

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université M'hamed Bougara Boumerdes

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Département : Génie des procédés

Filière : Génie des procédés

Option : Génie Alimentaire

THEME

**Essai d'Incorporation Du Lactosérum Doux Dans La
Fabrication de l'ben**

Présenté par :

ANANE MOUFIDA

HAMADACHE NASSIMA

Soutenu le : **08/07/2018**

Jury:

grade

Président : Mme ANNOU S

MAA

UMBB

Examineur : Mme Benmalek N

MMA

UMBB

Promoteur : Mme Yelles F

MAA

UMBB

Promotion 2017 /2018

Résumé :

La présente étude consiste à utiliser le lactosérum liquide, issu de la fabrication du fromage type EDAM, comme substitut du lait de vache dans la fabrication de l'ben. La valorisation de ce sous produit permettra de réduire la pollution de l'environnement ainsi que de récupérer les éléments nobles du lait d'origine (lactose et protéines). En effet les analyses physico-chimiques ont montré que le lactosérum est riche en matière sèche. Le test de Friedman, utilisé pour l'évaluation sensorielle portant sur le gout et l'odeur, des quatre produits de l'ben testé, a révélé que le taux de substitution du lait par le lactosérum enrichi en poudre de lait écrémé a atteint les 40%.

Mots clés : lactosérum, l'ben, valorisation, fromage.

Summary:

The present study consists of using the liquid whey from the manufacture of EDAM cheese as a substitute for cow milk in the manufacture of lben. The use of this by-product will reduce pollution of the environment and recover the noble elements of the milk of origin (lactose and proteins). Physicochemical analyzes have shown that the whey is rich in dry matter,. The Friedman test, used for the sensory evaluation of the taste, odor and of the four products tested, revealed that the rate of milk substitution by whey reached 40%.

Key words: whey, valorization, cheese, l'ben.

ملخص :

تهدف هذه الدراسة إلى استخدام مصل اللبن السائل الناتج من صناعة جبن الايدام كبديل لحليب البقر في صناعة اللبن. استغلال هذا المنتج يسمح بتخفيض التلوث البيئي بالإضافة إلى استرجاع العناصر النبيلة للحليب (اللاكتوز و البروتينات) لان التحاليل الكيميائية و الفيزيائية أظهرت أن المصل اللبن غني بالمواد الصلبة. كشف اختبار فريدمان يستخدم للتقييم الحسي للطعم, الرائحة للمنتجات الأربعة التي تم اختبارها بان معدل استبدال الحليب بمصل اللبن غني بمسحوق الحليب وصل إلى 40 %

الكلمات الدالة :مصل اللبن , اللبن , التقويم, الجبن.

Remerciements

Remerciements

Nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage d'entreprendre ce modeste travail.

Tout d'abord, Nous exprimons notre profonde gratitude à :

Notre promotrice **M^{me} yelles** pour nous avoir proposé ce sujet passionnant, pour son aide très précieuse, sa disponibilité et ses encouragements jusqu'à la finalisation de ce travail.

Nous remercions, également, nos professeurs et enseignants pour le savoir qu'ils nous ont transmis.

Au nom de Dieu, le tout Miséricordieux, le tout compatissant

Dédicace

Je dédie ce modeste travail A :

*Ceux que personne ne peut compenser les sacrifices qu'ils ont consentis pour
mon éducation et mon bien être*

A mes chers parents.

A mon cher & unique frère Ramadan

Mes chères sœurs Nesrine et Hanane et ma nièce « khadidja »

Ma chère tante Naima & ma petite cousine qui je l'aime beaucoup

« ARWA »

A toute ma famille

A mes chères amies : Soumia, Souad , Samia , Houda

A mon binôme qui m'a tant aidé : Nassima

A toute personne qui de près et de loin, a participé à ma formation

Moufida

Dédicace

Je dédie ce modeste travail A :

A mon cher papa

A ma chère Maman, que dieu ai son âme, elle restera toujours dans mon cœur

A Mon cher mari Rédha et mon bébé Issra

A mes chers frères Ahmed et Rabie

A mes chères sœurs : Karima et slema et A mes nièces « nawal et adem »

Ma chère tante Malika et A mes beaux parents

*Pour m'avoir toujours encouragée à tenir bon malgré la fatigue et le stress et
pour m'avoir soutenue tout le temps.*

A tout les membres de ma grande famille

A ma fidèle amie & mon binôme Moufida et sa famille

A ceux que j'aime et qui m'aime

Nassima

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I : Lactosérum

I-1-Introduction	3
I-2 - Définition de lactosérum	3
I-3-Les types de lactosérum	3
I-3-1-Lactosérum doux	3
I-3-2-Lactosérum acide	4
I-4-Composition de lactosérum	4
I-4-1- Le lactose	4
I-4-2-Les fractions protéiques	4
I-4-4-Matières grasses	5
I-4-5-La matière minérale	5
I-4-6-Les vitamines	6
I-5-Valorisation du lactosérum	7
I-5-1- Les méthodes de traitements	7

Chapitre II: Lait fermenté

II-1-Définition	11
II-2-La fermentation	11
II-3-Importance des laits fermentés Sur le plan nutritionnel	11
II-4-Les levains lactiques.....	12
II-5-Les principaux types du lait fermenté	12
II-5-1-Le yaourt	12
II-5-2-Le kéfir	13
II-5-3-Le koumis	13
II-5-4-Le Raïb	13
II-5-5-Laits fermentés aux bifidobactéries	14

II-5-6-Laits fermentés aux acidophile	14
II-6-L'ben.....	15
II-7-Processus de fabrication de l'ben à la laiterie de LFB ..	15

Chapitre III : Matériels et Méthodes

Introduction	18
III-1-Matériels et produits utilisés.....	19
III-2-Matériels biologique	19
III-3-Méthode d'obtention de lactosérum	19
III-4-Méthodes d'analyses physicochimiques	25
III-5- Analyse microbiologique	29
III-6-Essai de fabrication de L'ben a base de lactosérum liquide	33

Chapitre IV: Résultats et discussions

IV-1-Résultats des analyses physico-chimiques	35
IV-1-1 Analyse physico-chimiques du lait et lactosérum.....	35
IV-1-2-Analyse physico-chimique de l'ben	36
IV-1-3-Suivi de l'acidité au cours de la fermentation de l'ben	37
IV-2- Résultats des analyses microbiologiques	38
IV-3-Evaluation sensorielle de l'ben	40

Conclusion générale	46
---------------------------	----

Référence bibliographique

Annexes

Liste des tableaux

Tableau N° I-1 : composition chimique du lactosérum acide et doux	4
Tableau N° I-2: les minéraux du lactosérum	6
Tableau N°I-3: teneur en vitamine du lactosérum.....	6
Tableau N° IV-1 : Résultats des analyses physicochimique du lait et du lactosérum.....	35
Tableau N° IV-2: Résultats des analyses physicochimique du l'ben.....	36
Tableau N°IV-3: L'évolution de l'acidité en fonction du temps d'incubation.....	37
Tableau N° IV-4: Résultats des analyses microbiologique de lait cru.....	38
Tableau N° IV-5: Résultats des analyses microbiologique de lait pasteurisé.....	39
Tableau N° IV-6: Résultats des analyses microbiologique de lactosérum.....	39
Tableau N° IV-7: Résultats des scores des critères goût, odeur	41
Tableau N° IV-8: Résultats des classements des critères goût, odeur.....	42

Liste des Figure :

Figure N° II.1: Diagramme de fabrication de l'ben au niveau de LFB.....	17
Figure N°III .1: Diagramme de fabrication du fromage à pate pressée type « EDAM ».....	24
Figure N° III-2: Schéma de la préparation des dilutions décimale.....	30
Figure N°III-3: schéma de la recherche et dénombrement des germes totaux.....	31
Figure N° III-4: schéma de la recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	32
Figure N°III-5: Essai de fabrication de L'ben à base de lactosérum.....	34
Figure N° IV-1: La composition du lactosérum et du lait.....	35
Figure N° IV-2 : Acidité et pH du lait de vache et lactosérum.....	36
Figure N° IV-3: évolution de l'acidité au cours de fermentation de l'ben.....	38
Figure N° IV-4: Les 4 échantillons de l'ben à base de lactosérum.....	40

Liste des abréviations :

AFNOR : Association Française de Normalisation.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

AT : Acidité Titrable.

EST : Extrait Sec Total.

LFB : Laiterie Fromagerie de Boudouaou.

MG : Matière Grasse.

N : Normalité.

pH : Potentiel d'Hydrogène.

DBO : demande biochimique d'oxygène.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

tp : temps de prise.

tcag : temps de coagulation.

ND : Non déterminé.

KDa : Kilo Dalton.

GT :germe totaux.

Le développement économique et industriel a engendré l'augmentation et la diversification des déchets, actuellement, leur gestion est devenue un enjeu majeur.

L'industrie laitière est l'une des plus polluantes par le rejet des quantités importantes de lactosérum, ce dernier représente 90% du volume original de lait utilisé en fromagerie et en est le principal sous-produit. Du fait de sa richesse en éléments nutritifs tels que lactose, protéines solubles, vitamines hydrosolubles, il constitue un excellent milieu de culture pour les microorganismes, en effet sa DBO₅ est de l'ordre de 40 à 50g d'oxygène/litre de lactosérum. L'exploitation de ce liquide nutritif permet non seulement de récupérer les éléments nobles de lait pour les ramener dans les industries alimentaires. Mais aussi de limiter les risques de pollution.

Compte tenu, donc, des impacts sur l'environnement et des règlements en vigueur concernant la gestion des déchets, le traitement et la valorisation des lactosérums, est devenu l'un des enjeux majeurs des pays développés.

Cependant, les industries laitières Algériennes rejettent, actuellement, la totalité du lactosérum dont la matière première ; le lait, est importé à fortes devises. Paradoxalement, de nombreuses industries agroalimentaires importent du lactosérum en poudre pour leurs productions très diverses : biscuits, yaourts, confiseries.

Ramener dans le circuit alimentaire les constituants protéiques et glucidiques de ce noble produit et préserver simultanément notre environnement, seraient non seulement pratique mais hautement judicieux. Dans cet optique, nous nous sommes intéressés à l'utilisation du lactosérum liquide dans la fabrication de l'*ben* qui est largement consommé en Algérie.

L'*ben* et les laits fermentés, en général, connaissent actuellement un usage de plus en plus important, du fait de leur propriété alimentaire remarquable. Ils constituent un mode de protection et de conservation du lait grâce à l'abaissement du pH. L'acidification contribue également à établir la qualité organoleptique du lait fermenté, et améliorer la qualité nutritionnelle du lait. Les laits fermentés sont conseillés pour les personnes déficientes en lactase, l'absence de cette enzyme est à l'origine de l'intolérance au Lactose, donc au lait.

La présente étude vise à montrer la possibilité d'utiliser le lactosérum liquide, comme substitut de lait de vache dans la fabrication de l'ben au niveau de LFB afin d'inciter les entreprises fromagères Algérienne de valoriser ce sous produit, au lieu de recourir à l'importation

Ce travail est composé de deux parties :

- Une synthèse bibliographique concernant le lactosérum, et le lait fermenté.
- Une partie expérimentale comportant les étapes suivant :
 - Caractérisation physico-chimique et microbiologique du lait de vache et du lactosérum mises en oeuvre pour les essais de préparation de l'ben.
 - Essai d'incorporation partielle du lactosérum dans la fabrication du l'ben et caractérisation physico-chimiques des produit finis.
 - Caractérisation organoleptique portant sur le gout et l'odeur des produits obtenus. Le test de Friedman est utilisé pour l'interprétation statistique des résultats.

I-1-Introduction :

Le lactosérum a connu toute une évolution au cours des dernières années. Il n'y a pas si longtemps, le lactosérum liquide était souvent traité comme un déchet tandis qu'aujourd'hui on le considère comme un sous-produit utile de la production laitière.

Une quantité considérable de lactosérum est utilisée dans l'alimentation animale, et le marché international de l'alimentation animale et des ingrédients est en pleine expansion. De plus, le lactosérum constitue un ingrédient alimentaire à valeur ajoutée, utilisé dans une vaste gamme d'aliments et de boissons. À l'heure actuelle, des scientifiques évaluent les effets bénéfiques des fractions de protéines de lactosérum sur la santé et à la prévention des maladies. L'industrie laitière génère de grandes quantités de coproduits issus de la fabrication des fromages et du beurre: le babeurre et le lactosérum. Leur charge organique est très élevée et les composés qu'ils renferment sont depuis longtemps réutilisés et valorisés.

I-2 - Définition de lactosérum :

Lactosérum ou petit lait représente la phase aqueuse qui se sépare du caillé lors de la transformation du lait en fromage par addition de présure. ce résidu (liquide jaune vert à très forte(DCO) à été longtemps considéré comme un produit de peu de valeur et était utilisé en l'état pour l'alimentation animal ou simplement déchargé ou rejeté dans les égouts ou les cours d'eau (Michel Murat ; 1981).

I-3-Les types de lactosérum :

Selon le type de fromage produit dont la coagulation employée acide ou présure ou bien encore selon l'acidité inférieure ou supérieure à 18D°. On distingue deux types du lactosérum(F.M.Luquet ;1990 ,J.F Boudier et al ;1989).

I-3-1-Lactosérum doux :

Egalement appelé lactosérum de fromagerie, il est produit au cours de l'élaboration de fromages obtenus par la coagulation du lait sous l'action de la présure, lors dans la fabrication de fromage à pâte pressée cuite ou non ,et à pâte molle . Le pH de lactosérum doux peut aller de 6.2 à 6.5 et le degré d'acidité inférieur à 18D°.

I-3-2-Lactosérum acide :

Le lactosérum acide est le sous produit des fromages à pâte fraîche, et à pâte molle, et de la fabrication de la caséine lactique. L'acidité du lait (acidité élevée supérieur à 18°D) provoque une déminéralisation plus importante du caillé, par conséquent, le lactosérum acides se caractérisent par un pH plus bas (inférieur à 5) et une teneur minérale plus élevée que le lactosérum doux (Jeam Adrian et al, 1995).

I-4-Composition de lactosérum :

Les nutriments du lactosérum les plus abondants sont le lactose, les protéines solubles, et les sels minéraux.

