux mais si on tient compte du prix du transport et du stockage, les coûts tendent à s'équilibrer [1].

I.2. Les pâtes alimentaires

I.2.1. Définition

Selon une définition généralement admise, les pâtes alimentaires peuvent être décrites comme des produits prêts à l'emploi culinaire, préparés par pétrissage sans fermentation de semoule de blé dur additionnée d'eau potable et éventuellement d'œufs (140 à 350 g d'œufs frais par kg de semoule), et soumis à des traitements physiques appropriés tels que le tréfilage, le laminage et le séchage, ce qui leurs donnent l'aspect souhaité par les usagers. L'ajout de gluten, des légumes et des aromates est également autorisé (**Feillet, 2000**). Les pâtes alimentaires sont universellement consommées et appréciées : la simplicité de leur fabrication, leur facilité de transport, leur excellente aptitude à la conservation et au stockage, leur bonne qualité nutritionnelle et hygiénique, la diversité des modes de préparations sont autant d'atouts qui favorisent leur utilisation et leur consommation (**Petitot et al., 2009**).

I.2.2. Valeur nutritive

Les pâtes alimentaires de bonne qualité sont préparées avec une variété de blé dur, le blé durum, qui a une haute teneur en protéines et qui est donc riche en gluten et pauvre en amidon. Le grain de blé durum est moulu en fines particules (semoule) ou en farine. On peut enrichir les pâtes de vitamines du complexe B (thiamine, riboflavine et niacine) et parfois de fer ou de protéines grâce à l'incorporation d'œufs [2].

I.2.3. Classification

Selon **Tremoliere et al., (1984)**, les pâtes alimentaires sont classées en deux groupes selon les machines utilisées pour fabrication :

- *Pâtes pressées ou tréfilées*

C'est une pâte comprimée par une presse à travers une filière qui sert de moule dont on obtient les formes classiques telles que le spaghetti, macaroni, coquillettes ou coupées à volonté de manière à obtenir des pâtes longues ou courtes.

- *Pâtes laminées*

Ce type de produit est abaissé par laminage entre deux cylindres et est réduit en feuilles larges et minces. Celles-ci sont soit divisées en rubans, soit amenées sur des machines munies d'emporte-pièces ce qui donne la forme désirée.

I.2.4. Constituants de la pâte

- *Semoule*

La semoule de blé dur est considérée comme le témoin auxquels sont comparées les autres matières premières. Elle est reconnue comme substrat principal pour la fabrication des pâtes alimentaires en raison de sa teneur en gluten qui confère aux pâtes (couscous, pâtes alimentaires, ...) des propriétés technologiques et rhéologiques spécifiques, de sa dureté, sa couleur unique, sa saveur et sa qualité de cuisson (**Godon et al., 1991 ; Feillet et al., 1996 ; Petitot, 2009**). Après conversion en pâte, elle donne des produits avec des bonnes qualités culinaires et une stabilité à la cuisson (**Sissons, 2008**). L'Amidon (74-76%) et les protéines (12-15%) sont des constituants majeurs de la semoule de blé dur (**Turnbull, 2001 ; Duranti, 2006**). La qualité technologique d'une semoule pour la fabrication des pâtes alimentaires est définie par son aptitude à donner des produits finis dont l'aspect et la qualité culinaire répondent aux désirs des consommateurs. Ces deux caractéristiques sont influencées par la composition biochimique et l'état physique (granulométrie) des semoules, eux même liés à l'origine des produits (**Abecassis, 1991**).

- *L'eau*

Selon de nombreuses observations faites par les industriels, il ressort que la qualité de l'eau utilisée au cours de l'embâtage peut exercer une influence non négligeable sur l'aspect et le comportement des produits finis au cours de la cuisson. Des eaux de faible dureté hydrotimétrique sont généralement recommandées (**Feillet, 2000**).

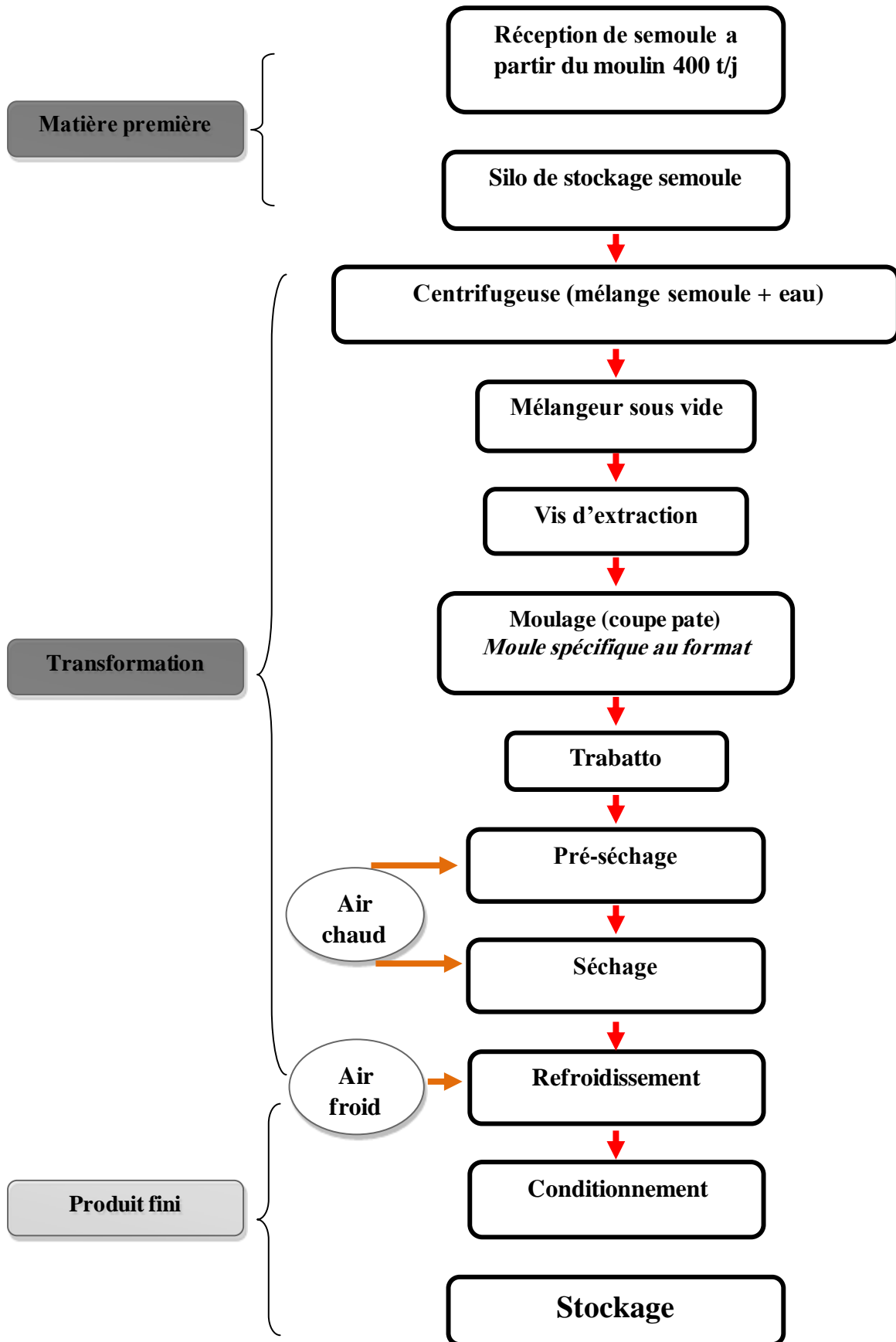


Figure I-1 : processus de fabrication des pâtes alimentaire

Matériel et méthodes

II.1. Lactosérum

❖ *Plan d'échantillonnage*

Le lactosérum provient de l'unité laitière et fromagère **Edough-Annaba**. Il est de type doux, issu de premier soutirage lors de la fabrication du fromage type camembert selon le procédé de la figure II-1.

Le lactosérum est obtenu à partir de lait de vache soumis à des opérations de standardisation, homogénéisation, pasteurisation, refroidissement et pré-maturation.

Chaque semaine, à partir du mois de Février 2016 (1^{er} au 28 du mois), et lors de la fabrication du Camembert, une quantité de $2 \pm 0,2$ L est récupérée dans des flacons en verre préalablement autoclavés à une température de 121 °C sous une pression de 1 bar, pendant 15 min.

Les flacons sont remplis, en respectant les Bonnes Pratiques du Laboratoire (BPL), et les règles d'asepsie (désinfection des mains). Puis des flacons sont transportés au laboratoire de Biochimie de l'Université 8 Mai 1945-Guelma, dans une glacière pour entamer une concentration avant lyophilisation. D'autres flacons de 15 mL sont utilisés pour des analyses microbiologiques et physicochimiques au niveau du laboratoire central de la laiterie ou bien le laboratoire de microbiologie de l'Université de Guelma dans le cas échéant.

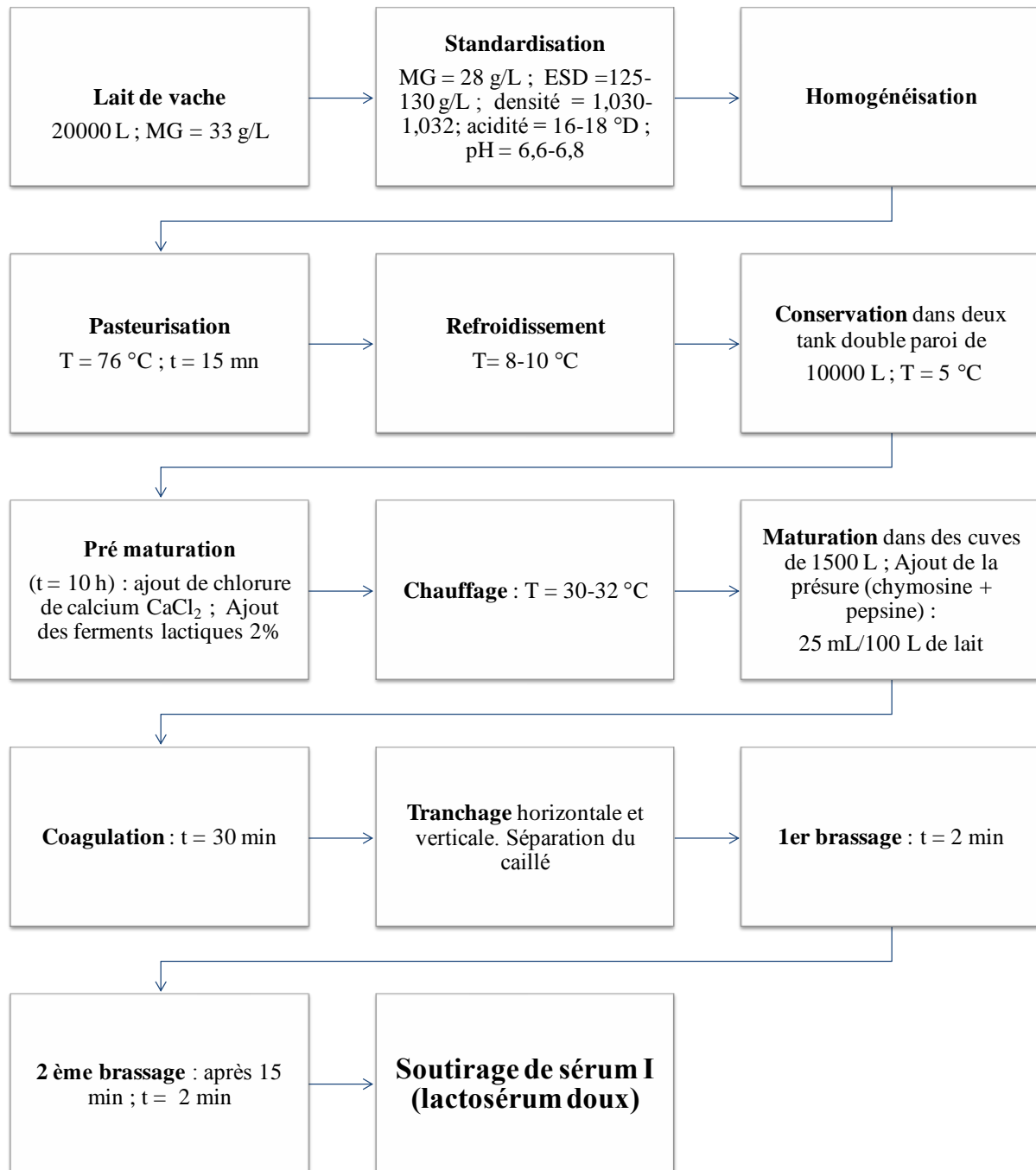


Figure II-1 : obtention du lactosérum doux au niveau de la laiterie d'EDOUGH

II.1.1. Caractérisation physico-chimique du lactosérum brut

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques sont réalisées selon les méthodes publiées dans **JORDP (n° 35/1998)**.

