

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de recherche

جامعة جيجل

Université de Jijel



Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département : Microbiologie appliquée et
des sciences alimentaires

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم ميكروبيولوجيا التطبيقية وعلوم التغذية

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en biologie**

Option : **Technologie Agroalimentaire et Contrôle de Qualité**

Thème

*Essai de la fabrication d'une boisson fermentée à base de jus
de la fraise et de lactosérum*

Membres de Jury

Président : Mr. BOUDJERDA. D

Examinatrice : M^{lle} AYAD. R

Encadrant : Dr : DAIRI.S

Présenté par :

- ZERNADJI widad

- CHEBCHOUB fatiha

Année Universitaire 2017-2018

Numéro d'ordre (bibliothèque):.....

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 encadreur **Dr DAIRI Soufiane** de nous avoir fait l'honneur de dirigé ce travail. Nous sommes très reconnaissantes pour la confiance qu'il nous a témoigné au cours de ce travail.*

*On remercie également **RAHMOUNE Yazid** ; enseignant à l'université de Bejaia pour l'orientation, la confiance, la patience qui a 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.

*On remercie aussi **ASMA l'ingénieure** du Laboratoire du Control de Qualité 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 remerciements vont également à toutes les personnes du laboratoire. 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 « Messaouda » 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 « Azzedine » qui m'a entouré de tous ses encouragements et son
aide durant toute la période de mes études.
A mes chères sœurs : Hamida et Amina
A ma cousine Asma
A toute ma famille CHEBCHOUB et FERKHI
A mes amies : Sara, Meriem, Amira, wassila et Wissam
A ma binôme et ma chère copine Widad
A toute la promotion du contrôle de qualité et sciences alimentaires 2017/2018*

Fatíha

Dédicace

*Je dédie mon travail à celle qui m'a donné la vie, la source de la tendresse ma
chère
mère «Messaouda »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 «Badr hanine» qui m'a entouré de tous ses encouragements et
son aide
durant toute la période de mes études.
A mes frères : Rabeh et Samir
A mes sœurs : Mounia et Lamia
A mon oncle Mohamed
A toute ma famille Zernadji
A mes cousines: Hanan,Nabila,Darine et Nada
A mes amis les plus intime : Soumia ,Ahlem, Hassiba et Amira
A ma binôme et ma chère copine Fatiha
A toute la promotion de contrôle de qualité et sciences alimentaires 2017/2018*

Widad

Liste des abréviations

NaCl : Chlorure de sodium ;

KCl : Chlorure de potassium;

pH : Potentiel Hydrogène ;

MS: matière sèche ;

UF: ultra filtration ;

Ca: Calcium;

P: Phosphore;

DBO : Demande Biochimique en Oxygène ;

DCO : Demande chimique en Oxygène ;

LAB: lactic acid bacteria ;

UHT : ultra haut température ;

MG : matière grasse ;

Lb : *Lactobacillus* ;

Lc : *Lactococcus* ;

°D : Degré Dornic ;

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

NaOH : Hydroxyde de sodium ;

EST : Extrait sec totale ;

PCA : plat count Agar ;

MRS : Gélose de Man, Rogoza et Sharpe ;

OGA: Gelose Oxytetracycline Agar.

Liste des tableaux

	<i>Numéro</i>	<i>Titre</i>	<i>Pages</i>
Synthèse bibliographique	1	Composition en nutriments de la fraise	04
	2	Composition moyenne des sous-produits de l'industrie fromagère.	10
	3	Les protéines du lactosérum.	11
	4	Composition en acides aminés essentiels (g/100g de protéines).	11
	5	Paramètres biologique des protéines du lactosérum.	12
	6	Teneur en minéraux du lactosérum.	12
	7	Teneur en vitamines du lactosérum.	13
	8	Application des protéines de lactosérum.	15
	9	Composition et intérêt nutritionnel de quelques jus de fruits.	18
Etude expérimentale	1	Analyses physico-chimiques des matières premières et des produits finis.	26
	2	Résultats d'analyse physico-chimiques du lactosérum.	37
	3	Analyse physico-chimique du jus de la fraise.	38
	4	Teneur en principes actifs de jus de la fraise.	39
	5	Résultats des analyses microbiologiques.	46

Liste des figures

	Numéro	Titre	Page
Synthèse bibliographique	1	Caractéristiques morphologiques de la fraise.	03
	2	Schéma technologique d'obtention des principaux types de lactosérums issus de la transformation du lait.	09
Etude expérimentale	1	Etapes de la préparation du lactosérum.	22
	2	Etapes d'obtention du jus de la fraise.	23
	3	les quatre formules préparées.	24
	4	Processus de la préparation d'inoculum et boisson probiotique.	25
	5	Protocole pour la détermination du pouvoir réducteur.	35
	6	Piégeage du radical DPPH en fonction de la concentration en polyphénols de jus de la fraise.	40
	7	Evolution du pouvoir réducteur en fonction de la concentration en polyphénols de jus de la fraise.	41
	8	Histogrammes du pH des mélanges lactosérum-jus de la fraise.	42
	9	Histogrammes de l'acidité titrable des mélanges lactosérum-jus de la fraise.	42
	10	Histogramme de l'EST des mélanges lactosérum-jus de la fraise.	43
	11	Histogrammes des teneurs en cendre des mélanges lactosérum-jus de la fraise.	43
	12	Histogrammes des teneurs en extrait sec soluble des mélanges lactosérum-jus de la fraise.	44
	13	Histogrammes de % d'inhibition de jus du fraise, le mélange 65/65 et les jus commercialisée (Ramy et Ifruit).	45
	14	Histogrammes de pouvoir réducteur de jus de la fraise, des quatre formules préparé et les jus commercialisés (Ramy et Ifruit).	45
	15	Préférence générale des sujets naïfs.	47
	16	Préférence générale selon le sexe.	48
	17	Préférence selon les descripteurs sensoriels.	48
	18	Les boissons probiotiques préparées.	49
	19	Variation de pH du jus du fraise et lactosérum fermentées en fonction du temps pendant le stockage réfrigéré.	50
	20	Variation de l'acidité titrable de jus du fraise et lactosérum fermentées en fonction du temps pendant le stockage réfrigéré.	51