Tableau N°I-1 : Composition chimique en (g /l) du lactosérum acide et doux

(Février C, 1977).

Composants	Lactosérum doux (%)	Lactosérum acide (%)
Matière sèche	71	65.5
Lactose	49.0	44.0
Matière grasse	2.0	0.4
Azote non protéique	0.5	0.2
Protéines	8.0	7.0
Acide lactique	2.0	5.0
Acide citrique	1.3	0.3
Minéraux	5.0	8.0

I-4-1- Le lactose :

Le lactose est le constituant le plus abondant de la matière sèche du lactosérum ; c'est un sucre réducteur de formule générale $C_{12}H_{22}O_{11}$. Il est formé par l'union d'une molécule de glucose et galactose. Dans certains sérums, le lactose est partiellement hydrolysé (0-6%).

I-4-2-Les fractions protéiques:

Les protéines sont des molécules constituées d'acides aminés, qui sont soit synthétisées à partir des gènes, soit apportées par l'alimentation. Celles retrouvées dans les lactosérums sont

majoritairement la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine. Ces dernières représentent donc entre 65 et 80% des protéines du lactosérum.

Les protéines dites majeurs du lactosérum sont :

➤ **l' α -lactalbumine :**

l' α -lactalbumine est une métalloprotéine (protéine qui a la propriété de fixer spécifiquement des ions) globulaire compacte de la masse moléculaire 14,2 KDa , composée de 123acides aminé ,sa structure est stabilisée par 4 ponts disulfure .

Elle représente la particularité de fixer, le calcium (Barman T.E ,1970).

➤ **β - lactoglobuline :**

Sa proportion environ de 3g /l de lait. malgré son nom, est plutôt à ranger avec les albumine en raison de sa faible masse moléculaire 18360 Da , sa grande solubilité ,sa mobilité électrophoretique ,et sa nature holoprotéique (G. linden et al ,1994).

I-4-4-Matières grasses :

La matière grasse du lait est retenue par le caillé dans la fabrication des fromages, une certaine quantité de lipides du lait est entraînée dans le lactosérum brut. Cependant industriellement, cette quantité est faible, le plus souvent, dans les traitements industriels, le lactosérum est écrémé, la matière grasse ainsi récupérée est utilisée dans la fabrication d'un beurre de second choix (J.F Boudier et al, 1989).

I-4-5-La matière minérale :

La composition minérale est différente selon le type de lactosérum considéré. Elle est liée aux valeurs de pH de leurs obtentions, les lactosérums doux sont plus pauvres en minéraux que les lactosérums acide (Frédéric Gaucheron ; 2004).

Tableau N° I-2: les minéraux du lactosérum (exprimé en mg /l) (G.Linden et al, 1994).

	Lactosérum	
Minéraux	Doux	Acide
Calcium	400	1200
Phosphore	330	6800
Chlorures	1100	1500
Magnésiums	80	90
Sodium	500	500
Potassium	1400	1400

I-4-6-Les vitamines :

Les vitamines du lactosérum sont, en majorité des vitamines hydrosolubles puisque la matière grasse a été presque totalement éliminée, entraînant avec elle les vitamines liposolubles. Parmi les vitamines présentes, on note des quantités importantes de riboflavine(B12), d'acide pantothénique, de thiamine (B1), de pyroxidine (B6) et de vitamine C (Boudier et al, 1989).

Tableau N°I-3: teneur en vitamine du lactosérum (exprimé en mg /ml du lactosérum) (Boudier et al, 1989).

Vitamine	Concentration (mg /ml)	Besoin quotidien (mg)
Thiamine B1	0.38	1.5
Riboflavine B2	1.2	1.5
Acide nicotiniqueB3	0.85	10-20
Acide pantothéniqueB5	3.4	10
PyridoxineB6	0.42	1.5
Cobalamine B6	0.03«µg»	2«µg»
Acide ascorbique (vit c)	2.2	10-75

I-5-Valorisation du lactosérum :

Longtemps considéré comme un déchet. Le lactosérum était répandu dans les champs ou utilisé tel quel pour l'alimentation animale. Mais, les contraintes sur les rejets devenant de plus en plus sévères, la mise au point de procédés de traitement et de valorisation est devenue impérative depuis les années 70.

Le développement des techniques de séparation par différentes méthodes a permis de répondre en partie à cette nouvelle donne. Cependant, selon (Batchelder 1990), environ 50% des lactosérums produits dans le monde ne feraient l'objet d'aucun traitement.

I-5-1- Les méthodes de traitements :

Les méthodes de traitement appliquées au lactosérum sont variées et permettent d'obtenir des nombreux produits, parmi les techniques utilisées nous développerons la concentration, séchage, la déminéralisation, l'ultrafiltration et la lyophilisation.

Selon la qualité de sérum mis en œuvre, il existe différentes variétés de concentrés ou de poudre (sérum doux, sérum acide, sérum déminéralisé, sérum délactosé, lactose, lactoprotéine).

I-5-1-1-La concentration :

État donné le faible extrait sec des sérums, la première opération consiste à concentrer ce liquide qui sera utilisé sous forme de concentré ou séché.

La concentration ou élimination partielle de l'eau se fait soit par osmose inverse, soit par évaporation sous vide, soit les deux combinées.

➤ Par osmose inverse :

Une membrane semi-sélective est une membrane permettant certains transferts de matières entre deux milieux qu'elle sépare, en interdisant d'autres.

On provoque une osmose inverse en exerçant sur la solution la plus concentrée une pression supérieure à la pression osmotique. On utilise une membrane ne laissant passer que l'eau.

➤ Par évaporation sous vide :

La concentration par évaporation sous vide peut être considérée comme une opération unitaire aboutissant à un produit ou une étape intermédiaire dans une fabrication.

Elle est appliquée pour la préccentration avant cristallisation (lactosérum) ou avant séchage (produit laitiers). L'intérêt de concentrer ces produits par ce procédé tient essentiellement à des raisons techniques et économiques d'une part et qualitatives d'autre part.

Concentration par évaporation consiste à placer un liquide dans des conditions de vide partiel permettant de diminuer la température d'évaporation donc de réduire les altérations physico-chimique induite par les températures importantes. En effet suivant la durée et le facteur de concentration des paramètres tels que le taux d'azote protéique, la matière grasse, la teneur en matière sèche, la viscosité, la teneur en micro-organismes sont modifiés et agissent directement sur les propriétés des produits.

I-5-1-2-Séchage :

Le séchage est un procédé de conservation extrêmement ancien, dont l'objectif principal est de convertir les denrées périssables en produits stabilisées.

L'élimination de l'eau offre une excellente protection contre les principales causes d'altération des éléments, les micro-organismes ne peuvent pas se développer dans un milieu privé d'eau, de plus aucune activité enzymatique n'est possible dans ces condition, et la majorité des réactions chimique sont fortement ralenties, par ailleurs, la réduction du poids des produits constitue une baisse très importante des frais de transport et de stockage (Apria ; 1973).

Il existe plusieurs méthodes de déshydratation, parmi elles nous citons le séchage par atomisation appliqué le plus souvent en industrie laitière pour la fabrication de poudre de lait ainsi que la poudre de lactosérum.

Le principe de cette technique consiste à pulvériser le produit en fines gouttelettes de manière à former un brouillard. Ce brouillard est véhiculé par l'air chaud environ 200°C. L'évaporation de l'eau transforme les gouttelettes en poudre sèche et l'air usé est séparé dans un premier cyclone .un deuxième cyclone récupère les fins gouttelettes restantes dans l'air usé .le séchage est instantané, le séchage par atomisation respecté les propriétés organoleptiques et nutritionnelles des aliments, en raison de la rapidité de séchage. (yelles .2002).

I-5-1-3-Déminéralisation :

La teneur en éléments minéraux peut être réduite par électrodialyse ou par échange d'ions sur résine.

➤ **Par électrodialyse :**

Est un procédé de nature électrochimique, il permet d'extraire en partie ou la totalité des ions contenue dans une solution, en conservant des substances pas ou très peu ionisées. C'est un procédé utilisé pour dessaler les eaux saumâtres. Le sel dissout dans une solution aqueuse en ions positifs et en ions négatifs, sont ensuite mis en mouvement par un courant électrique à travers des membranes anionique et cationique, ce qui diminue la quantité de sel.

➤ **Par l'échange d'ions :**

C'est un procédé qui utilise des billes de résine pour adsorber les matières inorganiques d'une solution, d'autres variétés ioniques. En échange d'autres variétés ioniques.

I-5-1-4-Extraction des protéines solubles :

Bien qu'en faible quantité dans le sérum, l'extraction des protéines de lactosérum présente beaucoup d'intérêt en raison de leur grande valeur nutritionnelle. Il existe diverses techniques d'extraction dont la thermo-coagulation et l'ultrafiltration.

➤ **L'ultrafiltration :**

L'ultrafiltration est un procédé de séparation soluté/solvant. C'est une technique membranaire au même titre que la microfiltration ou l'osmose inverse cependant, elles se différencient par la taille des particules à retenir et les conditions de travail.

L'ultrafiltration C'est le procédé le plus répandu en industrie laitière, avec elle on peut obtenir des concentrations plus ou moins importantes permettant d'obtenir une poudre de 35 à 70 % de matières protéiques.

L'ultrafiltration est une méthode de séparation semi-perméable cette membrane permet de retenir les molécules d'un poids moléculaire supérieur à 5000 la solution dans laquelle les protéines sont concentrées avec la matière grasse est retenue par la membrane (retentat), l'eau avec les molécules à bas poids moléculaire, lactose, éléments minéraux traversent la membrane (pérmeat).

➤ **Thermo coagulation :**

C'est le procédé le plus ancien et le moins coûteux .il consiste à faire précipiter le sérum par chauffage en milieu acide PH de 5 à 5,5 le lait de protéines obtenu est incorporé au caillé de fromage. Dans ce cas, on obtient des protéines dénaturées ce procédé ne modifie pas la valeur nutritive des protéines mais modifie défavorablement leurs qualités fonctionnelles (Yelles, 2002).

I-5-1-5-Hydrolyse de lactose :

La transformation du lactose en glucose et galactose présente un intérêt pour l'industrie alimentaire, le lactose hydrolysé a un pouvoir sucrant plus élevé que le lactose normal du fait du clivage de celui-ci en glucose et galactose.

I-5-1-6-Extraction du lactose :

Le lactose est obtenu soit à partir du lactosérum, soit du lactosérum déprotéiné (pérmeat ultrafiltration) concentré au maximum puis refroidie pour réaliser la cristallisation du lactose qui est en suite séparé par centrifugation avant séchage.

II-1-Définition :

La dénomination « lait fermenté » est réservée aux produits laitiers préparés à partir de différents types de laits (écrémé, concentré, en poudre), ayant subi un traitement thermique au moins équivalent à la pasteurisation,ensemencés avec des micro-organismes appartenant à l'espèce ou aux espèces caractéristiques de chaque produit. La coagulation des laits fermentés ne doit pas être réalisée par d'autre moyen que l'activité des micro-organismes qui sont utilisées (J.O.R.A, 1993)

II-2-La fermentation :

La fermentation lactique correspond à la transformation du lactose du lait en acide Lactique, sous l'action des micro-organismes appelés bactéries lactiques. Elles 'accompagne des modifications biochimiques, physico-chimiques et organoleptiques du produit (AFNOR, 2001)

Un ferment lactique est une préparation comprenant un grand nombre de micro-organismes (une seule espèce ou plusieurs), qui est ajoutée au lait pour produire un aliment fermenté en accélérant et en orientant son processus de fermentation (Yildiz, 2010; Leroy et al, 2004). Dans une culture pure, chaque colonie microbienne se compose de cellules qui proviennent toutes de la même cellule. Ceci assure que les cultures ne sont pas un mélange de différents micro-organismes inconnus et elles peuvent donc être dénombrées et exploitées pour produire les réactions biochimiques prédéterminées (Solieri et al, 2009; Chamba, 2008; Makarova *et al*, 2006; Parente et al, 2004).

II-3-Importance des laits fermentés Sur le plan nutritionnel :

Les laits fermentés connaissent actuellement un usage de plus en plus important, du fait de leur propriété alimentaire remarquable. L'acidification du lait fermenté, obtenu par transformation du lactose en acide lactique permet de prolonger la durée de la conservation provoqué par l'inhibition du développement des germes pathogènes et putréfiant. L'acidification contribue également à établir la qualité organoleptique du lait fermenté, et améliore la qualité nutritionnelle du lait. Les laits fermentés sont consommés, en remplaçant le lait, par les individus qui présentent une intolérance au lactose. Cette intolérance est due à

une déficience ou absence de la Lactase, enzyme intestinal, responsable, de la dégradation du lactose.

L'absence de cette enzyme est à l'origine de l'intolérance au Lactose, donc au lait. Elle a été observée surtout dans les pays africains et asiatique ou en Europe chez les individus qui, depuis leur enfance ne consomment pas de lait.

II-4-Les levains lactiques :

Les levains lactiques sont une source de bactéries actives en culture pure, qui inoculées, dans le lait ou la crème vont proliférer au niveau du lait, du caillé ou de la crème pour produire l'acidité et (ou) l'arôme désiré (Micloa et *al.*, 1980).

Certaines produisent en outre du gaz carbonique et divers composés, dont certains contribuent à l'arôme des produits laitiers. Par leur production d'enzymes protéolytiques, elles contribuent à l'affinage des fromages. Dans du lait non réfrigéré, elles tendent à prédominer, donnant à celui-ci une certaine protection vis-à-vis de germes indésirables (FAO, 1998).

Les bactéries lactiques des levains thermophiles, comme celles des levains lactiques mésophiles, ont été utilisées pour la fabrication du fromage et des laits fermentés bien avant qu'on soupçonnât leur existence (Accolas et *al.*, 1979).

II-5-Les principaux types du lait fermenté :

Il existe un grand nombre de laits fermentés qui diffèrent par leur matière première, leur flore microbienne, leur technologie, leur texture, leur goût et leur durée de conservation. Certains sont voisins, mais présentés sous des noms variés. Parmi ces types de produits on trouve.