II.1.1.1. Potentiel hydrogène (pH)

La mesure est réalisée à l'aide d'un pH mètre type HANNA pH 211. Après réglage de la température affichée sur le pH mètre, une électrode de mesure est introduite dans un bécher contenant une prise d'essai de quelques millilitres pour qu'enfin, le pH soit directement lu sur le cadran de l'appareil.

II.1.1.2. Acidité titrable

La mesure se fait par hydrolyse de sodium en présence de phénophtaléine comme indicateur coloré. Dans un bécher une quantité de 10 ml de lactosérum est introduite avec une pipette, puis 3 gouttes de la solution de phénophtaléine sont ajoutées et un titrage avec la solution d'hydroxyde de sodium (9/N) est réalisé jusqu'au début de virage au rose facilement perceptible par comparaison avec un témoin constitué du même lactosérum.

L'acidité est exprimée en *degré Dornique* D° qui égale à 1 décigramme d'acide lactique par litre.

Acidifié en $D^\circ = V \times 10$

V = le volume en millilitre de la solution NaOH verser.

II.1.1.3. Extrait sec totale (EST)

La matière sèche du lactosérum est obtenue par évaporation et dessiccation d'un volume connu de lactosérum dans des conditions définies, avec peser du résidu.

Dans une capsule séchée et tiré à 0,1 mg près. Une quantité de 10 mL de lactosérum est introduite avec une pipette. Puis la capsule découverte est placée à l'intérieur de l'étuve à 103 ± 2 °C pendant 5 h.

Le refroidissement est effectué dans un dessiccateur, et la capsule refroidie est pesée à 0,1 près, et la matière sèche est exprimée en gramme par litre de lactosérum :

$$(M - M_0) \times 1000 / V$$

M : masse en gramme de la capsule vide.

M : masse en gramme de la capsule contenant le lactosérum après dessiccation.

V : volume en millilitre de la prise d'essai.

II.1.1.4. Détermination de la matière grasse (Méthode de GERBER)

Un mix est introduit dans un butyromètre, il est constitué de 11 mL de lactosérum, 10 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) pour la dissolution des constituants du lactosérum autre que la matière grasse et 1 mL d'alcool amylique pour la dissolution de la matière grasse.

Le butyromètre est agité pour favoriser l'attaque acide, à la fin il est introduit dans une centrifugeuse (Funk GERBER) à une vitesse de 2000 trs/min pendant 5 min.

Faire sortir les butyromètres de la centrifugeuse et les maintenir immergés dans un bain-marie à 65 °C pendant 4 à 5 min. Puis il faut lire rapidement sur l'échelle du butyromètre : chaque centimètre dans l'échelle correspond à 10 g de matière grasse par litre de lait.

II.1.1.5. Dosage de lactose protéines et cendres

Le dosage des protéines, du lactose et des cendres a été réalisé à l'aide d'un *Lactoscan* de (MCC50) au niveau de la mini laiterie **BENI FOUGHAL Guelma**.

Le *Lactoscan* est utilisé pour mesurer : la matière grasse, les protéines, le lactose, les cendres, les solides non gras (SNG), les minéraux, le point de congélation et la densité du lactosérum.

II.1.2. Caractérisation bactériologique du lactosérum brut

II.1.2.1 Prélèvement du lactosérum doux

Le prélèvement du lactosérum a été effectué dans un flacon stérile à l'aide d'une louche stérilisée (coton imprégné d'alcool en flamme) à partir de plusieurs coins de la cuve et après un brassage du caillé, en respectant les Bonnes Pratiques du Laboratoire (BPL), et les règles d'asepsie (désinfection des mains).

II.1.2.2 Milieux de culture utilisés

Suivant les techniques employées et selon les souches à identifier, ci dessous les milieux de culture utilisés :

- **Gélose lactosée au Désoxycholate** : il permet :

- le dénombrement des coliformes totaux.
- l'inhibition des microorganismes à Gram positive, elle est essentiellement due à l'action du Desoxycholate de sodium ou les citrates de sodium.
- la différenciation des entérobactéries, qui est fondée sur la capacité de ces germes à fermenté le lactose.

- ***Gélose a l'extrait de levure (Plate Count Agar PCA) :***

Les substances nutritives apportées par la Tryptone, les facteurs vitaminiques de l'extrait de levure et le glucose favorisent la croissance des bactéries aérobies mésophiles à dénombrer.

- ***Gélose glucosé viande-foie :***

Il est utilisé pour le dénombrement des spores de clostridium sulfito-réducteur, car :

- la peptone et le glucose (source d'énergie) favorisent le développement des germes anaérobies.
- l'amidon favorise la germination des spores.
- les germes anaérobies réduisent le sulfite en sulfure qui en présence de fer, provoque le noircissement des colonies par formation de sulfure de fer.

- ***Gélose Chapman au mannitol :***

Permet le dénombrement des staphylocoques pathogènes :

- la forte concentration en chlorure de sodium inhibe la croissance de la plupart des bactéries autre que les staphylocoques.
- la fermentation du mannitol, mise en évidence par le virage au jaune de l'indicateur pH (rouge de phénol), permet d'orienter le diagnostic.
- la mise en évidence des staphylocoques pathogènes devra être confirmé par la recherche de la coagulase et éventuellement de la désoxyribonucléase et de la phosphatase.

- ***Bouillon sélénite-cystine :***

Il est utilisé pour l'enrichissement sélectif des salmonelles, car :

- La teneur en sélénite permet d'assurer l'inhibition des microorganismes autres que les salmonelles et notamment des coliformes et des entérocoques.
- Le phosphate disodique contribue à assurer le maintien du pH et à réduire la toxicité du sélénite afin d'augmenter la capacité de récupération du milieu.

II.1.2.3 Dénombrement des coliformes totaux

- **Ensemencement**

Il est réalisé en deux boîtes de pétri, chaque une est ensemencée par 1 mL de lactosérum dilué à 10^0 et l'autre à 10^{-1} , 13 mL de gélose désoxycholate préalablement refroidi et maintenue à 44 °C est ajoutée, puis homogénéiser parfaitement le contenu jusqu'à la solidification.

- **Incubation**

Les boîtes sont incubées à 37 °C pendant 24 h.

- **Lecture**

Les colonies apparaissent en couleur rouge foncé de 0,5 mm de diamètre. Les colonies sont comptées et ramenées aux nombres de germes par ml en tenant compte de la dilution.

II.1.2.4 Dénombrement des germes aérobies mésophiles

- **Ensemencement**

Il est réalisé sur deux boîtes de pétri chaque une est ensemencée par 1 mL de lactosérum dilué l'une à 10^{-4} et l'autre à 10^{-5} ensuite on ajoute 13 mL de gélose à l'extrait de levure [Plate Count Agar (PCA)] préalablement refroidie et maintenue à 44 °C, puis homogénéiser le contenu (faire des mouvements circulaires en dessinant des 8 sur la paillasse), et enfin, laisser solidifier la culture.

- **Incubation**

Les boîtes de pétri sont incubées à 30 °C pendant 48 h.

- **Lecture**

Elle se fait par comptage des colonies pour chaque boîte de pétri.

II.1.2.5 Identification de clostridium sulfito-réducteur

- **Ensemencement**

Dans un tube contenant 5 mL de lactosérum préalablement pasteurisé au bain marie à 80 °C pendant 5 min (conditions favorables) un choc thermique à l'eau froide (conditions défavorables) est réalisé afin de détruire la forme végétative et l'activité des spores, puis 20 ml de gélose glucosé viande-foie est introduite, enfin, une quantité 2 mL de paraffine est ajoutée pour créer l'anaérobiose de la culture.

- **Incubation**

Le tube est incubé à 37 °C pendant 48 h.

- **Lecture**

Les Clostridiiums sulfito-réducteur apparaissent sous forme de grosses colonies noires.

II.1.2.6 Dénombrement des staphylocoques

- **Ensemencement**

Une quantité de 19 mL de Giolitti / Contoni (milieu pour l'analyse des produits laitiers) et 10 gouttes de solution stérile de tellurite de potassium (K_2O_3Te) à 1% dans 25 tubes stériles, puis 1 mL de lactosérum est inoculé après ensemencement et homogénéisation.

Une quantité de paraffine (2 a 3 cm de hauteur) est versée dans chaque tube pour crée l'anaérobiose de la culture.

- **Incubation**

Les tubes sont incubés à 37 °C pendant 24 h.

- **Lecture**

La culture de staphylocoques est indiquée par la formation d'un précipité noir ou le noircissement total du tube.

II.1.2.7 Dénombrement des salmonelles

- **Ensemencement**

- Un enrichissement sur milieu bouillon de sélénites de sodium cystine est effectué où, une quantité de 1 mL de lactosérum à analysé est introduite dans 10 mL de bouillon de sélénite après sa préparation.

- *Préparation du milieu* : une quantité de 250 mg de sélénite en poudre dans 250 g d'eau distillée, puis porter le milieu à ébullition sous agitation constante pendant 2 à 3 minutes, enfin vous pouvez répartir votre milieu en tubes ou flacons stériles.

- **Incubation**

Les tubes sont incubés à 37 °C pendant 24 h. ensuite, l'isolement sur milieu gélose pour salmonella shigella (gélose SS) est effectué où une colonie est prélevée puis ensemencée en stries sur la surface de la gélose SS.

- **Lecture**

Les salmonelles apparaissent incolores et transparentes avec des colonies de petite taille.

II.1.3. Obtention de la poudre de lactosérum

Dans cette étude l'obtention de la poudre de lactosérum a été réalisée par *lyophilisation* :

○ *Principe*

La lyophilisation consiste à extraire l'eau contenue dans les substances organiques ou minérales par interaction des techniques du vide et du froid. Le produit, préalablement congelé à basse température, est placé dans une enceinte sous vide. L'abaissement de la pression en dessous du point d'équilibre (*point triple*) sur la courbe de tension de vapeur de l'eau entraîne une sublimation de la glace, c'est-à-dire que l'eau à l'état de glace s'élimine sous forme de vapeur sans passer par l'état liquide. Un cycle de lyophilisation comporte plusieurs phases : la congélation du produit, la déshydratation.

