

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences Alimentaires  
Filière : Sciences Alimentaire  
Option : industrie laitière



Réf : .....

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

## **MASTER**

**VALORISATION DU LACTOSERUM ISSU DE  
FABRICATION DU FROMAGE à PÂTE MOLLE TYPE  
CAMEMBERT PAR LA FORMULATION D'UNE BOISSON  
LACTÉE À BASE DE JUS DE FIGUE DE BARBARIE**

*Opuntia ficus indica*

Présenté par :

***CHENANFA Sarah & AOUDIA Amel***

Soutenu le : **24 /06/2017**

Devant le jury composé de :

M <sup>me</sup> .SMAIL .L	MAA	Présidente
M <sup>r</sup> . MADANI.K	Professeur	Encadreur
M <sup>r</sup> .NABET.N	MAA	Examineur
M <sup>elle</sup> .TERKI .L	Doctorante	Invitée

**Année universitaire : 2016/2017**

*« La théorie, c'est quand on sait tout mais que rien ne fonctionne.*

*La pratique c'est quand tout fonctionne mais que personne ne sait pourquoi*

*En sciences on allie la théorie a la pratique : rien ne fonctionne et personnes ne sait pourquoi »*

**ALBERT EINSTEIN**

## **Remerciement**

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*En second lieu, nous tenons à remercier très sincèrement notre promoteur **Mr MADANI** de nous avoir fait l'honneur de dirigé ce travail. Nous somme très reconnaissantes pour la confiance qu'il nous a témoigné au cours de ce travail.*

*On remercie également **M<sup>elle</sup> TERKI Lydia** ; Doctorante a l'université de Bejaia pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

*On remercie aussi **M<sup>me</sup> KHELFALAH** ; Responsable du Laboratoire du Control de Qualité Prévotab a El Kseur pour sa gentillesse et ses bonnes explications qui nous ont éclairé le chemin de la recherche et sa collaboration avec nous dans l'accomplissement de ce modeste travail.*

*Nos remerciement vont également a tout les personne du laboratoire Prévotab*

*Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## *Dédicace*

*Je dédie mon travail à celle qui m'a donné la vie, la source de la tendresse ma chère mère « Malika » qui m'a apporté son appui durant toute mes années d'étude, pour son sacrifice et soutien qui m'a donné l'amour, le courage et la sécurité.*

*A mon cher père « El Hacene » qui m'a entouré de tous ses encouragements et son aide durant toute la période de mes études.*

*A celui qui a partagé mes enthousiasmes autant que mes moments difficiles, mon fiancé ; Redha*

*A mes chers frères : Yani et Karim*

*A mes grands parents*

*A mon cher oncle Kamel, sa merveilleuse femme Lynda et ses deux enfants Ghiles et Ryad*

*A mes tantes : Fadila et Sakina*

*A mon oncle Mouloud*

*A ma chère Dida*

*A toute ma famille AOUDIA et MENSOURI*

*A mon amie la plus intime « Fouzia »*

*A ma binôme et ma chère copine Sarah*

*A toute la promotion Industrie Laitière et celle des Corps Gras 2016/2017*

*Amel*

## *Dédicace*

*Je dédie mon travail à celle qui m'a donné la vie, la source de la tendresse ma chère mère « ZOHRA » qui m'a apporté son appui durant toute mes années d'étude, pour son sacrifice et soutien qui m'a donné l'amour, le courage et la sécurité.*

*A mon cher père « NACER » qui m'a entouré de tous ses encouragements et son aide durant toute la période de mes études.*

*A mes frères : ZAKARIA et AYA*

*A ma tante : NOUARA*

*A toute ma famille CHENANFA et AOUADJ*

*A mon amie la plus intime « BASMA »*

*A ma binôme et ma chère copine AMEL*

*A toute la promotion Industrie Laitière et celle des Corps Gras 2016/2017*

*SARAH*

# Table des matières

Dédicaces .....	
Remerciements .....	
Table des matières .....	
Liste des tableaux .....	
Liste des figures .....	
Liste des abréviations .....	
Introduction .....	1
<b>CHAPITRE I. LACTOSÉRUM</b> .....	<b>3</b>
I.1 Définition et caractéristiques du lactosérum .....	3
I.2 Sources industrielles du lactosérum .....	3
I.2.1 La fromagerie .....	3
I.2.2 La beurrerie .....	3
I.3 Types de lactosérum .....	3
I.3.1 Lactosérum acide .....	3
I.3.2 Lactosérum doux .....	4
I.4 Composition du lactosérum .....	5
I.4.1 Lactose .....	6
I.4.2 Protéine du lactosérum .....	7
I.4.3 Minéraux .....	7
I.4.4 Les vitamines .....	7
I.5 Valeur nutritionnelle .....	7
I.5.1 Lactose .....	8
I.5.2 Protéines .....	8
I.6 Nécessité de valorisation du lactosérum .....	8
I.7 Utilisation du lactosérum et de ses constituants .....	9
A. Dans l'alimentation animale .....	9
B. Utilisation en alimentation humaine .....	9
C. Dans la biotechnologie .....	10
<b>CHAPITRE II. LE FIGUIER DE BARBARIE</b> .....	<b>11</b>
II.1 Généralités sur le figuier de barbarie .....	11
II.2 Taxonomie .....	11
II.3 Description .....	12
II.4 Intérêts et utilisations .....	12
II.4.1 Intérêts nutritionnel .....	13
II.4.2 Intérêts médicinale .....	13
II.4.3 Intérêts économiques .....	14
II.4.4 Intérêts écologique .....	14
II.4.5 Intérêts de protection .....	14
II.4.6 effet antioxydant .....	14

II.4.7	effet thérapeutique.....	14
II.5	Composition physico-chimique.....	15
<b>CHAPITRE III.</b>	<b>MATÉRIELS ET MÉTHODES</b> .....	17
III.1	Présentation de projet .....	17
III.2	Matériels .....	18
III.2.1	Source du lactosérum .....	18
III.2.2	Matériel végétal .....	18
III.3	Méthodes analytiques .....	21
III.3.1	Echantillonnage et prélèvement .....	21
III.3.2	Analyses physicochimique .....	21
A	Détermination du pH .....	22
B	Détermination de l'acidité .....	22
C	Détermination de la teneur en matière grasse selon la méthode de GERBER .....	23
D	Détermination de l'extrait sec total (EST) .....	24
E	Détermination de taux de matière sèche soluble (Brix) .....	25
F	Détermination de la teneur en lactose (méthode de BERTRAND).....	25
G	Dosage des protéines par méthode Bradford .....	27
H	Dosage des cendres .....	27
I	Dosage des principes actifs .....	28
	- Préparation de l'extrait .....	28
	- Dosage des composés phénolique .....	29
	- Dosage des flavonoïde .....	30
	- Détermination de l'activité antioxydante .....	31
III.4	Analyses microbiologiques .....	32
III.4.1	Objectif de contrôle microbiologique .....	32
III.4.2	Préparation des dilutions .....	33
<b>CHAPITRE IV.</b>	<b>RÉSULTATS ET DISCUSSION</b> .....	34
IV.1.1	Analyses physico-chimiques du lactosérum .....	34
a	pH et acidité titrable .....	34
b	Extrait sec totale.....	35
c	Matière grasse.....	35
d	teneur en cendres (minéraux).....	35
e	Extrait sec soluble .....	35
f	Les protéines .....	35
g	lactoses .....	36
IV.1.2	Analyses physico-chimiques du jus de figue de barbarie.....	36
a	teneur en composé phénolique .....	36
b	pH et acidité titrable .....	37
c	Extrait sec totale .....	38
d	teneur en cendres (minéraux).....	38
e	Extrait sec soluble .....	38
f	Les protéines.....	38
IV.1.3	Analyses physico-chimiques des produits finis (lacto-jus).....	39
a	pH et acidité titrable .....	39
b	Extrait sec totale.....	40
c	Matière grasse.....	41

d teneur en cendres (minéraux) .....	41
e Extrait sec soluble .....	42
f Les protéines .....	43
g lactose .....	43
V.1.4 Analyses microbiologiques des produits finis (lacto-jus).....	45
Conclusion.....	46
Bibliographie.....	
Annexes.....	

## Liste des Tableaux

**Tableau 01** : La composition moyenne des différents types de lactosérum ;

**Tableau 02** : Teneur en vitamines dans le lactosérum ;

**Tableau 03** : Caractéristiques morphologiques de l'*Opuntia ficus indica* ;

**Tableau 04** : Composition physico-chimique du fruit d'*Opuntia ficus indica* ;

**Tableau 05** : Analyses physico-chimiques des matières premières et du produits finis ;

**Tableau 06** : les analyses microbiologiques ;

**Tableau 07** : résultats physico-chimiques des matières premières

**Tableau 08**: teneur en principes actifs de jus de la figue de barbarie ;

**Tableau 09**: Résultats des analyses microbiologique ;

# Liste des Figures

**Figure 01 :** Schéma technologique d'obtention des principaux types de sérums issus de la transformation du lait ;

**Figure 02 :** Diagramme de fabrication du camembert ;

**Figure 03 :** Etapes d'obtention du jus de la figue de barbarie ;

**Figure 04 :** les cinq formules préparées

**Figure 05:** Protocole de dosage des protéines par méthode Bradford ;

**Figure 06:** Etapes de préparation d'extraction de jus de la figue de barbarie ;

**Figure 07:** protocole de dosage des polyphénols ;

**Figure 08 :** protocole de dosage des flavonoïde ;

**Figure 09:** Etapes du test de DPPH du jus d'*Opuntia ficus indica* ;

**Figure 10:** Histogramme de pH des mélanges lactosérum-jus de figue de barbarie ;

**Figure 11:** Histogramme de l'acidité des mélanges lactosérum-jus de figue de barbarie ;

**Figure 12:** Histogramme de EST des mélanges lactosérum-jus de figue de barbarie ;

**Figure 13:** Histogramme de dosage MG des mélanges lactosérum-jus de figue de barbarie ;

**Figure 14:** Histogramme de dosage teneur en cendre des mélanges lactosérum-jus de figue de barbarie

**Figure 15:** Histogrammes des teneurs en extrait sec soluble des mélanges lactosérum-jus de figue de barbarie.

**Figure 16:** Histogramme de dosage des protéines des mélanges lactosérum-jus de figue de barbarie.

**Figure 17:** Histogramme de dosage du lactose des mélanges lactosérum-jus de figue de barbarie.



## Liste des abréviations

Ca : Calcium ;

DBO : Demande Biochimique en Oxygène ;

DPPH : 1,1-Diphenyl-2-Picryl-Hydrazyl ;

EST : Extrait sec totale ;

GIP : Groupe Industriel des productions laitières ;

H : Humidité ;

K : Potassium ;

MG : Matière grasse ;

Mg : Magnésium ;

MRS : Gélose de Man, Rogoza et Sharpe ;

Na : Sodium ;

Cl : chlore ;

ND : Non déterminée ;

OGA : Gelose Oxytetracycline Agar ;

P : Phosphore ;

PH : Potentiel Hydrogène ;

pHi : isoélectrique ;

USA : États-Unis ;

VF : Viande Foie ;

VRBL : Gélose Lactosée Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre.

LDL: low density lipoprotein

HDL: high density lipoprotein

GMP: Génie mécanique et productique

°D :Degré Dornic

EAG : équivalent en acide gallique ;

EAQ : équivalent en quercitrine ;

# *Introduction*

## **Introduction**

Le monde a connu un développement très important dans le secteur industriel tandis qu'il y a toujours des risques et des conséquences néfastes sur l'environnement et la santé publique. Pour cela, les écologistes et les biologistes se sont intéressés depuis longtemps aux procédés et techniques qui servent à limiter la pollution engendrée par les industries.

Parmi ces dernières, l'industrie laitière est l'une des plus polluantes par le rejet de quantités importantes de lactosérum (**Agnes, 1986**).

Ces rejets constituent une menace réelle sur l'environnement, car le lactosérum est riche en matière organique, en particulier, le lactose 40% (**Alais, 1984**).

La pollution causée par 1000 m<sup>3</sup>/ jour d'eaux usées rejetées par une industrie laitière serait équivalente à celle d'une ville de 800 000 habitants (**Kosikowski et Wzorek, 1977**).

Dans ces conditions, il est devenu indispensable de le recycler pour éviter la menace polluante. Encore faut-il que son traitement soit économiquement acceptable.

Sa principale caractéristique est qu'il contient une quantité importante en lactose, ce sucre représente une principale source de carbone pour les microorganismes qui intéressent l'industrie agroalimentaire. Le lactosérum contient également des protéines, des substances azotées non protéiques résultant de l'action des enzymes coagulantes ou du métabolisme des bactéries qui se développent dans le lait ou dans le coagulant. Aussi il contient des sels minéraux tels que : Ca<sup>+2</sup>, P, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, K<sup>+</sup> (**Veissyere, 1975**).

La fabrication de boissons à base de lactosérum entier a connu ses débuts en Allemagne. Le processus consiste à un mélange de lactosérum avec le jus de fruits concentrés suivi d'une dispersion et homogénéisation du mélange (**Mann, 1971**).

Aux USA, ces boissons sont très demandées par les jeunes consommateurs, certaines sont vendues comme boissons toniques thérapeutiques pour les athlètes (**Nelson et Coll., 1978**).

Les fruits sont incorporés dans les boissons lactées et cela permis à l'amélioration de cet dernière (**Jean-clode., 1993**). Parmi ces fruits, la figue de barbarie, qui est un fruit colorés en jaune et en orange est une source importante en bétalaines, pigments mais aussi phytonutriments bioactifs, pouvant ainsi constituer une alternative aux colorants de synthèse, sa consommation est bénéfique pour la santé humaine grâce à ses fonctions antioxydants et nutritionnelles (**Stintzing et Carle, 2004 ; Tesoriere et al., 2008**). Il est aussi riche en vitamine C, en polyphénol, en sucres simples et en sels minéraux (**Maataoui et Hilali, 2004**).

L'utilisation du lactosérum pour la fabrication d'une boisson est une nouvelle technologie pour la valorisation de ce dernier (**Gonzfilezsiso, 1996**). L'incorporation de la figue de barbarie dans la boisson lactée à base du lactosérum n'est pas très réponde, c'est en mettant l'accent sur ces faits qu'il serait intéressant d'ajouter la boisson lactée par ce fruit local très peu exploité.

Dans ce contexte, nous avons opté pour le choix de ce thème qui contribue à l'utilisation d'un sous-produit disponible localement et qui fait l'objet d'un rejet dans la nature et qui menace l'environnement. Cette utilisation a pour but de valoriser le lactosérum en élaborant une boisson lactée nutritive.

A cet effet, une caractérisation physico-chimique du jus de la figue de barbarie et du lactosérum est effectuée au préalable avant d'entreprendre une caractérisation physico-chimique, et microbiologique de la boisson élaborée.

Le développement de ce sujet a été rendu possible en faisant recours aux différentes sources d'information, que se soient écrites comme, les publications et les revues ainsi que toutes sources d'informations électroniques, qui s'inscrivent dans la thématique du sujet de notre étude.

Pour ce fait nous proposons de structurer ce document comme suit :

Une partie consacrée à une étude bibliographique présentant des généralités sur les matières premières (le lactosérum et la figue de barbarie) ;

Une deuxième partie, qui consiste à :

- Une présentation du matériel, les méthodes de préparation et les analyses des matières premières
- L'interprétation des résultats obtenus ;
- Enfin une conclusion

**Chapitre I**

***Le lactosérum***

## I Le lactosérum

### I.1 Définition et caractéristiques du lactosérum

Le lactosérum est un sous-produit issu essentiellement de la fabrication fromagère, il est obtenu suite à la coagulation des caséines sous l'action de la présure (lactosérum doux), ou suite à l'acidification du lait (lactosérum acide) (**Morr, 1989**).

Traditionnellement, l'opération qui suit l'étape de coagulation 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. Ce dernier est un sous-produit de la fromagerie et de la caséinerie, son pH est compris entre 5 et 6.5. Il représente près de 90% du lait mis en œuvre (**Kosikowski, 1979 ; Mereo, 1980**).