II-5-1-Le yaourt :

Le yaourt est un produit laitier coagulé, obtenu par la fermentation lactique grâce au développement des seules bactéries lactique thermophiles spécifiques dites *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* et *Streptococcus thermophiles*ensemencés simultanément.

Ces deux micro-organismes doivent se retrouver vivants et abondants dans le produit final, qui au moment de la vente au consommateur, ne doit pas contenir moins de 0,7g d'acide lactique pour 100g de lait (J.O.R.A, 1993).

Il existe deux types de yaourts :

➤ Yaourts fermé :

Dont la fermentation a lieu en pots : ce sont généralement les yaourts nature et aromatisés;

➤ Yaourts brassé :

Dont la fermentation a lieu en cuve avant brassage et conditionnement : c'est le cas des yaourts veloutés naturels ou aux fruits.

II-5-2-Le kéfir :

C'est un lait fermenté alcoolisé, avec un goût fortement acide et de légers arômes de Levures et d'alcool. Il est le fruit d'une fermentation lactique par lactobacilles, streptocoques et d'une levure qui transforme le lactose en alcool. On le retrouve en Asie du sud-ouest, en Europe de l'est (Vignola, 2002).

II-5-3-Le koumis :

C'est aussi un lait fermenté alcoolisé auquel on ajoute 2,5% de sucre et est souvent consommé sous forme de boisson. On utilise généralement comme ferment un mélange symbiotique de Lactobacilles delbruekiisp bulgaricus et de levures du genre Saccharomyces (Vignola, 2002).

II-5-4-Le Raïb :

C'est un lait entier ou écrémé, pasteurisé, fermenté, obtenu par la fermentation naturelle après ensemencement par des levains lactiques. La coagulation est obtenue par l'activité des ferments lactiques, avec ou sans addition de substances coagulantes (présure, pepsine) pendant une durée de 20 heures à 24 heures à 37°C (Guerzani, 2003).

II-5-5-Laits fermentés aux bifidobactéries :

Ce sont des laits fermentés à l'aide de bifidobactéries associées à diverses bactéries il en existe plusieurs types :

Type levain yaourt+bifidobactéries + lactobacillus acidophilus .

Type levain yaourt +bifidobactéries, soit d'origine humaine, soit d'origine animale . Les laits fermentés avec bifidobactéries d'origine animale , essentiellement bifidobactéries animalis , sont les plus répandus . leur technologie est celle du yaourt à la condition de choisir des souches capables de résister en milieu acide (pH 4,2 à 4,5) et en anaérobiose relative (Hadadji, 2007).

II-5-6-Laits fermentés aux acidophile :

Il se développent assez lentement dans le lait , il est souvent associé à d'autre ferments lactobacillus casei qui apporte un peu d'acidité .ces bactéries sont normalement présentes dans la flore intestinale humaine et sont capables de bien résister aux sécrétion gastriques et biliaires leur survie dans le colon permet d'agir favorablement sur la flore intestinale .

Le lait fermenté a des avantages technologiques, tels que : l'amélioration du gout, de l'arome, de texture et de la stabilité du produit. De nombreux effets bénéfiques résultent des bactéries lactiques

Les produits laitiers fermentés sont reconnus comme source importante de protéines digestible, vitamine A , Ca^{2+} , fer , cuivre , zinc , magnésium et de phosphore .

Les avantage nutritionnels comprennent une amélioration de la digestibilité des protéines et de la matière grasse, suit à la libération des acides aminés et des acides gras par les bactéries lactique. L'homogénéisation rend également la matière grasse du lait plus digeste et la teneur en vitamine hydrosolubles augmente (B1, B2, B6 et acide folique) à partir de la synthèse des bactéries lactiques

II-6-L'ben:**II-6-1-généralités:**

La plupart des laits fermentés « l'ben » et avant d'être introduits en bactériothérapie moderne, ont été connus comme des aliments depuis longtemps.

L'ben est préparé à partir de lait cru provenant de toutes les espèces animales, principalement des brebis, des chèvres et des vaches ou à partir du lait en poudre (lait écrémé ou lait en poudre partiellement écrémé). c'est un produit liquide de saveur piquant et agréable qui contient un peu d'alcool et acide lactique dus à la transformation du lactose. la méthode de fabrication diffère selon les lieux, mais la base reste la même (Boudier ,1990)

II-6-2-Définition :

L'ben est un lait fermenté, résultant du développement de certains microorganismes qui dégradent le lactose en acide lactique ou dans certain cas en alcool éthylique ce qui fait de lui un lait acidifié (veisseryre ,1979) .

II-7-Procède de fabrication de l'ben au niveau de LFB :**II-7-1-Réception de lait cru :**

Lors de la réception au niveau de LFB, le lait cru subit des contrôles physico-chimiques : pH, Acidité, taux de MG, EST et le test d' antibiotique. La détermination de l'acidité et du pH ont pour but d'apprécier l'état de fraîcheur du lait de vache. La détermination de l'EST et de la MG vise à contrôler s'il y a eu fraude exemple mouillage ou écrémage partiel.

Les contrôles microbiologiques sont réalisés après la pasteurisation, et visent à garantir la qualité microbiologique et la santé des consommateurs.

Après la phase de contrôle et de réception, le lait subit une filtration suivi d'un dégazage qui sert à éliminer les mauvaises odeurs.

II-7-2-Homogénéisation :

Elle se fait à 65°C avec une pression de 150 à 250 bars, elle permet de briser les globules de gras et empêche la séparation entre le gras et le mélange c'est à dire l'apparition de deux phases.

II-7-3-Ecrémage :

Est une technique utilisée dans les filières de fabrication des produits laitiers pour standardiser la matière grasse. On obtient ainsi un lait et des produits à teneur garantie en matière grasse. L'écémage est effectué mécaniquement en séparant le lait et la crème par l'intermédiaire d'écémeuse – centrifugeuse. Pour obtenir un écémage rapide et efficace.

II-7-4-Pasteurisation :

La pasteurisation est un traitement thermique qui consiste à chauffer le lait à une température de 85°C pendant 15 seconds qui permet de détruire les microorganismes pathogènes pouvant être présents dans la matière première.

II-7-5--Refroidissement :

Après la pasteurisation, le lait est refroidi par le passage de l'eau froide jusqu' à la température de 26 à 28°C pour l'ensemencement.

II-7-6-Ensemencement :

Le lait est mis dans la cuve de stockage exothermique où se fait l'ensemencement manuellement par ajout de ferment directement (un sachet de 40g de CHN-11 dans 2000 litres de lait).

II-7-7-Fermentation :

La durée de la fermentation est de 16 à 18 h, avec une acidité de 60°D après on effectue le brassage du lait fermenté jusqu'à un l'obtention d'un aspect liquide.

II-7-8-Refroidissement et conditionnement :

Après le brassage, l'ben est refroidi à une température de 4 à 6°C puis conditionné dans des sachets en polyéthylène de 1 litre. Le diagramme de fabrication de l'ben pratiqué à Boudouaou est montré dans la figure N° II-1

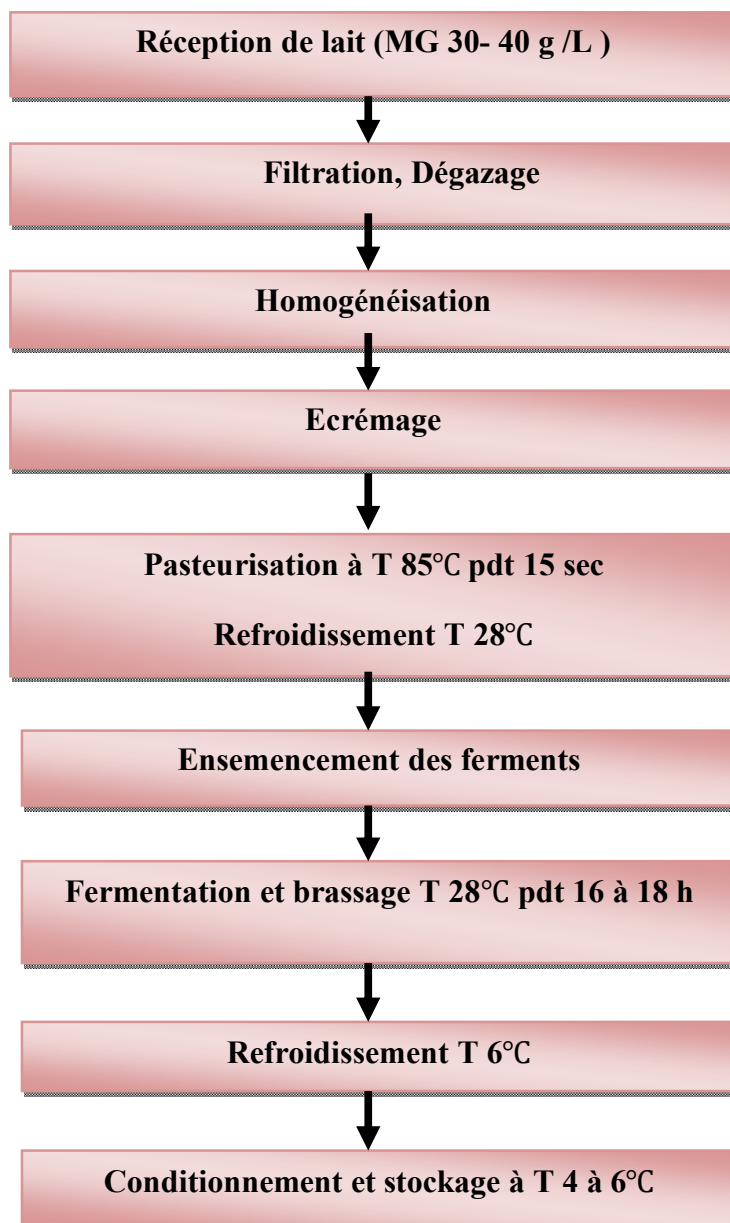


Figure N° II-1: Diagramme de fabrication de l’ben au niveau de LFB.

Introduction :

L'objectif de notre travail est la valorisation du lactosérum issu de la fabrication de fromage type EDAM de l'unité laitière et fromagère de Boudouaou (LFB). Ce sous-produit sera testé à différentes doses comme substitut de lait de vache pasteurisé dans la fabrication de lait fermenté (L'ben).

Cette étude est réalisée au niveau de l'unité LFB ainsi qu'au niveau de laboratoire de la faculté des sciences de l'Ingénieur (FSI) université de Boumerdès.

Notre étude est divisée en deux étapes:

Première étape : caractérisation physico-chimique et microbiologique de la matière première utilisée dans la fabrication de l'ben (lait de vache et le lactosérum) et le produit fini (L'ben). Nous avons effectué les mêmes méthodes d'analyses physico chimique et microbiologique réalisées au laboratoire de LFB.

Deuxième étape : Essai de fabrication de l'ben à base de lactosérum et caractérisation physico-chimique des produits obtenus. Cette étude est réalisée au niveau de l'unité LFB.

L'analyse organoleptique, portant sur le gout, l'odeur, a été réalisée sur les essais de l'ben.

Pour les interprétations statistiques des résultats nous avons utilisé le test de Friedman.

III-1-Matériels et produits utilisés :

Les différents équipements, produits et réactifs utilisés durant notre étude sont dressés dans l'annexe N° 1. (Voir Annexe N°1)

III-2-Matériels biologique :

- Le lactosérum issu de la fabrication d'EDAM.
- Lait cru.

III-3-Méthode d'obtention de lactosérum :

Les échantillons utilisés dans cette étude proviennent de l'unité laitière et fromagère de Boudouaou (LFB) le lactosérum est de type doux, issu du premier soutirage lors de la fabrication du fromage type EDAM selon le procédé représenté sur la figure (III-1) ; les échantillons ont été prélevés au niveau de la cuve de coagulation, dans des flacons stériles et conservés à 4°C avant chaque analyse et chaque traitement.

III-3-1-réception de lait cru :

Le lait cru destiné à la fabrication de l'EDAM, provient des fermes environnantes. Ses caractéristiques physicochimiques doivent répondre aux exigences de l'unité de Boudouaou (pH : entre 6,40 et 6,78 ; EST : 128 et 130 g /l; densité : entre 1028 et 1030 ; MG : 36 g/l; acidité : entre 16 et 18°D).

III-3-2-préparation de lait :

Les laits des différentes récoltes sont mélangés. On utilise, actuellement, à LFB le lait cru comme matière première.

III-3-3-pasteurisation, refroidissement :

La pasteurisation s'effectue en circuit ferme et à l'abri de l'air, elle se fait entre 82°C et 85°C pendant 15 secondes. Le lait pasteurisé est refroidi à une température comprise entre 4 et 6°C.

III-3-4-maturation :

Le lait est stocké dans des tanks pendant une nuit à une température de 9°C, afin de l'améliorer en tant que milieu de culture pour les bactéries lactique. La maturation contribue à

reconstituer les équilibres physico-chimique du lait ayant pu être perturbés par les traitements thermique (réfrigération principalement).

III-3-5-l'ensemencement :

Au moment de l'ensemencement le lait doit avoir une acidité comprise entre 18°D – 20°D et une température de travail en cuve inférieure ou égale à 38°C. L'Addition des ferments (de 1,5 à 2,5%), du CaCl_2 (3 à 4 Kg pour 8000L de lait) et Le colorant Rocou se fait au moment du remplissage de la cuve, 20 à 30 minutes avant l'emprésurage, Après acidification les conditions d'emprésurage sont :

- Acidité 18°C ; T°38°C et pH 5,6 – 6,5.

III-3-6-Emprésurage :

On utilise pour l'emprésurage de la présure lyophilisée .l'emprésurage se fait en général 20-30 minute après l'ensemencement. La présure doit être diluée d'abord dans 5litres d'eau tiède par ailleurs, il est nécessaire de prendre certaines précautions lors de l'emprésurage :

- La présure doit être repartie aussi régulièrement que possible en laissant marcher les brassoires pendant 5minutes maximum pour une bonne réparation de la présure
- Les mouvements du lait doivent être arrêtées immédiatement afin d'éviter l'obtention d'un caillé feuilleté, se traduisant plus tard lors du décaillage, par la formation des grains irréguliers.