○ *Manipulation*

❖ **Concentration** : vue la richesse du lactosérum en eau et dans le but de réduire la durée du séchage, une concentration du lactosérum est réalisée dans un évaporateur rotatif sous vide de type BUCHI *Rotavapor* R-215 à une température de 45 °C à 55 °C, une pression de 0,2 à 0,3 bar et à une rotation de 125 trs/min.

Après l'évaporation du maximum d'eau, une quantité de 10% (v/v) de lactosérum concentré est récupérée, puis conservée dans des flacons stériles à 4 °C.

❖ **Congélation** : un volume de 50 ml de lactosérum concentré est introduit dans des capsules en verre de 150 mL de façon à avoir une épaisseur identique et inférieure à 10 mm pour l'ensemble des échantillons; puis elles sont placées dans un congélateur pendant au moins 5 h, jusqu'à solidification totale du produit.

❖ **Lyophilisation** : les capsules sont placées dans l'enceinte d'un lyophilisateur de laboratoire type CHRIST ALPHA 1-2 LO, à une température de l'ordre de -60 °C et une pression très réduite de 10 à 10 mbar, la lyophilisation débute après activation de la pompe à vide, sa durée varie en fonction de l'épaisseur de l'échantillon, et elle se termine lorsque le niveau de vide est inférieur à 10 mbar, la poudre est récupérée dans des flacons stériles conservés à l'abri de la lumière et l'humidité.

II.2. Etude des pâtes alimentaires

Toutes les analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire central du moulin *AMOR BEN AMOR*, implanté à la zone industriel d'EL-Fedjoudj ; wilaya de Guelma (nord-est, Algérien).

Deux séries de paramètres ont été estimés

- *Paramètres relatifs aux caractéristiques de la semoule de blé dur.*
- *Paramètres relatifs aux caractéristiques de la pâte de blé dur (normale et enrichie).*

II.2.1. Paramètres relatifs aux caractéristiques de la semoule de blé dur

II.2.1.1. Granulométrie par tamisage

C'est l'étude de la distribution de la taille des particules, qui est une caractéristique fondamentale en relation directe avec toutes les opérations unitaires de broyage, de séparation, de mélange et de transfert mais aussi avec les phénomènes d'échange et de réactivité, qu'ils soient physiques (migration d'eau, séchage, solubilisation), chimiques (oxydation) ou enzymatique (digestion des aliments) (**Melcion, 2000**). Les principales techniques utilisées pour la détermination granulométrique sont le tamisage et la diffraction laser.

Le tamisage est la méthode la plus fréquente, la plus simple et la moins onéreuse, cette méthode est réalisée à l'aide d'un tamiseur ROTACHOC (CHOPIN Technologies, Villeneuve la Garenne-France) qui répond à la norme **AFNOR NF 03-721** pour la détermination du taux d'affleurement des semoules de blé dur "*Durum*" dans le but d'obtenir un classement granulométrique de la semoule.

○ *Principe*

Cet appareil est constitué d'une série de tamis en inox empilés les uns sur les autres, et qui est placée sur une plateforme directement reliée à l'axe du moteur. Cette plateforme donne alors un mouvement excentrique à l'ensemble des tamis, provoquant ainsi le passage du produit à travers des mailles des différents tamis (600 μm , 500 μm , 450 μm , 355 μm , 200 μm , 150 μm).

○ *Manipulation*

Une homogénéisation de l'échantillon à tamiser est une étape préalable et indispensable dans le but d'obtenir un échantillon représentatif, car un classement densimétrique peut se produire à l'intérieur de l'échantillon de semoule, ce classement se

manifeste par une sédimentation des fines particules dans le fond du sac et il est susceptible d'influencer les résultats du tamisage.

Un échantillon de 100 g de semoule extra fine (SSSE) est placé dans le tamis du haut de l'appareil qui est placé sur la plateforme du moteur dont les différents réglages sont effectués (vitesse de rotation = 180 trs/min, durée de tamisage = 7 min).

Une fois le tamisage est terminé, les différentes fractions sont récupérées et le retenue de chaque tamis est ensuite pesé individuellement.

II.2.1.2. Teneur en humidité

○ *Principe*

La mesure se fait par séchage à 130 °C par un humidimètre halogène (HG 63, Mettler Toledo, Suisse) selon le principe thermogravimétrique à pression atmosphérique. La perte de masse observée est équivalente à la quantité d'eau présente dans le produit (**I.T.C.F, 2001**).

○ *Manipulation*

Après avoir allumé l'humidimètre halogène, une quantité de 3 g de l'échantillon (semoule ou de pâte préalablement broyée à l'aide d'un broyeur de façon à disperser au contour pour assurer un séchage statique et homogène), est introduite dans un porte échantillon à une température de 130 °C.

La lecture des résultats qui sont affichés sur l'écran représente la quantité d'eau qui s'est évaporé.

II.2.1.3. Couleur de la semoule

Elle se caractérise par deux composantes : l'indice de jaune et l'indice de brun : dans tous les cas, plus l'indice de jaune est élevé et l'indice de brun est faible, meilleur est le résultat (**I.T.C.F, 2001**).

○ *Principe*

La couleur de la semoule est évaluée au moyen d'un colorimètre *Konica Minolta* modèle CR-410 (KONICA MINOLTA, Tokyo-Japon).

La couleur est évaluée en fonction de sa clarté ou luminance (L^*), de la chromaticité rouge-verte (a^*) et de la chromaticité jaune-bleu (b^*).

○ *Manipulation*

Le colorimètre **CR-410** avec sa très grande ouverture de 50 mm, convient à la mesure de la couleur réfléchiée et de la différence de couleur dans de nombreux secteurs industriels et

répond aux besoins de nombreuses applications : tous types d'ingrédients, d'aliments, de matières brutes, de produits finis, et d'applications pharmaceutiques et dermatologiques.

Une quantité de semoule dans un verre, avec une surface de la semoule régulière pour la rendre plane grâce à une petite baguette en plastic.

Une lecture des trois indices (L^* , a^* , b^*) est affichée sur l'écran du calculateur, elle est effectuée une seconde après le début de l'opération de mesure. Elle est exprimée par rapport au système de couleurs défini par la Commission internationale de l'éclairage (CIE) en 1976, avec :

- L'indice de clarté ou L^* : il varie de 0 « noir parfait » à 100 « blanc parfait ».
- L'indice de brun (pour la semoule), indice de rouge (pour les pâtes) ou a^* : la valeur 0 correspond à une couleur neutre.
- L'indice de jaune ou b^* : la valeur 0 correspond à une couleur neutre, plus l'indice est élevé en valeur absolue, plus la couleur est intense.

II.2.1.4. Indice de gluten

Le gluten est cette masse souple, élastique et extensible que l'on obtient après le mouillage d'une pâte sous un filet d'eau. On le perçoit quand on mastique des grains de blé. Il contribue fortement à assurer la stabilité ou la tenue d'une pâte ainsi qu'à la formation d'un réseau suffisamment bien tissé après pétrissage, pour retenir le gaz carbonique formé en cours de fermentation et permettre le développement du pain. Le réseau gluténique est composé de protéines insolubles : gliadines et gluténines. La qualité des gliadines influence l'extensibilité de la pâte, les gluténines lui donnent élasticité et ténacité.

○ *Principe*

Le gluten est obtenu par lixiviation d'une pâte et élimination des substances solubles (Amidon, protéines solubles) par lavage du mélange de mouture avec l'eau salée (2%) (Kalarasse, 2011). La totalité du gluten obtenu est *le gluten humide*.

La mesure des caractéristiques viscoélastiques du gluten est réalisée par centrifugation à travers une grille perforée, puis mesure du pourcentage du gluten index restant sur le tamis à la fin de l'opération. Plus le gluten est tenace et élastique plus la quantité de gluten passant à travers le tamis lors de la centrifugation est faible, et plus le *Gluten Index* est élevé.

Le gluten sec est obtenu après élimination de l'eau à l'aide du « *Glutork* ».

○ **Manipulation**

Pour des résultats fiables : l'utilisation d'eau distillée est préconisée, aussi, une solution de Chlorure de Sodium à 20 g/l préparé quotidiennement et utiliser à une température comprise entre 18 et 22 °C est fortement recommandée (Belkhiri et Yalaoui, 2011).

10 g de semoule est déposée dans la chambre de lavage du Glutomatic équipée d'un tamis grossier en polyester de 840 µm, puis imprégner de 4,8 ml de solution de Chlorure de Sodium (2%) à l'aide d'une pipette automatique.

Après 5 min de malaxage le gluten est délicatement récupéré. Concernant le gluten index, la boule de gluten est placée à l'intérieur de la cassette de centrifugation (vitesse = 6000 ± 5 trs/min).

Elle est ensuite retirée et peser pour avoir le gluten; le reste du gluten à l'intérieur de la filière est le gluten résiduel, son pourcentage représente *le gluten index*. Le gluten ayant traversé et le gluten résiduel constitue *le gluten humide*.

Le gluten sec représente le poids de la boule de gluten après séchage dans un Glutork 2020 (Perten Instruments, Paris-FRANCE) à une température égale à 150 °C.

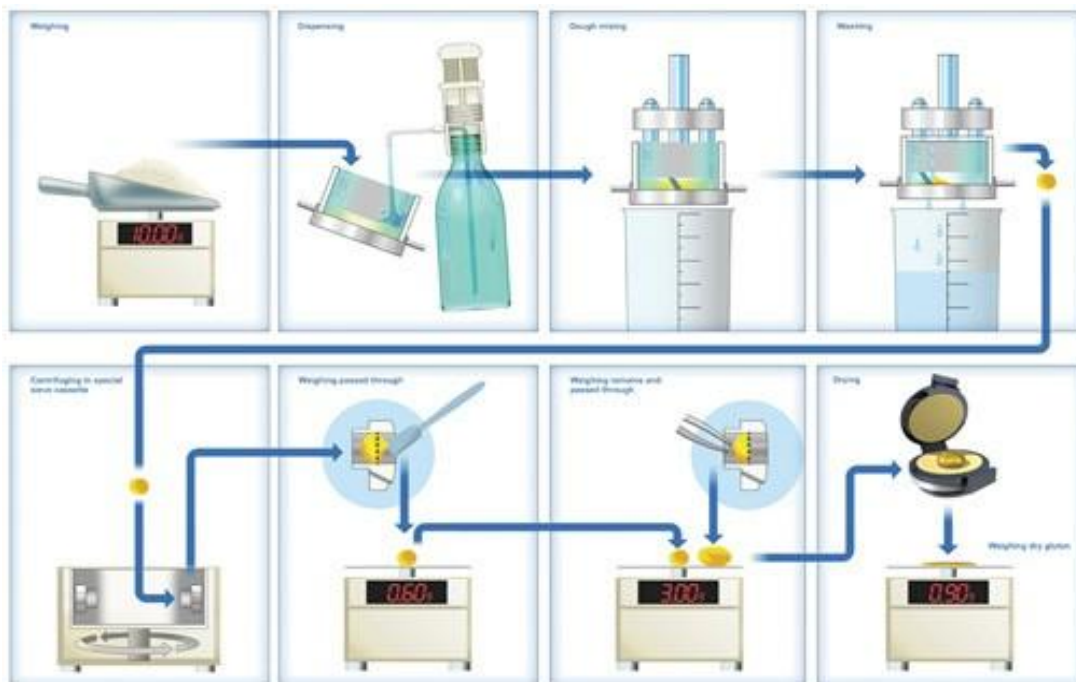


Figure II-2 : principe de la méthode gluten

○ *Expression des résultats*

Le gluten index est la quantité de gluten qui reste dans le tamis de la centrifugeuse par rapport au poids total du gluten humide.