Le lactosérum est un liquide jaune verdâtre, contenant une quantité importante de protéines de lait environ 20% et riche en éléments nutritifs (**Muller et al., 2003**)

Le lactosérum est très fermentescible et fragile. Il représente 85 à 90% du volume de lait utilisé (**Guidini et al., 1984**).

Il contient environ 50 % des nutriments du lait de départ : protéines solubles, lactose, vitamines et minéraux (**Tetra Pack Processingsystem, 1995**).

### I.2 Sources industrielles du lactosérum

#### I.2.1 La fromagerie

C'est l'ensemble des procédés qui conduisent à la fabrication des fromages à partir du lait nature, ce dernier subit les processus de coagulation et de synérèse, aboutissant d'une part à une phase solide le « fromage », d'une part à une phase liquide «le lactosérum» (**Laplanche, 2004**).

#### I.2.2 La beurrerie

C'est l'ensemble des procédés qui conduisent à la fabrication du beurre à partir du lait nature. Après écrémage de ce dernier suivi d'une extraction de la caséine par précipitation on obtient du « lactosérum écrémé ». (**Laplanche, 2004**).

### I.3 Les différents types de lactosérum

#### I.3.1 Lactosérum acide

Le Lactosérum acide est obtenu après la coagulation du lait par précipitation des caséines à leur pH isoélectrique de 4,6 par ajout d'acide fort ou d'acide lactique (**Violleau, 1999**).

La caséine est combinée à des sels de calcium, l'acidification entraîne sa déminéralisation qui fait passer dans le lactosérum une part importante d'éléments minéraux, notamment le calcium et le phosphore (**Sottiez, 1990**).

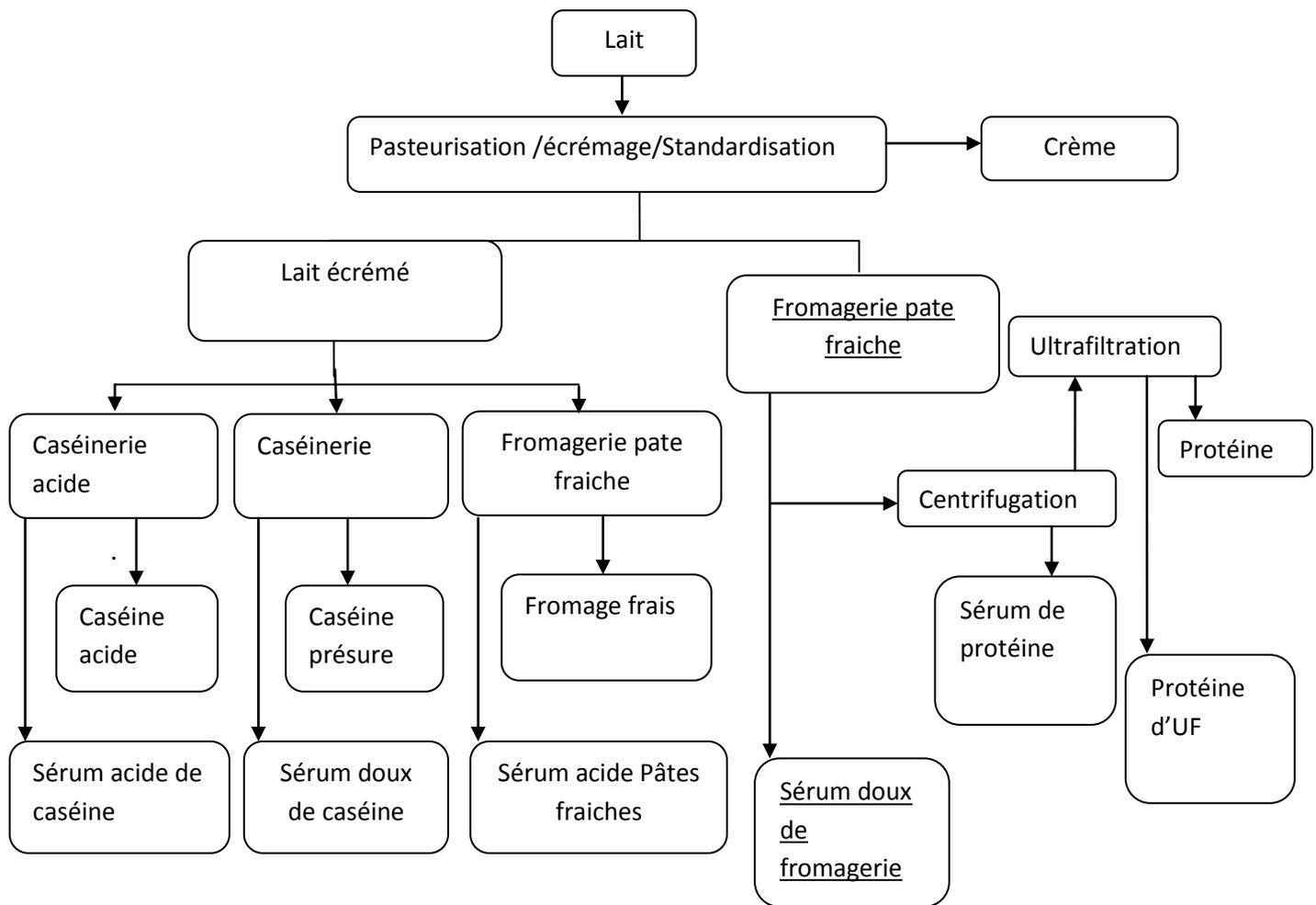
Les lactosérums acides sont moins riches en lactose et plus riches en minéraux. Ils sont aussi plusensemencés en germes lactiques et moins sujets à des fermentations que les lactosérums doux (**Moletta, 2002**).

Les teneurs élevées en acide lactique et en minéraux posent des difficultés pour la déshydratation de ces lactosérums, aussi, ils sont souvent utilisés à l'état liquide. Le lactosérum acide provient de la fabrication des pâtes fraîches et des pâtes molles, son pH varie entre 3.8 et 4.6 (**Moletta, 2002**).

### **I.3.2 Lactosérum doux**

Le lactosérum doux est obtenu après la coagulation de la caséine sous l'action de la présure sans acidification préalable, on obtient alors un lactosérum 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**).

Lorsque le lactosérum issu de la fromagerie n'est pas traité avec toutes les précautions nécessaires, la poursuite de la fermentation naturelle augmente son acidité. Le lactosérum doux issu de la fabrication de fromage à pâte pressée cuite ou non cuite (Emmenthal, Saint Paulin, Edam.....etc.), est de pH variant entre 5 et 6,3. Les lactosérums doux sont généralement déshydratés (**Morr , 1989 et Moletta, 2002**).



**Figure 01.**Schéma technologique d'obtention des principaux types de lactosérums issus de la transformation du lait (Luquet et François, 1990).

#### I.4 Composition du lactosérum

Selon Sottiez, (1990), la composition moyenne des différents types de lactosérum est indiquée dans le tableau 01.

D'après le tableau au dessus on constate que les deux lactosérums sont riches en lactose, protéines et en potassium.

**Tableau 01.** La composition moyenne des différents types de lactosérum (Sottiez, 1985).

	Lactosérum doux		Lactosérum acide		
	Pâte pressée cuite (Emmental)	Pâte pressée non cuite (Edam)	Pâte fraîche	Caséine	Camembert
Teneur en eau (%)	93.5	95	94	94	93.5
extrait sec en %	6.5	5.00	6.00	6.00	6.5
Ph	6.70	6.50	6.00	4.60	6.1
<b>Composition en g/l</b>					
Lactose	76.00	75.0	65.5	74.00	75
Protéines	13.50	13.50	12.00	12.00	12
Cendres	8.00	8.00	9.00	12.00	8.25
Acide lactique	1.80	2.80	10.00	1.80	2.20
Matière grasse	1.00	1.00	0.50	0.50	1
<b>Les minéraux</b>					
Ca en %	0.60	0.65	1.90	1.80	0.70
P en %	0.60	0.65	1,50	1.50	0.70
Chlorure (NaCl) %	2.50	2.50	2.50	7.50	2.50

#### I.4.1 Lactose

Le lactose est le principal constituant de l'extrait sec du lactosérum. En outre, le lactosérum doux est plus riche en lactose par rapport aux lactosérums acides, en effet, dans ce dernier une partie du lactose à été transformée en acide lactique (Sottiez, 1990).

### I.4.2 Protéines du lactosérum

Deux grandes familles de protéines entrent dans la composition du lactosérum à savoir, les caséines et les protéines solubles constituées essentiellement de  $\beta$  lactoglobuline ( $\beta$ - LG) ,  $\alpha$  lactalbumine ( $\alpha$ -LA) , l'albumine sérique bovine (BSA), les immunoglobulines (Ig) et les protéases peptones (De Wit et Hontelez-Backx , 1981).

### I.4.3 Minéraux

Les matières salines de l'extrait sec du lactosérum sont constituées de plus de 50 % de chlorures de sodium et de potassium et pour le reste de différents sels de calcium, se retrouvent principalement sous forme de phosphate de calcium. En outre, selon certaines pratiques fromagères, il y'a ajout de sel de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) (Vrignaud, 1983).

### I.4.4 Les vitamines

Les vitamines du lactosérum sont hydrosolubles, parmi les quelles, on note des quantités importantes de riboflavine ( $\text{B}_2$ ) qui donne la couleur jaune verdâtre du lactosérum), d'acide pantothénique ( $\text{B}_5$ ), thiamine ( $\text{B}_1$ ), de pyridoxine ( $\text{B}_6$ ) et l'acide ascorbique (Woo, 2002).

**Tableau 02 .** Teneur en vitamines dans le lactosérum (Vrignaud, 1983).

Vitamines	Concentration (mg/100g)
- Thiamine	4
- Riboflavine	43
- Acide nicotinique	0.85
- Acide pantothénique	45
- Pyridoxine	5.3
- Cobalamine	0.159
- Acide ascorbique	2.2

### I.5 Valeur nutritionnelle

La valeur nutritionnelle et les propriétés fonctionnelles du lactosérum sont liées au lactose et aux protéines (Lupin, 1998).

### **1.5.1 Lactose**

- ✓ Le lactose est un disaccharide, composé d'une molécule de glucose et une autre de galactose, ce dernier est un constituant essentiel des cérebrosides composant les tissus nerveux (**Gerard et Debry, 2001**).
- ✓ Il contribue à stabiliser le pH intestinal d'où une meilleur utilisation digestive du calcium et du phosphore ; cette stabilité du pH évite l'installation de flores purifiantes (**Sottiez, 1990**).
- ✓ Il représente un intérêt diététique fondamental puisqu'il représente la seule source d'hydrate de carbone de tous les mammifères y compris l'homme (**Sottiez, 1985 ; Lupin, 1998**).
- ✓ C'est un facteur favorable aux réactions de caramélisation et réaction de Maillard, ainsi qu'il est un très bon support d'arôme et un bon substrat de culture pour les ferments de maturation (**Sottiez, 1985**).

### **I.5.2 Protéines**

Les protéines du lactosérum ont une meilleure valeur nutritive que la caséine, du fait qu'elles constituent une source équilibrée en acides aminés indispensables notamment en lysine, acide aminés soufrés et en tryptophane tandis que la caséine présente un léger déficit en ces acides aminés (**Linden et Lorient, 1994**).

D'après **Sottiez (1985)**, les protéines du lactosérum ont des propriétés fonctionnelles très intéressantes :

- ✓ Pouvoir émulsifiant en présence de matière grasse ;
- ✓ Pouvoir gélifiant par coagulation à la chaleur ;
- ✓ Pouvoir moussant.

## **I.6 Nécessité de valorisation du lactosérum**

Les effluents produits par l'industrie fromagère sont caractérisés par leur volume et leur charge polluante élevée. Bien qu'il existe des possibilités de valorisation du lactosérum, approximativement la moitié de la production mondiale n'est pas exploitée mais rejetée comme effluents, ce qui constitue une perte importante de matière alimentaire (**Marwaha et Kennedy, 1988**).

Dans ces conditions le lactosérum représente un problème environnemental très important à cause des volumes considérables générés et à cause de sa teneur élevée en matière organique.

Le rejet du lactosérum est considéré comme un polluant car il impose une forte demande biochimique en oxygène (DBO), de 30000-50000 ppm (**Marwaha et Kennedy., 1988**).

Une fois libéré dans l'eau, par exemple, les rivières, les canaux d'irrigation, ou sur la terre, le lactosérum conduit à des problèmes environnementaux. En effet, il met en danger la structure physique et chimique du sol, diminue le rendement des cultures (**McAuliffe et al. 1982**) et réduit la vie aquatique par l'épuisement de l'oxygène dissous (**Yang et al. 1980**).

### **I.7 Utilisation du lactosérum et de ses constituants**

#### **A. Dans l'alimentation animale**

L'homme peut bénéficier du lactosérum par l'intermédiaire des animaux, les applications les plus étudiées sont :

##### **❖ Pour le bétail laitier**

La consommation du lactosérum liquide par les vaches, en période de lactation diminue la consommation de foin et de céréales mais n'affecte pas la production laitière. **Girad et Coll ,( 1982)**, observaient une économie de 15% sur les coûts de gain de poids avec les régimes riches en lactosérum pour les vaches en période de lactation.

##### **❖ Pour le veau**

L'ultra filtrat du lactosérum à l'état liquide et bien toléré par le veau après sevrage. Il peut remplacer la totalité de l'eau de boisson, et apporter jusqu'à 30-35% de la matière ingérée chez les animaux pesant 100 à 110 kg. En outre le lactosérum peut être utilisé pour d'autres animaux : volailles ovins (**Luquet et Boudier, 1984**).

#### **B. Utilisation en alimentation humaine**

##### **❖ Industrie de boisson :**

Les boissons à base de lactosérum, ont une grande valeur diététique, digestion facile et rapide. Elles sont légères, désaltérantes, et très agréable à boire (**Nelsone et Coll., 1978**) .

##### **❖ Industrie laitière :**

La poudre de lactosérum acide peut remplacer la poudre de lait écrémé à des taux précis pour la fabrication des yaourts, sans atteinte à la qualité ni à l'arôme de ces derniers. (**Luquet et Boudier, 1984**).

**❖ Utilisation dans les glaces et crèmes glacées**

La poudre de lactosérum doux peut remplacer jusqu'à 25% de la quantité du lait écrémé pour la fabrication des crèmes glacées ou les avantages sont essentiellement d'ordre économique, tandis que celle de lactosérum acide (pH 4.6) peut remplacer une partie du sucre pour la fabrication des sorbets de bonne qualité (Apria, 1973).

**❖ Dans la confiserie**

Le lactosérum a d'importantes utilisations dans la fabrication de certains bonbons, et il se trouve le moins coûteux des produits laitiers utilisables du fait de son importante teneur en eau (Vrignaud, 1983).

**❖ En boulangerie**

Le lactosérum doux connaît un emploi croissant dans les produits de boulangerie de fait de nombreuses avantages :

- Meilleure conservation : la combinaison du lactose avec les matières azotées (réaction de Maillard) donne des complexes stables qui constituent donc un moyen de défense naturelle contre le rancissement
- Amélioration du goût et l'arôme du pain
- Amélioration des caractéristiques internes et externe : affinage de la coloration ; pâte plus tendre et augmentation du rendement (Apria, 1980).

**C. Dans la biotechnologie****❖ Comme substrat de fermentation**

Vu sa composition adéquate en eau, protéine, lactose, minéraux, acide lactique et matière grasse, le lactosérum est choisi comme un milieu de culture pour les micro-organismes (levure), qui dégradent le lactose (Anonyme 2, 2002).

**❖ Dans la production des vitamines et des enzymes**

Plusieurs travaux ont été réalisés pour la production des vitamines et des enzymes, par le biais de micro-organismes, qui utilisent comme milieu de culture le lactosérum, à savoir :

- ✓ *Propionibacterium shermanii* : qui produit la vitamine B<sub>12</sub>
- ✓ *Saccharomyces fragilis* : qui permet la production du lactose (bêta galactosidase) (Boudier et Luquet, 1984).