III-3-7- La coagulation :

Le terme de coagulation est lié directement à la dose de présure appliquée et le temps de prise (temps correspondant à l'apparition de petits grumeaux, ou temps au cours duquel le lait perd sa fluidité et gagne sa viscosité). Le temps de prise est entre de 10 minutes. La coagulation aboutit après 30 à 40 minutes à une température de 38°C. La coagulation est trois fois le temps de prise.

III-3-8-le décaillage (le tranchage) :

Le décaillage consiste à découper le caillé en graine de petites tailles par le biais d'un outil appelé « tranche caillé ». Cette opération s'effectue à la vitesse la plus faible possible pour limiter les pertes. Cette opération dure 15 minutes et elle se fait en deux temps séparés

par 5 minutes de repos. La taille des grains recherchés est semblable à celui d'un grain de maïs. Les principaux objectifs du tranchage sont :

- Augmenter l'extrait sec.
- Favoriser l'évacuation du sérum.

III-3-9-Brassage –délactosage :

Le premier brassage dure environ 15- 20 minutes selon la qualité du lait, il consiste à agiter les grains de caillé obtenus après découpage et à accentuer leur assèchement.

On procède alors à la première évacuation du sérum I, objet de notre travail, qui surnage dans la cuve.

La quantité soutirée représente la moitié du volume totale du lait mis en œuvre, ce premier sérum doit avoir une acidité comprise entre 10 et 12°D, le PH du mélange caillé-sérum est entre 6,4-6,5. On procédera par la suite au délactosage avec de l'eau chaude (38°C). Le délactosage a pour but :

- Stopper l'acidification par élimination du lactose restant à la surface ou dans les grains ;
- Obtenir un caillé souple

Le deuxième brassage est effectué après le lavage (le volume d'eau de lavage est égale au volume du lactosérum I évacué).

Le brassage dure 20-30 minutes. La température du mélange caillé –sérum est de 30-38°C. L'élévation de la température permet un égouttage plus important des grains de caillé, par diminution la viscosité du lactosérum et renforcement des liaisons hydrophobe à l'intérieure du grain qui se contacte et expulse la phase aqueuse à l'extérieure du grain.

III-3-10-pré-pressage –moulage :

Le caillé ou subsiste encore une petite quantité de sérum, est évacué vers le bac de pré-pressage « bactable ». dès que la distribution est terminée, on procède ensuite au pressage du gâteau en plaçant des plaques en métal très lourdes percées de trous pour agglomérer et souder les grains entre eux. Une pression d'environ 2 bar est appliquée sur les plaques de pré-pressage. Au bout de 15 à 20 minutes, les plaques sont enlevées, le gâteau ainsi obtenu est coupé de façon uniforme à l'aide des couteaux placés verticalement en pains de dimensions appropriées. Et sont ensuite retirés et placés dans des moules contenant des toiles en tissu.

III-3-11- pressage :

Les fromages ainsi moulé sont placé sous presse durant 6 heures minimum. la pression exercé est de l'ordre de 6 bars. Des retournements au cour de l'égouttage sont nécessaire pour drainer le lactosérum et régulariser la forme des fromages. Le premier retournement s'effectue après 30minute. Le pressage consiste à augmente l'extrait sec et à acidifier le fromage. En effet, une fabrication d'EDAM est considérée comme réussie, si le sérum évacué par le pressage est limpide et son acidité est de l'ordre de 25-30°D avec un pH comprise entre 5,4-5,5.

III-3-12-démoulage –salage :

Après démoulages, le fromage subit un salage par immersion pendant 16 heures. la saumure doit avoir une concentration de 22,3% en chlorure de sodium, un pH entre 6,5 – 7,1 et une température de 9°C, cette dernière ne doit pas dépasser 20°C.

Le but de salage :

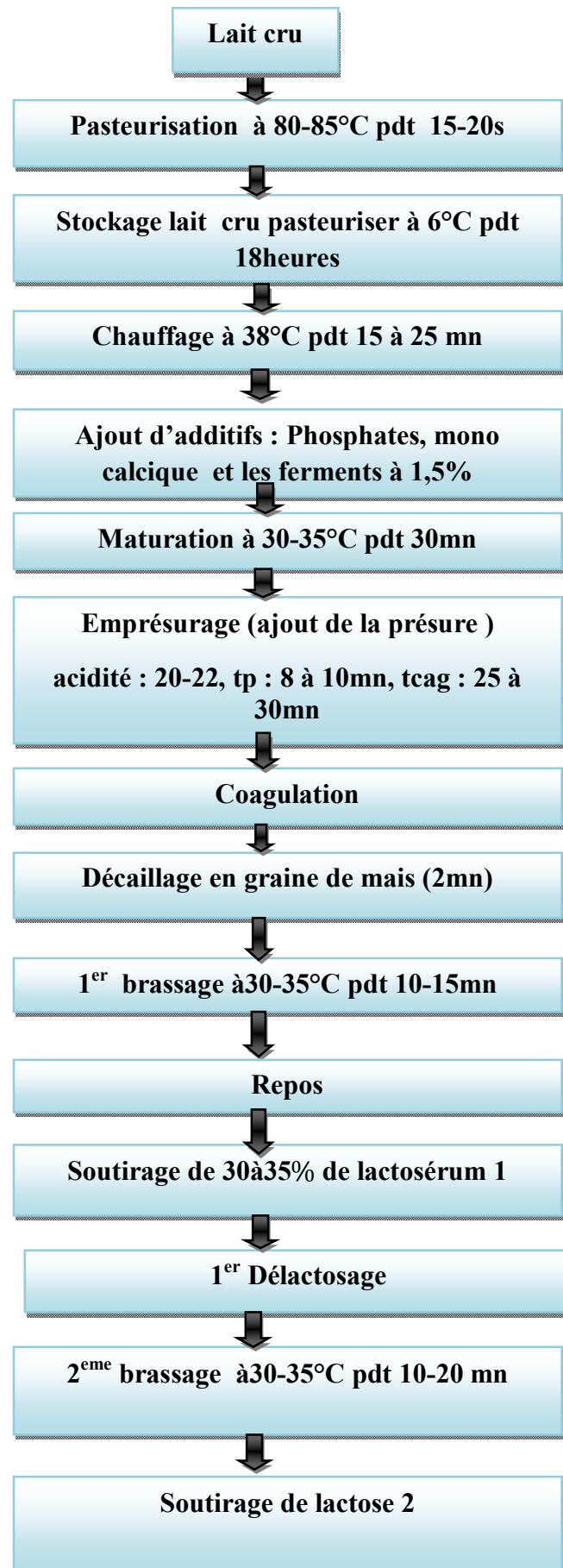
- Compléter l'égouttage et contribuer à la formation de la croûte.
- Il règle l'activité de l'eau (A_w) du fromage, le développement des micro-organismes et les activités enzymatique au coure de l'affinage
- Donner la saveur caractéristique du fromage.

III-3-13-affinage :

L'affinage est réalisé dans des hâloirs sur des planches en bois à température de 10 à 12°C, avec une humidité relative de 85% Les fromages subissent un affinage de 21 jours au minimum pouvant aller jusqu'à un mois. En fin de l'affinage, les fromages, sont grattés avec des brosses imbibées d'eau.

III-3-14-Conditionnement :

Les boules de l'EDAM sont grattées avec des brosses imbibées d'eau puis sont enrobées dans la paraffine rouge fondue portée à 110-115°C. Les fromages sont emballés sous vide dans du papier cellophane avec étiquetage et sont conservé à 6°C, en attendant leur commercialisation.



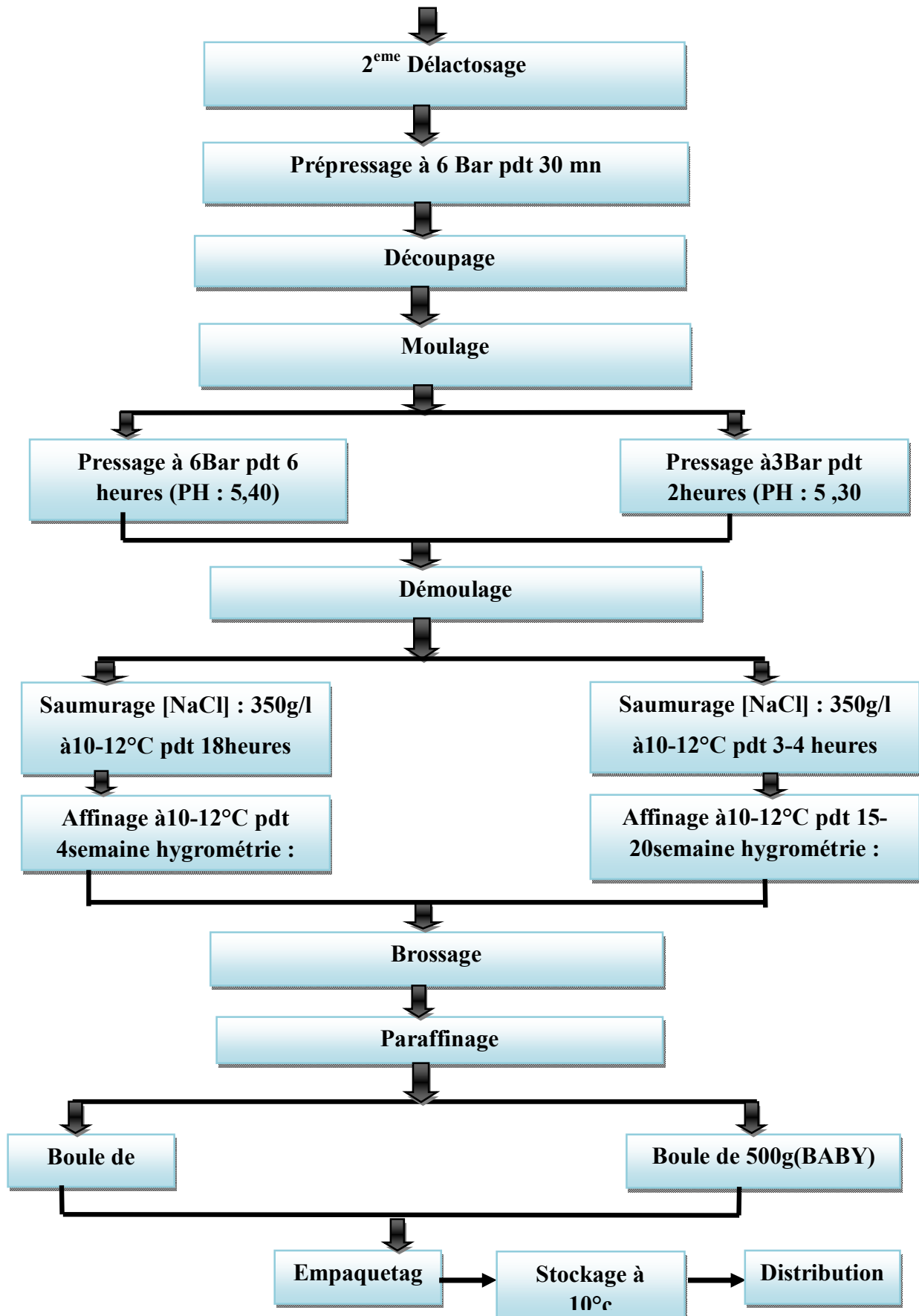


Figure N°III -1: Diagramme de fabrication du fromage à pate pressée type « EDAM ».

III-4-Méthodes d'analyses physicochimiques :**III-4-1- Mesure de pH : (AFNOR 1986)****➤ Principe :**

Cette méthode consiste à mesurer les ions H^+ du produit à analyser.

➤ Mode opératoire :

On introduit directement l'électrode de pH mètre dans un bécher contenant le produit à analyser (lactosérum, lait ; produit fini) ; puis on lit la valeur du pH sur l'écran de l'appareil.

III-4-2-Détermination de l'acidité titrable :(AFNOR-1986)**➤ Principe :**

Le principe consiste à mesurer la teneur en acide lactique ; elle est déterminée par titrage volumique avec une solution alcaline en présence d'un indicateur coloré.

➤ Mode opératoire :

Dans un bécher, on introduit 10ml de produit à analyser, puis on ajoute quelques gouttes de phénophtaléine. On titre avec NaOH (N/9) jusqu'à apparition de coloration rose.

$$AC = V \times 10(^{\circ}D)$$

Avec **V** : volume de NaOH utilisé en ml.

III-4-3-Détermination de la matière grasse :**➤ Principe :**

La méthode **GERBER** (butyromètre) consiste à ajouter de l'acide sulfurique concentré et de l'alcool iso amylique à une quantité connue de l'échantillon. Agiter le mélange dans un butyromètre. L'acide sulfurique concentré digère les protéines et les phosphates insolubles de l'échantillon ; l'alcool iso amylique facilite la séparation de la matière grasse. L'augmentation de la température et la centrifugation permet d'isoler la matière grasse, qu'on quantifie dans la partie graduée de butyromètre.

➤ **Mode opératoire :**

Dans un butyromètre, mettre 10 ml d'acide sulfurique sans mouiller le col de butyromètre. Ajouter doucement 11 ml de l'échantillon et 1 ml d'alcool iso amylique. Boucher et agiter le butyromètre jusqu'à ce que son contenu soit complètement mélangé et les protéines soient entièrement dissoutes.

Placer le butyromètre dans la centrifugeuse à une vitesse 1100 tr/mn pendant 10 mn.

En appuyant sur le poussoir, la valeur de la matière grasse apparait sur la graduation du butyromètre.

III-4-4- Détermination de l'extrait sec totale :

➤ **Principe :**

L'extrait sec total est déterminé par la méthode d'étuvage basée sur l'élimination de la totalité de l'eau dans l'échantillon.

➤ **Mode opératoire :**

Dans une capsule séchée et tarée, on introduit 5ml (5g) du produit à analyser, on le met dans l'étuve réglé à 105°C pendant 3 heures, en suite on refroidit la capsule dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante et on la pèse, puis on l'introduit de nouveau dans l'étuve jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

L'humidité :

$$H (\%) = [(m_1 - m_2) / (m_1 - m_0)] \times 100$$

m₀ : Poids de la capsule vide.

m₁ : Poids de la capsule + l'échantillon avant étuvage.

m₂ : poids de la capsule + l'échantillon après étuvage.

$$E.S.T = 100 - H (\%)$$

III-4-5-Détermination des cendres (AFNOR)**➤ Principe :**

Les cendres sont obtenues après minéralisation à 600°C pendant 4 heures, la matière minérale présente dans le produit est exprimée en pourcentage de masse par rapport à la matière sèche.