Selon **Sakr (2007)** les résultats sont exprimés comme suit :

$$\text{Gluten humide (\%)} = \frac{(\text{Moyenne de la masse des 2 pâtons humides} \times 100)}{10}$$

$$\text{Gluten sec (\%)} = \frac{(\text{Moyenne des masses pâtons secs} \times 100)}{10}$$

$$\text{Indice de gluten (\%)} = \frac{(\text{Masse pâton humide} - \text{Masse gluten faible}) \times 100}{\text{Masse pâton humide}}$$

Le gluten faible = le gluten passant lors de la centrifugation.

II.2.1.5. La détermination du taux de cendres

Elle à un intérêt essentiellement réglementaire :

Elle permet de classer les farines et les semoules :

- Classement des farines selon les types définit par la réglementation.
- Classement de semoules de blé dur pour la fabrication des pâtes alimentaires (**I.T.C.F., 2001**).

○ *Principe*

Incinération d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydant à une température de 900 °C ± 25 jusqu'à combustion de la matière organique, ensuite le résidu obtenu est pesé (**Kalarasse., 2011**).

○ *Manipulation*

La méthode ISO 2170 : 180 - Céréales, légumes secs et produits dérivés permet de déterminer la teneur en cendres (**I.T.C.F, 2001**) :

➤ *La préparation des nacelles* : des coupelles en quartz sont chauffées dans un bain marie ; Elles sont ensuite réchauffées pendant 15 min dans un four à moufle (T = 900 °C ± 25).

Puis les nacelles sont refroidies à température ambiante dans un dessiccateur qui contient le gel de silice et qui absorbe l'humidité pendant 45 min.

➤ *Incinération* : une quantité de 5 g de l'échantillon est pesée, puis elle est humectée immédiatement avant la pré-incinération au moyen de 1 à 2 mL d'éthanol. Les coupelles sont

ensuite placées à l'intérieur du four ouvert, et préalablement chauffé à $900\text{ °C} \pm 25$ jusqu'à ce que la matière s'enflamme.

Aussitôt que la flamme est éteinte, le four est fermé pour suivre l'incinération pendant 1h 30 min à 2 h. A la fin de l'opération, les coupelles sont progressivement retirées du four, puis refroidies sur une plaque thermorésistante pendant une minute, puis dans un dessiccateur pendant 45 min. Enfin, le résidu obtenu dans les coupelles est pesé (**Kalarasse, 2011**).

○ *Expression des résultats*

Le poids est d'abord calculé en pourcentage de matière humide (%/MTQ) puis rapporté à la matière sèche (%/MS) selon les formules :

$$\text{Cendre (sur substance telle quelle)\%} = \frac{(b - a) \times 100}{M}$$

$$\text{Cendre (sur substance sèches)\%} = \frac{[(b - a) \times 100] \times 100}{M \times (100 - F)}$$

a = masse du creuset vide.

b = masse du creuset contenant les cendre.

M = masse de l'échantillon frais.

F = % humidité de l'échantillon.

II.2.2. Paramètre relatifs aux caractéristiques des pâtes alimentaires

II.2.2.1. Fabrication des pâtes alimentaires

Deux types de pâtes alimentaires de genre « *Rehta traditionnelle* » sont fabriquées, une pâte témoin (*non enrichie*) et une deuxième pâte (*enrichie en poudre du lactosérum*), le processus de fabrication est identique à celui réalisé au niveau de la chaîne de production du Moulin *Amor Ben Amor* dont la méthode est la suivante :

○ *Malaxage /hydratation*

- *Pâte témoin* : une quantité de 250 g de semoule est malaxée avec 100 mL d'eau dans un pétrin (KENWOOD), une pâte homogène, lisse et compacte est obtenue.

- *Pâte enrichie* : une quantité de 50 g de lactosérum en poudre est incorporée avec 200 g de semoule, puis mélangé à l'aide d'un fouet manuel jusqu'à l'homogénéisation du mélange, puis hydraté avec 100 mL d'eau dans un pétrin jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène, lisse et compacte.

- **Mise en forme**

La pâte est mise au repos pendant 20 min, découpée en petites boules, pétrie manuellement, ensuite étalée à l'aide d'un rouleau à pâtisserie.

Après à l'aide d'une machine à pâte, un laminage grossier (ouverture numéro 3) est appliqué sur chaque feuille de pâte. Après une pause de 10 min un deuxième passage dans un laminoir plus fin (ouverture numéro 5) a permis l'obtention de feuille de pâte fine. Les pâtes laminées sont ensuite découpées avec un emporte-pièce attaché au laminoir et par conséquent des pièces fines de la même longueur et de la même épaisseur sont obtenues.

- **Séchage**

Les pâtes obtenues sont étalées en couche sur un drap et laissées à température contrôlée de l'ordre de 25 ± 2 °C pendant 24 h dans une pièce aérée. Les échantillons sont ensuite stockés dans des sacs en plastique à l'abri de l'humidité et à température ambiante.

II.2.2.2. Appréciation de la qualité des pâtes

- ❖ **L'épaisseur de la pâte**

Permet de détecter les malformations et les irrégularités dans la fabrication, elle est mesurée à l'aide d'un pied à coulisse (appareil de mesure directe, entièrement en acier inoxydable).

- ❖ **Temps de cuisson**

- **Principe**

Les temps : minimal, optimal et maximal de cuisson correspondent respectivement à la durée à partir duquel l'amidon est gélatinisé, au temps nécessaire pour donner à la pâte la texture recherchée et au temps au delà duquel les produits se désintègrent dans l'eau de cuisson (**Frank et al., 2002 ; Abecassis, 2011**).

- **Manipulation**

La cuisson des pâtes est réalisée selon un protocole standardisé (**Abecassis et al., 1994 ; Frank et al., 2002 ; Petitot et al., 2009c ; méthode 166506 AACCC 1990 in NASEHI et al., 2009**). Un échantillon de 100 g de pâtes découpées en brins de 20 cm de long environ est plongé dans 1 litre d'eau distillée bouillie. A des intervalles de temps réguliers soit toutes les minutes, un brin est prélevé puis immédiatement écrasé entre deux plaques de plexiglas afin de visualiser la ligne blanche correspondant à l'amidon non gélatinisé. Le temps optimal de cuisson (TOC) correspond au temps à partir duquel la ligne blanche a totalement disparue (amidon complètement gélatinisé).

❖ **Gonflement (poids a la cuisson)**

○ **Principe**

Le gonflement renseigne sur la capacité d'absorption d'eau des pâtes cuites.

○ **Manipulation**

La procédure de préparation des échantillons pour la détermination de l'indice de gonflement est la même décrite dans la section de détermination du temps optimum de cuisson, ces échantillons sont ensuite drainés et égouttés a travers un passoire pendant 5 min (**Purnima et al., 2011**).

Selon **Petitot et al., (2010)**, le poids à la cuisson ou l'indice de gonflement (IG) est déterminé par la pesée des pâtes égouttées et calculé selon l'équation :

$$IG (\%MS) = \frac{\text{Masse de pâtes cuites} - \text{Masse de pâtes sèches}}{\text{Masse de pâtes sèches}} \times 100$$

Après broyage de 100 g de pâte (non enrichie et enrichie) a l'aide d'un broyeur, les mesures de l'humidité, de la couleur et des cendres ont été réalisées avec les mêmes modes opératoires cités précédemment (*cf.* partie : paramètres relatifs aux caractéristiques de la semoule du blé dur).

II.3. Plan statistique

Les résultats sont exprimés sous forme des moyennes \pm SD (*Standard Deviation* = Ecart type), ainsi ils sont calculés pour toutes les préparations et pour chaque critère. L'évolution ainsi que les différences entre les différents paramètres physico-chimiques font l'objet d'une analyse de variance (ANOVA) suivi d'une comparaison des moyennes (test de Dunnet, test Newman Keuls ou test de Tukey) quand les conditions de normalité et d'homogénéité des variances sont respectées (test de Kolmogorov-Smirnov), et le cas échéant d'une analyse de variance non paramétrique (Kruskal-Wallis) suivi du test de Mann-Whitney.

Les données ont été traitées grâce au logiciel Minitab [Minitab, Ltb., United Kingdom (Version 16)].

Le seuil minimum de significativité retenu est $p < 0,05$.

Résultats et discussion

III.1. Caractéristiques physico-chimiques du lactosérum brut

Les résultats des différentes analyses effectuées sur des échantillons de lactosérum doux issu de quatre fabrications sont regroupés dans la figure III-1.

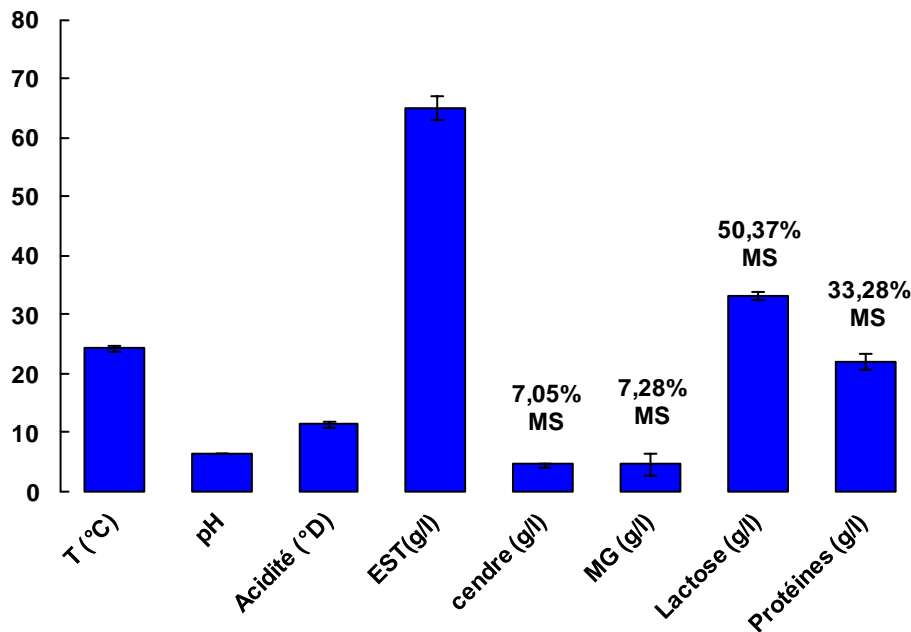


Figure III-1 : analyse physico-chimique du lactosérum brut, récupéré de l’atelier de fromagerie au niveau de l’unité d’Edough (Groupe Giplait, Annaba) (n= 4)

Le lactosérum obtenu lors de la fabrication du fromage de type camembert est doux et a une acidité moyenne de 11,5 °D équivalente à 0,115% (v/v) d’acide lactique, cette valeur est conforme à la norme du *codex alimentarius* (CODEX STAN, 212-1999) qui est inférieure à 0,35% (v/v) (calculée en tant qu’acide lactique), et un pH moyen de 6,49 conforme également à la norme du *codex alimentarius* (CODEX STAN, 212-1999) qui est supérieur à 5,1.

Les résultats obtenus montrent que la teneur en lactose est en moyenne égale à 50,97% de matière sèche, une teneur légèrement inférieure à celle de référence citée dans le *codex alimentarius* (CODEX STAN, 212-1999) qui est de 61%. Ce résultat est peut être dû à un temps de caillage non suffisant, et par conséquent une quantité de lactose qui reste dans le caillé.