	<i>Numéro</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
	21	Variation de la teneur en l'extrait sec soluble de jus du fraise et lactosérum fermentées en fonction du temps pendant le stockage réfrigéré.	52
	22	Evolution de la couleur pendant le stockage réfrigéré.	53

Sommaire

Remerciement

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction 1

CHAPITRE I. GEIRALITES SUR LA FRAISE

I.1. Généralités sur la fraise..... 2

I.2. Classification de la fraise 2

I.3. Caractéristiques morphologiques..... 3

I.4. Composition..... 3

I.5. Intérêt et bienfaits 5

I.6. Transformation..... 5

I.7. Culture de fraise dans la wilaya de Jijel.....6

CHAPITRE II. LACTOSÉRUM

II.1. Définition et caractéristiques du lactosérum 7

II.2. Sources industrielles du lactosérum 7

II.2.1. La fromagerie 7

II.2.2.La beurrerie.....	7
II.3. Différents types de lactosérum	7
II.3.1. Lactosérum acide	8
II.3.2. Lactosérum doux	8
II.4.Composition du lactosérum	9
II.4.1.Protéines du lactosérum.....	10
II.4.2.Minéraux.....	12
II.4.3.Vitamines.....	13
II.4.4.Lactose.....	13
II.5. Utilisation et valorisation de lactosérum	13
II.5.1. Contexte et problématique de lactosérum	13
II.5.2.Utilisation de lactosérum	14
II.5.2.1.Dans l'alimentation animale	14
II.5.2.2.Dans l'alimentation humaine.....	14
II.5.2.3. Autres utilisations	15

CHAPITRE III. GENERALITES SUR LES JUS

III.1.Définition des jus	17
III.2.Classification des jus	17
III.2.1.Jus naturels	17
III.2.2.Néctars.....	17
III.2.3. Boissons fruitées	17
III.2.4. Jus gazéifiés.....	17
III.2.5. Jus fermentés	18

III.2.6. Jus de fruit à base de concentré	18
III.3.Composition chimique	18
III.4. Procédés de fabrication des jus	19
III.4.1. Réception.....	19
III.4.2.Préparation des fruits.....	19
III.4.3. Extraction	20
III.4.4. Clarification	20
III.4.5. Désaération.....	20
III.4.6. Pasteurisation	20
III.4.7. Conditionnement	21

ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I. MATÉRIEL ET MÉTHODES

I.1. But de notre travail	22
I.2.Matériel et méthodes	22
I.2.1. Préparation du lactosérum.....	22
I.2.2. Matériel	23
A- Récolte de la fraise	23
B- Préparation de jus de la fraise	23
I.3. Préparation des différentes formulations des boissons	23
I.4. Processus de la préparation d'inoculum et boisson probiotique	24
I.5. Méthodes analytiques.....	26
I.5.1. Analyses physicochimique.....	26

A- Détermination du pH.....	26
B- Détermination de l'acidité.....	26
C- Détermination de l'extrait sec total (méthode de l'étuve ventilée)	37
D- Détermination du taux des solides solubles	28
E- Détermination des cendres	28
F- Dosage des principes actifs	29
I.5.2. Analyses microbiologiques	32
A- objectif du contrôle microbiologique	32
B- Préparation des dilutions	32
C- La flore mésophile aérobie totale (FTAM)	33
D- Les levures et les moisissures.....	33
E- Bactéries lactiques.....	34
I.6. Analyse sensorielle	34

CHAPITRE II. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

II.1. Propriétés physico-chimiques du lactosérum	37
A- pH et acidité titrable	37
B- Extrait sec total.....	37
C- Teneur en cendres (minéraux).....	37
D- Extrait sec soluble	38
II.2. Propriétés physico-chimiques du jus de la fraise.....	38
A- pH et acidité titrable	38
B- Extrait sec total.....	39
C- Extrait sec soluble	39
D- Taux des cendres (minéraux)	39
E- Teneur en principes actifs	39
II.3. Propriété physico-chimique des boissons lactées (lactosérum-jus)	41
A- pH et acidité titrable	41
B- Extrait sec totale.....	41
C- Teneur en cendres (minéraux)	41

D- L'extrait sec soluble	42
E- Tests d'activités antioxydantes.....	42
II.4. Analyses microbiologiques des mélanges lactosérum-jus.....	46
II.5. Analyse hédonique	47
A- Résultats de préférence générale	47
B- Préférence générale selon le sexe.....	47
C- Préférence selon les descripteurs.....	48
II.6. Évaluation de la qualité physicochimique, microbiologique et sensorielle de boisson fermenté pendant le stockage	49
II.6.1. Evolution du pH.....	50
II.6.2. Acidité titrable	50
II.6.3. Evolution de °Brix	51
II.6.4. Énumération des cellules bactériennes viables.....	52
II.6.5. Caractéristiques sensorielles de la boisson probiotique pendant le stockage	53
Conclusion.....	54

Références bibliographiques

Annexe

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 (**Boudjema et al., 2009**). Parmi ceux-ci, nous nous sommes intéressés à l'industrie laitière qui pour la production fromagère rejette quotidiennement 6000 litres/jour de lactosérum, soit pour chaque kilogramme de fromage produit, un résidu de 4 à 12 kg de lactosérum est rejeté (**Kebbouche-Gana et Touzi, 2001**).