## **Chapitre II**

### ***Le figuier de barbarie***

## II Le figuier de barbarie

### II.1 Généralités sur le figuier de barbarie

Le Figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica*), ou le Nopal comme l'appellent les Mexicains est une plante qui produit la figue de Barbarie (fruit comestible), de la famille des Cactacées. Il est cultivé dans les climat arides, comme l'Amérique centrale (**Ginestra et al., 2009**). Les régions semi-arides du Mexique renferment la plus grande diversité de cactus dans le monde (**Pimienta-Barrios, 1994**).

Depuis plus de 12000 ans, le Nopal a été consommé pour ses effets bénéfiques légendaires sur la santé. Aujourd'hui, tous ses bienfaits sont reconnus et le Nopal est de plus en plus utilisé à travers le monde pour ses vertus sur l'hyperglycémie, le diabète, les problèmes de digestion et de poids ainsi que pour équilibrer les taux de cholestérol (**Bensadon et al., 2010**).

### II.2 Taxonomie

La famille des cactacées compte environ 130 genres et 1500 espèces, appartiennent au genre *opuntia* (**Mulas et Mulas, 2004**). La classification selon (**Ben mammar, 2002**)

**Embranchement:** *Phanérogames*

**Sous embranchement:** *Angiospermes*

**Classe:** *Dicotylédones*

**Sous-classe :** *Dialypétales*

**Série:** *Calcifores*

**Sous série :** *Polystémones*

**Ordre:** *Gactoïdédées*

**Famille:** *Cactacées*

**Tribu:** *Opuntiées*

**Genre:** *Opuntia*

**Sous-genre :** *Platyopuntia*

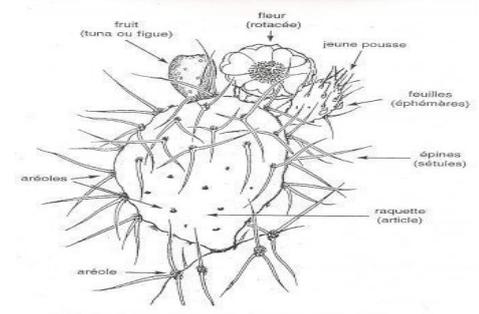
**Espèce :** *Ficus-indica*

### II.3 Description

Le Fiquier de Barbarie est une espèce permanente ligneuse, dont les plantes atteignent une hauteur variable de 1 à 5 m.

Du point de vue morphologique, les caractéristiques principales sont illustrées dans le tableau suivant :

**Tableau 03** : Caractéristiques morphologiques de l'*Opuntia ficus indica* (Neffar, 2012 et Mulas et Mulas 2004)

Compartiments	Descriptions	Photographies
<b>Branches</b> (appelées cladodes ou raquettes)	forme elliptique ou ovoidale, camées et de couleur verte ayant une longueur de 30 à 50 cm, une largeur de 15 à 30 cm et une épaisseur de 1.5 à 3 cm	 <p>Détail de l'<i>Opuntia Ficus-indica</i> Miller (Nopal) (d'après Theodor Morgan Bock)</p>
<b>Epines</b>	Sont blanchâtres, sclérifiées, solidement implantées et longues (de 1 à 2 cm)	
<b>Fleurs</b>	hermaphrodites avec une corolle de couleur jeune ou orange, apparaissent sur le dessus des raquettes larges de 4 à 10 cm.	
<b>Fruits</b>	présents sous la forme d'une grosse baie ovoïde et charnue, dont la peau vert jaunâtre est, elle aussi, ornée de piquants	

### II.4 Intérêts et utilisations

Le figuier de barbarie possède des intérêts multiples et diverses utilisations :

#### II.4.1 Intérêt nutritionnel

Le figuier de barbarie constitue une plante providentielle. Ses fruits sont riches en vitamine C (12-82 mg/100g). Les jeunes raquettes sont consommées en salade, elles contiennent, en plus de la vitamine C, du cuivre, du magnésium, et du fer.

D'autre part, sa consommation joue un rôle sur la réduction des taux de cholestérol et de triglycérides sanguins (**Feugang et al., 2006**).

La figue de Barbarie renferme 14.8% de glucides pour 100 g et ces glucides représentent l'essentiel de l'apport énergétique de la figue de barbarie, soit 44 kcal. Les protéines et les lipides ne dépassent pas 1,3 g et 0,7 g pour 100 g respectivement. La figue de barbarie est donc un fruit modérément énergétique, se situant au même niveau que l'orange (**Piga, 2004**).

#### II.4.2 Intérêts médicinales

##### a) Hyperglycémie :

*L'Opuntia*, par sa forte teneur en fibres régularise et freine l'assimilation des molécules de sucre au niveau de l'estomac et l'intestin, ce qui induit une diminution du taux de sucre dans le sang.

D'autres recherches ont démontré des effets hypoglycémiques, de 4 à 6 heures après l'ingestion de *l'Opuntia*, tant chez des diabétiques de type H que parmi le groupe témoin de non-diabétiques. Il a été démontré que la vitamine A, C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> et B<sub>3</sub> contenues dans la plante, combattent avec succès les dangereux effets secondaires d'un excès de sucre dans le sang tels que la détérioration de la vision, des vaisseaux sanguins et des tissus nerveux (**Schweizer, 1999**).

##### b) Hyperlipidémie :

La consommation de *l'Opuntia* empêche l'accumulation excessive des graisses dans le sang en améliorant la microcirculation artérielle et veineuse. Il contribue ainsi à la prévention des problèmes cardiaques en régulant la tension.

D'autres recherches ont démontré que la niacine (vitamine B<sub>3</sub>), présente dans *l'Opuntia* a pour effet de transformer le mauvais cholestérol (LDL) en bon cholestérol (HDL) (**Schweizer, 1999**).

### II.4.3 Intérêt économique

La culture du figuier de barbarie ne nécessite pas une source importante en eau ni en traitements antiparasitaires, de plus le cactus présente de faibles couts énergétiques pour la culture en implantation spécialisées (**Barbera ,1995 ;Pimienta-Barbarios 1993**). La plante de figue de barbarie est cultivée pour la régénération des terres, elle ne demande pas de pratiques culturales spécialisées ni d'apport de fertilisants, avec le développement des marchés des fruits exotiques dans plusieurs payes, les efforts se sont multipliés pour en faire une culture industrielle, soit en tant que culture fourragère, soit en tant que culture maraichère. La production des fruits reste cependant l'aspect le plus recherché el le plus développé **Hamdi, M (1997)**

### II.4.4 Intérêt écologique

Le cactus est utilisé pour lutter contre l'érosion et comme obstacle contre les incendies car il présente la propriété de résister au feu (**Chougui et al., 2013**).

### II.4.5 Intérêt de protection:

Le figuier de barbarie constitue des haies vives, infranchissables aux animaux sauvages, qui nécessitent peu d'entretien tout en offrant la richesse de leurs fruits et de leurs raquettes. Néanmoins, il faut tenir compte du caractère invasif de cette plante (**Schweizer, 1999**).

### II.4.6 Effet antioxydant

Les fruits *d'opuntia ficus indica*, présentent une activité antioxydante appréciable, résultante de la présence de la vitamine C, du bêta carotène, des flavonoïdes... etc. En effet, les antioxydants de l'Opuntia neutralisent les radicaux libres et les empêchent ainsi d'atteindre les organes du Corp. (**kuti, 2004 ;Fernandez-lopez et al., 2010**).

### II.4.7 Effets thérapeutiques

#### ➤ Effet anticancéreux

Des études suggèrent que l'extrait du fruit du cactus, inhibe la prolifération des cellules cancéreuses et supprime la croissance tumorale dans le cas du cancer de l'ovaire chez la souris (**Zou et al., 2005**).

#### ➤ Anti-alcool

La figue de barbarie, est souvent utilisée pour soulager les symptômes associés à la consommation excessive d'alcool, y compris la bouche sèche et les nausées. Le jus de la figue de barbarie fait également partie de plusieurs formules de prévention de la gueule de bois (**Gupta, 2012**).

➤ **Effet anti- inflammatoire et analgésique**

Une étude a démontré que les extraits de fruit et de la raquette, réduisent la lésion gastrique chez le rat (**Lee et al., 2001**). La réduction de l'inflammation aigue par les extraits éthanoïques *d'Opuntia ficus indica*, a été attribuée à une faible migration des leucocytes (**Nefzaoui et al., 2008**). Les cladodes et les fruits *d'Opuntia ficus indica*, sont utilisés en médecine traditionnelle pour le traitement de l'inflammation de la peau (**bargougui et al., 2014**).

### **II.5 Composition physico-chimique de la figue de barbarie**

La consommation de la figue de barbarie à l'état frais apporte des quantités importante en nutriments et en minéraux, la consommation de 100g de fruit peut apporter jusqu'à 3,1g de fibres, 1,6g de protéines, 1g de minéraux, 0,7g de lipides et 17g de glucides (**Piga, 2004**). La composition physico-chimique de la figue de barbarie est regroupée dans le tableau 06

**Tableau 04** : Composition physico-chimique du fruit d'*Opuntia ficus indica*  
(Feugang et al., 2006)

<b>Composition physico-chimique</b>		<b>Teneurs</b>
Eau		84–90 %
Cendres		0.3–1 %
Sucres totaux		10–17 %
Sucres réducteurs		4–14 %
pH		5.3-7.1
Fibres		0.02-3.15 %
Acidité titrable (acide citrique)		0.01-0.12 g/100ml
Protéines		0.21-1.6 %
Lipides		0.09-0.7 %
<b>Teneur en vitamines et en antioxydants (/100g)</b>		
<b>Vitamines</b>	Vitamine C	111-115µg
	Vitamine E	53mg
	Vitamine K <sub>1</sub>	0.29-2.37g
<b>Caroténoïdes totaux</b>	Beta- carotène	0.11-0.38g
<b>Flavonoïdes</b>	Dérivés de kaempférol	0.19-2.41g
	Dérivés de quercétine	ND
	Dérivés d'isorhamnétine	ND
<b>Teneur en sels minéraux (mg/100g)</b>		
Calcium (Ca)		12.8-59
Magnésium (Mg)		16.1-98.4
Potassium (k)		90-220
Phosphore (p)		15-32.8
Fer (Fe)		0.4-1.5



# **Chapitre III**

***Matériels et Méthodes***

***(Etude Expérimentale)***

### **III. Matériels et méthodes**

#### **III.1 Présentation de projet**

La figue de barbarie, est un fruit uniloculaire à nombreuse graines. Sa couleur est variable selon les variétés elle a une saveur subtile douce et sucrée. Ce fruit n'est pas valorisé industriellement et sa consommation reste saisonnière.

L'industrie laitière est l'une des industries les plus polluantes au monde par le rejet de quantités importantes de lactosérum, ces rejets constituent une menace réelle sur l'environnement, car le lactosérum est riche en matière organique, en particulier, le lactose.

Cependant, dans la tendance actuelle, la figue de barbarie et le lactosérum suscitent un intérêt de plus en plus croissant aussi bien chez les consommateurs que chez les diététiciens et les nutritionnistes. ils servent, en outre, à l'élaboration des produits alimentaires de grandes valeurs nutritionnelles. Le développement de nouvelles technologies pour la valorisation du lactosérum est nécessaire

Le présent travail a pour objectif de préparer une boisson lactée à base de jus de figue de barbarie et du lactosérum, ainsi que l'étude de ses caractéristiques physicochimiques et microbiologiques.

La réalisation de notre projet s'est déroulée au niveau du laboratoire privé PREVOLAB–EL kseur Bejaia. Les échantillons du lactosérum utilisés dans la formulation des boissons ont été prélevés après égouttage du fromage à pâte môle type camembert fabriqué au niveau de la laiterie FYRMA KHIER. EL kseur.

*Comment extraire le jus de fruit du figuier de barbarie ? Quelle sont les étapes de fabrication du camembert ? Comment réaliser une boisson lactée à base de lactosérum et Jus*

#### **Plan de travail suivi :**

Pour l'élaboration et le contrôle des principaux paramètres de la matière première et des produits formulés, notre travail a obéit au plan ci-dessous :

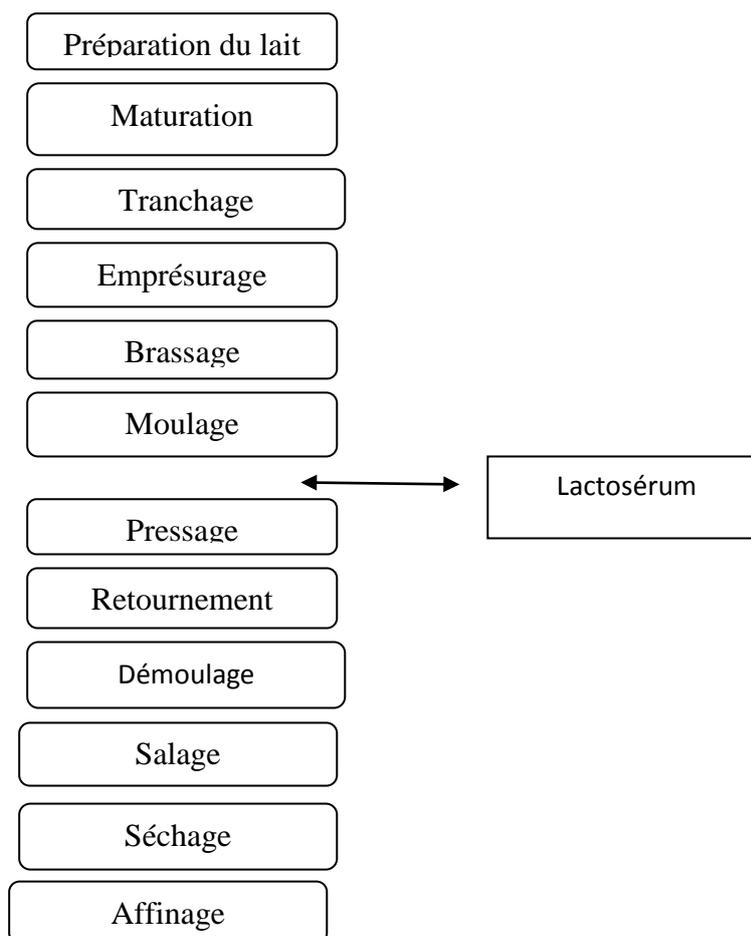
- Analyse physico-chimique du lactosérum ;
- Analyse physico-chimique du jus de la figue barbarie ;
- Préparation de la boisson lactée ;
- Analyses physico-chimiques et microbiologiques du produit fini ;

### III.2 Matériels :

#### III.2.1 Source du lactosérum :

Le lactosérum utilisé est issu de l'égouttage de fromage type camembert, de la laiterie fromagerie FYRMA KHIER est recueilli proprement dans des bouteilles en plastique ultra propre de 2L est acheminé au niveau de laboratoire PREVOLAB dans des glacières à des températures inférieures à 10°C puis réfrigérer jusqu'au moment de son utilisation.

Le procédé de fabrication du Camembert à base du lait pasteurisé ainsi que l'obtention du lactosérum se déroule selon les étapes illustrées dans le schéma ci-dessous :



**Figure 02** : Diagramme de fabrication du camembert

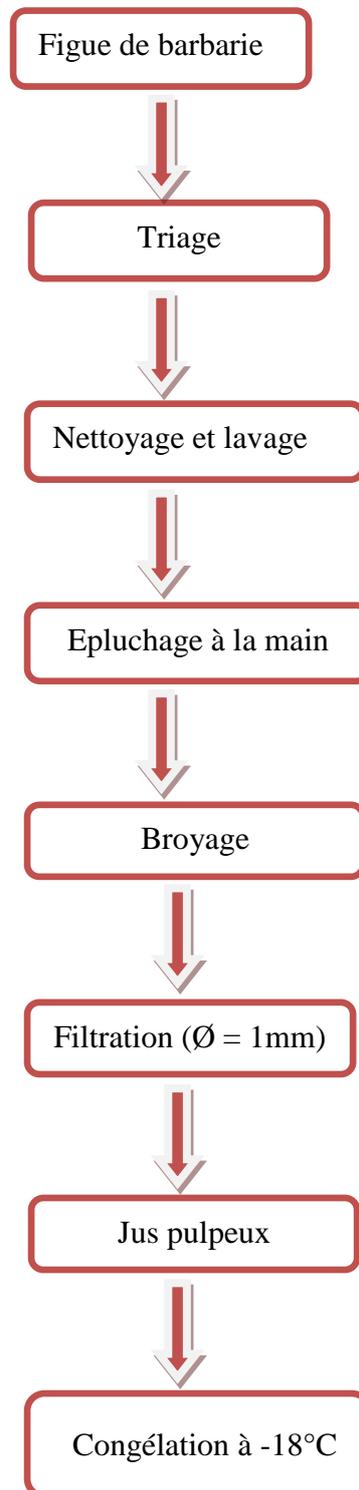
#### III.2.2 Matériel végétal :

##### a) Récolte de la figue de barbarie :

Les fruits de figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*) ont été récoltés dans la région de Bouzoulem, commune d'El-Kseur, wilaya de Bejaïa.