➤ Mode opératoire :

Dans une capsule séchée et tarée on introduit 5 ml ou 5g de produit à analyser, puis on chauffe dans une plaque chauffant jusqu'à la combustion. Dans un four réglé à 600°C, on met la capsule pendant 4 heures. Laisser refroidir dans un dessiccateur, peser la capsule.

Le taux de cendre exprimé en pourcentage est égale à :

$$T\% = [(P_2 - P_1) / m] \times 100$$

P₁ : Poids de la capsule vide.

P₂ : Poids de la capsule + échantillon après minéralisation.

m : Prise d'essai [(poids de capsule + échantillon avant minéralisation) - poids de la capsule vide].

III-4-6-Dosage du lactose :**➤ Principe :**

Le lactose contenu dans la prise d'essai de la solution à doser réduit partiellement un volume de liqueur cupro-alkaline. L'oxyde de cuivre formé est dosé par manganimétrie. La quantité d'oxyde de cuivre formé dépend de la quantité de sucre contenu dans le lait ou lactosérum. Le lactose est dosé sur le filtrat après défécation du lait par l'hexacyanoferrate II de zinc.

➤ **Mode opératoire :**

• **Défécation :**

Dans une fiole jaugée de 200 ml introduire dans l'ordre ;

- 20 ml de lait
- 2 ml de solution d'hexacyanoferrate II de potassium à 15 %.
- 2 ml d'acétate de Zinc à 30 %.
- Environ 100 ml d'eau distillée.

Agiter, puis ajuster à 200 ml.

Ajouter 2 ml d'eau distillée (afin de tenir compte du volume du précipité),

Agiter, laisser reposer 15 mn.

Filtrer sur filtre sans cendre.

• **Précipitation du Cu_2O :** Oxydation du lactose ou réduction de la L.F.

Dans une fiole conique de 150 ml introduire :

- 10 ml de filtrat obtenu + 10 ml d'eau distillée
- 20 ml de sol. De Fehling A
- 20 ml de sol. De Fehling B, agiter
- Porter à ébullition modérée pendant 3 mn exactement, après les 3 mn laisser refroidir la fiole.

• **Remarque**

Le précipité ne doit jamais être en contact avec l'air (→ réoxydation de Cu_2O)

• **Lavage du précipité du Cu_2O :**

Laisser décanter Cu_2O , le liquide surnageant doit être bleu.

Filtrer le liquide surnageant sur un filtre spécial monté sur une fiole à succion ,il est conseillé de ne pas entraîné trop de Cu_2O sur le filtre.

Conserver toujours sur le filtre une mince couche de liquide quand tout le liquide a été séparé du Cu_2O dans l'erlen par décantation, délayer le précipité dans un peu d'eau distillée récemment bouillie et refroidie, laisser reposer et décanter comme précédemment.

Recommencer 3 fois ce lavage ou bien 4, puis vider et rincer soigneusement la fiole à succion jusqu'à ce que les eaux de lavage soient incolores.

- **Oxydation du Cu_2O :**

Dans la fiole contenant le précipité de Cu_2O (sous une couche d'eau) ajouter 20 ml de sulfate ferrique, Cu_2O se dissout.

- Agiter jusqu'à dissolution totale, la solution présente une coloration verte. (FeSO_4).
- Agiter et verser la solution sur le filtre pour dissoudre au passage le peu de Cu_2O retenu sur le filtre.
- **Dosage du sel ferreux formé par KMnO_4 à (0,1N)**
- Titrer la solution de sulfate ferreux aussi obtenue par une solution titrée de KMnO_4 jusqu'à teinte rose stable quelques secondes (10 à 20 s).
- Soit v la chute de burette de KMnO_4 .

III-5- Analyse microbiologique :

Les analyses microbiologiques ont été effectuées sur lait et lactosérum et ont porté le dénombrement des germes aérobies mésophile totaux et les coliformes fécaux et totaux.

III-5-1-Préparation de dilutions :

Les différentes dilutions sont portées sur la figure N°III-2

➤ Lait et lactosérum

A partir de solution mère on prélève aseptiquement à l'aide d'une pipette Pasteur stérile 1 ml de lait et de lactosérum puis l'introduire dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml d'eau physiologique, cette dilution est alors à 10^{-1} à partir de cette dernière on prélève 1ml puis l'introduire dans 9 ml du même diluant cette dilution est à de 10^{-2} . Faire ensuite le même protocole jusqu'à la dilution 10^{-5} .

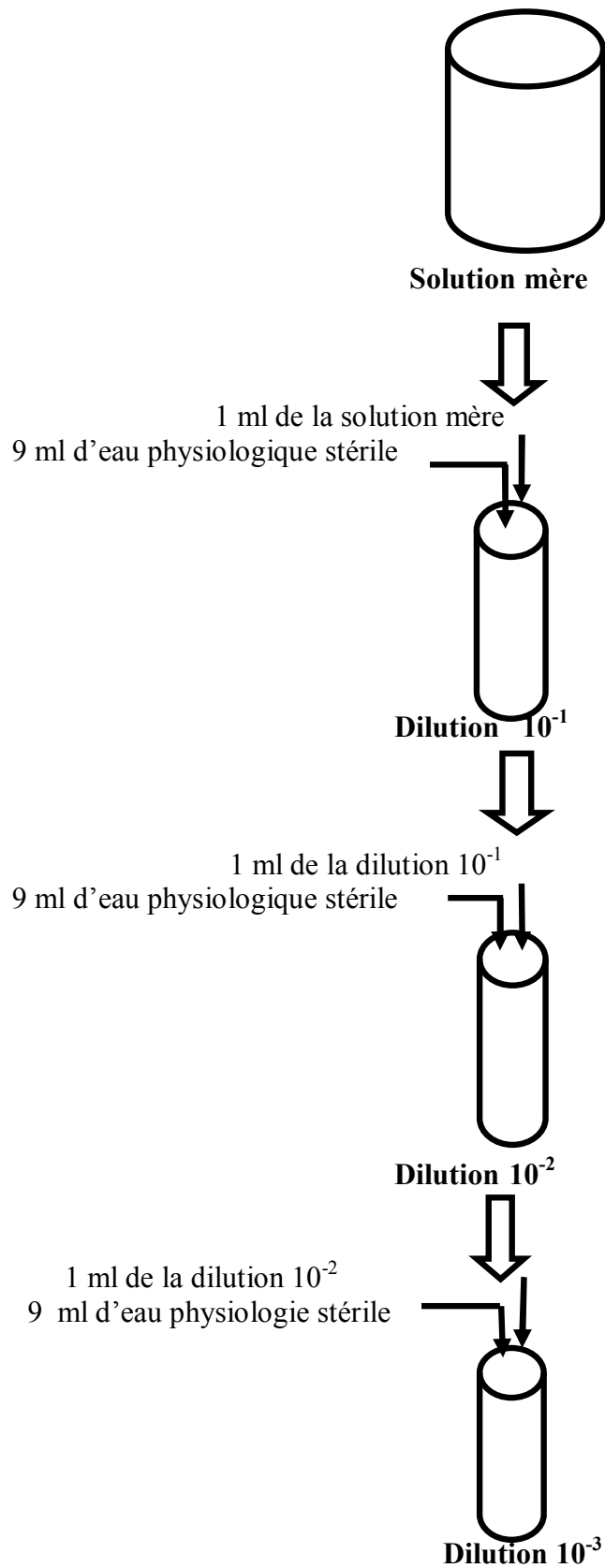


Figure N° III-2: Schéma de la préparation des dilutions décimale.

III-5-2-Recherches et dénombrements du germe totaux :**➤ principe**

Il s'agit l'ensemble du micro-organisme capable de se multiplier à des températures optimales de croissance comprise entre 20 et 45°C.

Le dénombrement de GT reste la meilleure technique permettant d'estimer l'indice de salubrité et de qualité des aliments dans le contrôle industriel.

➤ Mode opératoire :

Nous avons porté aseptiquement 1ml des dilutions réalisées, pour chacun des produit à analyser, dans différentes boîtes de pétri stériles dans les quelques nous avons coulé 20ml de milieu PCA maintenu en surfusion à 45°C.

Les boîtes de pétri sont ensuite agitées manuellement en faisant d'écrire des cercles afin d'homogénéiser le mélange .après solidification, elles sont incubées, couvercle en bas à 30°C pendant 72 heures (voir figure N°III-3).

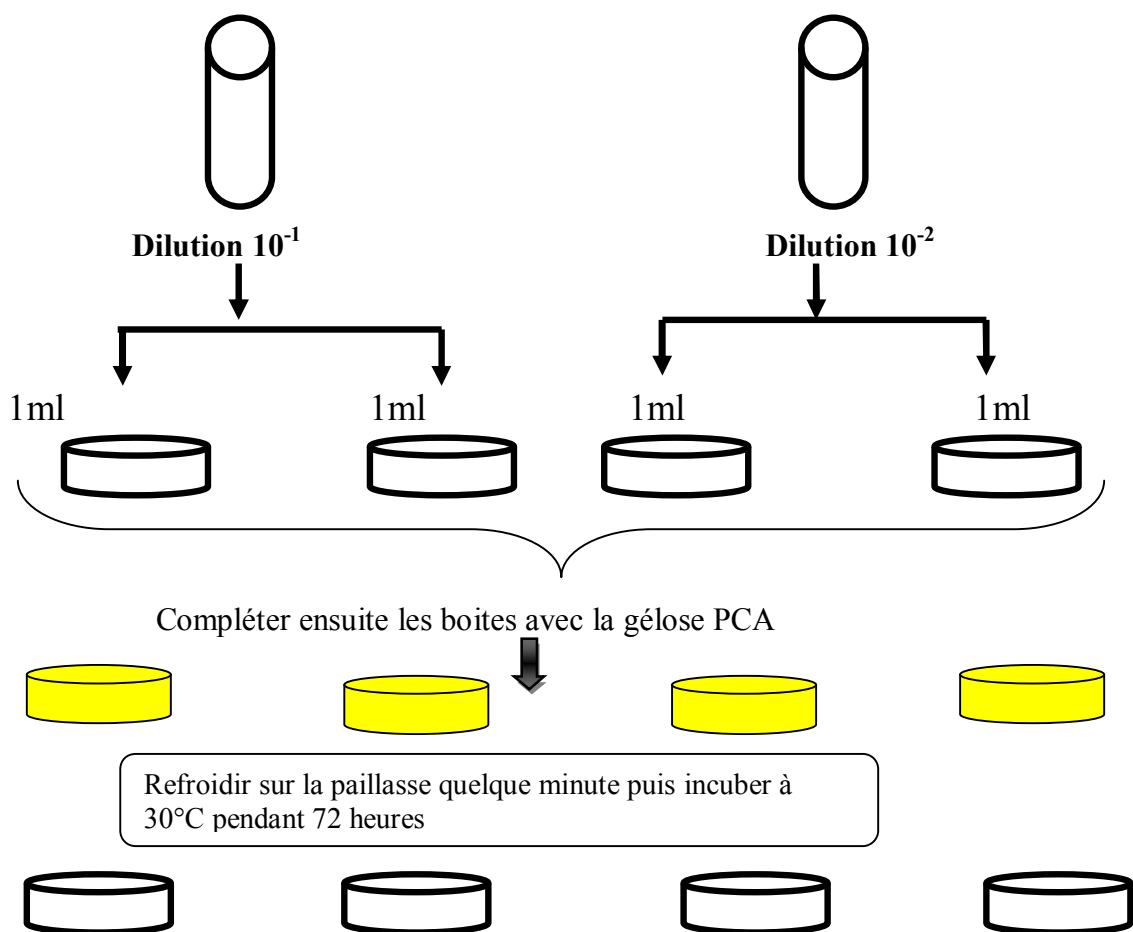


Figure N°III-3: schéma de la recherche et dénombrement des germes totaux.

III-5-3-Recherches et dénombrements du coliforme totaux et fécaux :

➤ Principe :

Les coliformes sont capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et gaz en 24 à 48 heures à une température de 37°C. Le milieu utilisé est le milieu désoxycholate contenant les sels biliaires, le vert brillant comme agents sélectifs, qui inhibent la croissance de la flore secondaire Gram⁺.

➤ Mode opératoire :

A partir des dilutions décimales, porter aseptiquement 1ml dans une boîte de pétri vide et stérile préparée à cet usage et numérotée, compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose désoxycholate fondue puis refroidie à 45°C (voir la figure N°III-4).

Faire ensuite des mouvements circulaires de va et de vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose. Laisser solidifier sur paillasse, les boîtes seront incubées, à 37°C pendant 24 à 48 heures pour les coliformes totaux et 44°C pour les coliformes fécaux pendant 24 à 48 heures, en faisant une première lecture après 24 heures d'incubation.