La fabrication de boissons à base de lactosérum nécessite le mélange de jus de fruits et de lactosérum avec sélection de stabilisants et d'acidulants appropriés pour développer des boissons aux fruits à base de lactosérum acceptables, qui semblent être la voie la plus évidente et logique pour utiliser les nutriments du petit-lait dans la chaîne alimentaire humaine (**Shukla et al., 2013**). De ce fait, l'incorporation de la fraise dans la boisson fermentée à base du lactosérum n'est pas très répondue, c'est en mettant l'accent sur ces faits qu'il serait intéressant d'ajouter la boisson fermentée par ce fruit local qui est produit en grandes quantités chaque année dans notre wilaya. En outre la consommation de fraises a été liée au maintien du bien-être et à la prévention de plusieurs maladies chroniques, en raison des fortes teneurs en antioxydants (**Giampieri et al., 2017**).

Récemment, le secteur clé de la croissance du lactosérum a été les boissons probiotiques (**Shukla et al., 2013**). La fermentation du lactosérum par les bactéries lactiques permet la production de boissons avec des caractéristiques nettement améliorées. Le petit lait fermenté contient l'acide lactique et éventuellement des composés antimicrobiens importants pour le maintien de la microflore intestinale ; des composés aromatisants et d'autres qui fourniront un produit ayant les propriétés organoleptiques souhaitées par le consommateur (**Guimarães et al., 2010**).

Dans ce contexte, nous avons opté pour le choix de ce thème qui consiste à l'utilisation du lactosérum dans le but de le valoriser et d'élaborer une boisson fermentée nutritive. L'objectif secondaire visé est de voir la possibilité de croissance de certaines bactéries probiotiques dans la boisson lactosérum-jus et est-ce que cette boisson peut jouer le rôle d'un véhicule de bactéries probiotiques.

Chapitre I. La fraise : Description et composition

I.1. Généralité sur la fraise

La culture de fraisiers a connu des innovations essentielles au XIXe siècle. En Angleterre notamment, d'où le cultivar «**Keen's Seedling**» se répandit en Europe et aux États-Unis. De nos jours, la fraise est avant tout produite en Californie et en Europe, mais aussi en Asie, en Afrique et en Australie.

La fraise est un fruit très parfumé, de forme conique, dont les akènes forment des aspérités sur la chair rouge vif, qui mûrit en été sur une plante à tige très basse (**Jules, 2010**). Elle requiert une terre drainée, humifère rustique, sauf sous les climats les plus rigoureux. (**Santich, 2013**).

Ce fruit doit être récolté à pleine maturité pour atteindre la meilleure qualité par rapport à la saveur et la couleur. Le principal changement dans la composition des fruits qui sont généralement associés avec la maturation, a lieu lorsque le fruit est encore attaché à la plante mère (**Cordenunsi et al., 2003**).

I.2. Classification de la fraise

Le genre *Fragaria* appartient à la famille des roses : Rosaceae, sous-famille : Rosoideae et la tribu : Potentilleae avec ses alliés les plus proches. Les espèces sauvages de fraise se répartissent en quatre groupes, corrélés à leurs numéros de chromosomes, ce sont cinq diploïdes, deux tétraploïdes, un hexaploïde et trois octoploïdes (**Darrow, 1966**).

On distingue deux groupes de fraisiers :

- les fraisiers à petits fruits, *Fragaria vesca*, qui en Europe, fleurissent de mai à octobre et donne donc des fruits pendant six mois.
- les fraisiers à gros fruits, *Fragaria grandiflora*, qui selon qu'ils sont remontants ou non, fructifient en deux ou une seule fois et dont la saison de fructification est plus ou moins précoce ou hâtive (**Espiard, 2002**).

Les variétés cultivées de fraises commerciales sont les *F. chiloensis* et *F. virginiana*, généralement reconnues comme *F. x ananassa* et *F. ovalis* dans leur ascendance ; *F. moschata* sont cultivées très légèrement, principalement en Europe. Quelques-uns des très petits fruits, dérivées de l'européenne *F. vesca* et de son éternelle forme *F. semperflorens*, sont également cultivées légèrement ; *F. orientalis* et *F. moupinensis* de Asie ; *F. daltoniana*, *F. nubicola* et *F. nilgerrensis* de l'Inde et de l'Asie du Sud-Est ; *F. viridis* d'Europe (**Darrow, 1966**).

I.3. Caractéristiques morphologiques

La fraise est une plante particulière du fait que les graines extérieures sont en fait les fruits et la chair qui il est port est une partie de la fleur. Elle est rampante s'étendant grâce à ces «courants». (Santich, 2013).

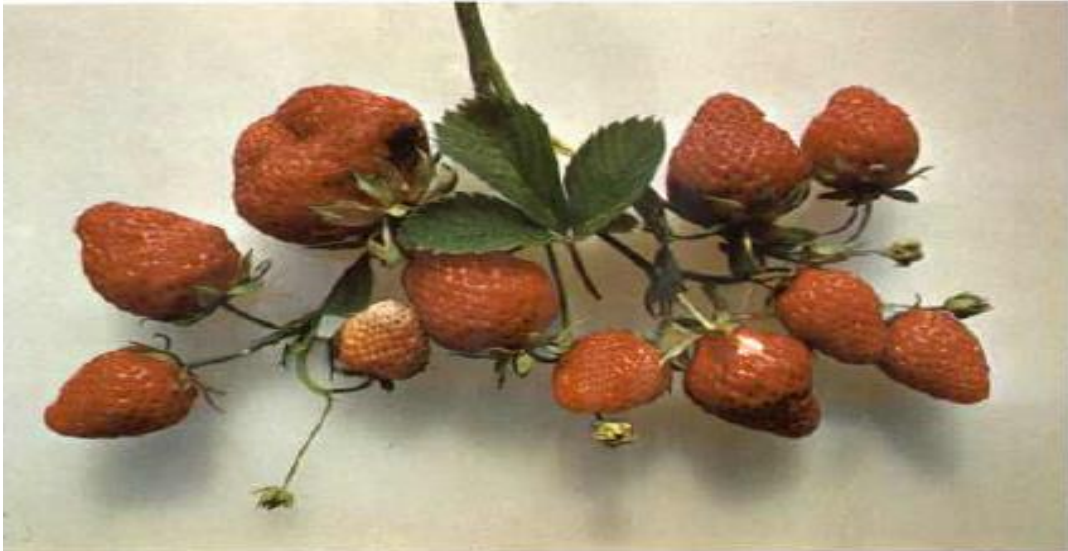


Figure 01. Caractéristiques morphologiques de la fraise (Darrow, 1966).