**b) Préparation de jus de la figue de barbarie :**

. Les différentes étapes de la préparation du jus sont illustrées dans la figure ci-après



**Figure 03 :** Etapes d'obtention du jus de la figue de barbarie.

**c) Préparation des différentes formulations des boissons lactées :**

Nous avons préparé cinq boissons à des concentrations différentes :

20/80 ; 35/65 ; 50/50 ; 65/35 ; 80/20 (v/v : lactosérum/jus)

La préparation de la boisson est réalisée d'après les étapes suivantes :

- ❖ Pasteurisation du lactosérum à l'aide d'un bain marine à une température de  $85^{\circ}\text{C}$  pendant 10 a 15 minutes ;
- ❖ Pasteurisation du jus de figue de barbarie à l'aide d'un bain marine à une température de  $85^{\circ}\text{C}$  pendant 15 minutes ;
- ❖ Refroidissement du lactosérum et de jus dans un bain de glace.
- ❖ Préparation des mélanges à différents concentration.
- ❖ Homogénéisation du produit fini ;
- ❖ Conditionnement du produit : dans des bouteilles.
- ❖ Stockage du produit : dans un réfrigérateur.
- ❖ Produit fini : boisson lactée.

Les cinq boissons préparées 20/80,35/65,50/50,65/35 et 80/20 (v/v lactosérum/jus) sont illustrées dans le figure suivante :



**Figure 04** : les cinq formules préparées

### III.3 Méthodes analytiques

#### III.3.1 Echantillonnage et prélèvement

Les prélèvements ont été effectués dans des conditions aseptiques, les analyses physicochimiques et microbiologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire PREVOLAB el kseur.

#### III.3.2 Analyses physicochimique

**Tableau 05 :** Analyses physico-chimiques des matières premières et des produits finis

	Lactosérum	Jus de figue de barbarie	Boisson « lactosérum-jus »
Analyses effectués	-Acidité	- Acidité	
	-pH	- pH	-Acidité
	- EST	- EST	-pH
	-MG	- Protéinés	-EST
	-Protéines	- Brix	-MG
	-Cendres	-Cendres	-Protéinés
	-Lactose	-Flavonoïdes	-Cendres
	-Protéinés	-Polyphénols	-Brix
	-Brix	-Dpph	

## A. Détermination du pH

### 1. Principe

La mesure du pH se fait à l'aide du pH mètre. Le pH nous renseigne sur l'état de fraîcheur des produits, c'est une mesure des ions  $H^+$  dans une solution dont le but est de déterminer quantitativement l'acidité ou la basicité de celle-ci (AFNOR, 1980). La notion de pH qui traduit l'acidité d'une solution rend compte de la concentration en ions  $H^+$  et  $(H_3O^+)$  de la solution grâce à la relation suivante :

$$pH = -\log [H_3O^+]$$

### 2. Mode opératoire

Le protocole consiste à effectuer d'abord l'étalonnage de l'appareil, il s'agit d'un ajustement du cadre de lecture du pH à l'aide d'une solution de pH connue (solution de pH étalon) ; ensuite, introduire l'électrode dans l'échantillon à analyser ; et enfin, lire la valeur du pH affichée.

## B) Détermination de l'acidité

### 1. principe

L'acidité du lactosérum, de jus et de lactosérum-jus est déterminée par titrage à hydroxyde de sodium NaOH (N/9), en présence d'un indicateur coloré « la phénolphtaléine ». (AFNOR, 1980)

Cette acidité provient de la fermentation du lactose par les micro-organismes. Elle est exprimée en gramme par litre (g/l) ou en degré DORNIC (°D)

La réaction chimique qui se déroule dans le lactosérum:



Soude      acide lactique      eau      lactate de sodium

La réaction chimique qui se déroule dans le jus de figue de barbarie:



Acide éthanóique      Soude      Acétate de sodium      Eau

## 2. Mode opératoire

Un volume de 10 ml de solution à analyser est versé dans un erlenmeyer de 200 ml de capacité. Puis, une à deux gouttes de phénolphtaléine sont ajoutées. Par la suite, un titrage du mélange est réalisé par la solution de NaOH jusqu'à l'apparition d'une couleur rose pale.

## 3. Expression des résultats

L'acidité de lactosérum est calculée comme suit :

**1ml de NaOH correspond à 10°D.**

**1°D correspondent 0.1g/l d'acide lactique.**

L'acidité de jus de figue de barbarie et des cinq formules est calculée comme suit :

$$A \text{ (g/l)} = N * V * M / V_E$$

**N** : normalité de NaOH

**V** : volume de la chute

**M** : masse d'acide citrique 63 g/l

**V<sub>E</sub>** : volume de l'échantillon

### C) Détermination de la teneur en matière grasse selon la méthode de GERBER.

#### 1. Principe :

Le principe de la méthode est basé sur la séparation de la matière grasse du lactosérum, dans un butyromètre, après attaque des éléments du lactosérum, matière grasse exceptée, par l'acide sulfurique.

Les matières grasses, résistantes à l'action de l'acide sulfurique sont séparées par centrifugation, à chaud en présence d'alcool isoamylique qui facilite l'opération et crée une séparation nette.

Nous pouvons ensuite lire sur l'échelle du butyromètre le taux de la matière grasse à  $65^{\circ}\text{C} \pm 2$ . La matière grasse se sépare en une couche jaune claire et transparente.

## 2. Mode opératoire :

Un volume de 10 ml d'acide sulfurique est introduit dans le butyromètre; ensuite, 11 ml de lactosérum est rajouté au moyen d'une pipette en plaçant la pointe de celle-ci en contact avec la base du col du butyromètre et en évitant un mélange prématuré du lactosérum avec l'acide sulfurique ; puis, 1 ml d'alcool isoamylique est versé à la surface du lactosérum.

Une agitation du butyromètre avec un retournement lent, permet la dissolution complète de la caséine et le mélange brunit, s'échauffe vers 80°C. Une fois que le mélange devient homogène, une centrifugation est effectuée immédiatement à une vitesse de rotation comprise en principe entre 1000-1200 tours/minutes, pendant une durée de trois minutes.

La lecture s'effectue après avoir placé le butyromètre de manière que le bouchon soit orienté vers le bas, en s'assurant que la colonne grasse se situe entièrement dans l'échelle graduée. Et enfin, lire le niveau le plus bas du ménisque supérieur.

### D) Détermination de l'extrait sec total (EST)

#### 1. Principe

La présente méthode décrit une technique de détermination de la teneur en eau de lactosérum et le jus, quel que soit cette méthode d'obtention en entend par teneur en eau du lactosérum la perte de masse de ce produit, (AFNOR NF 04-207 ,1980) lorsque il est soumis dans une étuve pendant 4 heures à la température de 105°C jusqu'à au poids constant.

#### 2. Mode opératoire

Le protocole consiste à préparer une capsule en porcelaine préalablement lavée, séchée et tarée. Puis, introduire 10 ml du produit et placer dans l'étuve à une température de 105°C. Et enfin, peser le résidu après séchage

#### 3. Expression des résultats :

La teneur en eau exprimée en pourcentage de masse de produit est donnée par la formule suivante:

$$H\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100$$

**Où :**

**m<sub>0</sub>** : La masse, en gramme, de la capsule vide.

**m<sub>1</sub>** : La masse, en gramme, de la capsule et la prise d'essai avant la dessiccation.

**m<sub>2</sub>** La masse, en gramme, de la capsule et la prise d'essai après la dessiccation

L'extrait sec total est exprimé en pourcentage ou en grammes par litre de lactosérum.

Il est obtenu par la formule suivante :

$$\text{EST \%} = 100 - \text{H\%}$$

### **E) Détermination de taux de matière sèche soluble (°Brix)**

#### **1. Principe :**

Nous mesurons à la température de 20°C ; l'indice de réfraction de l'échantillon préparé puis conversion de cet indice en résidu sec soluble ; appelé conventionnellement : degré Brix.

#### **2. Mode opératoire**

La mesure de l'indice de réfraction s'effectue par application d'une prise d'essai sur le prisme inférieur du réfractomètre tout en veillant à ce que les prismes étant pressés l'un contre l'autre.

#### **3. Expression des résultats**

$$1^\circ \text{ Brix} = 1\text{g de sucre dans } 100\text{g de solution.}$$

### **F) Détermination de la teneur en lactose par méthode de Bertrand.**

#### **1. Principe**

Le glucose réduit partiellement la liqueur de Fehling en excès l'oxyde cuivreux formé (précipité rouge) est dosé par manganimétrie. Une table donne la correspondance entre la masse de cuivre et la masse de glucose. La réaction doit se dérouler à chaud et pendant trois minutes à partir de l'ébullition pour respecter la correspondance des tables.

**2. Mode opératoire :**

Il est réalisé selon les étapes suivantes :

Déprotéinisation de l'échantillon

- dans une fiole de 100 ml :
  - prélever 10 ml de solution à doser
  - 1 ml de solution d'hexacyanoferrate II de potassium.
  - 1 ml de solution acétate de zinc a 30%
  - 50 ml de l'eau distillée
  - Agitation sans faire de mousse
  - Ajuster avec l'eau distillée jusqu' au trait de jauge
  - Repesé 10-15 min puis filtré

Dosage du lactose

Prélever 10 ml de solution à doser

- 10 ml de liqueur de Fehling A
- 10 ml de liqueur de Fehling B
- porter à ébullition douce pendant 3 minutes exactement
- refroidir sous l'eau le plus rapidement possible
- filtrer
- récupérer le précipité de filtre avec 10 ml de solution ferrique.
- On obtient une solution verte
- Titrage avec  $\text{KMnO}_4$  (0.02N) jusqu'a l'obtention d'une coloration rose.

**3. Expression des résultats :**

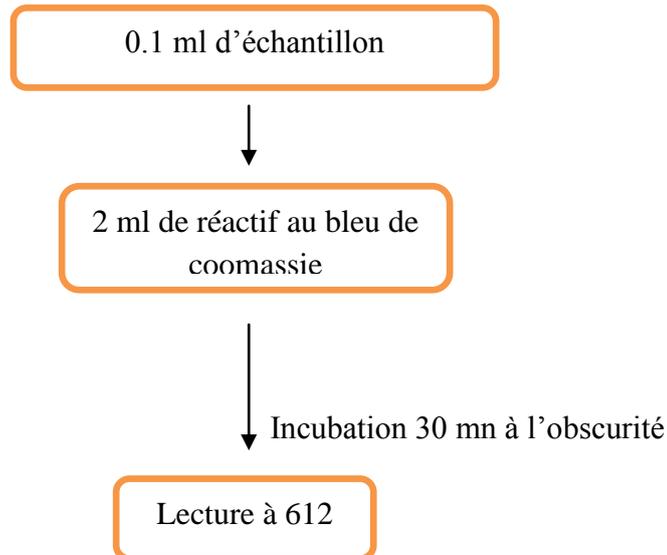
Voir la table de Bertrand dans l'annexe.

### G) Dosage des protéines par méthode Bradford.

#### 1. Principe

La technique de Bradford 1976 a été utilisée pour doser des faibles quantités de protéines dans la solution enzymatique. Elle utilise le coomassie G 250 dont la forme leuco (brun orange) est convertie en forme bleu caractéristique de complexe formé entre les groupements  $\text{NH}_3^+$  des protéines et ceux du réactif.

#### 2. Mode opératoire



**Figure 05:** protocole de dosage des protéines par méthode Bradford

#### 3. Expression des résultats

La densité optique obtenue a été ensuite convertie en mg de sérum albumen bovine (BSA) grâce à une droite d'étalonnage (**Annex**).

### H) Dosage des cendres

La teneur en cendres correspond conventionnellement à la masse du résidu d'incinération de la substance dans les conditions déterminées (**AFNOR, 1986**).

#### 1. Principe

Le dosage des cendres est basé sur la destruction de toute matière organique sous l'effet de la température élevée ( $500\text{C}^\circ$ ) (**Linden, 1981**).

## 2. Mode opératoire

- Peser 10ml d'échantillon dans une capsule préalablement tarée ;
- Passé la capsule au four à moufle à une température de 500°C pendant 5 heures ;
- Après refroidissement, retirer la capsule.

## 3. Expression des résultats

$$\text{MO}\% = \frac{\text{M2-M1}}{\text{P}} \times 100$$

Soit :

**MO%** : Teneur en matière organique ;

**M1** : Masse initiale (creuset + prise d'essai) ;

**M 2** : Masse final (creuset + cendre) ;

**P** : Masse de la prise d'essai.

La teneur en cendre est calculée selon la formule suivante :

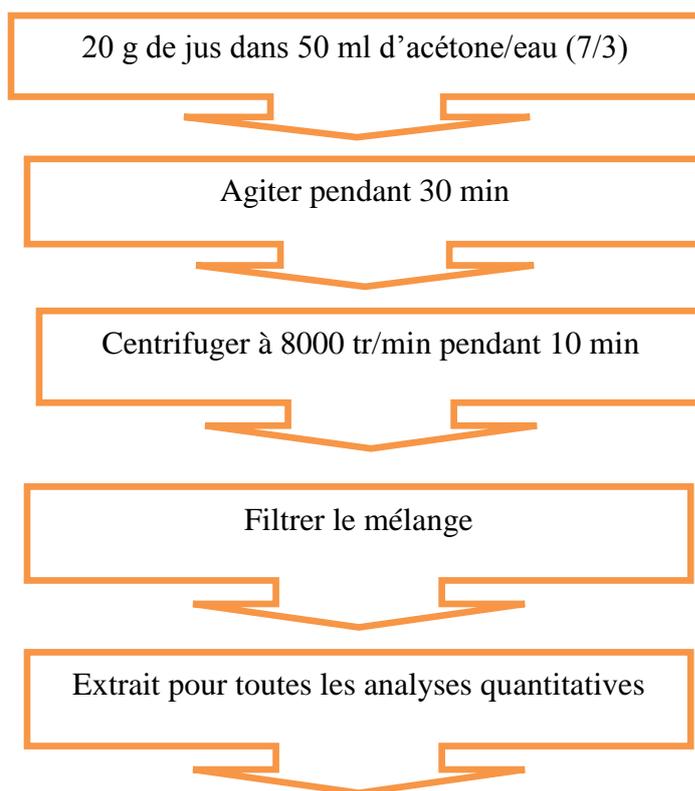
$$\text{Cendres}\% = 100 - \text{MO}\%$$

### I) Dosage des principes actifs

*Opuntia ficus-indica*, est une bonne source de divers composants fonctionnels tels que les composés phénoliques, les flavonoïdes, avant la quantification de ces substances il faut d'abord les extraire :

#### ★ Préparation de l'extrait

La méthode utilisée pour l'extraction des composés phénoliques est celle de (Georgé et al. 2005)