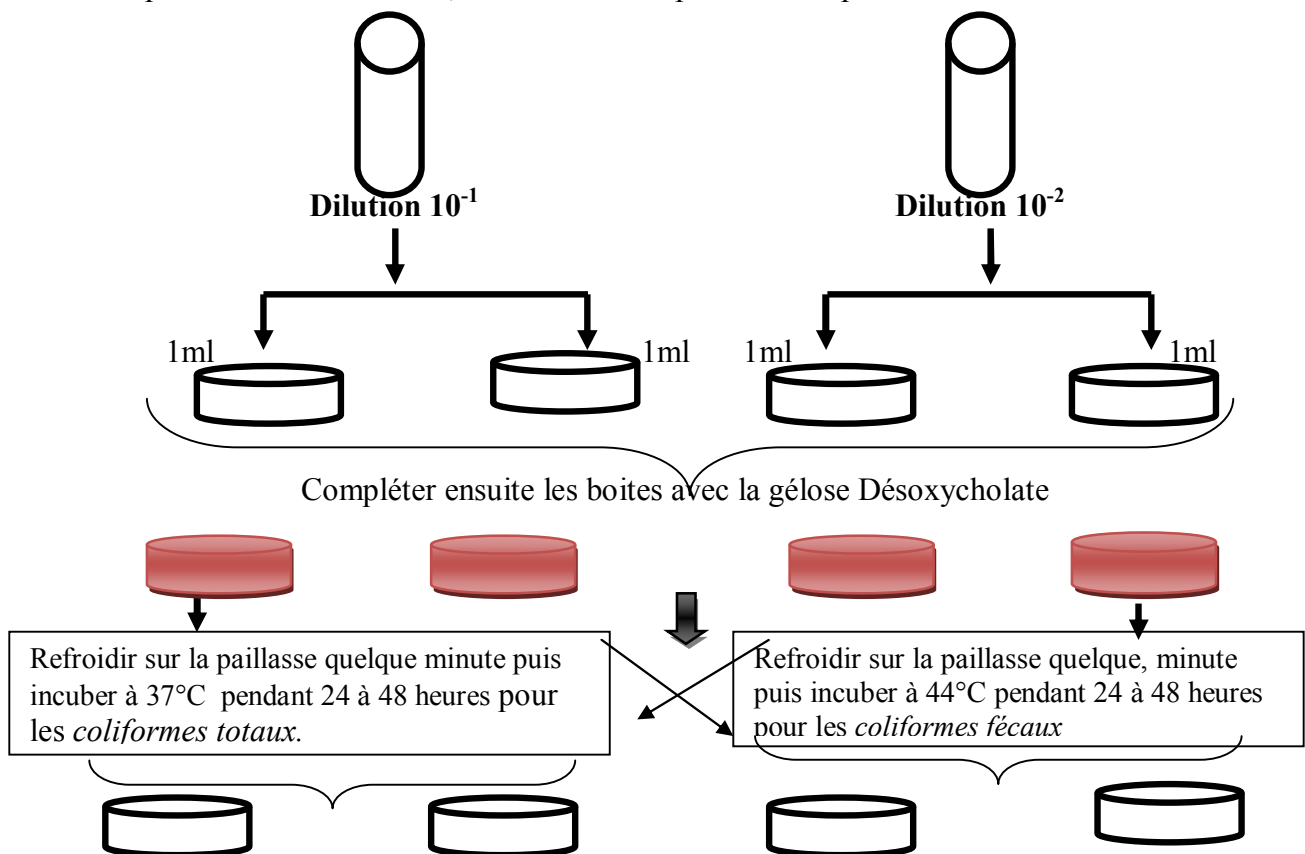


Figure N°III-4 : Schéma de la recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.

III-6-Essai de fabrication de l'ben à base de lactosérum liquide :

Notre travail consiste à substituer le lait cru par le lactosérum liquide issu de la fabrication de l'EDAM dans l'essai de fabrication de l'ben.

Cette étude est réalisée au niveau de l'unité de Boudouaou (LFB).

III-6-1-Les étapes de fabrication :

Les différentes étapes de fabrication de l'ben à base de lactosérum sont présentées dans le diagramme de la figure III-5.

1 ère étape : le lactosérum liquide a été enrichi avec la poudre de lait écrémé jusqu'à l'obtention d'un EST de 120 g/l, similaire à celui du lait cru.

Le lait de vache et le lactosérum enrichi, en poudre de lait, ont été introduits dans des fioles en verre comme Suite :

Fiole A : contient 100% de lait cru.

Fiole B : contient 20% de lactosérum enrichi et 80% de lait cru.

Fiole C : contient 30% de lactosérum enrichi et 70% de lait cru.

Fiole D : contient 40% de lactosérum enrichi et 60% de lait cru.

2ème étape : Traitement thermique : Les quatre fioles ont subi une pasteurisation à 85°C pendant 30 secondes puis refroidi à 28°C.

3ème étape :

Ensemencement et incubation :

L'ensemencement est réalisé par l'apport des bactéries mésophiles à raison de 3%. L'incubation est réalisée à une température entre 23°C à 28°C jusqu'à l'obtention d'une acidité de 60 à 70 °D, puis les produits sont refroidis à une température entre 4-6°C. Des mesures de l'acidité ont été effectuées au cours de l'incubation.

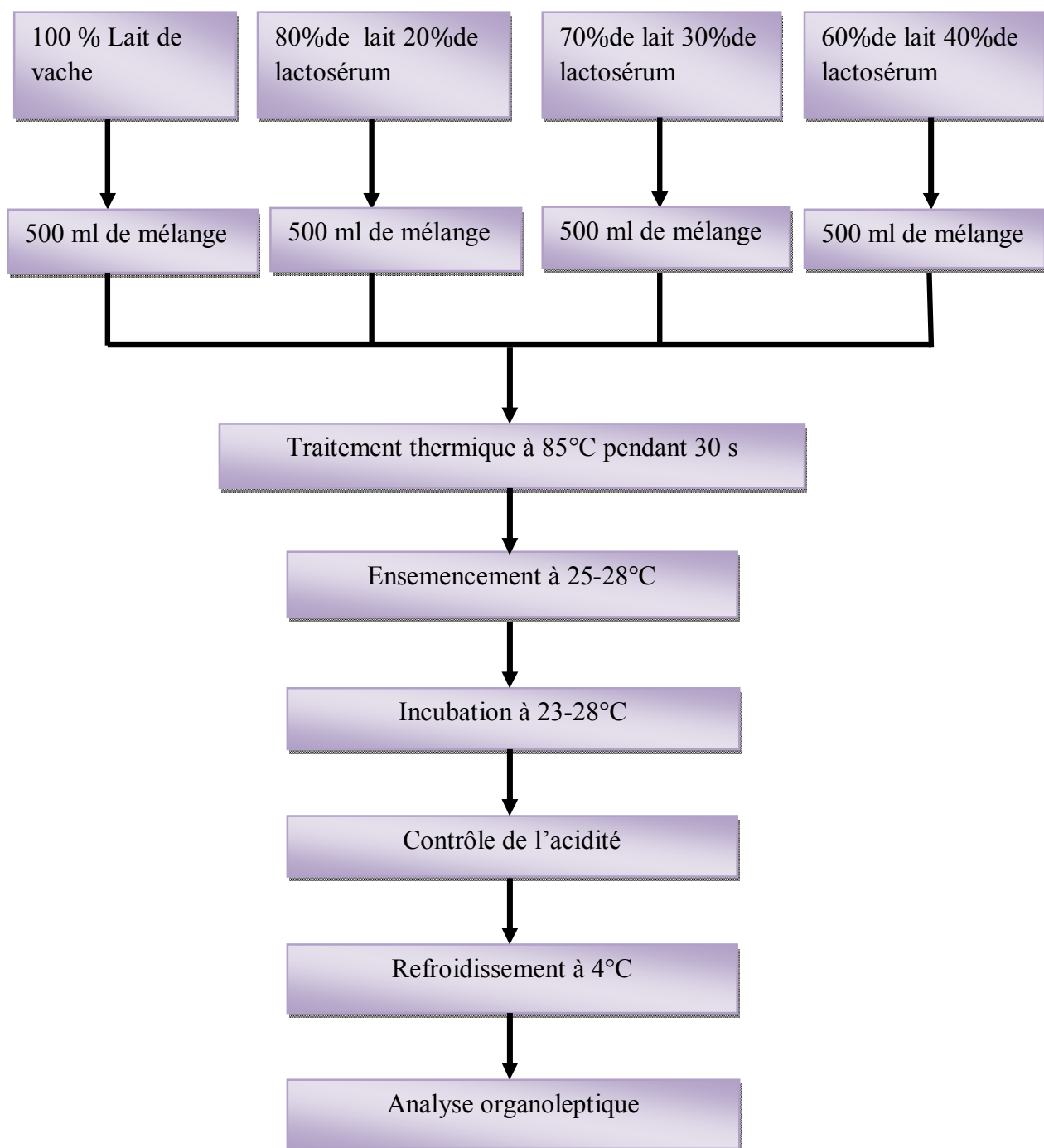


Figure N°III-5: Essai de fabrication de à l'ben à base de lactosérum.

IV-1-Résultats des analyses physico-chimiques :

IV-1-1 Analyses physico-chimiques du lait et lactosérum:

Les valeurs indiquées dans le tableau N°IV-1 et la figure N°IV-2 représentent la moyenne de 3 échantillons de lait et du lactosérum provenant de la fabrication de fromage Type EDAM.

Tableau N° IV-1: Résultats des analyses physicochimique du lait et du lactosérum.

	Lait	Lactosérum	Norme AFNOR1986 de lait
PH	$6,67 \pm 01$	$6.53 \pm 0,09$	6,6-6,8
Acidité (°D)	16 ± 1	$14.33 \pm 0,57$	14-18
MG (g /l)	32.33 ± 2.08	$3.66 \pm 0,57$	30-40
Lactose (g/l)	$38,5 \pm 1,5$	$42.16 \pm 1,57$	
EST (g/l)	118 ± 3.3	$63.33 \pm 1,75$	100-120
Cendres (g/l)	5 ± 0.5	4.6 ± 0.5	

Les résultats indiqués dans le tableau N°IV-1 et la figure IV-1 nous révèlent que l'extrait sec total du lactosérum représente plus que la moitié de l'extrait sec total du lait, mis en œuvre pour la fabrication du fromage, ce qui montre l'importance de la valorisation du lactosérum. Le lactosérum est riche en MG, éléments minéraux et lactose et sont respectivement de $3.66 \pm 0,57$ g/l, 4.6 ± 0.5 g/l et de $42.16 \pm 1,57$ g/l. Le lactose est le constituant prépondérant de la matière sèche et il représente 66 .57% de l'extrait sec total. Ce résultat est pratiquement similaire à celui obtenus par (Luquet et al, 1990).

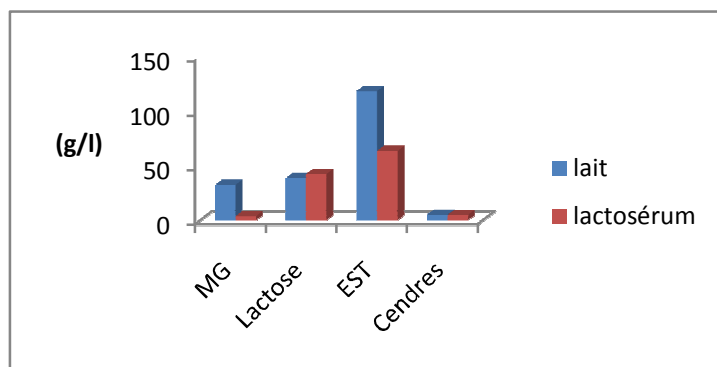


Figure N° IV-1: La composition du lactosérum et du lait.

Les valeurs de pH et de l'acidité indiquées dans le tableau IV-1 et la figure IV-2 nous confirment que le lactosérum est de type doux, en effet la coagulation du lait, pour la fabrication de l'EDAM, est de type présure. Les valeurs de pH et de l'acidité obtenues sont respectivement de $6.53 \pm 0,09$ et $14.33 \pm 0,57$ pour le lactosérum et de 6.67 ± 0.1 et 16 ± 1 pour le lait de vache.

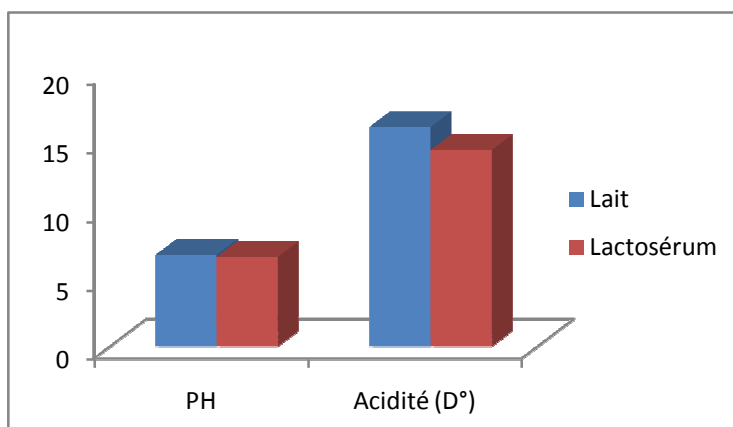


Figure N° IV-2 : Acidité et pH du lait de vache et lactosérum.

IV-1-2-Les analyse physico-chimique de l'ben :

Les résultats des analyses physico-chimiques de lait fermenté (le produit fini) sont regroupés dans le tableau N° IV-2.

Tableau N° IV-2: Résultats des analyses physicochimique du l'ben.

Analyse	Produit A	Produit B	Produit C	Produit D
PH	4,46	4,50	4,63	4,45
Acidité (°D)	66	65	70	75
MG (g /l)	$34,5 \pm 0,5$	$24,5 \pm 0,5$	$21,5 \pm 0,5$	$16 \pm 0,5$
EST (g/l)	$11,69 \pm 0,20$	$11,40 \pm 0,5$	$11,13 \pm 0,7$	$11,55 \pm 0,5$

D'après les résultats mentionnés dans le tableau N° IV-2, on observe que les taux de la matière sèche des différents produit testés sont presque similaires.

Les valeurs de l'acidité obtenus pour les produit A, B, C et D sont respectivement de 66°D, 65°D, 70°D et 75°D et sont conformes à la norme codex STAN 243-2003 qui est au minimum de 0.30% d'acide lactique m/m.

Le taux de la matière grasse de l'ben, diminue avec l'augmentation du taux de lactosérum incorporées à la matière première (lait de vache) utilisé et ceci est dû à la t faible teneur en MG du lactosérum enrichi en poudre de lait écrémé.

IV-1-3-Suivi de l'acidité au cours de la fermentation de l'ben :

Nous avons procédé à la mesure de l'acidité toutes les heures immédiatement après ensemencement du mélange et durant l'incubation à la température de 23°C à 28°C ,Ces mesures ont été effectuées au niveau de laboratoire l'unité de Boudouaou.

Les résultats de l'évolution de l'acidité en fonction du temps d'incubation des quatre produits testés sont montrés dans le tableau N°IV-3et la figure N° IV-3:

Tableau N°IV-3: L'évolution de l'acidité en fonction du temps d'incubation.