I.4. Composition

Dans un passé récent, la saveur et l'apparence étaient les attributs les plus importants des fruits et légumes frais, mais de nos jours les consommateurs sont plus préoccupés sur la sécurité alimentaire et la valeur nutritionnelle (Cordenunsi et al., 2003).

Les fraises contiennent de grandes quantités de vitamine C et de fer (Jules, 2010) de composés phénoliques connus pour fournir une protection contre les radicaux libres lorsqu'ils sont testés in vitro. Plusieurs études ont identifié un large éventail de composés phénoliques dans les fruits de fraise, mais les anthocyanes restent quantitativement les plus importants. Les anthocyanes appartiennent au groupe des flavonoïdes et sont responsables de la couleur rouge vif des fraises. Malgré un grand nombre d'anthocyanines étant identifiées dans la fraise, pélagonidine-3-glucoside (pg 3-gluc), pélagonidine 3- rutinoside (pg 3-rut) et cyanidine-3-glucoside (cya 3-gluc) représentent plus de 95% du volume total d'anthocyanes présentes dans la plupart des pailles des fruits rouges.

Les sucres dans les fraises sont principalement des mono- disaccharides (glucose, fructose et saccharose) et la proportion relative de ces sucres individuels est importante pour gouverner la perception de la douceur (Crespo et al ., 2010).

Les fraises sont également une excellente source de manganèse .Elles peuvent fournir environ 5% de l'apport journalier adéquat pour potassium, et a été qualifié comme une bonne source d'iode, de magnésium, de cuivre, de fer et de phosphore.

Les fraises sont une source d'acides gras essentiels et sains, l'huile de graine de fraise est riche en acides gras insaturés (Giampieri et al ., 2012).

Tableau 01 : Composition en nutriments de la fraise (Giampieri et al ., 2012).

Type	Nutriment	Par 100 g
	Eau (g)	90.95
	Energie (Kcal)	32
	Protéines (g)	0.67
	Cendre (g)	0.40
	Lipide total (g)	0.30
	Glucides (g)	7.68
	Fibres alimentaires (g)	2
	Sucres (g)	4.89
	Saccharose (g)	0.47
	Glucose (g)	1.99
	Fructose (g)	2.44
Minéraux	Calcium (mg)	16
	Fer (mg)	0.41
	Magnésium (mg)	13
	Phosphore (mg)	24
	Potassium (mg)	153
	Sodium (mg)	1
	Zinc (mg)	0.14
	Cuivre (mg)	0.048
	Manganèse (mg)	0.0386
	Sélénium (mg)	0.4
Vitamines	Vitamine C (mg)	58.8
	Thiamine (mg)	0.024
	Riboflavine (mg)	0.022
	Acide pantothénique (mg)	0.125
	Vitamine B ₆ (mg)	0.047
	Folate (µg)	24
	Choline (mg)	5.7
	Bétaine (mg)	0.20
	Vitamine B ₁₂ (µg)	0
	Lutéine + Zeaxanthin (µg)	26
	Vit E tocophérol (mg)	0.29

I.5. Intérêt et bienfaits

La demande croissante de composés diététiques ; l'action antioxydante ; a mis l'accent sur les fruits comme sources naturelles de ces composés. À cet égard, la fraise est une bonne source d'acide ascorbique (AA) et les composés flavonoïdes (**Cordenunsi, et al., 2003**). Elle a un goût délicieux et une saveur unique largement acceptée et consommée sous forme fraîche ou transformée (**Mishra et Kar, 2014**).

Les fraises peuvent être qualifiées d' «aliment fonctionnel» et peuvent fournir des avantages pour la santé au-delà de la nutrition de base. La source diététique de polyphénols et de vitamines peuvent contribuer à des effets positifs sur la santé. Les fraises et les framboises contiennent des quantités significatives de composés phytochimiques non nutritifs y compris les polyphénols qui réduisent le risque de cancer (**Tiwari et al., 2009**).

Il y a des études qui ont également montré l'effets protecteur des fraises contre la dysfonction endothéliale et l'hyperglycémie (**Basu et al., 2014**).

De nombreuses études suggèrent que les composés phénoliques de fraises montrent un large éventail d'activités biologiques dans la prévention de l'inflammation, le stress oxydatif, les maladies cardiovasculaires (CVD), diabète de type 2 et obésité (**Giampieri et al., 2013**).

Il existe des preuves que l'ajout de baies à l'alimentation peut inhiber l'agrégation plaquettaire, piégeage des radicaux libres (**Giampieri et al., 2012**) et souvent associés à une incidence plus faible aux infections (effets antimicrobien) (**Afrin et al., 2016**).

I.6. Transformation

La fraise se conserve mal, même au frais : il faut la déguster rapidement et la laver juste avant consommation. Elle est généralement consommée fraîche mais beaucoup de fraises sont transformées, tels que le jus, le nectar, la purée, la confiture, les gelées (**Giampieri et al., 2013**), la crème, le vin et le sirop de fraises (**Jules, 2010**). Sa faible teneur en pectine explique qu'il faut en ajouter lorsque l'on fait de la confiture de fraise (**Santich, 2013**).

Les étapes communes de traitement sont la concentration du jus de fruit, le stockage dans un réservoir ferme, ou production de confiture de fraises par chauffage sous vide, embouteillage, fermeture sous vide et refroidissement (**Giampieri et al., 2013**).

Pour comprendre les effets de traitements pour augmenter la durée de conservation et la valeur nutritionnelle, plusieurs travaux de recherche ont visé à trouver le meilleur compromis entre durée de conservation et le maintien de la valeur nutritionnelle. Cependant, la couleur était négativement touchée, probablement en raison de l'inhibition des enzymes liées à la synthèse des anthocyanes ; aussi, la réduction dans la teneur en acide ascorbique pendant le stockage était observée **(Cordenunsi et al., 2003)**.