**Figure 06:** Étapes de préparation d'extrait de jus de la figue de barbarie (Georgé et al., 2005)

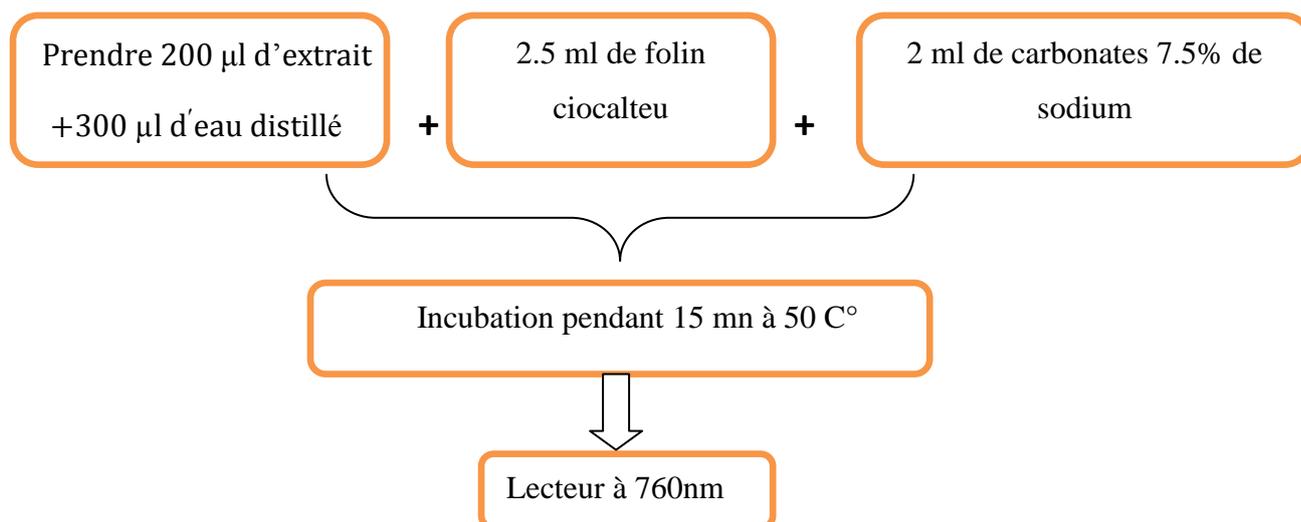
★ **Dosage des composés phénoliques :**

**A) Principe**

Les polyphénols sont estimés par la méthode de Folin Ciocalteu. Ce dosage repose sur le réactif de Folin Ciocalteu qui est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybrique. L'oxydation des phénols réduit ce réactif en un mélange d'oxyde bleu de tungstène et de molybdène. L'intensité de la couleur est proportionnelle au taux de composés phénoliques oxydés (Boizot et Charpentier, 2006)

**B) Mode opératoire**

La teneur en polyphénols de l'extrait de jus, a été mesurée en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu ,par la méthode de Georgé et al. (2005).



**Figure 07:** protocole de dosage des polyphénols selon **Georgé et al. (2005)**.

### C) Expression des résultats

La concentration des composés phénoliques contenus dans notre extrait, est exprimée en mg équivalent d'acide gallique par 100 g du jus de fruit étudié (mg EAG/100g), en se référant à une courbe d'étalonnage (**Annexe 1**).

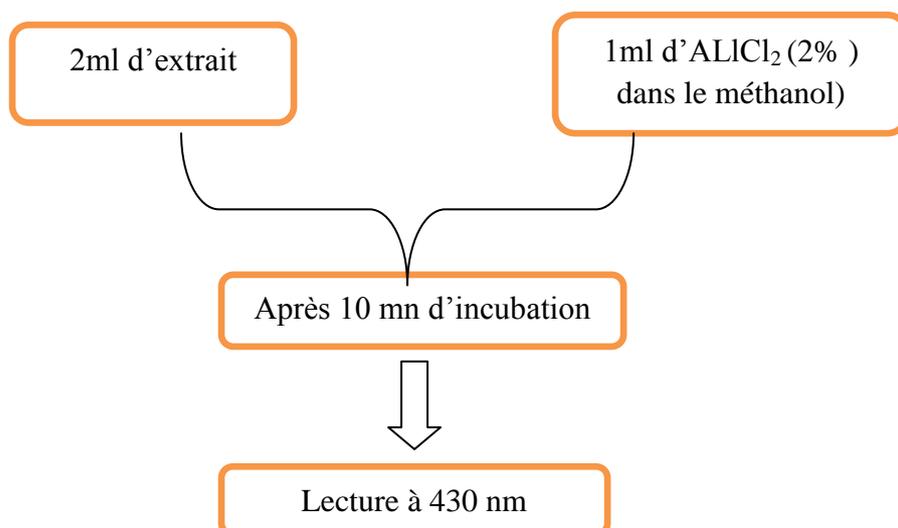
### ★ Dosage des flavonoïdes :

#### A) Principe

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre, en position 5 qui est susceptible de donner avec le groupement CO, un complexe coloré avec le chlorure d'aluminium. Ils forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (fer et aluminium). Ceci traduit le fait que le métal (Al) perd deux électrons pour s'unir à deux atomes d'oxygène du noyau phénolique agissant comme donneur d'électrons (**Chang et al., 2002**)

#### B) Mode opératoire

Le dosage des flavonoïdes est réalisé selon le protocole proposé par **Ghafar, M. F et al. (2010)**.



**Figure 08:** Protocole de dosage des flavonoïdes (Ghafar, M. F et al., 2010).

### C) Expression des résultats

La teneur en flavonoïdes est exprimée en mg équivalent de quercétine par 100g de jus de la figue de barbarie, en se référant à une courbe d'étalonnage (Annexe).

### ★ Détermination de l'activité antioxydante

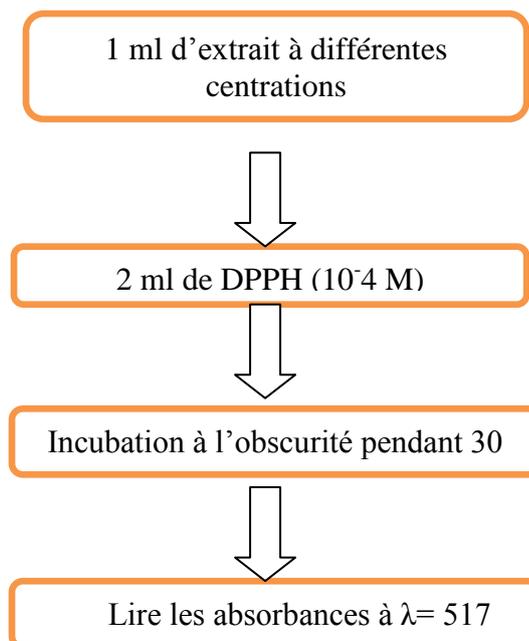
A fin d'étudier l'activité radicalaire des différents extraits de jus de la figue de barbarie nous avons utilisé la méthode basée sur le DPPH (1,1-diphényle-2-picryl hydrazyl) comme un radical relativement stable.

#### A) Principe

Le DPPH° fut l'un des premiers radicaux libres, utilisés pour étudier la relation structure-activité antioxydante des composés phénoliques. Il possède un électron non apparié typiquement représenté sur l'atome d'azote adjacent au noyau picryle mais fortement délocalisé. Du fait de cette délocalisation et du volume stérique, le radical ne forme pas de dimères, c'est-à-dire DPPH° reste dans sa forme monomère relativement stable à température ordinaire. La délocalisation provoque aussi la couleur violette bien caractéristique de la solution de DPPH (Nenadis et Tsimidou, 2002)

#### B) Mode opératoire

La mise en évidence du pouvoir antiradicalaire de l'extrait de jus, via le test DPPH° est effectuée par la méthode d'Achat et al. (2012).



**Figure 09:** Etapes du test de DPPH du jus d'*Opuntia ficus indica*.

### C) Expression des résultats

Les absorbances ont été converties aux taux de radical-balayage de DPPH selon l'équation ci-après :

$$\% \text{ d'inhibition du DPPH} = (AC - AE / AC) \times 100$$

Où :

**AC** : Absorbance du contrôle

**AE** : Absorbance de l'échantillon

- ❖ Les analyses statistique on été effectuée selon le teste de TUKEY au seuil de  $p < 0.05$  avec le logicielle GMP. Si la probabilité est supérieure ou égale à 0.05, l'effet n'est pas significatif

## III.4 Analyses microbiologiques

### III.4.1 Objectif du contrôle microbiologique

L'objectif de l'analyse microbiologique est de suivre et contrôler l'évolution de la qualité hygiénique de nos boissons préparées au cours de leur conservation à froid à une température inférieure à 10°C.

Les analyses bactériologiques effectuées sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau 06** : les analyses microbiologiques

<b>Analyses effectuées</b>	Milieu de culture	Durée d'incubation	T°C d'incubation	Normes d'analyses
Coliformes totaux	VRBL	24-48h	37°C	<b>ISO 4831</b>
Coliformes fécaux	VRBL	24-48h	45°C	<b>AFNOR T90-415</b>
Clostridium	VF	48h	44 °C	<b>ISO7937 : 1997</b>
Bactéries lactique	M17 MRS	5 jours	25°C	<b>CQC N°10.97.51</b>
Levure osmophile	Hony agar	5 jours	25°C	<b>JO n°48-2015</b>
Levures Moisissures	OGA	5 jours	25°C	<b>JO n°48-2015</b>

#### III.4.2 Préparation des dilutions

On a réalisé ces dilutions en utilisant de l'eau physiologique dans le but de réduire les charges microbiennes par unité de volume d'ordre suivant  $10^{-1}$   $10^{-2}$   $10^{-3}$   $10^{-4}$   $10^{-5}$  en utilisant la solution mère

..

# **Chapitre IV**

## ***Résultats et discussion***

## IV. Résultats et discussion

### IV.1 Analyses physico-chimiques

Tableau 7 : résultats d'analyse physico-chimiques des matières premières

Paramètres / Echantillon	Lactosérum	Jus de figue de barbarie
pH	4.75±0.01	5.99±0.005
Acidité	32.4 °D±0.01	0.39 g/l ±0.01
MG %	0.2 ±0.01	-
EST %	12.59±0.01	14.59±0.01
° Brix	13±0.11	13.5±0.05
Lactose %	4.8±0.01	-
Protéines g / l	20.72±0.01	19.48±0.01
Polyphénols (mg EAG/100)	-	72.19±0.13
Flavonoïdes (mg EQ/100g)	-	7.74 ±0.11
DPPH(%)	-	59.33±0.25
Cendres %	0.75±0.001	0.21±0.001

#### IV.1.1 Propriété physico-chimique du lactosérum

##### a. pH et acidité titrable

Le pH du lactosérum analysé est de 4.75±0.01 qui est une valeur incluse dans l'intervalle trouvé par **Morr (1989)** et **Moletta, (2002)**. En outre, l'acidité titrable du lactosérum est de 32,4D°±0.01 et cette valeur est similaire aux résultats des travaux de **Veissyre (1975)** qui ont noté que le lactosérum acide doit avoir une acidité supérieure à 18D°. Ces résultats confirment que le lactosérum analysée est obtenu suite à une fermentation lactique.

**b. Extrait sec total**

La valeur de l'extrait sec total noté dans le lactosérum étudié est de 12.59 %  $\pm 0.01$  est plus importante que la valeur donnée par **Sottiez. (1985)** qui est de 6.50 %, cette valeur indique la bonne qualité du lait utilisé.

**c. Matière grasse**

La teneur en MG du lactosérum est de 0.2%  $\pm 0.01$  est inférieure à celle donnée par **Sottiez. (1985)**, qui est de 1 %. La raison principale de la pauvreté du lactosérum en MG est probablement liée aux procédés de séparation du lactosérum, et aussi au fait que la quasi totalité de la MG du lait est retenue dans le caillé. (**Fauquant et al. 1985**).

**d. Teneur en cendre (minéraux)**

Selon les résultats obtenus, nous remarquons que la teneur des cendres dans le lactosérum est de 0.759 %  $\pm 0.001$  cette valeur est similaire à celle donnée par **Sottiez. (1985)** qui est de 0.82% elle est aussi proche à celle citée par **Linden et Lorient, 1994**

**e. Extrait sec soluble**

D'après les résultats obtenus, la valeur de l'extrait sec soluble du lactosérum est de 13 °Brix  $\pm 0.11$  qui est une valeur supérieure à celle trouvée par (**Sánchez et al. 2011**).

qui est de 6.5 °Brix. En outre, notre valeur est conforme aux normes codex alimentarius (12-17°Brix). La valeur importante du °Brix du lactosérum analysé est expliquée par sa richesse en lactose.

**f. Les protéines**

D'après les résultats obtenus, la teneur en protéines dans le lactosérum est de 20.72 g/l  $\pm 0.01$  elle est supérieure à celle trouvée par **Proot, (2001)** qui est de 7g/l et celle de **Alias et Linden, (2004)** (4.8-10.5 g/l). Cette richesse est peut être due à la qualité du lait utilisé. Les protéines du lactosérum possèdent un véritable intérêt nutritionnel en raison de leur composition élevée en acides aminés essentiels. (**Jacquot 2007**).

### g. Lactose

La teneur en lactose du lactosérum est de  $4.8\% \pm 0.01$  elle est similaire à celle trouvée par **Lindin et Lorient, (1994)** (4.5%) et rentre dans l'intervalle cité par LE comité national des co-produits (38-55 g/l) et ça confirme que c'est le principal constituant du lactosérum. En outre, cette teneur élevée en lactose confère au lactosérum analysé une propriété nutritionnelle importante, en effet le lactose stimule la fonction intestinale et favorise la digestion. (**Sottiez,1990**).

## IV.1.2 Propriété physico-chimique de jus de figue de barbarie

### a. Teneur en principes actifs et activité antioxydant

Le tableau ci-dessous résume la teneur en principes actifs et activité antioxydant effectués sur l'extrait de jus de la figue de barbarie.

**Tableau 8:** teneur en principes actifs de jus de la figue de barbarie

Antioxydants	Teneur
Composés phénoliques (mg EAG/100g)	$72.19 \pm 0.13$
Flavonoïdes (mg EQ/100g)	$7.74 \pm 0.11$
DPPH %	$59.33 \pm 0.25$

#### ➤ Composés phénoliques

L'importance des composés phénoliques est reliée à leur propriété antioxydante importante, en outre ils contribuent à la bonne qualité organoleptique des pulpes des fruits. (**Maataoui et al., (2006)**).

La teneur en polyphénols trouvée est de  $72.19 \pm 0.13$  mg /100g cette valeur est incluse dans l'intervalle trouvé par **Coria-Cayupán et al. (2007)** qui est entre 54 et 112 mg/100g, mais elle est supérieure à celle notée par **Maataoui Et al. (2006)**, cette divergence est peut être due à la variété ainsi que les conditions climatiques **Diaz Medina Et al. , (2007)**.

➤ **Dosage des Flavonoïdes**

La teneur en flavonoïdes dans l'extrait de jus de la figue de barbarie est de  $7.74 \pm 0.11$  mg/100g Cette quantité est supérieure à celle trouvée par **Chougui et al. (2013)** qui est 3.83 mg EQ/100g. Des facteurs tels que les conditions climatiques, la composition du sol ainsi que le stade de maturité pourraient expliquer cette variabilité (**Fritch et Griesbach 1975**).

La teneur importante en flavonoïdes notée dans le présent travail tout comme les autres substances bioactives, nous renseigne sur la bonne qualité nutritionnelle du jus de figue de barbarie analysé, en effet, les flavonoïdes présentent des propriétés antimicrobiennes, antioxydants et thérapeutiques (**Fritch et Griesbach ,1975**

➤ **DPPH :**

Les antioxydants réduisent le diphenyl picryl hydrazyl, ce qui engendre un changement de coloration. Le diphenyl picryl hydrazine, dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu, à donner des protons (**Sandez-Moreno,2002**).

Les résultats montrent que l'extrait de jus a une valeur de  $59.33\% \pm 0.25$ , cette richesse est peut être due à la maturation de fruit et sa grande teneur en acide ascorbique (**Popovici et al. 2010**)

**b. pH et acidité titrable**

La valeur du pH mesurée pour le pur jus de la figue de barbarie est de  $5.99 \pm 0.005$ . Ce pH est inclus dans l'intervalle trouvé par **Feugang et al.,( 2006)** qui varié entre 5,3 et 7,1 pour le jus pulpeux de la figue de barbarie il est aussi inférieure à celle trouvée par **Ramdan et Morser , (2003)** dont le pH 6.05.

l'acidité titrable notée pour le jus analysé est de 0.39g/l on a constaté qu'elle est inférieure à celle trouvée par **Diaz-Medina et al.,(2006)** dont la valeur est de 0.078% .