Temps	A	B	C	D
13h	17	16	17	18
14h	18 ,5	17	18	19
15h	20	18	19 ,5	20
16h	20,5	19	21	21,5
17h	21	20	22	22,5
18h	22	21	26	24
19h	29	26	38	31
20h	41	41	51	41
21h	58	54	65	59

Ces résultats révèlent que l'acidité, des produit A, B, C et D augmente avec le temps. La figure nous montre que l'acidité augmente lentement durant les cinq premières heures d'incubation puis elle s'accélère pour atteindre de valeurs de 58 ; 54 ; 65 et 59 °D respectivement pour les produits A ;B ;C et D, au bout de 9h d'incubation.

L'augmentation de l'acidité est due à la dégradation de lactose en acide lactique par les bactéries lactiques mésophiles .

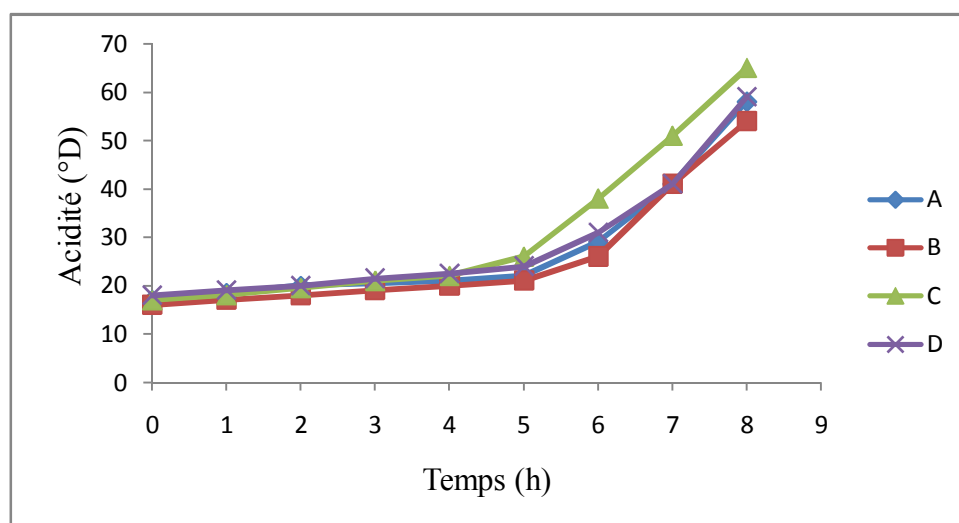


Figure N° IV-3: évolution de l'acidité au cours de fermentation de l'ben.

IV-2- Résultats des analyses microbiologiques :

Les résultats des analyses microbiologiques réalisées sur le lactosérum et le lait de vache, utilisés dans la fabrication de l'ben, sont regroupés dans les tableaux, IV-4, IV-5 et IV-6.

Tableau N° IV-4: Résultats des analyses microbiologiques de lait cru.

	Lait cru	Norme JORA1998
Germe totaux UFC /ml	88.10 ⁵	10 ⁵
Coliforme totaux	ND	ND
Coliforme fécaux	ND	ND

ND : non déterminée.

Analyses microbiologiques réalisées, sur des échantillons de lait de vache à sa réception, c'est-à-dire avant le traitement de pasteurisation, ont concerné uniquement la détermination des germes totaux. Les germes totaux, coliformes totaux et coliforme fécaux sont effectués après la pasteurisation.

Les résultats portés dans le tableau N°IV-4, nous montrent que la présence des germes totaux dans le lait de vache avant pasteurisation, sont supérieures à la norme indiquée dans le journal officiel de la république Algérienne (JORA).

Tableau N° IV-5: Résultats des analyses microbiologiques de lait pasteurisé.

	Lait pasteurisé	Norme JORA 1998
Germe Totaux	ND	3.10^4
Coliforme totaux	Absence	1
Coliforme fécaux	Absence	Absence

Les résultats obtenus montrent que la pasteurisation du lait cru a conduit à l'élimination totale des coliformes totaux et des coliformes fécaux.

Ceci nous mène à dire que le traitement thermique pratiqué à l'unité LFB est efficace du point de vue destruction des germes pathogène et d'altération diverses.

Ce traitement est appliqué à 82-85°C pendant 15 secondes.

Tableau N° IV-6: Résultats des analyses microbiologiques du lactosérum.

	Lactosérum	Norme JORA 1998
Germe Totaux	ND	2.10^5
Coliforme totaux	Absence	25
Coliforme fécaux	Absence	25

Les analyses microbiologiques du lactosérum ont concernés la détermination des coliformes totaux et des coliformes fécaux. Ces analyses sont réalisées sur des échantillons prélevés, aseptiquement, à partir de la cuve de coagulation et pendant la fabrication de l'EDAM. Cette pratique explique l'absence totale des coliformes totaux et fécaux.

IV-3-Evaluation sensorielle de l'ben :

Le test sensoriel a été effectué sur les quatre produits de l'ben et a porté sur deux critères : Le gout. et l'odeur.

Les produits ont été codés comme suit :

- ✓ A : L'ben à 100% de lait de vache.
- ✓ B : L'ben à 80% de lait et de 20% de lactosérum.
- ✓ C : L'ben à 70% de lait et de 30% de lactosérum.
- ✓ D : L'ben à 60% de lait et de 40% de lactosérum.

L'évaluation des 4 produits portant sur les critères gout, odeur a été réalisée par 10 sujets non expérimentés qui ont attribué des notes de 1 à 10 pour chaque produit et chaque critère.

La méthode de notation est la suivante :

5: Excellent.

2.5 : Moyen.

1 : Très mauvais.



Figure N° IV-4: Les 4 échantillons de l'ben à base de lactosérum.

Les scores attribués, par les panélistes, sont rassemblés dans le tableau N° IV-7.

Tableau N° IV-7: Résultats des scores des critères goût, odeur.

	Gout				Odeur			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	5	3	5	3	4	3	3	3
2	5	4	3	2	5	3	2	4
3	5	3	5	2	5	3	5	2
4	3	3	5	5	3	3	4	5
5	5	2	3	5	5	2	3	5
6	5	1	1	3	5	1	4	5
7	3	2	3	5	5	4	4	5
8	3	4	4	5	5	4	4	4
9	4	3	1	2	1	3	3	5
10	3	4	1	4	2	2	3	5

Les résultats des classements des critères gout et odeur ainsi que la somme
Des rangs par produit et par l'ensemble des sujets sont représentés dans le tableau N°
IV-8.

Tableau N° IV-8: Résultats des classements des critères goût et odeur.

	Gout				Odeur			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	1.5	3.5	1.5	3.5	1	3	3	3
2	1	2	3	4	1	3	4	2
3	1.5	3	1.5	4	1.5	3	1.5	4
4	3.5	3.5	1.5	1.5	3.5	3.5	2	1
5	1.5	4	3	1.5	1.5	4	3	1.5
6	1	3.5	3.5	2	1.5	4	3	1.5
7	2.5	3.5	2.5	1.5	1.5	3.5	3.5	1.5
8	4	2.5	2.5	1	1	3	3	3
9	1	2	4	3	4	2.5	2.5	1
10	3	1.5	4	1.5	3.5	3.5	2	1
Σ	20.5	29	27	23.5	20	33	27.5	19.5

Interprétation des résultats :

Pour l'interprétation des résultats nous avons utilisé le test de Friedman basé sur le Calcul de F (Danzart. M ;1998).

➤ Le test de Friedman :

C'est le test non paramétrique le plus employé en évaluation sensorielle car il correspond à une expérience équilibrée où n sujet ont noté chacun les p produits de l'étude. Les données sont donc appariées et la statistique de test utilise les rangs des produits, sujet par sujet (ces rangs peuvent tout à fait être calculés à partir de notes mises par les panélistes). Ce test, comme celui de Kruskal Wallis, est un test de X^2 d'écart entre la somme des rangs obtenus par chaque produit et une somme des rangs moyenne (celle qu'auraient tous les produits s'ils étaient classés ex-æquo). Soit :

$$F = 12 / n \times p \times (p + 1) [R_i^2 + \dots + R_p^2] - 3n \times (p + 1)$$

Où :

n : Nombre des panélistes

p: Nombre des produits.

Ri : Somme des rangs calculés à partir des scores donné au produit par n sujets.

Cette valeur de F doit être comparée à la valeur L lue dans la table des X^2 à (p- 1) degrés de liberté au niveau 5% (voir Annexe N°3).

Pour la décision :

➤ Si $F > L$: on décide que les produits sont perçus comme étant significativement différents.

➤ Si $F < L$: on décide que les produits sont perçus comme étant identiques.

Lorsque le test conduit à une différenciation significative des produits on fait appel à une comparaison multiple des sommes de rangs des produits. Dans le cas du test de FRIEDMAN, les effectifs sont les mêmes pour chacun des produits. En conséquent chaque différence de moyenne doit être comparée à la valeur :

$$\delta = Z [n \times p (p + 1) / 6]^{1/2}$$

Où Z est la valeur lue dans la table gaussienne au niveau $[2 \alpha / p \times (p - 1)]$ (Annexe N°4).

- Si $|R_i - R_j| > \delta$: les produits i et j sont perçus comme significativement différents.
- Si $|R_i - R_j| < \delta$: les produits sont perçus comme identiques.

1-Calcul de F pour le critère gout :

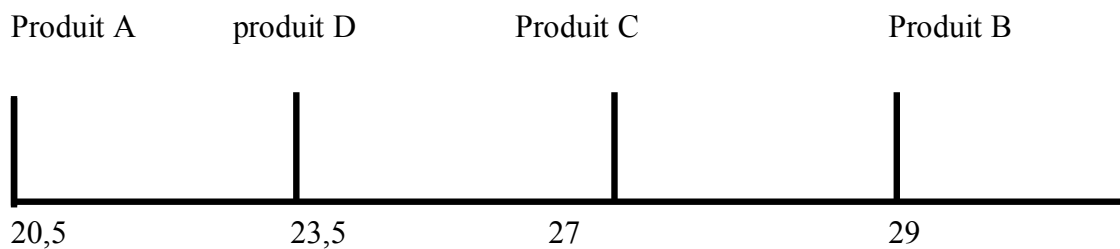
$$F = 12 \left[\frac{(20,5)^2 + (29)^2 + (27)^2 + (23,5)^2}{10 \times 4 \times (4+1)} \right] - 3 \times 10 \times (4+1)$$

$$F = 2,55$$

La valeur de « L » Lue sur la table de X^2 (Annexe N°3) au degré de liberté de $(p-1)$ à 5% est de :

$$L = 7,81$$

$L = 7,81$ et $F = 2,55$ donc $F < L \rightarrow$ Les quatre produits testés sont perçus comme étant significativement identique au seuil de signification de 0.05.



Conclusion

Les produits de l'ben testés sont perçus comme étant significativement identique à 5% du point de vue gout. Donc nous pouvons conclure que la substitution, du lait de vache par le lactosérum enrichi en poudre de lait, peut atteindre les 40%.

3-Calcul de F pour le critère odeur :

$$F=12 \times [((20)^2 + (33)^2 + (27,5)^2 + (19,5)^2)/10 \times 4 \times (4 + 1)] - 3 \times 10 \times (4 + 1)$$

$$F=7,51$$

La valeur de « L » Lue sur la table de X^2 (Annexe N°3) à degré de liberté de (p-1) à 5% est de :

$$L=7,8$$

$F < L \rightarrow$ Les produits sont perçus comme étant significativement identique à 5%.

Produit D

Produit A

Produit C

Produit B

**Conclusion :**

Du point de vue odeur les produits A, B, C et D sont significativement identiques à 5% donc le taux de substitution du lait par le lactosérum enrichi peut atteindre les 40%

L'objectif de notre étude est l'utilisation du lactosérum, enrichi en poudre de lait écrémé, comme substitut de lait de vache dans la fabrication de l'ben.

Les analyses physico-chimiques de lactosérum doux ont démontré sa richesse en lactose (42.16g /l), et en EST (63.33g /l) ce dernier représente plus que la moitié de la matière sèche du lait de vache mise en œuvre pour la fabrication de l'EDAM.

L'analyse microbiologique du lait de vache avant et après pasteurisation a montré l'efficacité du traitement thermique appliqué à l'unité de Boudouaou.

L'étude de l'évolution de l'acidité en fonction du temps à température ambiante nous a permis de déduire que la durée de la fermentation est de l'ordre de 9h.

Par ailleurs, le test de Friedman, utilisé pour l'interprétation statistique des résultats de l'analyse sensorielle portant sur les critères goût, odeur des différents produits testés, nous a révélé qu'il n'y a pas de différence significative entre les produits testés A (0%), B (20%), C (30%) et D (40%). Donc le lactosérum enrichi en poudre de lait écrémé pourrait être incorporé à 40% dans la fabrication de l'ben.

Le lactosérum renferme 53,66% des constituants nobles. Donc il serait judicieux et nécessaire de le valoriser. La valorisation de lactosérum en l'utilisant dans l'élaboration des produits alimentaires tel que l'ben constitue une stratégie intéressante qui conduit à :

- ❖ La Protection de l'environnement aquatique.
- ❖ L'Augmentation de la valeur nutritive de l'ben.
- ❖ La Diminution de l'importation de la poudre de lait.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

- Accolas JP and Spillmann R. (1979). The morphology of six bacteriophages of streptococcus thermophilus .J Appl bacterial 47. 144 p.
- Apria(association pour la promotion industrie agriculture) ;1973 : les lactosérum traitement et utilisation.
- AFNOR, 1986 : Contrôle de la qualité des produits laitiers, Ed, Paris.
- AFNOR, 2001 : Produits laitiers frais : spécifications des laits fermentés et des yaourts / yoghourts. Norme NF V 04-600. <http://www.afnor.fr/> .
- Boudier J.F et Luquet F.M, 1989: Utilisation des lactosérums en alimentation humaine et animale N°21.
- Boudier. J. F, 1990 : Produits frais In « lait et produits laitiers Vache, Brebis, Chèvre » Vol II. Luquet. F. M, Ed. Tec et Doc, Lavoisier Paris, pp 36 ,56
- Batchelder B, 1990: Electrodialysis application dans : whey processing.
- Barman T.E, 1970: petrification and proprieties of bovine processing
- Chamba J. F., (2008). Applications des bactéries lactiques lors des fabrications fromagères. In : Corrieu, G. and Luquet, F.M. (Eds.), Bactéries lactiques -s - De la génétique aux ferments. Lavoisier, Paris, p. 787-815.
- Danzart. M ; 1988 : évolution sensorielle .technique et documentaire .Ed Lavoisier paris , pp219-300.
- FAO. (1998). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO: Alimentation et nutrition N° 28.Catalogage avant publication de la Bibliothèque David Lubin FAO. Rome. Italie.
- FAO. (1998). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine .Collection FAO : Alimentation et nutrition N° 28. Catalogage avant publication de la bibliothèque David Lubin FAO. Rome. Italie.
- FAO. (1995). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine .collection FAO Alimentation et nutrition N°28.