I.7. Culture de fraise dans la wilaya de Jijel

Dans la wilaya de Jijel, la culture intensive de la fraise a été introduite en 2001, avec une superficie de quatre hectares. Elle recèle des potentialités importantes pour le développement et l'intensification de la culture de la fraise, parmi ces conditions on note :

- un climat favorable ;
- une importante ressource en eaux ;

Les communes qui répondent aux exigences de la culture de la Fraise (Édaphiques et climatique) sont : Chekfa, Sidi Abdelaziz, El Ancer, El Kennar, Kaous, El mazayer, El Aouana. **(CAWJ, 2014)**.

Chapitre II. Lactosérum

II.1. Définition et caractéristiques du lactosérum

Le lactosérum est un liquide vert-jaunâtre qui provient de la fabrication du fromage et de la caséine. La qualité de la composition et les propriétés du petit-lait peuvent différer grandement, en fonction de la technologie de production et de la qualité du lait utilisée (**Matijević et al ., 2011**).

Les nutriments du lactosérum les plus abondants sont le lactose, les protéines solubles, et les sels minéraux. Le lactosérum contient aussi d'autres composants, tels que l'acide lactique (0.05%) et citrique, des matières azotées non protéiques (urée et acide urique), et des vitamines du groupe B (**Siso, 1996**).

II.2. Sources industrielles du lactosérum

II.2.1. La fromagerie

La fabrication des fromages et l'extraction de la caséine du lait écrémé laissent comme produit dérivé un liquide clair, jaune verdâtre : le lactosérum qui a une composition variable avec le type de fabrication dont il provient. (**Saulnier et al ., 1996**).

II.2.2. La beurrerie

Le babeurre ou « lait de beurre » est le résidu issu de la fabrication du beurre à partir de lait ou de crème. Le babeurre coagulé peut y être transformé en fromage et en lactosérum. (**Meyer et Duteurtre, 1998**).

II.3. Différents types de lactosérum

Le caillage du lait, qui correspond à l'insolubilisation de la caséine, est obtenu soit par adjonction directe d'acides organiques ou minéraux, soit par une acidification indirecte au moyen des bactéries lactiques, soit encore par action enzymatique de la présure ou de ses substituts. L'acidification entraîne une modification profonde de la structure originelle de la micelle, en particulier sa déminéralisation, qui fait passer dans le lactosérum une part importante d'éléments minéraux. Pour cette raison, les lactosérums sont classés en fonction des processus utilisés en fromagerie :

a. Lactosérum acide

Le lactosérum « acide » est obtenu après acidification lente du lait .Ce type de lactosérum est créé soit par l'activité des lactobacilles soit par l'addition d'acides organiques (acide lactique) ou minéraux et séparation du caillé (**Ryan et Walsh, 2016**). Il découle des fabrications de pâtes fraîches, de pâtes molles (Camembert, etc.) et aussi de la fabrication de la caséine-acide (**Adrian et al., 1980**). Le pH du lactosérum acide varie entre 4 et 5.

Les lactosérums acides ont une composition plus variable que les lactosérums doux. Ils renferment moins de lactose et plus de sels minéraux que les lactosérums doux. Par sa faible teneur en lactose et protéines, et sa forte minéralisation, le lactosérum acide est moins bien valorisé (**Saulnier et al., 1996**).

b. Lactosérum doux

Le lactosérum « doux » est le liquide d'exsudation obtenu lors de la fabrication des fromages à pâte cuite ou pressée, et résulte également de la caséine-présure (**Adrian et al., 1980**). Le pH du lactosérum doux varie entre 5.7 et 6.5.