Cette divergence est peut être due aux conditions climatiques et au stade de maturité. **Goldstein et al (1991)**

**c. L'EST sec total**

Le teneur en EST de pur jus est de 14.59%  $\pm 0.01$  cette valeur est inclus dans l'intervalle (10-16%) trouvés par **Feugang et al., (2006)**, et elle est plus élevée par apport à celle du lactosérum (12.57%), sachant que la teneur en extrait sec nous renseigne sur la richesse en nutriments et en pulpe (**Bensadon et al 2010**)

**d. Taux de cendres (minéraux)**

La teneur en cendres notée dans le jus de figue de barbarie est 0.21%  $\pm 0.001$  cette valeur est incluse dans l'intervalle (0.3-1%) trouvés par **Feugang et al., (2006)**, elle est largement inférieure à la teneur de cendres dans le lactosérum,

**e. L'extrait sec soluble**

La valeur de l'extrait sec soluble du pur jus de la figue de barbarie analysé, est de 13.5° Brix, cette valeur rentre dans l'intervalle obtenu par **Stintzing et Carle. (2004)**, qui est de 10 à 17° Brix pour les fruits de couleur jaune orangé. De plus, nos résultats sont en bon accord avec les données rapportées dans la littérature pour les autres variétés étudiées (**Maataoui et Hilali, 2004; Diaz-Medina et al., 2007**).

Cependant en comparant notre résultat à ceux révélés dans la pulpe des autres fruits, l'extrait sec soluble est important, comme l'ananas (12,40%), la pomme (11,43%), le kiwi (9,12%), l'orange (8,25%) et la fraise (5,51%) (**Souci et al., 1994**)

Ainsi il peut être considéré comme un fruit très énergétique. La teneur en sucre est influencée par les pratiques culturales (fertilisation, irrigation,...) et les facteurs environnementaux (**Inglese et al. 1995**).

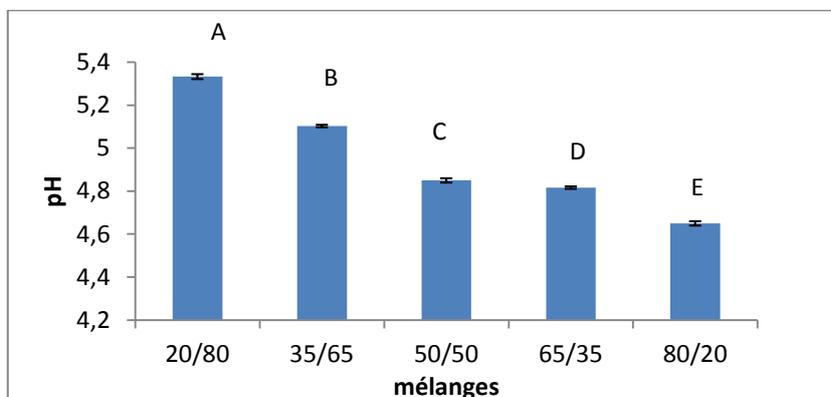
**f. Taux de protéine**

La teneur en protéine est de 19.48 g/l  $\pm 0.01$ , cette valeur est supérieure à celle trouvée par **Stintzing and Carle,(2004)** qui est de 10g/l, elle est aussi supérieure à celle notée par **Feugang et al., (2006)** (0.21-1.6 %). En effet les résultats obtenus indiquent la richesse de jus de figue de barbarie en protéines.

### IV.1.3 Propriété physico-chimique des produits finis (lacto-jus)

#### a. pH et acidité titrable

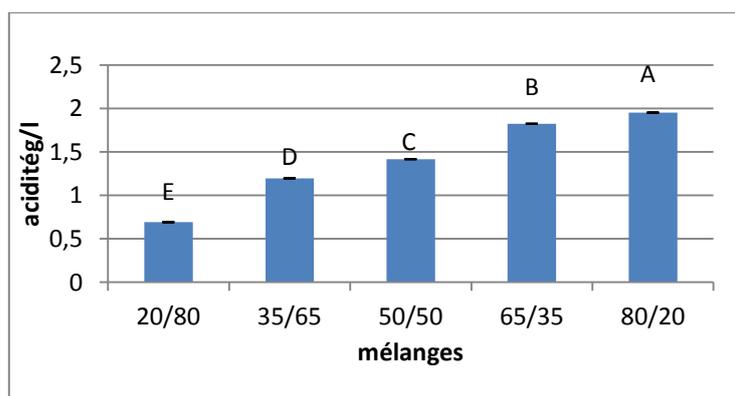
Les résultats qui concernent le pH sont présentés dans la figure 10



**Figure 10 :** Histogrammes du pH des mélanges lactosérum-jus de figue de barbarie

Des lettres différentes (ABCDE) indiquent des résultats significativement différents ( $p < 0,05$ ). Des lettres qui ne sont pas différentes (AAA ou BBB) indiquent qu'il n'y a pas de différence significative ( $p < 0,05$ ). Ces lettres sont attribuées pour la comparaison statistique des échantillons de lacto-jus.

Les résultats qui concernent l'acidité des cinq formules préparées sont présentés dans la figure 11



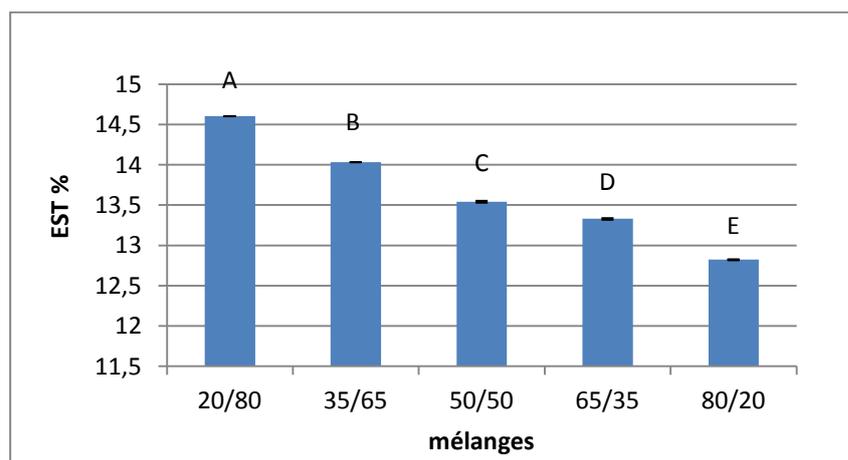
**Figure 11:** Histogrammes de l'acidité titrable des mélanges lactosérum-jus de figue de barbarie.

Les valeurs portant les même lettre ne présentent aucune différence significative les barres verticales présentes l'écart types.

Les cinq mélanges lactosérum-jus présentent des pH et des acidités titrables significativement différentes. Le pH varie en fonction des proportions des deux ingrédients : lactosérum et jus. En effet, plus le taux du lactosérum augmente, plus le pH diminue et l'acidité augmente. Par contre, l'augmentation du taux du jus de la figue de barbarie contribue à l'augmentation du pH et la diminution de l'acidité. Il peut être conclu que l'ajout du lactosérum permet d'acidifier le produit et d'empêcher le développement des microorganismes et donc contribue à une longue conservation.

### b. Extrait sec totale

La figure 10 représente les teneurs des cinq mélanges en EST



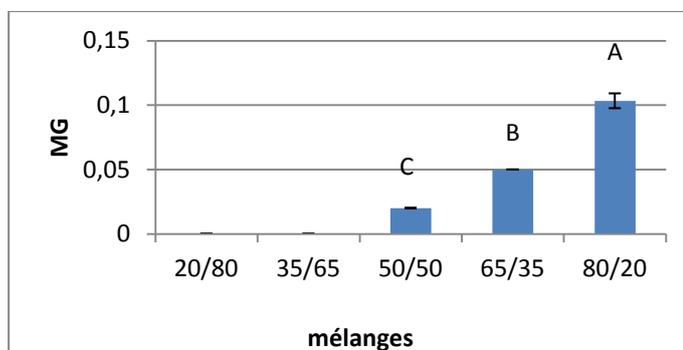
**Figure 12:** Histogramme de l'EST des mélanges lactosérum-jus de figue de barbarie

Les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative les barres verticales présentes l'écart types

L'EST des différentes formulations varient entre 12 à 14%. L'EST des mélanges diminue d'une façon significative Il a été constaté que l'EST diminue avec l'ajout du lactosérum ; les deux formules 20/80 et 35/65 présentent les teneurs les plus élevées en matière sèche. Cela s'explique par la richesse du jus en matière sèche par rapport au lactosérum. La teneurs élevée en EST indique une richesse en nutriments et en oligo éléments (Fitzarald et Coll.,1988)

### c. Matière Grasse

Les résultats qui concernent la MG sont regroupés dans la figure 13



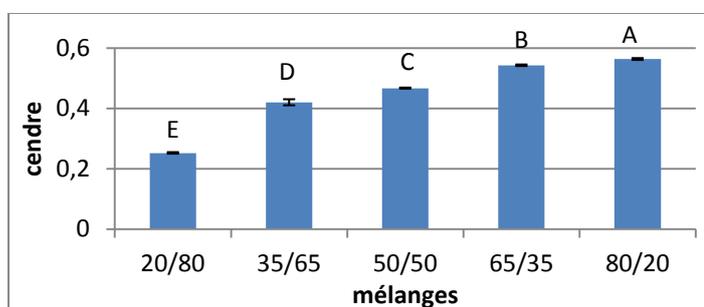
**Figure 13:** Histogrammes des teneurs en matière grasse (MG) des mélanges lactosérum-jus de figue de barbarie

Les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative les barres verticales présentes les écarts types.

Les formulations présentent une augmentation significative de la teneur en MG en fonction du taux du lactosérum. Cette augmentation est expliquée par la pauvreté de jus en MG, cependant il a été révélé qu'il ne ya pas de différence significatif entre 20/80 et 35/65 malgré l'augmentation de taux du lactosérum.

### d. Teneur en cendres (minéraux)

La figure 12 représente la teneur en cendres des cinq formules



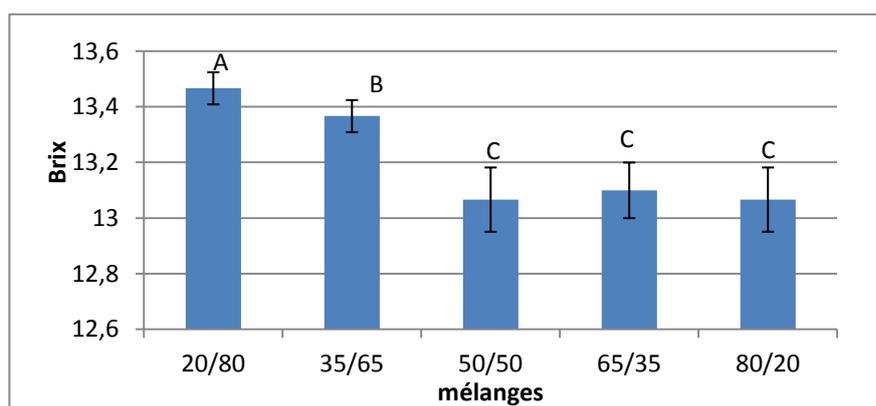
**Figure 14:** Histogrammes des teneurs en cendre des mélanges lactosérum-jus de figue de barbarie.

Les valeurs portant les même lettre ne présentent aucune différence significative les barres verticales présentes les écart types .

La teneur en cendres des différents mélanges augmente de manière significative en fonction de taux du lactosérum présent dans les mélanges comme la plus grande valeur est notée dans la formule 80/20, il est conclu que l'ajout du lactosérum améliore le milieu en sel minéraux et oligo-éléments, et donne une valeur nutritionnelle importante à la boisson. Le mélange (80/20) présente une source importante en éléments minéraux indispensable à l'organisme (RIVELLA 2008)

#### e. L'extrait sec soluble

Les résultats qui concernent L'extrait sec soluble des cinq mélanges s ont illustrés dans la figure 15.



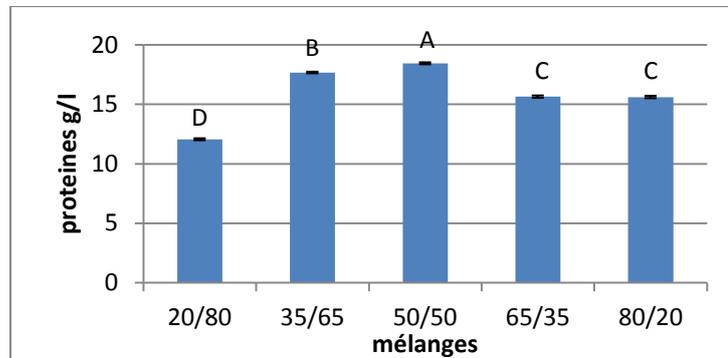
**Figure 15:** Histogrammes des teneurs en extrait sec soluble des mélanges lactosérum-jus de figue de barbarie.

Les valeurs portant les même lettre ne présentent aucune différence significative les barres verticales présentes les écarts types.

Comme le °Brix du lactosérum est presque égale à celui du pur jus, on a constaté qu'au delà de 50/50, il ne ya pas une augmentation significative de taux d'extrait sec soluble. En outre, la boisson formulée est riche en sucre naturel contenu dans le lactosérum et le jus de la figue de barbarie.

**f. Les protéines :**

La figure suivante représente les résultats qui concernent les protéines des cinq mélanges.



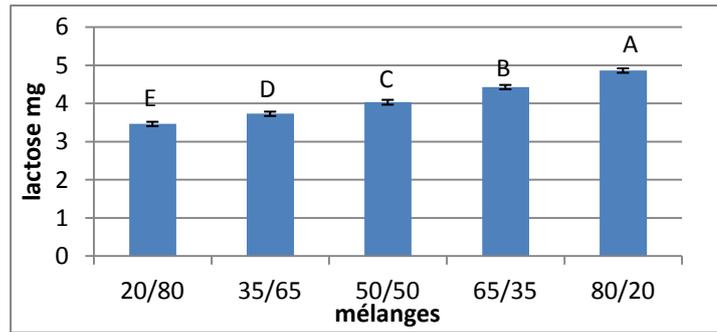
**Figure 16:** Histogramme de dosage des protéines des mélanges lactosérum-jus de figue de barbarie.

Les valeurs portant les même lettre ne présentent aucune différence significative les barres verticales présentes les écart types .

A partir de l'histogramme en remarque que les mélanges préparés présentent une teneur importante en protéines et ne varie pas avec la variation des proportions des deux ingrédients lactosérum et jus. A partir de 65/35, l'ajout de lactosérum ne résulte pas une augmentation significative de taux de protéines .Selon **Mann (1971)**, les boissons à base du lactosérum doivent présenter une teneur importante en protéines.

**g. Lactose**

Les résultats qui concernent la teneur en lactose des cinq mélanges sont donnés dans la figure 17



**Figure 17:** Histogramme de dosage du lactose des mélanges lactosérum-jus de figue de barbarie.

Les valeurs portant les même lettre ne présentent aucune différence significative les barres verticales présentes l'écart types

Les boissons présentent des teneurs importantes en lactose ce qui signifie qu'elles sont déconseillées pour les individus intolérant au lactose, et conseillées pour les personnes actives du fait qu'elles sont considérées comme sources d'énergie (**Yeager 2008**).

La teneur en lactose des mélanges présente une augmentation significative avec l'augmentation du taux de lactosérum, la teneur en lactose du mélanges 80/20 est presque égale a celle du lactosérum, les résultats obtenus sont expliqués par la pauvreté en lactose du pur jus de figue de barbarie.