La teneur en matière grasse de sérum doux représente 7,28% de matière sèche, c’est une teneur élevée par rapport à celle du *codex alimentarius* (CX/MMP 02/5, 2002), car la

teneur maximale en matière grasse est de 2%. Ce résultat est peu être du également à un caillage incomplet qui a engendré la retenue des particules de la matière grasse dans le lactosérum.

La teneur en protéines exprimée en % de matière sèche est de 33,88%, cette valeur est plus élevée par rapport au teneur donnée par **Casper *et al.*, (1998)** qui est de 8,95% (lactosérum doux provenant d'un lait de vache) ; et aussi celle citée dans le *codex alimentarius* (**CX/MMP 02/5, 2002**) qui égale à 11%. Cette différence est probablement due au processus suivi dans la fabrication du camembert (caillage incomplet et/ou la qualité de la présure).

La teneur en cendres est en moyenne de 7,05% de matière sèche, cette valeur est conforme à la norme de la teneur en cendres citée dans le *codex alimentarius* (**CODEX STAN, 212-1999**) avec une teneur maximale de 9,5%.

III.2. Caractéristiques bactériologiques du lactosérum brut

Les résultats des analyses bactériologiques du lactosérum sont les suivantes :

- Lecture sur milieu **gélosé au désoxycolate** : la recherche après incubation dans chaque boîte, a donné le résultat suivant, 2 colonies cela égale à 20 germes/ml, un résultat inférieur à la norme qui est de (< 25 germes/colonie) (**JORDP n°35, 1998**)
- Lecture sur milieu **a l'extrait de levure (Plate Count Agar PCA)** : absence de colonies des **germes aérobies mésophile** dans le lactosérum qui se traduit par aucun changement de couleur dans les boîtes.
- Lecture sur milieu **glucosé viande-foie** : absence de grosses colonies noires du *clostridium sulfito* réducteur qui se traduit par aucun changement de couleur dans les tubes.
- Lecture sur milieu **Chapman au mannitol**: absence de *Staphylococcus aureus* qui se traduit par aucun changement de couleur.
- Lecture sur milieu **Salmonella-Shigella SS**: absence des *salmonelles* qui se traduit par aucun changement de couleur dans les tubes.

Les résultats obtenus montrent que le lactosérum contient une flore totale assez réduite par rapport aux normes nationales et internationales :

- Ainsi les germes pathogènes: salmonelles, clostridium sulfito-réducteurs et staphylocoques sont absents.
- Le nombre inférieur des coliformes est conforme à la norme et l'absence des germes aérobies mésophiles totales nous renseigne sur la propreté et l'hygiène du lactosérum.

Le produit analysé est de qualité bactériologique satisfaisante (le seuil d'identification est 3×10^4), et ainsi il est déclaré propre selon l'arrêté du 24/01/1998 relatif aux spécifications microbiologique des denrées alimentaires (**JORADP, 1998**).

III.3. Obtention de la poudre de lactosérum

La concentration d'un volume de 1 litre de lactosérum brut a donné 100 mL de lactosérum concentré après évaporation de 90% d'eau.

La lyophilisation de 100 mL de lactosérum concentré a donné **83 g** de poudre de lactosérum avec un aspect similaire à la poudre de lait (homogène formé de petites particules, lisse, facile à hydrater et avec une odeur spéciale). Ces résultats sont en accord avec la littérature, où **Boudry *et al.*, (2012)** montrent que la production de 10 L de lait permet d'obtenir 1 kg de fromage et 9 L de lactosérum, soit 600 g de poudre de lactosérum.

III.4. Caractéristiques physico-chimiques de la semoule

Le tableau III.1 représente les résultats des analyses physico-chimiques de la matière première (SSSE) utilisée au niveau de l'usine ABA.

Résultats et discussion

Tableau III.1 : analyses physico-chimiques de la matière première (la semoule)

3 SE	Granulométrie (100 g - 7 min)								Couleurs			Humidité (%)	Taux de cendre (%)	Gluten (%)		
	RT 600 μm	RT 500 μm	RT 450 μm	RT 355 μm	RT 250 μm	RT 200 μm	RT 150 μm	Passant 150 μm	L*	a*	b*			Gluten humide	Gluten sec	Gluten index
P 1	0,00	0,15	0,75	14,75	35,17	26,87	19,60	3,50	83,34	-2,72	33,89	13,38	1,08	4,62	15,40	72,20
P 2	0,00	0,09	0,50	15,03	36,50	25,30	19,00	3,40	83,15	-2,81	34,02	13,26	1,09	4,60	15,65	77,80
P 3	0,00	0,10	0,61	14,90	35,89	26,23	19,40	2,80	83,26	-2,79	33,01	13,30	1,08	4,61	15,58	74,60
Mo	0,00	0,11	0,62	14,89	35,85	26,13	19,33	3,23	83,25	-2,77	33,64	13,31	1,08	4,61	36,26	74,87
SD	0,00	0,03	0,13	0,14	0,67	0,79	0,31	0,38	0,10	0,05	0,55	0,06	0,01	0,01	0,13	2,81

Les résultats sont exprimés en moyenne \pm SD (*Standard Deviation* = Ecart-type). P1 : Préparation.

Trois prélèvements répartis sur la période de l'expérimentation ont été effectués, et cinq paramètres ont été analysés :

- La granulation : la taille de la semoule 3SE est supérieure à 250 μm dans plus de 51% (m/m) de l'échantillon analysé.

Aussi, et comme le montre les résultats dans le tableau ci-dessus, il ressort que la proportion des particules la plus importantes des échantillons étudiés se situe dans le refus de tamis de taille 250 μm avec une quantité en moyenne de $35,853 \pm 0,665\%$ de semoule et le reste de la quantité est répartie dans les RT 355, RT 200, RT 150 avec un taux équivalent à $14,893 \pm 0,140\%$; $26,133 \pm 0,789\%$; $19,333 \pm 0,305\%$ respectivement.

L'ensemble des proportions qui se situent dans l'intervalle [200-355] est de 76,87%, ce taux est conforme aux normes nationales (**JORADP, 2007**) (**JORADP, 1997**), et internationales (**CODEX STAN, 178-1991**).

Dans le même sens, la semoule utilisée pour la fabrication de notre pâte alimentaire se caractérise par une granulométrie comprise dans le même intervalle défini par **Abecassis, (1993)** qui recommande l'utilisation d'une semoule dont la taille admise ne doit pas dépasser le seuil de 350 μm . C'est dans cette proportion que les fabricants souhaitent recevoir leurs produits de plus en plus fin ce qui permettrait d'augmenter le débit des presses, de réduire la durée de malaxage tout en produisant des produits plus homogènes, plus lisses, sans grosses piqures apparentes ni points blancs, sans aucune altération ni pour la couleur ni pour la qualité culinaire (**Abecassis, 1991**).

- La coloration des pâtes avec la mesure des trois indices (clarté, jaune et brun) montre que ces derniers varient entre (83 à 83,5/ -2,7a -2,8/ et 33 à 34) respectivement.

Les résultats montrent que l'indice de clarté $L^* = 83,25 \pm 0,09$ qui est proche au blanc parfait (100) qui signifie que c'est une semoule claire, l'indice de jaune $b^* = 33,64 \pm 0,54$, cette valeur est supérieure à la couleur neutre (0) donc l'indice est élevé et assure une couleur jaune intense à la semoule, ce qui confère aux pâtes une aptitude à répondre aux exigences du consommateur, quant à l'indice de brun $a^* = -2,77 \pm 0,04$, ce résultat est inférieur à la couleur neutre (0) et il indique que la semoule est moins sombre.

Il faut savoir que la valeur de l'indice de jaune est associée avec celle de l'indice de brun et de clarté, si l'indice de jaune augmente une augmentation de l'indice de clarté est enregistrée avec un abaissement de l'indice de brun.

- *Concernant le taux d'humidité*, la semoule de blé dur utilisée pour la fabrication des pâtes représente une humidité en moyenne de $13,31 \pm 0,06\%$ de matière sèche. Cette dernière se situe dans l'intervalle rapporté par de nombreux auteurs, qui notent que le taux d'humidité variant entre 10% et 13,10% de matière sèche (**Feinberg et al., 1991 ; Souci et al., 1994**), et dans le même sens, ce résultats répond aux normes nationales (**JORADP, 1997**) et internationales (**CODEX STAN, 178-1991**).

En effet, selon **Kiger et Kiger, (1967)** l'humidité est très variable, elle dépend à la fois de la saison et de la quantité d'eau ajoutée au blé avant mouture. Selon **Gélinas et al., (1998)**, une semoule commence à se dégrader après une période de stockage d'un mois, pour une teneur en humidité de 15%, la teneur en eau procure une bonne conservation de la semoule ce qui permet une Date Limite de Conservation (DLC) égale à deux ans.

- *Le taux de cendres* : la teneur en cendres de la semoule utilisée dans le cadre de notre étude est en moyenne de $1,083 \pm 0,005\%$, elle se situe dans l'intervalle des semoules de qualité supérieure ($< 1.1\%$ de matière sèche) donné par **Bar, (1995)**. Aussi, ce résultat repend aux normes nationales (**JORAD, 1997**) internationales du *Codex Alimentarius*, où la limite maximale de cendres d'une semoule de blé dur est égale à 1.3% sur la base d'une matière sèche (**CODEX STAN, 178-1991**).

- *Le gluten index* : les résultats présentés dans le tableau ci-dessus montrent que les teneurs en gluten humide sont en moyenne $46,1 \pm 0,1\%$, ce qui est en accord avec la littérature, d'après **Gresel, (1999)**, les semoules qui présentent un gluten humide supérieur à 26%, seront orientées vers la panification spéciale. **Ugrinovits et al., (2004)**, ont décrit la force des semoules selon leurs gluten humide, les semoules usuelles ont des teneurs de l'ordre de 27% à 37%, les semoules provenant de blé très fort peuvent présenter des teneurs allant jusqu'à 45%, alors que des pourcentages inférieurs à 25% signalent une semoule faible.

Quant au gluten sec, sa valeur est en moyenne de $15,54 \pm 0,12\%$, d'après **Landi, (1993)**, le blé ayant une teneur en gluten sec supérieure à 12% serait d'une bonne qualité.

La moyenne des teneurs du gluten index est de $74,86 \pm 2,80\%$ (**Cubadda et al., 1992 ; Pena et al., 1999**). La valeur du gluten index détermine la force du blé dur, celle-ci est liée à la qualité des glutenines. Pour **Balla et al., (1999)**, les faibles valeurs de gluten index s'explique par le fait que l'ensemble des protéines ne forment pas une masse viscoélastique lors de l'extraction au glutomatic. **Bar, (2005)**, explique que les semoules qui présentent un

gluten index inférieur à 50% ont un gluten extensible. Les valeurs proches de 100 donnent un gluten élastique, tandis qu'un gluten équilibré se situe entre 60 et 80%.

D'une manière générale, les teneurs en gluten sec sont liées à des teneurs en protéines, le gluten humide est lié au gluten index, ces résultats sont en accord avec les données de la littérature citée par **Pena *et al.*, (1999) ; Dexter et Marchylo, (2000)**.