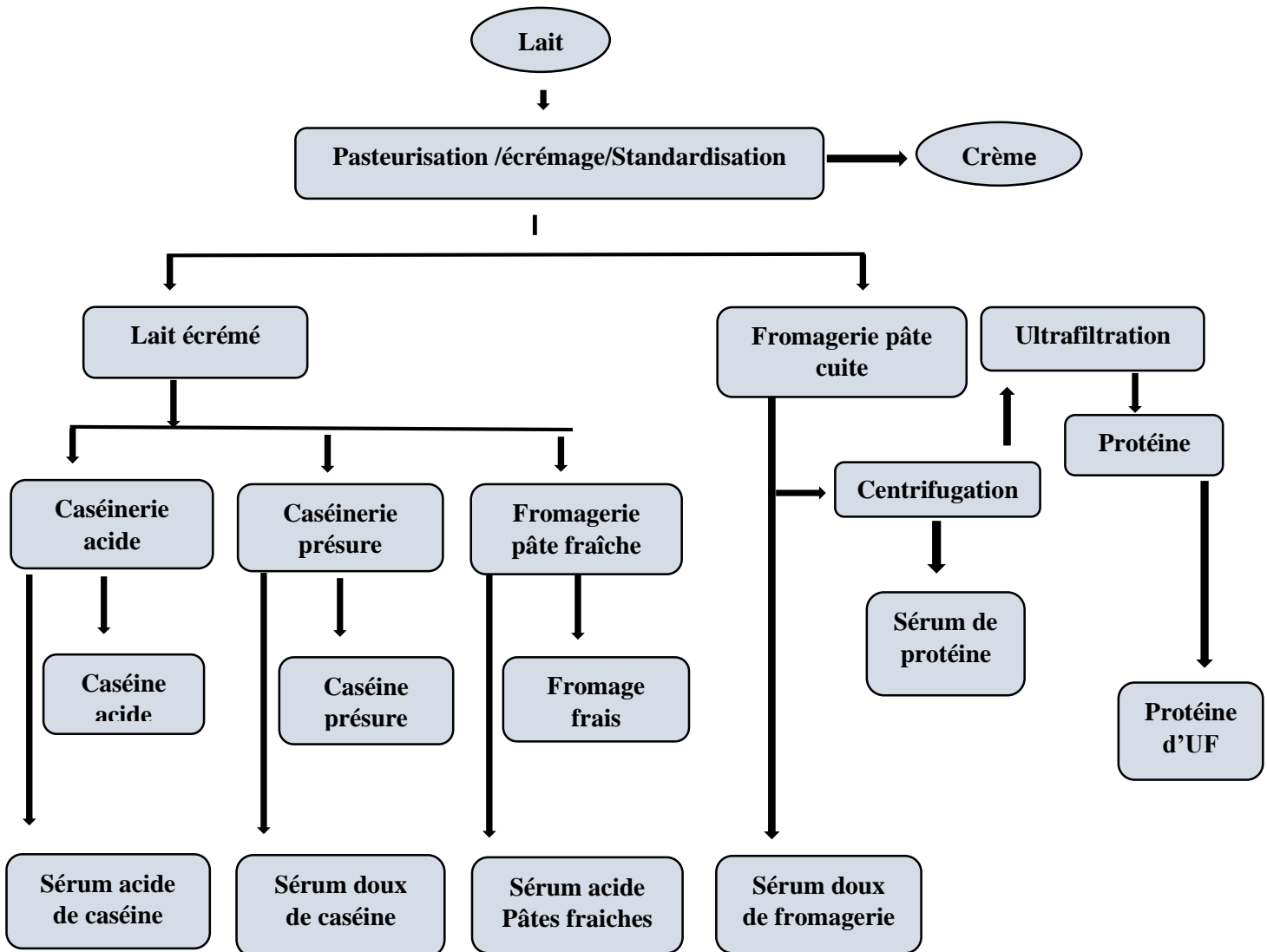


Figure 02. Schéma technologique d'obtention des principaux types de lactosérums issus de la transformation du lait (Luquet et Francois, 1990).

II.4 Composition du lactosérum

La composition moyenne de lactosérum est donnée dans le tableau 2. Elle peut varier, étant donné qu'elle dépend du lait d'origine. La présence de constituants à valeur nutritive élevée et aux aptitudes fonctionnelles intéressantes ainsi que de molécules à haute valeur ajoutée (lactoferrine, lactoperoxydase) sont les arguments qui plaident en faveur de la valorisation de ce co-produit de l'industrie laitière (Lindenn et Lorient, 1994).

Tableau 02. Composition moyenne des sous-produits de l'industrie fromagère (**Boudjema et al ., 2009**).

	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
Composition en g/l					
Lactose	76.00	75.00	65.5	74.00	75.00
Protéines	13.50	13.50	12.00	12.00	12.00
Cendres	8.00	8.00	9.00	12.00	8.25
Acide lactique	1.80	2.80	10.00	1.080	2.20
Matière grasse	1.00	1.00	0.50	0.50	1.00

II.4.1. Protéines du lactosérum

Les protéines ne forment pas la fraction la plus abondante du lactosérum, mais elle est la plus intéressante sur le plan économique, nutritionnel et des utilisations potentielles (**Linden et Lorient, 1994**).

Les protéines du lactosérum (tableau 3) ont en effet une valeur nutritive supérieure à celle des caséines, grâce au fait qu'elles sont plus équilibrées en acides aminés (tableau 4). Les coefficients d'utilisation digestive et la valeur biologique sont élevées et proche de ceux des protéines de l'œuf (**Vierling, 2008**).

Tableau 03. Les protéines du lactosérum (Vierling, 2008).

Pourcentage respectifs	%
β lactoglobuline	50
α lactalbumine	23
Immunoglobulines	10
Protéase peptones	17
Métalloprotéines	< 1

Tableau 04. Composition en acides aminés essentiels (g/100g de protéines)

	Lactosérum	Œuf	Equilibre recommandé F.A.O
Thréonine	6.2	4.9	3.5
cystéine	1.0	2.8	2.6
Méthionine	2.0	3.4	2.6
Valine	6.0	6.4	4.8
Leucine	9.5	8.5	7.0
Isoleucine	5.9	5.2	4.2
phénylalanine	3.6	5.2	(Phe+Tyr)=7.3
lysine	9.0	6.2	5.1
histidine	1.8	2.6	1.7
tryptophane	1.5	1.6	1.1

Tableau 05. Paramètres biologique des protéines du lactosérum (**Linden et Lorient, 1994**).

	Protéines du lactosérum	Caséine	Protéines de l'œuf
Coefficient d'efficacité protéique (CEP)	3.2	2.5-3.0	3.9
Utilisation protéique nette (NPU)	95	79	94
Valeur biologique (VB)	100	85	94
Digestibilité réelle (CUD)	97	97	97

II.4.2.Minéraux

La concentration des minéraux contenus dans le lactosérum (tableau 6) constitue une autre voie de valorisation de ce sous-produit .Les sels de calcium, de potassium, de sodium et de magnésium constituent l'essentiel de ces minéraux (> 50% NaCl et KCl, sels de calcium) avec des traces de métaux tels que le zinc et le cuivre (**Ryan et Walsh, 2016**).

Tableau 06. Teneur en minéraux du lactosérum (**Boudjema et al., 2009**).

	Lactosérum doux		Lactosérum acide		
	Pâte pressée cuite (Emmental)	Pâte pressée non cuite (Edam)	Pâte fraîche	Caséine	Camembert
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) %	2.25	2.50	2.50	7.50	2.50

II.4.3. Vitamines

Le lactosérum contient la majeure partie des vitamines hydrosolubles présentes dans le lait (tableau7), il est particulièrement riche en riboflavine (qui lui donne sa couleur verdâtre) et la teneur par litre en vitamine B correspond à la couverture d'une proportion appréciable -surtout B2, B5 et B6-des besoins quotidiens humains.

Tableau 07. Teneur en vitamines du lactosérum (**Linden et Lorient, 1994**).