#### IV.1.4 Analyses microbiologiques

**Tableau 9** Résultats des analyses microbiologiques

	<b>20/80</b>	<b>35/65</b>	<b>50/50</b>	<b>65/35</b>	<b>80/20</b>
<b>Coliformes totaux</b>	absence	absence	Absence	absence	Absence
<b>Coliformes fécaux</b>	absence	absence	Absence	absence	Absence
<b>Clostridium</b>	absence	absence	Absence	absence	Absence
<b>Levures et moisissures</b>	absence	absence	Absence	absence	Absence
<b>Levures osmophyles</b>	absence	absence	Absence	absence	Absence
<b>Bactéries lactiques</b>	absence	absence	Absence	absence	Absence

#### **Interprétation :**

Les résultats obtenus indiquent une absence totale des coliformes totaux et coliformes fécaux, dans toutes les analyses cela implique que les pratiques hygiènes ont été respectées au cours de notre travail.

En outre, la recherche des clostridium sulfite-réducteurs, indique une absence totale, cela signifie que la température de pasteurisation choisie est efficace.

L'absence des levures, moisissures et levures osmophyles est un indicateur de l'efficacité de la pasteurisation et ça nous renseigne sur la stabilité de produit au cours de sa conservation.

L'absence des bactéries lactiques est un bon signe car ça empêche la fermentation et la détérioration du lactosérum au cours de sa conservation.

- Jacquot, A. (2007). *Étude de l'activité immunomodulante de peptides issus des protéines du lactosérum bovin*, Université Laval.
- Mann, E. (1971). "Lactalbumin and its uses." *Dairy Indus.*
- Popovici, C., Saykova, I., and Tylkowski, B. (2010). "Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH."
- Sánchez, J., Hernández, E., Auleda, J., and Raventós, M. (2011). "Freeze concentration of whey in a falling-film based pilot plant: process and characterization." *Journal of food engineering*, 103(2), 147-155.
- Yeager, S. (2008). *The Doctors Book of Food Remedies: The Latest Findings on the Power of Food to Treat and Prevent Health Problems--from Aging and Diabetes to Ulcers and Yeast Infections*: Rodale.

# *Conclusion*

### **Conclusion**

Notre travail a pour but de formuler une boisson lactée pour valoriser le lactosérum qui est un sous produit rejeté d'industrie laitière.

Les résultats obtenus concernant les paramètres physico-chimiques réalisés pour lactosérum ; pur jus de figue de barbarie et de la boisson préparée montrent qu'ils sont conforme aux normes ; L'ajout du lactosérum acide provoque une diminution de pH ce qui permet d'augmenter la durée de conservation de la boisson.

Les résultats obtenus après l'analyse microbiologique des matières premières utilisées et nos boissons montrent l'absence totale des coliformes totaux, fécaux, levures et moisissure.

Néanmoins, ce travail peut être complété une analyse sensorielle et une étude de la stabilité physico-chimiques et microbiologique de la boisson préparée durant toute la durée de conservation; aussi il est recommandé aux futures promotions de travailler autour des thèmes suivantes

- \*Détermination de la date limite d'utilisation de des boissons formulées, sans et avec conservateur

- \*Étude comparatif entre la boisson pasteurisée et la boisson stérilisée

- \*Études nutritionnelle sur les effets de cette boisson sur l'état physique des sportifs et son influence sur certaines maladies chroniques

## *Références bibliographiques*

- **Achat, S., Tomao, V., Madani, K., Chibane, M., Elmaataoui, M., Dangles, O., & Chemat, F. (2012).** Direct enrichment of olive oil in oleuropein by ultrasound-assisted maceration at laboratory and pilot plant scale. *Ultrasonics sonochemistry*, 19(4), 777-786.
- **Afnor.(1980).**Recueil de norme française lait et les produits laitier ed .paris
- **Afnor.(1986).**contrôle de la qualité des produits laitiers , analyses physique et chimique , troisième édition.
- **Agnes N. , 1986-** Production des protéines à partir de lactosérum brut. Thèse de 3eme cycle, université de Lyon, France
- **Alais C. , (1984).** La valorisation du lactosérum " les bases et les problèmes». Technique laitière. N° 952, p : 7-10.
- **Alias C .et Linden G.,( 2004).**Biochimie Alimentaire . 5ème Ed :Lavoisier paris.520 p(162 – 164)
- **Anonyme2,(2002) :** « Manuel de transformation du lait » ,chapitre 15 : le traitement de sérum de fromage.CD ROM 2000.
- **Apria ,1980.**Utilisation de lactosérum en alimentation humaineet animal
- **Apria, (1973).** Les lactosérums traitement et utilisation, association pour la promotion industrie agriculture, paris. P : 3-132
- **Barbera, G. (1995).** History, economic and agro-ecological importance. *FAO Plant Production and Protection Paper (FAO)*.
- **Bargougui, A., Champy, P., Triki, S., Bories, C., Le Pape, P., & Loiseau, P. M. (2014).** Antileishmanial activity of Opuntia ficus-indica fractions. *Biomedicine & Preventive Nutrition*, 4(2), 101-104.
- **Ben Mammam S. , (2002).**opuntia ficus-indica synthèse bibliographique,mémoire d'ingénieur ,département g'agronomie université hadj lakhdar –batna ,78p
- **Bensadón, S., Hervert-Hernández, D., Sáyago-Ayerdi, S. G., & Goñi, I. (2010).** By-products of Opuntia ficus-indica as a source of antioxidant dietary fiber. *Plant foods for human nutrition*, 65(3), 210-216.
- **Boizot, N., & Charpentier, J. P. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Le Cahier des Techniques de l'INRA, Numéro spécial 2006: Méthodes et outils pour l'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques*, 79-82.

- **Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002).** Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*, 10(3). 178-182
- **Chougui N., Sahi Y. et Belkacemi M. (2013).** Comparative study between the different compartments of *Opuntia ficus-indica* L. Inside Food Symposium. Leuven, Belgium. pp: 3.
- **Chougui N., Sahi Y. et Belkacemi M. (2013).** Comparative study between the different compartments of *Opuntia ficus-indica* L. Inside Food Symposium. Leuven, Belgium. pp:
- **Coria-Cayupán Y, Ochoa M.J. et Nazareno M.A. (2007).** Health-promoting substance contents and antioxidant properties of *Opuntia sp.* fruits from Santiago del Estero, Argentina. Proceedings of the VI International Congress on Cactus pear and Cochineal, Brazil.
- **De Wit, J. N., & Hontelez-Backx, E. (1981).** Les propriétés fonctionnelles des protéines du lactosérum; conséquences des traitements thermiques. *La technique laitière*, (952), 19-22.
- **Diaz-Medina E.M, Rodriguez-Rodriguez E.M, Díaz-Romero C. (2007).** Chemical characterization of *Opuntia dillenii* and *Opuntia ficus indica* fruits. *Food Chemistry*, 103: 38-45.  
exotique, fruit de cuvette d’afrique, parin : Centre national vitirinaire et alimentaire,p121
- **Fadlinizal A.M.K., Nagendra P., Weng K.K et Ismail A. (2010).** Flavonoid, hesperidine, total phenolic contents and antioxidant activities from Citrus species, *African Journal of Biotechnology*, 9(3): 326-330
- **Fauquant, J., Vieco, E., Brule, G., & Maubois, J. L. (1985).** Clarification des lactosérums doux par agrégation thermocalcique de la matière grasse résiduelle. *Le lait*, 65(647-648), 1-20.
- **Fernández-López, J. A., Almela, L., Obón, J. M., & Castellar, R. (2010).** Determination of antioxidant constituents in cactus pear fruits. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(3), 253-259.
- **Feugang, J. M., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, F. C., & Zou, C. (2006).** Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia spp.*) cladodes and fruits. *Front Biosci*, 11(1), 2574-2589.
- **Fitzerald A et Coll,1988** : utilization of whey as a beverage Ireland0 »

- **Fritch H, Griesbach H** , (1975).Biosynthesis of cyaniding in cell cultures of *Haplopappus gracilis*.Phytochem, 14: 2437-42.
- **Georgé, S., Brat, P., Alter, P., & Amiot, M. J. (2005)**. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(5), 1370-1373.
- **Gerard. B et Debry. G, (2001)**. Lait nutrition et santé. Ed Tec et Doc. PP : 44-55.
- **Ginestra, G., Parker, M. L., Bennett, R. N., Robertson, J., Mandalari, G., Narbad, A.,& Waldron, K. W. (2009)**. Anatomical, chemical, and biochemical characterization of cladodes from prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.]. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(21), 10323-10330.
- **Goldstein ,G., ortega , J.K .,Nerd,A., et Nobel , P.S . (1991)** .Diel patterns of water potentiel components for the crassulacean acid metabolism plant opentia ficus-indica when well – watered or droughted . *plant physiology* , 95 (1) ,274-280
- **Gonzfilezsiso M. I., (1996)**. The biotechnologicalutilization of cheesewhey: areview. BioresourceTechnology, p :57, 1: 1-11.
- **Guidini M., Papillon D., Raphalen D et Bariore B. (1984)**.Contribution à la valorisation du lacosérum. Utilisation actuelle et potentielles. Bul. Soc. Sci. Bretagne Vol 56. p77-88
- **Gupta R.C. (2012)**.Chemistry of phytopotentials : Health, energy and environnemental perspectives. Nagaland Univesity Medziphema-797106. India: pp 183-187.
- **Hamdi, M. (1997)**. Prickly pear cladodes and fruits as a potential raw material for the bioindustries. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 17(6), 387-391.
- **Inglese, P., Barbera, G., La Mantia, T., 1995**. Research strategies and improvement of cactus pear fruit quality and production. *Journal of Arid Environments* 29, 455–468.
- **Jacquot, A. (2007)**. Étude de l'activité immunomodulante de peptides issus des protéines du lactoserum bovin, Université Laval.
- **Jean-clode ,favier( 1993)**.répertoire général de aliment-table des composition des fruits
- **Kosikowski, F. V. (1979)**. Whey Utilization and Whey Products1. *Journal of Dairy Science*,vol .62.(7), 1149-1160.
- **Kosikowski, F. V., & Wzorek, W. (1977)**. Whey wine from concentrates of reconstituted acid whey powder. *Journal of Dairy Science*, 60(12), 1982-1986.

- **Kuti, J. O. (2004).** Antioxidant compounds from four *Opuntia* cactus pear fruit varieties. *Food chemistry*, 85(4), 527-533.
- **Laplanche J. (2004).** Systhème d'épuration du lactosérum d'alpage par culture fixée sur lit de compost. *Revue suisse Agric.*, 36(5), p: 220-224.
- **Lee, E. B. (2001).** The effect of *Opuntia ficus-indica* var. saboten fruit on gastric lesion and ulcer in rats. *Natural Product Sciences*, 7(3), 90-93.
- **Linden G., (1981).** Technologie d'analyse et contrôle dans l'industrie agroalimentaire vol II. Principes des techniques d'analyse. ED. Collection science et techniques agroalimentaire
- **Linden, G., & Lorient-Biochimie agro-industrielle, D. (1994).** Valorisation alimentaire de la production agricole.
- **Lupin. D, (1998).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. FAO, Alimentation et nutrition. pp : 25-38.
- **Luquet et Francois M. 1990.** lait et les produits laitiers, vache, brebis, chèvre. Tome II. Techniques et documentation- Lavoisier, 621p.
- **Luquet F.M. et Boudier J.F. (1984).** Utilisation des lactosérums en alimentation humaine et animale. *Apria.*, 21, p : 1-7, 66, 83-90.
- **Maataoui B. S., Hmyene A. et Hilali S. (2006).** Activités anti-radicalaires d'extraits de jus de fruits du figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*). *Lebanese Science Journal*, 33: 91-97.
- **Maataoui, B. S., & Hilali, S. (2004).** Composition physico-chimique de jus de deux types de fruits de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica*) cultivés au Maroc. *Reviews in Biology and Biotechnology*, 3(2), 8-13.
- **Mann, E. (1971).** "Lactalbumin and its uses." *Dairy Indus.*
- **Marwaha, S. S., & Kennedy, J. F. (1988).** Whey—pollution problem and potential utilization. *International Journal of Food Science & Technology*, 23(4), 323-336.
- **Mcauliffe, K. W., Scotter, D. R., Macgregor, A. N., & Earl, K. D. (1982).** Casein whey wastewater effects on soil permeability. *Journal of Environmental Quality*, 11(1), 31-34.
- **MEREO J. 1980-** Les utilisations industrielles du sérum, fromagerie. Paris, revue française n°365, 401p.
- **Moletta R. (2002).** Gestion des problèmes environnementaux dans les IAA. Paris : Tech et Doc; 600p.

- **Morr, C. V. (1989).** Whey proteins: manufacture. *Developments in dairy chemistry*, 4(6), 245-284.
- **Mulas, M., & Mulas, G. (2004).** Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la Lutte Contre la Désertification. *Short and Medium, Term Priority Environmental Action Programme (SMAP) février*, 91p.
- **Muller, A., Chaufer, B., Merin, U., & Daufin, G. (2003).** Prepurification of  $\alpha$ -lactalbumin with ultrafiltration ceramic membranes from acid casein whey: study of operating conditions. *Le Lait*, 83(2), 111-129.
- **Neffar, S. (2012).** *Etude de l'effet de l'âge des plantations de figuier de Barbarie (Opuntia ficus indica L. Miller) sur la variation des ressources naturelles (sol et végétation) des steppes algériennes de l'Est. Cas de Souk Ahras et Tébessa* (Doctoral dissertation, PhD Thesis, Univ. Annaba, Algeria).
- **Nefzaoui A., Nazareno M. Et El Mourid M. (2008).** Review of medicinal uses of cactus Scientific and Technical Contributions. *Cactusnet Newsletter*, 11, pp 3-17.
- **Nelson, F. et Coll, (1978).** whey utilisation in first flavored drinks. »Dairy and food science 14
- **Nenadis N et Tsimidou M. (2002).** Observation on Estimation of Scavenging Activity of Phenolic Compounds Using Rapid 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH•) Tests. *Journal of the American Oil and Chemistry*, 79 (12), pp 1191-1194
- **Piga A. (2004).** Cactus pear: a fruit of nutraceutical and functional importance. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. pp 9-22
- **Pimienta Barrios, E. (1993).** Vegetable cactus (*Opuntia*). *Pulses and vegetables. (Underutilized crops)*, (1), 177-191.
- **Pimienta-Barrios, E. (1994).** Prickly pear (*Opuntia* spp.): a valuable fruit crop for the semi-arid lands of Mexico. *Journal of Arid Environments*, 28(1), 1-11.
- **Proot, (2001)** ; technologie propre appliquée aux industries agro-alimentaires, ARIST BOURGOGNE
- **Ramdan M.F. et Mörsel J.T. (2003).** Oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica L.*). *Food Chemistry*, 82, pp 339-345.
- **Rivella - Erfrischendsäuerliches Tafelgetränk** », [sur *NZZ Online* ],(2008), vol 1,p.5-6. disponible sur : <http://www.search=RIVELLA+Boisson&oq=RIVELLA+Boisson&aqs=chrom..69i57.7791j0j8&sourceid=chrom&ie=UTF-8#q=r%C3%A9vila+boisson+pdf> (consulté le 6 juin 2017).