III.5. Caractéristiques physico-chimiques des pâtes alimentaires

Les résultats des paramètres relatifs aux caractéristiques physico-chimiques des deux types de pâtes alimentaires réalisées : une pâte non enrichie qui sert de témoin et une pâte enrichie à 20% de lactosérum en poudre sont présentés dans le tableau suivant :

Résultats et discussion

Tableau III-2 : analyses physico-chimiques et culinaires des pâtes alimentaires (enrichie vs non enrichie)

		Aspect de produit	Epaisseur (mm)	Humidité (%)	Couleurs			Taux de cendre (%)	Test de cuisson		
					L*	a*	b*		Temps de cuisson (s)	Consistance de pâte	Indice de gonflement
Pâte non enrichie	P 1	Homogène	0,83	11,87	77,47	-0,89	30,81	1,052	210	Non collante	133
	P 2		0,84	11,8	78,13	-0,94	30,25	1,050	212	Légèrement collante	130
	P 3		0,8	11,85	77,92	-0,92	30,56	1,059	211	Non collante	132
	<i>Moy</i>		<i>0,82</i>	<i>11,84</i>	<i>77,84</i>	<i>-0,92</i>	<i>30,54</i>	<i>1,05</i>	<i>211</i>		<i>131,666</i>
	<i>SD</i>		<i>0,02</i>	<i>0,04</i>	<i>0,34</i>	<i>0,03</i>	<i>0,28</i>	<i>0,0047</i>	<i>1</i>		<i>1,527</i>
Pâte enrichie	P 1	Homogène	1,23	10,73	85,57	-1,82	22,24	1,773	230	Légèrement collante	125
	P 2		1,08	10,72	78,28	-1,93	22,56	1,770	228	Non collante	123
	P 3		1,29	10,69	77,91	-1,9	22,87	1,778	230	Légèrement collante	124
	<i>Moy</i>		<i>1,2 *</i>	<i>10,71 *</i>	<i>80,59</i>	<i>-1,88 *</i>	<i>22,56 *</i>	<i>1,773 *</i>	<i>229,33 *</i>		<i>124 *</i>
	<i>SD</i>		<i>0,11</i>	<i>0,02</i>	<i>4,32</i>	<i>0,06</i>	<i>0,32</i>	<i>0,0040</i>	<i>1,15</i>		<i>1,000</i>

Les résultats sont exprimés en moyenne \pm SD. * indique une différence significative entre les deux groupes (*One-way* ANOVA, $p < 0,05$).

D'après les observations du tableau au dessus, nous constatons qu'il y'a un effet significatif ($p < 0,05$) de l'incorporation de la poudre de lactosérum sur la qualité des pâtes alimentaires.

- L'aspect des deux pâtes est homogène, lisse et rigide, donc l'incorporation de la poudre de lactosérum n'affecte pas l'aspect de la pâte, l'absence des piqûres blanches et des gerçures dans nos pâtes fabriquées a été aussi constatée, cela reflète une bonne méthode de fabrication (bonnes conditions d'hydratation et bonne qualité de séchage). Ces observations sont en accord avec les constatations faites par **Feillet *et al.*, (1996)**, qui décrit la présence de gerçure uniquement dans les pâtes industrielles séchées dans les séchoirs à différentes températures.

- L'épaisseur enregistrée pour les pâtes enrichies avec 20% de poudre de lactosérum est de $1,2 \pm 0,11$ mm contre $0,82 \pm 0,02$ mm dans le cas des pâtes témoin, par conséquent les pâtes additionnées de lactosérum se caractérisent par une épaisseur significativement plus élevée ($p < 0,05$) que celles non supplémentées et fabriquées selon le même diagramme.

- Les résultats, montrés dans le tableau III.2, révèlent que le taux d'humidité de la pâte enrichie est de $10,71 \pm 0,02\%$ contre celui de la pâte témoin qui est de $11,84 \pm 0,04\%$, cette différence significative ($p < 0,05$) est due a l'absorption d'eau par la poudre de lactosérum ce qui diminue l'humidité de la pâte enrichie.

Aussi, ces valeurs sont conforme à la réglementation nationale et internationale, ce qui leurs assure une durée limite de conservation de 2 ans (Humidité $< 12,5\%$ → Date Limite de Conservation (DLC) = 2 ans).

Les résultats au test de couleur des deux pâtes sont exprimés par les valeurs des indices (L^* , a^* , b^*) qui sont respectivement en moyenne ($80,59 \pm 4,32$; $-1,88 \pm 0,06$; $22,56 \pm 0,32$) pour la pâtes enrichie au lactosérum, et de ($77,84 \pm 0,34$; $-0,92 \pm 0,03$; $30,54 \pm 0,28$) pour le cas de la pâte témoin, une différence significative ($p < 0,05$) dans les indices (a^* et b^*) est enregistrée, ce qui confère une couleur jaune claire à la pâte enrichie. Cette dernière à un indice de b^* (indice de jaune = intensité) plus supérieur à celui de la pâte non enrichie, cela est peut être due au traces de lipides présentes dans la poudre de lactosérum. Pour l'indice de rouge (a^*) où il est plus proche de zéro dans la pâte non enrichie, cela peu être due au lactose présent dans le lactosérum, qui peu provoqué une réaction de Maillard, et par conséquent engendré un changement de couleur **Nooshkam et Madadlou, (2016)**.

Aussi, dans la littérature, nous avons su que la couleur est le premier paramètre perçue par le consommateur qui décide de la perception générale du produit. La couleur jaune des pâtes alimentaires est l'un des attributs le plus souhaitable (**Petitot et al., 2010**), les indices L* et b* sont considérés comme les plus importants pour la couleur (**Rayas-Duarte et al., 1996**).

Dans cette étude, les valeurs L* et b* sont les plus élevées, elles contribuent au couleur jaune des pâtes alimentaires, cela est due à la quantité de pigment des caroténoïdes et aux réactions enzymatiques dans la semoule (**Acquistucci, 2000**).

- Les taux de cendres enregistré dans le tableau montrent une différence significative ($p < 0,05$) entre la pâte témoin qui est en moyenne de $1,05 \pm 0,0047\%$ et la pâte additionné de poudre de lactosérum qui a une moyenne de $1,77 \pm 0,0040\%$, cette différence est due a la richesse de la poudre de lactosérum en minéraux, ce qui a augmenté le taux de cendre de la pate enrichie.

- Lors de l'écrasement des pâtes fabriquées entre deux plaques en verre, il ya apparition d'une ligne blanche épaisse dans les deux ou trois premières minutes qui suivent la cuisson. Passé ce temps, cette ligne blanche disparaît progressivement et ce en fonction du temps écoulé après chaque minute, jusqu'à disparition totale. Ce moment correspond au *temps optimal de cuisson* qui se traduit par la gélatinisation de l'amidon, ce temps pour la pâte enrichie est en moyenne de 3 min 49 s et significativement ($p < 0,05$) plus élevé que celui de la pâte témoin, qui est de 3 min 31 s. Cette augmentation est provoquée par une lente gélatinisation de l'amidon.

- L'analyse de variance fait ressortir qu'il existe une différence significative relative à l'indice de gonflement entre les pâtes enrichies avec du lactosérum ($124 \pm 1\%$) comparativement à celles non enrichie et préparées selon le même diagramme élaboré ($131,666 \pm 1,527$). Il faut savoir que l'absorption d'eau se fait par le réseau protéique ainsi que par les granules d'amidon (**Abecassis et al., 1994 ; Feillet, 2000 ; Petitot et al., 2009c ; Petitot et al., 2010**). Le faible niveau de ce paramètre pourrait s'expliquer par la diminution de la teneur en amidon après ajout du lactosérum (**Lucisano et al., 2008 ; Chillo et al., 2008**).

La chaleur semble avoir aussi un effet très important sur la structure des protéines. Elle pourrait entrainer en effet leur dénaturation dont les molécules tendent à se dérouler et rendent les groupements fonctionnels exposés vers la surface extérieure en ayant agit sur l'augmentation de la surface hydrophobe des protéines, ce qui diminue par conséquent sa capacité à fixer l'eau (**Bergman et al., 1994**). Des résultats similaires sont enregistrés par **Pinarli et al., (2004)** sur des macaronis additionnés de germe de blé brut.

- Estimation de taux des protéines :

Un premier essai pour le dosage des protéines dans les pâtes (non enrichies et celles enrichies au lactosérum) a été réalisé dans un laboratoire privé grâce à un automate. Cependant ce test n'a pas donné les résultats escomptés à cause d'un problème de calibration, notre pâte enrichie contient des protéines du lait, alors que l'appareillage n'a qu'une calibration relative aux protéines de blé (gliadine-gluténine-albumine).

Pour les pâtes non enrichies, le taux de protéines est égale à **13 g/100 g** des pâtes.

Nous avons essayé d'estimer le taux des protéines dans notre pâte enrichie :

Taux de protéines dans le lactosérum brut = **22,1 g/L**.

Après la lyophilisation, la $[C_{\text{protéines}}] = 22,1 \text{ g}$ pour **83 g** de poudre de lactosérum.

Pour une quantité de **50 g** de poudre de lactosérum, on à **13,31 g** de protéines.

Notre pâte enrichie contient **20%** de lactosérum, soit $13,31 \text{ g} \times 4 = 53,25 \text{ g/Kg}$ de pâte

Estimation de taux de protéines (g/1000 g)

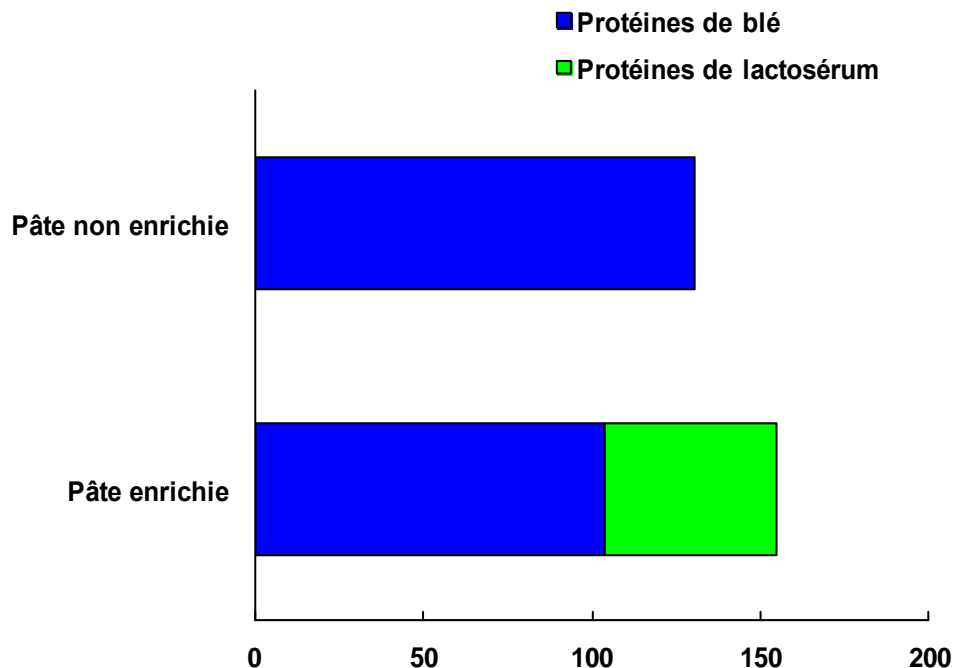


Figure III-2 : estimation de taux des protéines (pâte enrichie vs pâte non enrichie)

Conclusion

Le but de cette étude consiste d'incorporer le lactosérum lyophilisé dans la fabrication des pâtes alimentaires et la détermination de l'impact de l'enrichissement sur la faisabilité technologique et les propriétés culinaires du produit fini.

Les analyses physico-chimiques du lactosérum nous ont permis de montrer que c'est un produit à valeur nutritionnelle élevée.