	Concentration (mg/ml)	Besoin quotidiens (mg)
Thiamine (vit.B1)	0.38	1.5
Riboflavine (vit.B2)	1.2	1.5
Acide nicotique (vit.B3)	0.85	10-20
Acide pantothénique (vit.B5)	3.4	10
Pyridoxine (vit.B6)	0.42	1.5
Cobalamine (vit.B12)	0.03	2

II.4.4. Lactose

Lactose et ses dérivés peut être purifiés à partir de lactosérum ou de perméat de fromage par cristallisation. Il est utilisé comme complément dans les laits infantiles et comme excipient pour les produits pharmaceutiques. Bien que la production de lactose à partir de petit-lait ait augmenté constamment à l'échelle internationale depuis 1940 et les quantités de lactose purifié produites dans le monde entier nécessiterait l'utilisation de seulement 5% du lactosérum disponible (**Siso, 1996**).

II.5. Utilisation et valorisation de lactosérum

II.5.1. contexte et problématique de 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 (**Souza et al., 2016**) et sa production dans le monde est estimée à plus de 10^8 tonnes par an (**Ghasemi et al., 2009**).

Le lactosérum représente un problème environnemental important en raison des volumes élevés produits et de sa haute teneur en matière organique, présentant une $DBO_5 = 30000-50000$ ppm et $DCO = 60000-80000$ ppm (**Siso , 1996**).

Pour diminuer le risque polluant du lactosérum, ce dernier est utilisé dans différents domaines tels que l'alimentation humaine, l'alimentation animale et éventuellement dans le domaine de la biotechnologie afin de produire des protéines d'organismes unicellulaires (P.O.U.), enzymes, vitamines, alcool, acides organiques (acide citrique, acide lactique),... etc. (**Boudjema et al ., 2009**).

II.5.2. Utilisation de lactosérum

II.5.2.1. Dans l'alimentation animale

Les poudres sont principalement utilisées dans les aliments d'allaitement pour veaux. Elles sont également employées, de même que les concentrés liquides, en mélange avec d'autres aliments, avec de la mélasse ou de la farine de soja (**Siso , 1996**), pour divers animaux d'élevage (bovins, porcins, volailles) (**Lupien, 1998**). Le remplacement total des protéines du lait par celles du lactosérum dans les aliments d'allaitement chez le veau préruminant entraîne une accélération de la vidange stomacale (**Toullec et al., 1971**).

Le petit-lait utilisé tel quel comme source d'énergie et de protéines dans l'élevage des veaux (**Kopf-Bolanz et al., 2015**).

II.5.2.2. Dans l'alimentation humaine

Le lactosérum peut être utilisé pour fabriquer des produits alimentaires humains tels que le fromage et les boissons au lactosérum. Les boissons de lactosérum les plus courantes sont les jus de fruits mélangés au petit-lait (**Ryan et Walsh, 2016**). La qualité nutritive du lactosérum tient à la fois à la présence du lactose et des protéines sériques. La richesse en lactose en fait un auxiliaire actif dans le brunissement enzymatique ou réaction de maillard apprécié en boulangerie, biscuiterie... etc.

Les sérums concentrés et en poudre ont des applications dans les produits à base de céréales, où ils agissent à la fois comme renforçateur des farines et améliorateur de goût et de couleur (**Lupien, 1998**). La poudre de lactosérum déminéralisé est utilisée dans les formules pour nourrissons nutritionnelles (richesse en acides aminés essentiels), dans les aliments diététiques, en confiserie, pâtisserie et peut partiellement remplacer la poudre de lait écrémé dans la crème glacée (**Linden et Lorient, 1994**).

Les propriétés fonctionnelles liées aux protéines sériques en font des produits intéressants (tableau 8), Elles sont employées dans l'industrie agro-alimentaire pour la fabrication des potages en poudre, des fromages fondus... etc. (**Lupien, 1998**).

Les concentrés de protéines de lactosérum dont le lactose a été hydrolysé peuvent être utilisés comme agents édulcorants et stabilisants dans les desserts congelés.

Tableau 08. Application des protéines de lactosérum (**Linden et Lorient, 1994**).

Produits	Fonctions
Produits de boulangerie-biscuiterie	Apport protéique, rétention d'eau, gélifiant, texture (interaction avec gluten)
Pâtes alimentaires	Apporte protéique, texture
Pâtisserie (meringue, génoise...)	Émulsifiant, moussant, rétention d'eau, gélifiant
Confiserie (caramel, nougats...), chocolat au lait	Emulsifiant, arôme, texture
Potage, sauces	Épaississant (interaction avec amidon), émulsifiant
Plats cuisinés	Épaississant, émulsifiant, rétention d'eau
Farines lactées	Apporte protéique, solubilité
Boissons lactées ou fruitées	Soluble à chaud ou/et pH acide, épaississant
Aliments diététiques et infantiles (alimentation entérale...)	Apport protéique, solubilité, épaississant
Fromages naturels et fondus	Épaississant, émulsifiant, gélifiant
Pâtes à tartiner, crèmes glacées	Épaississant, émulsifiant
Crèmes, desserts, flans, yoghourts	Épaississant, émulsifiant, gélifiant
Produits carnés (saucisse...)	Épaississant, émulsifiant, gélifiant, rétention d'eau et de matière grasses

II.5.2.3. Autres utilisations

La production de produits chimiques précieux à partir du lactosérum a été considérée comme une option intéressante en raison de sa richesse en éléments nutritifs. Le lactosérum de fromage a été utilisé comme substrat pour la production d'acide organique, d'éthanol, et de méthane (**Ghasemi et al., 2009**).

Le lactosérum typique du fromage contient 5 à 6% de lactose, 0,8 à 1% de protéines et 0,06% de matière grasse constituant une matière première peu coûteuse et riche en nutriments, un taux de

production élevée et un rendement élevé pour la fermentation lactique (**Ghasemi et al., 2009**) qui est initiée par l'hydrolyse du lactose par les bactéries lactiques (LAB) (**Matijević, et al., 2011**). Le lactosérum a également été utilisé comme engrais agricole, mais avec l'inconvénient de laisser des dépôts salins élevés (**Siso, 1996**).