- Février C, 1977 : lactosérum et sous produit laitiers dans l'alimentaire de proc
- Frédéric Gaucheron ; 2004 : minéraux et produit laitiers ; édition Lavoisier technique et documentation
- Jean Adrian, Jacques potus , Régine Frangne ; 1995 : la science alimentaire 2ème édition .
- JORA.(1993).Arrêté interministériel du 29 Safar 1414 correspondant au 18 aout 1993 relatif aux spécification et à la présentation de certains laits de consommation , N°JORA : 069 du 27-10-1993 .
- Journal Officiel République Algérienne N° 35 du mais 1998.
- Hadadji M . (2007).caractérisation technologique des bifidobacteries à intérêt thérapeutique ,thèse de doctorat d'état . universite d'oran ,algérie .
- Guerzani. J, 2003: Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic bacteria in (fermented milk), pp 1-11.
- Leroy F. et De Vuyst L., (2004). Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. Trends Food Science and Technology, 15:67–78.
- Linden G et Lorient D; 1994 : Biochimie agro industrielle ; valorisation alimentaire de la Production agroalimentaire de la production agricole,édition Masson ,paris ,pp : ,1
- Moletta R, 2002 : Gestion des problèmes environnementaux dans les IAA. Paris: Tech et Doc-600p.
- Luquet et F. M,1990 .lait et les produits laitiers ,vache, brebis ,chèvre .Tome II.technique et documentation –lavoisier, ,621p.
- Makarova K., Slesarev A., Wolf Y., Sorokin A., Mirkin B. et Koonin E., (2006). Comparative genomics of the lactic acid bacteria. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 429(103) :15611–15616.
- Norme codex pour les laits fermentés codex STAN 243-2003
- Parente E. et Cogan T. M., (2004). Starter cultures: general aspects. In: Fox, P. F., McSweeney P. L. H., Cogan T. M. et Guinee, T. P. (Eds.), Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. I. Chapman and Hall, London, p.123-148.
- Solieri L. et Giudici P., (2009). Vinegars of the World Springer-Verlag Italia, 297.
- Veisseyre. R, 1979 : Technologie du lait, Chap. Technologie des laits de Consommation en nature, Ed. MAISON RUSTIQUE, pp 81-329.

-Vignola. C. L, 2002 : Science et Technologie du Lait : Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada, 600 pages.

-Yelles F, 2002: Valorisation de lactosérum par lyophilisation.

Annexes

Annexe N°1 :

Appareillages :	Les produits :
-pH mètre. -Etuve. -Dessiccateur. -Balance analytique. -Four à moufle. -Centrifugeuse. -Butyromètre. -Béchers. - Capsules. -Burettes. -Erlen Mayer. -Papiers filtres. -Pipette graduée. -Eprouvette graduée. -Entonnoirs. -fiolle conique -fiolle jaugée	-phénophtaléine à 0.01N -Eau distillé -Acide sulfurique (H_2SO_4 à 0.02 Net à 0.1N) -Alcool iso amylique. -Hexacyanoferrate II de potassium -Acétate de zinc -Hydroxyde de sodium(NaOH) à 1/9N -fehling A -fehling B -Cu₂O -sulfate ferique -KMnO₄

Annexe N°2 :

KMnO ₄ 0.1N	Lactose hydraté	KMnO ₄ 0.1N	Lactose hydraté	KMnO ₄ 0.1N	Lactose hydraté
5.0	23.6	9.0	43.5	13.0	64.1
5.1	24.1	9.1	44.0	13.1	64.7
5.2	24.6	9.2	44.5	13.2	65.2
5.3	25.1	9.3	45.0	13.3	65.7
5.4	26.1	9.4	45.5	13.4	66.2
5.5	26.6	9.5	46.0	13.5	66.8
5.6	27.1	9.6	46.5	13.6	67.3
5.7	27.6	9.7	47.1	13.7	67.8
5.8	27.6	9.8	47.6	13.8	68.4
5.9	28.0	9.9	48.1	13.9	68.9
6.0	28.5	10.0	48.6	14.0	69.4
6.1	29.0	10.1	49.1	14.1	69.9
6.2	29.5	10.2	49.6	14.2	70.5
6.3	30.0	10.3	50.1	14.3	71.0
6.4	30.5	10.4	51.2	14.4	71.5
6.5	31.0	10.5	51.6	14.5	72.0
6.6	31.5	10.6	51.7	14.6	72.6
6.7	32.0	10.7	52.2	14.7	73.1
6.8	32.5	10.8	52.7	14.8	73.6
6.9	33.0	10.9	53.2	14.9	74.1
7.0	33.5	11.0	53.7		
7.1	34.0	11.1	54.2		
7.2	34.5	11.2	54.8		
7.3	35.0	11.3	55.3		
7.4	35.5	11.4	55.8		
7.5	36.0	11.5	56.3		
7.6	36.5	11.6	56.8		
7.7	37.0	11.7	57.4		
7.8	37.5	11.8	57.9		
7.9	38.0	11.9	58.4		
8.0	38.5	12.0	58.9		
8.1	39.0	12.1	59.9		
8.2	39.5	12.2	60.0		
8.3	40.0	12.3	60.5		
8.4	40.5	12.4	61.0		
8.5	41.0	12.5	61.5		
8.6	41.5	12.6	62.1		
8.7	42.0	12.7	62.6		

Annexe N°3 :

DDL α	10%	5%	2.5%	1%	1‰
1	2.71	3.84	5.02	6.63	10.83
2	4.61	5.99	7.38	9.21	13.82
3	6.25	7.81	9.35	11.34	16.27
4	7.78	9.49	11.14	13.28	18.47
5	9.24	11.07	12.83	15.09	20.52
6	10.64	12.59	14.45	16.81	22.46
7	12.02	14.07	16.01	18.47	24.32
8	13.36	15.51	17.53	20.09	26.13
9	14.68	16.92	19.02	21.67	27.88
10	15.99	18.31	20.48	23.21	29.59
11	17.27	19.67	21.92	24.72	31.26
12	18.55	21.03	23.34	26.22	32.91
13	19.81	22.36	24.74	27.69	34.53
14	21.06	23.68	26.12	29.14	36.12
15	22.31	25.00	27.49	30.58	37.70
16	23.54	26.30	28.84	32.00	39.25
17	24.77	27.59	30.19	33.41	40.79
18	25.99	28.87	31.53	34.80	42.31
19	27.20	30.14	32.85	36.19	43.82
20	28.41	31.41	34.17	37.57	45.32
21	29.61	32.67	35.48	38.93	46.80
22	30.81	33.92	36.78	40.29	48.27
23	31.01	35.17	38.08	41.64	49.73
24	33.20	36.41	39.37	42.98	51.18
25	34.38	37.65	40.64	44.34	52.62
26	35.56	38.88	41.92	45.64	54.05
27	36.74	40.11	43.19	46.96	55.48
28	37.92	41.34	44.46	48.28	56.89
29	39.09	42.56	45.72	49.59	58.30
30	40.26	43.77	46.98	50.89	59.70

Annexe N°4 :

Z	α	Z	α	Z	α	Z	α	Z	α	Z	α
0.00	0.5000	1.00	0.1587	2.00	0.0228	0.00	1.0000	1.00	0.3174	2.00	0.0456
0.02	0.4920	1.02	0.1539	2.02	0.0217	0.02	0.9840	1.02	0.3064	2.02	0.0434
0.04	0.4840	1.04	0.1492	2.04	0.0207	0.04	0.9680	1.04	0.2984	2.04	0.0414
0.06	0.4761	1.06	0.1446	2.06	0.0197	0.06	0.9522	1.06	0.2892	2.06	0.0394
0.08	0.4681	1.08	0.1401	2.08	0.0188	0.08	0.9362	1.08	0.2802	2.08	0.0376
0.10	0.4602	1.10	0.1357	2.10	0.0179	0.10	0.9204	1.10	0.2714	2.10	0.0358
0.12	0.4522	1.12	0.1314	2.12	0.0170	0.12	0.9044	1.12	0.2628	2.12	0.0340
0.14	0.4443	1.14	0.1271	2.14	0.0162	0.14	0.8886	1.14	0.2542	2.14	0.0324
0.16	0.4364	1.16	0.1230	2.16	0.0154	0.16	0.8728	1.16	0.2460	2.16	0.0308
0.18	0.4286	1.18	0.1190	2.18	0.0146	0.18	0.8572	1.18	0.2380	2.18	0.0292
0.20	0.4207	1.20	0.1151	2.20	0.0139	0.20	0.8414	1.20	0.2302	2.20	0.0278
0.22	0.4129	1.22	0.1112	2.22	0.0132	0.22	0.8258	1.22	0.2224	2.22	0.0264
0.24	0.4052	1.24	0.1075	2.24	0.0125	0.24	0.8104	1.24	0.2150	2.24	0.0250
0.26	0.3974	1.26	0.1038	2.26	0.0119	0.26	0.7948	1.26	0.2076	2.26	0.238
0.28	0.3897	1.28	0.1003	2.28	0.0113	0.28	0.7794	1.28	0.2006	2.28	0.0226
0.30	0.3821	1.30	0.0968	2.30	0.0107	0.30	0.7642	1.30	0.1936	2.30	0.0214
0.32	0.3745	1.32	0.0934	2.32	0.0102	0.32	0.7490	1.32	0.1868	2.32	0.0204
0.34	0.3669	1.34	0.0901	2.34	0.0096	0.34	0.7338	1.34	0.1802	2.34	0.0192
0.36	0.3594	1.36	0.0869	2.36	0.0091	0.36	0.7188	1.36	0.1738	2.36	0.0182
0.38	0.3520	1.38	0.0838	2.38	0.0087	0.38	0.7040	1.38	0.1676	2.38	0.0174
0.40	0.3446	1.40	0.0808	2.40	0.0082	0.40	0.6892	1.40	0.1616	2.40	0.0164
0.42	0.3372	1.42	0.0778	2.42	0.0078	0.42	0.6744	1.42	0.1556	2.42	0.0156
0.44	0.3300	1.44	0.0749	2.44	0.0073	0.44	0.6600	1.44	0.1498	2.44	0.0146
0.46	0.3228	1.46	0.0721	2.46	0.0069	0.46	0.6456	1.46	0.1444	2.46	0.0138
0.48	0.3156	1.48	0.0694	2.48	0.0066	0.48	0.6312	1.48	0.1388	2.48	0.0132
0.50	0.3085	1.50	0.0668	2.50	0.0062	0.50	0.6170	1.50	0.1336	2.50	0.0124
0.52	0.3015	1.52	0.0643	2.52	0.0059	0.52	0.6030	1.52	0.1286	2.52	0.0118
0.54	0.2946	1.54	0.0618	2.54	0.0055	0.54	0.5892	1.54	0.1236	2.54	0.0110
0.56	0.2877	1.56	0.0594	2.56	0.0052	0.56	0.5754	1.56	0.1188	2.56	0.0104
0.58	0.2810	1.58	0.0571	2.58	0.0049	0.58	0.5620	1.58	0.1142	2.58	0.0098
0.60	0.2743	1.60	0.0548	2.60	0.0047	0.60	0.5486	1.60	0.1096	2.60	0.0094
0.62	0.2676	1.62	0.0526	2.62	0.0044	0.62	0.5352	1.62	0.1052	2.62	0.0088
0.64	0.2611	1.64	0.0505	2.64	0.0041	0.64	0.5222	1.64	0.1010	2.64	0.0082
0.66	0.2546	1.66	0.0485	2.66	0.0039	0.66	0.5092	1.66	0.0970	2.66	0.0078
0.68	0.2483	1.68	0.0469	2.68	0.0037	0.68	0.4966	1.68	0.0930	2.68	0.0074
0.70	0.2420	1.70	0.0446	2.70	0.0035	0.70	0.4840	1.70	0.0892	2.70	0.0070
0.72	0.2358	1.72	0.0427	2.72	0.0033	0.72	0.4716	1.72	0.0854	2.72	0.0066
0.74	0.2296	1.74	0.0409	2.74	0.0031	0.74	0.4592	1.74	0.0818	2.74	0.0062
0.76	0.2236	1.76	0.0392	2.76	0.0029	0.76	0.4472	1.76	0.0784	2.76	0.0058
0.78	0.2176	1.78	0.0375	2.78	0.0027	0.78	0.4354	1.78	0.0750	2.78	0.0054
0.80	0.2119	1.80	0.0359	2.80	0.0026	0.80	0.4238	1.80	0.0718	2.80	0.0052
0.82	0.2061	1.82	0.0344	2.82	0.0024	0.82	0.4122	1.82	0.0688	2.82	0.0048
0.84	0.2005	1.84	0.0329	2.84	0.0023	0.84	0.4010	1.84	0.0658	2.84	0.0046
0.86	0.1949	1.86	0.0314	2.86	0.0021	0.86	0.3898	1.86	0.0628	2.86	0.0042
0.88	0.1894	1.88	0.0301	2.88	0.0020	0.88	0.3788	1.88	0.0602	2.88	0.0040
0.90	0.1841	1.90	0.0287	2.90	0.0019	0.90	0.3682	1.90	0.0574	2.90	0.0038
0.92	0.1788	1.92	0.0274	2.92	0.0018	0.92	0.3556	1.92	0.0548	2.92	0.0036
0.94	0.1736	1.94	0.0262	2.94	0.0016	0.94	0.3472	1.94	0.0524	2.94	0.0032
0.96	0.1685	1.96	0.0250	2.96	0.0015	0.96	0.3370	1.96	0.0500	2.96	0.0030
0.98	0.1635	1.98	0.0239	2.98	0.0014	0.98	0.3270	1.98	0.0478	2.98	0.0028