Le rejet dans la nature de ce produit représente donc une perte très importante en éléments nutritifs du lait et une pollution redoutable pour l'environnement.

La caractérisation biochimique des pâtes enrichies a permis essentiellement de faire ressortir que l'enrichissement de notre formule à 20% en poudre de lactosérum offre une majoration en protéines d'origine animale des pâtes alimentaire

Concernant le taux de cendres, une différence significative ($p < 0,05$) a été enregistrée entre la pâte témoin et la pâte enrichie, cette différence est due à la richesse de la poudre de lactosérum en minéraux, ce qui a augmenté le taux de cendres des pâtes enrichies.

Les pâtes enrichies se caractérisent par un temps de cuisson significativement plus élevé que celles non supplémentées avec du lactosérum ($p < 0,05$).

L'analyse de variance fait ressortir qu'il existe une différence significative relative à l'indice de gonflement entre les pâtes enrichies comparativement à celles non enrichies.

Nous avons pu valoriser le lactosérum en l'introduisant avec succès dans notre formule.

Références bibliographiques

A

Abecassis J. (1991). La mouture de blé dur. In GODON B. Biotransformation des produits céréaliers. APRIA/INRA. Lavoisier Tec & Doc. Paris, P : 221.

Abecassis J. (1993). Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés. Industries des céréales, (81), PP : 25-37.

Abecassis J., Abbou R., Chaurand M., Morel M.H., Vernoux P. (1994). Influence of extrusion conditions on extrusion speed, temperature and pressure in the extruder and on pasta quality. Cereal chemistry, 71 (3), PP : 247-253.

Abecassis J. (2011). Innovations pour améliorer la qualité des productions et des produits céréaliers. UMR-IATE Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes INRA, CIRAD, SUPAGRO, UM II Montpellier, France.

Acquistucci, R. (2000). Influence of Maillard reactions on protein modification and color development in pasta: comparison of different drying conditions. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie 33, PP: 48-52.

B

Bar. (1995). Contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux. Guide pratique. ITCF. Paris, P : 253.

Belkhir L. et Yalaoui N.(2011) : Etude de quelques caractères technologiques de blé dur (*Triticum durum* Desf), mémoire de master, Opinion : Qualité des produits et sécurité alimentaire, Deprt. Biologie. Univ 08 Mai 1945 .Guelma. P : 47-48.

Bergel D., Féron A. Mollica. (2004). CRÉSO – UNIVERSITÉ DE CAEN ESO - UMR 6590 CNRS N° 21,

Bergman C.J., Gualberto D.G., Weber C.W. (1994). Development of a high Temperature-dried soft wheat pasta supplemented with cowpea: cooking quality color and sensory evaluation. Cereal chem ,71 (6) P: 523-7.

Boudrier J.F., Luquet. (1980). Utilisation des lactosérums en alimentation humaine et animale. Apria N°21, P: 136.

C

Casper J.L., Wen Dorff W.L., Thomas D.L., (1998). seasonal changes in protein composition Of whey from commercial manufacture of caprine and ovine specialty cheeses journal of dairy science. Vol :81, n°12, PP : 3117-3122.

Chillo S., Laverse J., Falcone P.M., Protopapa A., Del Nobile M.A.(2008). Influence of the addition of buckwheat flour and durum wheat bran on spaghetti quality. Journal of science, 47 (2), PP: 144-152.

Commission du codex alimentarius, (1995) : codex standard 289, précédemment codex standard A-15-1995. Adopté en 1995. Revision 2003. Amendé en 2006,2010. Norme codex pour les poudres de lactosérum. FAO/OMS. 1,2.

Commission du codex alimentarius, (2002) : Comité du codex sur le lait et les produits laitiers, Avant projet de revision de la norme sur la poudre de lactosérum. FAO/OMS. 1,2.

Cubadda, R. E., Carcea, M., Marconi, E., & Trivisonno, M. C. (2007). Influence of gluten proteins and drying temperature on the cooking of durum wheat pasta. *Cereal Chemistry*, 84(1) PP: 48-55.

Chaput M. (1979). Le lactose, extraction, hydrolyse et déminéralisation du lactosérum. *Revue laitière française*, N° 372, PP : 23- 27.

Cheryan M. (1998). Ultrafiltration and microfiltration handbook, thechnomic publishing company. Lancaster, PA.

D

De La fuente M.A., Hemar Y., Tamehana M., Munro P.A., Singh H. (2002). Process induced change in whey proteins during the manufacture of whey protein concentrates .*International dairy journal*, 12. PP: 361-369.

De Witt J.N. (2001). Manuel de l'Enseignant sur le Lactosérum et les Produits de Lactosérum, 1^e édn., European Whey Products Association, Bruxelles, Belgique.

Dexter, J.E. et Marchylo, B.A. (2000). Recent trends in durum wheat milling and pasta processing: Impact on durum wheat quality requirements. in: Proc P:77-101. **International workshop on durum wheat, semolina and pasta quality: Recent achievements and new trends, (27 novembre 2000)**. Montpellier, France, Pierre Feillet, éd: Institut National de la Recherche, Montpellier, France.

Duranti M. (2006). Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*, 77 (2). PP:67-82.

F

FAO, (1995). Review of the State of World Fishery Resources: Inland Capture Fisheries. FAO, Rome. FAO Fisheries Circular No. PP: 885-63.

FAO, (1995). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine,Vol 28,Col FAO, alimentation et nutrition. P: 271.

Feillet P., Dexter J.E. (1996). Quality requirements of durum wheat for semolina milling and pasta production. In: Kruger J.E., Mastuo R.R., Dick J.W. *Pasta and Noodle Technology*, éd: AACC, St Paul, Minnesota, PP: 95-131.

Feillet P. (2000). Le grain de blé, composition et utilisation. Institut national de la recherche agronomique, INRA, Paris, P: 308.

Feinberg M., Favier J.C., Irland-Ripert J. (1991) .Répertoire général des aliments. INRA/Cuiqual-Régál/Lavoisier. Tec et Doc. Paris, P : 281.

Frank A., Manthey L. S, Anton L.S. (2002). Physical and Cooking Quality of Spaghetti Made from Whole Wheat Durum. America Association of Cereal Chemists, Inc: C- 0604-01R.

G

Godon B., Willm C. (1991). Les industries de première transformation des céréales. Technique et Documentation-Lavoisier.

Gonzfilez Siso M.I. (1996). The biotechnological utilization of cheese whey: a Review. Bioresource Technology, 57(1) PP: 1-11.

Gressel J. (1999). Tandem constructs: preventing the rise of superweeds. Trends Biotechnol, 17 .P :361-6.

Goursaud J. (1986). Biotransformation du lactose. I.A.A, N°5, PP : 349-357.

I

I.T.C.F ; (2001). (institut technique des céréales et de fourrages),2011 : Contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux, Lavoisier,France : 268 p.

J

Jan Hennop. (7 novembre 2014). Agence France-Pressé a la haye, pays bas Alimentation.

JORADP. (1997). Journal Officiel De La République Algérienne Démocratique Et Populaire. Spécifications techniques des semoules de blé dur et aux conditions et modalités de leur étiquetage.

JORADP. (24 janvier 1998). Journal Officiel De La République Algérienne Démocratique- Et Populaire relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires N°35.

JORADP. (27 mai 1998). Journal Officiel De La République Algérienne Démocratique Et Populaire. Microbiologie N° 35.

JORADP. (25 juillet 2007). Journal Officiel De La République Algérienne Démocratique Et Populaire N°47.

K

Kadri A. (1985). Le lactose hydrolysé alésienne ou serpent de mer. Revue laitière FR, N°437, PP : 43- 48.

Kalarasse, A. (2011). Manuel sur les méthodes d'analyse selon les méthodes de référence. Groupe Benamor. Entreprise de l'industrie alimentaire céréales et dérivés. El Fedjouj-Guelma.

Kiger J.L., Kiger J.G. (1967). Techniques modernes de biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industrielle et artisanale et les produits de régime. éd : duno. Paris, P : 676.

L

Laplanche J., Ducognon V., Trevisan D. (2006). Traitement du lactosérum par filtration sur compostensemencé de vers, épuration of lactosérum in a compost filter with Worms, syndicat des apagistes, fruit communs et vendeur direct de savoie. Maison de l'agriculture- saut baldoph. PP: 73-90

Lairon D., Lafont H., Léonardi J., Hauton J.C., Ribaud P.(1982). Comparaison de l'intérêt nutritif de légumes produits par l'agriculture conventionnelle ou biologique. Sci. Aliments 2(HS II), PP: 203-205.

Landi, P And Frascaroli E.(1993). Responses to 4 cycles of full-sib family recurrent selection in an F2 maize population. Maydica 38(1). PP:31-37

Lorient D. (1998). Modification biochimiques des constituants alimentaires .Techniques de l'ingénieur, traité agro-alimentaire, F 3400, PP : 1-20.

Lucisano M., Pagani M. A., Mariotti M., Locatelli D. P. (2008). Influence of die material on pasta characteristics. Food Research International: 41 (6) PP: 646-652.

Luquet et Francois M. (1990). Lait et les produits laitiers, vaches, brebis, chèvre. Tome II. Techniques et documentations-Lavoisier, P: 621.

M

Madureira, Pereira, Gomes, Pintado, Xavier Malcata. (2007). Article Rheological, textural and microstructural features of probiotic whey cheeses

Melcion J.P. (2000). La granulométrie de l'aliment : principe, mesure et obtention. INRA Prod.Anim.Paris.vol.13, n° 2. PP : 81-89.

Mereo M. (1971). Les utilisations industrielles du sérum de fromagerie. Ind, agro-alim, PP: 817-823.

Moletta Rene. Gestion des problèmes environnementaux des IAA. Pais: Tech et Doc, xx. P: 600.

Morr C.V., Hae Y. (1993). Whey proteine concentrates and isolates: processing and fonctionnal properties. Critical reviews in food science and nutrition, 33(6). PP: 431-476.

Muller A., Chaufer B., Merin U., Daufin G. (2003). Purification of α -lactalbumin from a prepurified acid whey: Ultrafiltration or precipitation.

N

Nasehi B., Mortazavi S.A., Razavi S.M.A., Nasiri Mahallati M., Karim R. (2009). Optimization of the extrusion conditions and formulation of spaghetti enriched with full-fat soy flour based on the cooking and color quality. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, Informa UK Ltd 60 (S4). PP: 205-214.

Nooshkam M., Madadlou A. (2016). Microwave-assisted isomerisation of lactose to lactulose and Maillard conjugation of lactulose and lactose with whey proteins and peptides. *Food Chemistry*. 200. PP 1-9.

P

Patel R.S., Reuter H. (1996). Effect of sodium, calcium and phosphate on properties of rennet coagulated milk. *Lebensmittel Wissenschaft Technol.*, 19(4). P: 288.

Pena MM, Lee J, Thiele DJ., 1999 A delicate balance: homeostatic control of copper uptake and distribution. *J Nutr* 129(7):1251-60.

Petitot M., Abecassis J., Micard V.(2009). Structuring of pasta components during processing: impact on starch and protein digestibility and allergenicity. *Food Science technology*, 20. PP:521-532.

Petitot M., Boyer L., Minier C., Micard. (2010). Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. *Food Research International*, 43.PP : 634-64.

Purnima C., Ramasarma P.R., Prabhasankar P. (2011). Studies on effect of additives on protein profile, microstructure and quality characteristics of pasta. *Association of Food Scientists & Technologists*.