- **Sánchez, J., Hernández, E., Auleda, J., and Raventós, M. (2011).** "Freeze concentration of whey in a falling-film based pilot plant: process and characterization." *Journal of food engineering*, 103(2), 147-155.
- **Sánchez-Moreno, C. (2002).** Compuestos polifenólicos: efectos fisiológicos. Actividad antioxidante. *Alimentaria*, (329), 29-40.
- **Sandez-Moreno,C.,Kim, S.H., et Park,C.S.(2006).** Improvement of biological control capacity of *Paenibacillus polymyxa* E681 by seed pelleting on sesame. *Biological Control*,39(3),282-289
- **Schweizer M. , (1999).docteur nobal : médecin du bon dieu.**APB,aloe plantes et beaté , paris,p5,pp43-63
- **Sottiez P. 1990-** Produits Dérivés Des Fabrications Fromagères *In : Lait Et Produits Laitiers ;Vache, Brebis, Chèvre, Ed Lavoisier, Paris, 633p.*
- **Sottiez, P. (1985).** Produits dérivés des fabrications fromagères. *Laits et produits laitiers: vache, brebis, chevre/Societe scientifique d'hygiene alimentaire; Francois M. Luquet, coordonnateur, assiste de Yvette Bonjean-Linczowski; prefaces de J. Keilling, R. de Wilde.*
- **Souci S.W., Fachmann W et Kraut H. (1994).** Food composition. Tables of nutrition values. 5eme edition. *Medpharm Scientific Publisher. CRC PRESS.*
- **Stintzing F.C., Carle R.,( 2004).** Evaluation of different methods for production of juice concentrates and fruit powders from cactus pear. *Innovative Food Science and Emerging Technologies.* Pp 275-287.
- **Tesoriere L., Fazzari M. Angileri F. Gentile C. Livrea M.A. (2008).** In vitro digestion of betalainic foods. Stability and bioaccessibility of betaxanthins and betacyanins and antioxidative potential of food digesta. *J Agric Food Chemistry*, 56 (22), pp : 87-92.
- **Tetra Pack Processing System, (1995).** Manuel de transformation du lait, Suède : 442P.
- **Veisseyre, R. (1975).** Technologie du lait: constitution, recolte, traitement et transformation du lait 3.
- **Violleau V.(1999).** valorisation du lactosérum par électrodialyse. Thèse de doctorat.Montpellier..
- **Vrignaud, Y. (1983).** Valorisation du lactosérum, une longue histoire. *Revue laitière Française*, (422), 41-46.

- **Woo A. (2002).** La grande diversité du lactosérum. Agriculture et agroalimentaire, Canada, p3-13.
- **Yang, S. Y., Jones, J. H., Olsen, F. J., & Paterson, J. J. (1980).** Soil as a medium for dairy liquid waste disposal. *Journal of Environmental Quality*, 9(3), 370-372.
- **Yeager, S. (2008).** The Doctors Book of Food Remedies: The Latest Findings on the Power of Food to Treat and Prevent Health Problems--from Aging and Diabetes to Ulcers and Yeast Infections: Rodale
- **Zou, D. M., Brewer, M., Garcia, F., Feugang, J. M., Wang, J., Zang, R., ... & Zou, C. (2005).** Cactus pear: a natural product in cancer chemoprevention. *Nutrition journal*, 4(1), 25.

# *Annexes*

# ANNEXES

---

## **Présentation de l'organisme d'accueil**

**SNC PREVOLAB** est un laboratoire d'analyse et de contrôle de qualité alimentaire, il est situé au niveau de la commune d'EL KSEUR de la wilaya de Bejaia, l'organisme est lancé depuis juillet 2009.

L'établissement est composé d'une salle de réception, une salle d'analyses physico-chimiques, une salle de lavage, séchage de la verrerie et d'incubation et une salle des analyses microbiologiques (salle d'ensemencement)

**A) Salle de réception** : la salle dispose d'un bureau d'accueil et d'administration du laboratoire et d'une petite bibliothèque de documentation.

**B) Salle physico-chimique** : dont on retrouve le matériel suivant :

- Centrifugeuse
- Dessiccateur
- Plaque iso thermique
- Four à moufle
- Etuve
- Spectrophotomètre
- Balance
- pH-mètre
- haute chimique
- réfractomètre
- plaque agitatrice

**C) Salle de lavage, séchage de la verrerie et d'incubation** : Qui est subdivisée en deux parties

- ❖ Partie de lavage de la verrerie qui contient
  - un autoclave ;
  - un bain marin ;
  - et tout le matériel nécessaire pour le lavage de la verrerie
- ❖ Partie d'incubation qui contient
  - une armoire pour le stockage des produits chimiques ;
  - un réfrigérateur et
  - quatre étuves dont :
    - ✓ une sert à la stérilisation des matériaux,
    - ✓ et les trois autres servent à l'incubation des tests microbiologiques à différentes températures (à 22C, 37C, 44C)

**D) Salle des analyses microbiologiques (salle d'ensemencement)**

Cette salle est bien isolée, à l'abri du courant d'air, et elle comprend :

## ANNEXES

---

- une paillasse,
- deux becs benzène,
- une micropipette, des pipettes pasteur, une anse de platine,
- un microscope,
- un distributeur pour le milieu deculture et,
- des tubes et des boites de pétries

### ✚ Préparation des milieux de culture.

#### ❖ Milieu Oxytétracycline Glucose Agar (OGA)

- Extrait de levure .....5 g
- Glucose .....20 g
- Gélose .....16 g
- Eau distillée .....1000 ml
- Oxytétracycline.....0.1g

#### ❖ préparation du Milieu VRBL (Milieu lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre)

pH 7,4±0.2

- peptone .....7 g
- extrait de levure .....3 g
- lactose..... 10 g
- chlorure de sodium..... 5 g
- mélange sel biliaire... 1,5 g
- cristal violet 0,002..... g
- rouge neutre 0,03..... g
- agar-agar 15..... g

#### ❖ préparation du Milieu Viande Foi (VF)

- Base de viande .....30g
- Gélose .....2g
- Amidon.....2g
- Agar.....11g
- pH 7.6 ±0.2

#### ❖ Préparation du MRS

##### Préparation de Hony Agar

- Extrait de levure.....3g
- Glucose.....70g
- Gelose.....12g

## ANNEXES

### Mode opératoire de la préparation des milieux de culture.

Peser une quantité de poudre des milieux déshydratés et mettre dans 200ml de l'eau distillée, puis porter à l'ébullition avec agitation dans un flacon et enfin mettre dans l'autoclave à 120° C pendant 15min. les quantités de poudre utilisée pour chaque milieu sont illustré dans le tableau suivant

Milieu	VRBL	OGA	hony agar	VF	MRS
Quantité de poudre (g)	7.9	6.6	17	8.8	12.4

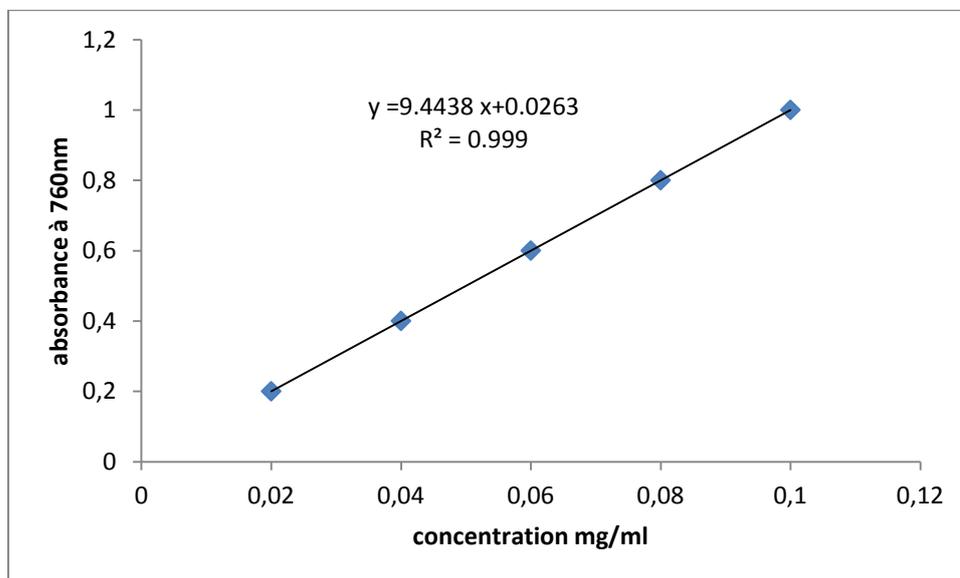
#### • Préparation des solutions de la liqueur de Fehling

##### ▪ Fehling A

- 4g de CuSo<sub>4</sub>+0.2ml H<sub>2</sub>So<sub>4</sub> pure
- Ajuster à 100ml avec l'eau distillé

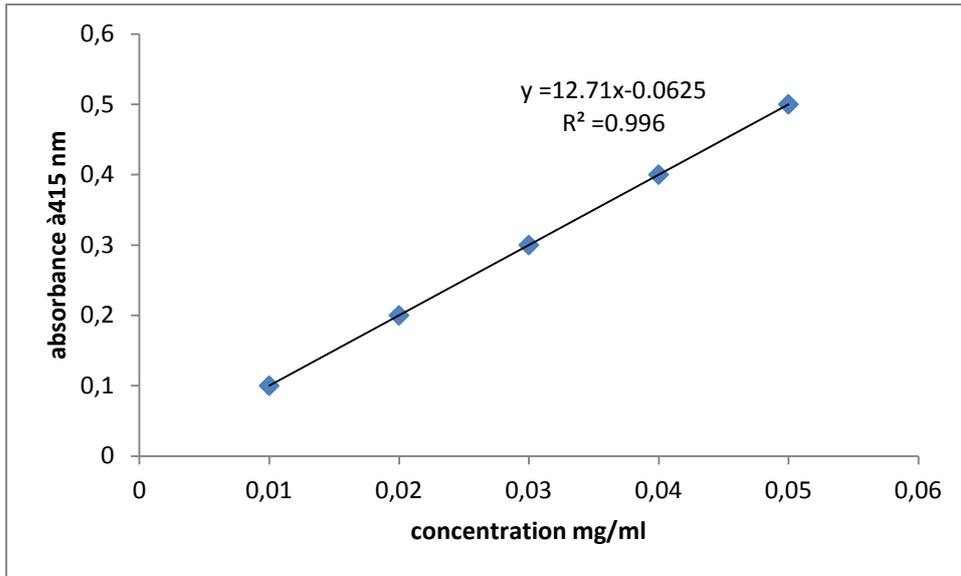
##### ▪ Fehling B

- 200g de tartrate double potassium / sodium
- 150g de NaOH en poudre
- Ajuster à 100ml avec l'eau distillé

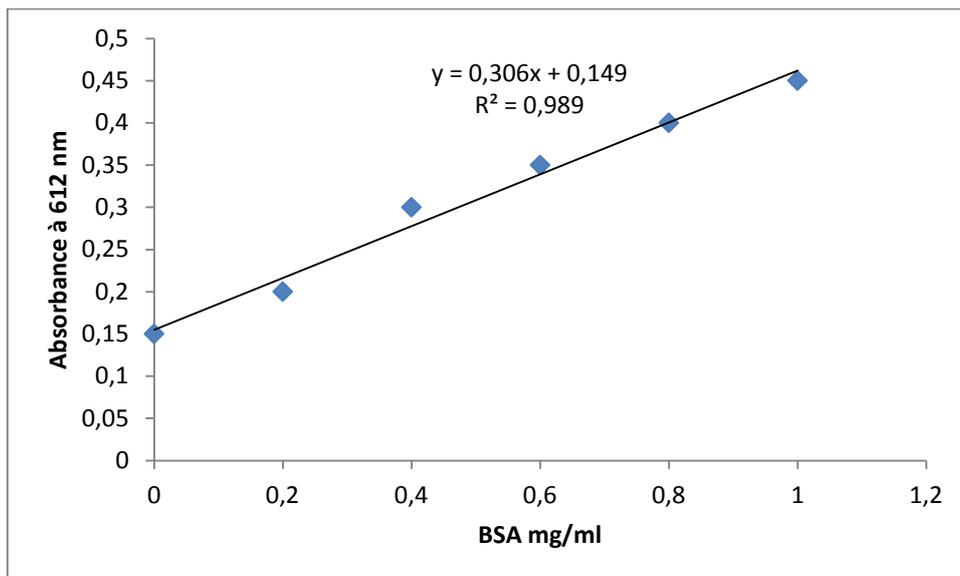


Courbe d'étalonnage des composés phénoliques (Acide gallique)

## ANNEXES



Courbe d'étalonnage des flavonoïdes (la quercitrine)



Courbe d'étalonnage des protéines par Bradford

**Table de conversion glucose en mg**

<b>glucose en mg</b>	<b>cuivre en mg</b>	<b>glucose en mg</b>	<b>cuivre en mg</b>	<b>glucose en mg</b>	<b>cuivre en mg</b>
10	20,4	40	77,5	70	129,8
11	22,4	41	79,3	71	131,4
12	24,3	42	81,1	72	133,1
13	26,3	43	82,9	73	134,7
14	28,3	44	84,7	74	136,3
15	30,2	45	86,4	75	137,9
16	32,2	46	88,2	76	139,6
17	34,2	47	90,0	77	141,2
18	36,2	48	91,8	78	142,8
19	38,1	49	93,6	79	144,5
20	40,1	50	95,4	80	146,1
21	42,0	51	97,1	81	147,7
22	43,9	52	98,9	82	149,3
23	45,8	53	100,6	83	150,9
24	47,7	54	102,3	84	152,5
25	49,6	55	104,1	85	154,0
26	51,5	56	105,8	86	155,6
27	53,4	57	107,6	87	157,2
28	55,5	58	109,3	88	158,8
29	57,2	59	111,1	89	160,4
30	59,1	60	112,8	90	162,0
31	60,9	61	114,5	91	163,6
32	62,8	62	116,2	92	165,2
33	64,6	63	117,9	93	166,7
34	66,5	64	119,6	94	168,3
35	68,3	65	121,3	95	169,9
36	70,1	66	123,0	96	171,5
37	72,0	67	124,7	97	173,1
38	73,8	68	126,4	98	174,6
39	75,7	69	128,1	99	176,2
				100	177,8

## ANNEXES

---

**Quantités de lactosérum pour les 4 unités de centre (en litre)**  
**(source GIPlait d'Algérie).**

<b>Année</b>	<b>Beni-Tamou</b>	<b>Bikhadem</b>	<b>Boudouaou</b>	<b>Draa benkhendda</b>	<b>Total</b>
2000	4197375	190500	356196	2125000	6879017
2001	3636452	200350	261871	2295000	3693673
2002	660430	172500	25300	2550000	8639230
2003	4936536	168000	293500	2465000	7863036
2004	4810410	180000	304667	2635000	7930077

## **RESUME**

Cette étude rentre dans le cadre de la valorisation de la figue de barbarie (*opuntia ficus indica*) et le lactosérum acide issu de la fabrication du camembert au niveau de la laiterie fromagère FIRMA KHIER.

L'étude est basée sur trois axes principaux : (i) analyses physico-chimique des matières premières (jus de figue de barbarie et lactosérum), (ii) fabrication d'une boisson lactée à différentes concentrations 20/80, 35/65, 50/50, 65/35, et 80/20 (v/v : lactosérum/jus), et (iii) analyses physico-chimiques et microbiologiques des cinq formules.

Les résultats montrent que les cinq formules possèdent une bonne qualité physico-chimique. Concernant le pH et l'acidité titrable, la formule 80/20 est la plus acide, de plus, elle possède la teneur la plus importante en matière grasse, en cendre et en lactose. Tandis que le °Brix le plus élevée est noté dans le mélange 20/80. L'étude de taux de protéines a révélé une teneur importante dans la boisson 50/50. En outre, les résultats des analyses microbiologiques ont montré l'absence des coliformes, levures et moisissures, indiquant ainsi l'efficacité de la pasteurisation appliquée sur les matières premières.

**Mots clés** : figue de barbarie, lactosérum, valorisation, analyses physico-chimiques, analyses microbiologiques

## **Abstract**

This study is part of the valorization of the cactus pear (*opuntia ficus indica*) and the acid whey derived from the manufacture of camembert in the cheese dairy FIRMA KHIER.

The study is based on three main axes: (i) physicochemical analyzes of raw materials (cactus pear juice and whey), (ii) manufacture of a milk drink with deferent concentrations 20/80, 35/65, 50/50, 65/35, and 80/20 (v / v: whey / juice), and (iii) physico-chemical and microbiological analyzes of the five formulas.

The results show that the five formulas possess a good physicochemical quality with respect to pH and the titratable acidity. The formula 80/20 is the most acidic and has the highest content of fat, Ashes and lactose. While the highest Brix is noted in the 20/80 mixture. The study of proteins levels revealed a high content in the 50/50 drink. Furthermore, the results of the microbiological analyzes showed the absence of coliforms, yeasts and molds, indicating the efficiency of the pasteurization applied to the raw materials.

**Keywords**: cactus pear, whey, valorization, physico-chemical analyzes, microbiological analyzes