R

Racotta(V), Bourges H., Navarrete A., And Zuckerman J., (1977). Nutritional Properties of whey proteins and tortilla Supplemented with them 174th ACS national Meeting; American chemical Society Division of agricultural and Food Chemistry, Chicago, Illinois. 29-8, 4-9 et *Rev. Technol, Aliment. Mex.* (en parution 1978)

Rayas-Duarte, P., Mock, C. M. and Satterlee, L. D. (1996). Quality of spaghetti containing buckwheat, amaranth, and lupin flours. *Cereal Chemistry* 73(3):381-387.

Roger L., Thapon J.L., Maubois J.L., Brule G. (1976). Hydrolyse du lactose contenue dans l'ultra-filtrat du lait ou du lactosérum en réacteur enzymatique a membrane. Revue générale le lait , N°551-552 . PP : 56-75.

Ryder D.N (1988). Hydrolysis of lactose in whey products. Bult of I.D.F, N°233, PP : 45-52.

S

Sakr N. (2007). Comparaison de la qualité des blés Libanais a celle des variétés importées de l'étranger et destinées A la préparation du pain libanais ; Lebanese Science Journal, Vol. 8 , N° 2,200. PP: 90-91.

Sayad L., Kherici-Bousnoubra H., Drouiche N., Houhamdi M., Kherici N. (2014). Calculation and interpretation of effluent discharge objectives of dairy industry: Case Edough's dairy – Annaba (Algeria) 2.

Shang T.Y., Hui Z., Ying L.(1994). Continuous propionate production from whey permeates using a novel fibrous bed bioreactor. Biotechnology and Bioengineering, 43(11) PP: 1124-1130.

SISSONS M., (2008). Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. Food 2 (2), PP: 75- 90, Global Science Books.

Smithers G.W. (2004). Isolation of growth factors from whey and their application in the food and biotechnology industries-a brief review. Bulletin of the International Dairy Federation, 389, PP: 16–19.

Sottiez., (1990). Produit dérivés des fabrications fromagères, lait et produit laitier, tom 2. Ed, lavoisier paris, PP : 357-392.

Sottiez P., (1975) Produits dérivés des fabrications fromagères, in: Luquet F.M. (Ed.), Lait et Produits Laitiers, Vol. 2, Tec. et Doc.,Lavoisier, Paris, France, PP: 357–392.

Souci S.W., Fachmann W., Kraut H. (1994). La composition des aliments : Tableaux des valeurs nutritives. Medpharm Scientific Publishers, 5ème edition. Stuttgart. Germany 1091p.

Schuck P., Bouhallab S., Durupt D., Vareille P., Humbert J.P.,Marin M. (2004). Séchage des lactosérums et dérivés : rôle du lactose et de la dynamique de l'eau.

T

Tango M. S. A., Ghaly A. E., (1999). Amelioration of lactic acid production from cheese whey using micro-aeration. Biomass and bioenergy, 17, 3, PP : 221 - 238.

Thormann M., Stalder U. (2004).Manuel suisse des denrées alimentaires in Céréales, produits de l'industrie meunière, pré-mélanges pour four, mélanges de farine, farines Instantanées, édition MSDA, Chapitre 14, P: 40.

Tremoliere J., Serviles Y., Jacqot R., (1984). Manuel d'alimentation humaine tome 2, les aliments, 9^{ème} édition,. E.D.E.S.F. Paris, P: 540.

Turnbull K., (2001). Quality assurance in a dry pasta factory. In: KILL R.C, TURNBULL K (Ed) Pasta and Semolina Technology, Blackwell Scientific, Oxtord, PP: 181-221.

U

Ugrinovits M., Arrigoni E., Dossenbach A. Häberli G. Hanich H., Rychener M., Thormann M., Stalder U. (2004). Manuel suisse des denrées alimentaires in Céréales, produits de l'industrie meunière, pré-mélanges pour four, mélanges de farine, farines Instantanées, édition MSDA, chapitre 14, P: 40.

V

Violleau V. (1999). Valorisation du lactosérum par électrodialyse, Thèse de doctorat. Montpellier.

Visser R.A, Nan Den Bos M.J., Ferguson W.P. (1988). Lactose and its chemical derivatives, bullets of I.D.F, N°233, PP: 33-44.

Vrignaud Y. (1983). Valorisations du lactosérum, une longue histoire. Revue laitière française N°422, PP : 41-46.

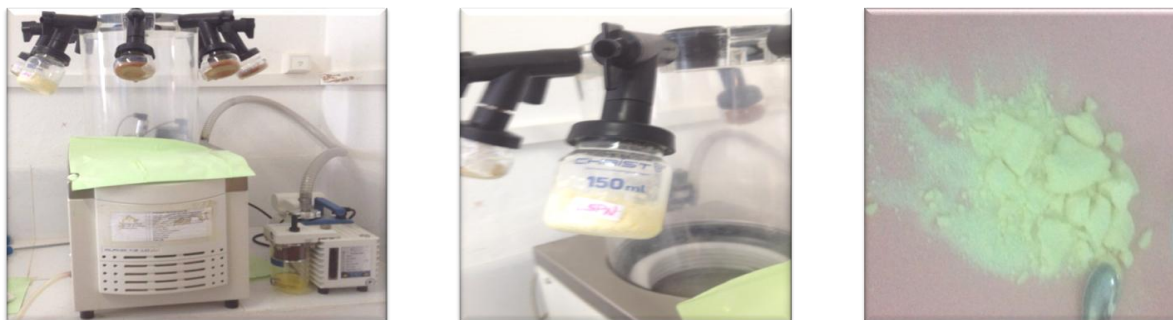
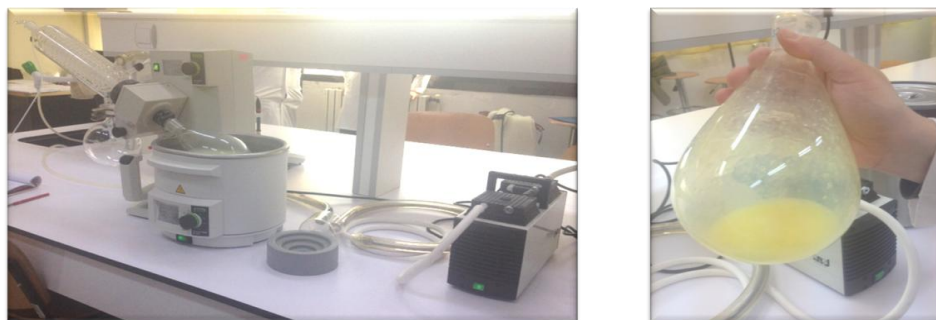
Webographie

1. <http://www.gralon.net/articles/materiel-et-consommables/materiels-industriels/article-la-lyophilisation---principe-et-applications-3326.htm>.
2. <http://www.ikonet.com/fr/ledictionnairevisuel/static/qc/patesalimentaires>.
3. Journal Officiel de la République Algérienne : <http://www.joradp.dz>

Annexe



Obtention de lactosérum brut au niveau de l'unité laitière Edough-Annaba



Obtention de la poudre de lactosérum par lyophilisation (LCA, université de Guelma)



Mesure de la température



Mesure de l'acidité titrable



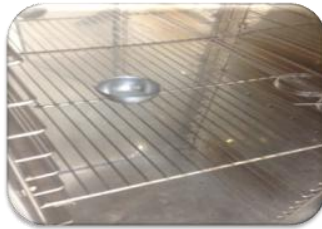
Dosage de lactose, des protéines et de cendres (lactoscan)



Mesure de pH



Détermination de la matière grasse (méthode de GERBER)



Mesure de l'extrait sec totale (EST)

Caractérisation physico-chimique du lactosérum brut



Lecture sur milieu *Chapman au mannitol*



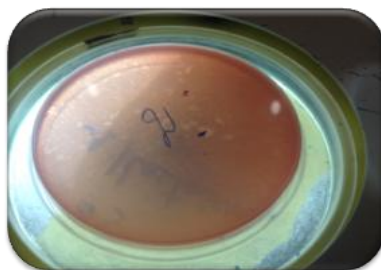
Lecture sur milieu *Salmonella-Shigella SS*



Lecture sur milieu *glucosé viande-foie*

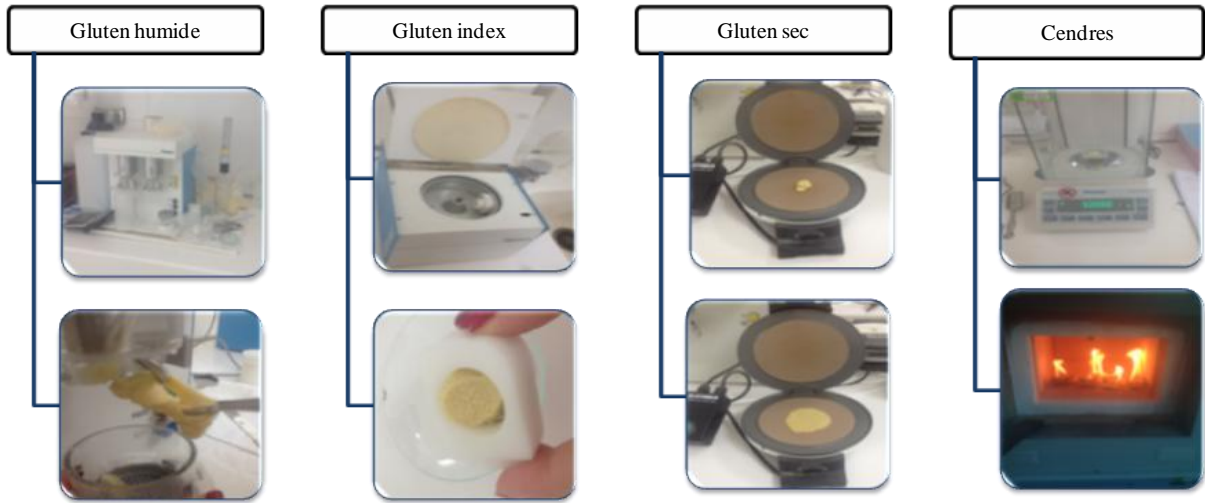


Lecture sur milieu *a l'extrait de levure (PCA)*



Lecture sur milieu *gélolé au désoxycolate*

Caractérisation bactériologique du lactosérum brut



Granulométrie



Humidité



Couleur

Caractérisation physico-chimique de la semoule



Pâte non enrichie

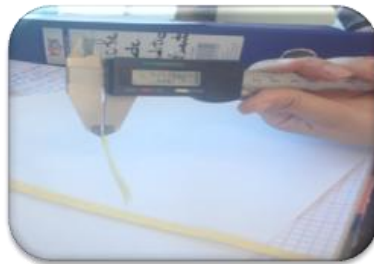


Pâte enrichie

Fabrication des pâtes alimentaires



Broyage



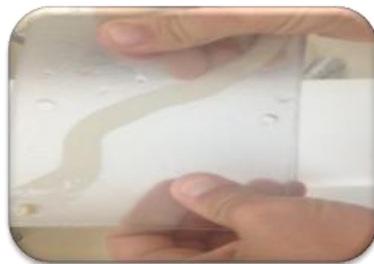
Epaisseur



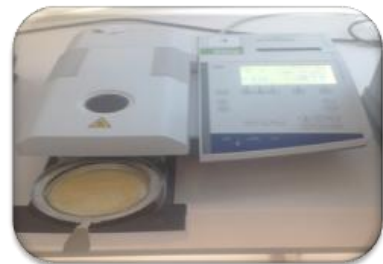
Couleur



Cendres



Test de cuisson



Humidité

Caractérisation des pâtes alimentaires