III.1. Définition des jus

L'idée de l'obtention industrielle des jus, dans le sens actuel de ce mot, est proposée par Muller-Tourgay en 1896 (**Benamara et Agougou, 2003**).

Le jus de fruits est le liquide non fermenté mais fermentescible (**Codex STAN, 2005**) il est obtenu à partir de fruits sains et mûrs, frais ou conservés par le froid, d'une espèce ou de plusieurs espèces en mélange. Il possède la couleur, l'arôme et le goût caractéristiques des fruits dont il provient. Il est obtenu par simple pression des fruits, suivie d'une pasteurisation (**Braesco, et al ., 2013**). Certains jus peuvent être obtenus à partir de fruits comprenant des pépins, graines et peaux qui ne sont pas habituellement incorporés dans le jus (**Codex STAN, 2005**).

III.2. Classification des jus

On distingue :

III.2.1. Jus naturels

Les jus naturels sont des jus obtenus à partir des fruits sélectionnés sans addition d'autre jus, de sucre ou de conservateurs qui se distinguent particulièrement par leur haute qualité (**Benamara et Agougou, 2003**).

III.2.2. Nectars

Le nectar de fruits est obtenu en ajoutant de l'eau avec ou sans addition de sucre et/ou d'édulcorants à des jus de fruits, de la purée de fruits ou à un mélange de ces produits, qu'ils soient à base de concentré ou non. (**Braesco, et al ., 2013**)

III.2.3. Boissons fruitées

Les boissons aux fruits sont des mélanges d'eau, de sucre et de fruits dont la teneur d'eau est moins de 12 %, Dans certaines nouveautés, l'eau est partiellement remplacée par du lait.

III.2.4. Jus gazéifiés

Ils sont saturés par le gaz carbonique qui augmente la propriété rafraichissante et sa valeur alimentaire (**Benamara et Agougou, 2003**).

III.2.5-Jus fermentés

Les jus fermentés sont les jus obtenu par fermentation lactique, leur contenu en acide lactique est très important, premièrement parce qu'il a un rôle décisif dans la préservation des produits finis et, d'autre part, parce qu'il est impliqué dans la qualité sensoriel des jus. (Buruleanu et Manea, 2006).

III.2.6. Jus de fruit à base de concentré

Le jus de fruits à base de concentré est obtenu par pression des fruits, pasteurisé puis concentré par évaporation de l'eau. À l'embouteillage, le produit est reconstitué avec la même quantité d'eau que celle extraite lors de la concentration. Cette concentration a pour but de faciliter le stockage ainsi que le transport. (Braesco, et al., 2013).

III.3.Composition chimique

Les jus sont considérés comme des boissons nutritives et représentent une bonne source d'eau (Benamara et Agougou, 2003). Ils contiennent en partie les constituants hydrosolubles des fruits, glucides, minéraux, vitamines, acides, substances aromatiques. Les glucides, seule forme d'apport énergétique des jus de fruits, le potassium, la vitamine C et les carotènes sont les nutriments essentiels.

Tableau 8. Composition et intérêt nutritionnel de quelques jus de fruits (Verling, 2008).

Jus de	Extrait sec g	Protides g	Glucides g	Valeur énergétique Kcal	Minéraux mg	Vitamine C mg	Carotène mg	Acide folique mg	Vitamine E mg	Pectines mg
Ananas	14	0.4	13	80	200	10		0.002		
Orange	13	0.2	10	40	380	45	0.074	0.035	0.13	54
Pomme	12	0.01	12	50	270	1.4	1.4	0.045	0.45	32
Pamplemousse	11.5	0.53	11.3	50	370	36	0.006	0.002		200
Raisin	15	0.15	16.5	70	200	1.5	0.020			
Citron	8.5	0.4	7.7	34	340	53	0.046	0.001		

III.4. Procédés de fabrication des jus

L'obtention de jus de fruits prêts à consommer nécessite une succession d'opérations unitaires qui doivent être optimisées pour assurer un niveau de production suffisant sans nuire ni à la qualité, ni à la sécurité. La fabrication de jus de fruit est pratiquée au niveau industriel peut être schématisée dans les grandes étapes successives de la production (**Cendres, 2010**) :

III.4.1. Réception

A leur réception à l'usine, les fruits, supposés cueillis à bonne maturité, sont généralement stockés quelques jours dans des conditions limitant leur altération. Le temps de stockage est dépendant du fruit. Les petits fruits rouges sont très fragiles et sont ainsi traités dès réception pour éviter leur fermentation, ou ils sont surgelés pour un traitement différé (**Cendres, 2010**).

III.4.2. Préparation des fruits

La préparation des fruits passe par plusieurs étapes telles que le triage et le lavage

- **Triage**

Dans la phase de tri, seuls les produits présentant des déformations ou des taches en surface ainsi que des corps étrangers/indésirables sont écartés. Le tri s'effectue encore parfois visuellement par un trieur qui évalue certaines caractéristiques des fruits. Ces critères peuvent être : taille, épaisseur, forme, couleur etc. (**Journal officiel, 2005**).

- **lavage**

Avant le broyage, les fruits seront lavés à l'aide d'une brosse dans de l'eau sulfitée (afin d'éliminer les impuretés telles que la terre, le sable ...etc.) et rincés abondamment à l'eau claire.

Avant l'extraction du jus, les fruits subissent les étapes suivantes :

- **Broyage**

Il s'agit de l'extraction du jus à partir des fruits. Pour plus de facilité, les plus gros fruits seront coupés en deux avant d'être introduits dans le broyeur pour permettre au jus de s'écouler facilement du tissu végétal (**Benamara et Agougou, 2003**).

- **Traitement thermique**

Le processus thermique ne doit pas être long puisque, dans ce cas, sont extraits les tanins et autres substances altérant de fait le goût du jus ; s'accroît aussi la teneur des pectines solubles (à la suite de l'hydrolyse de la protopectine) ce qui augmente la viscosité du jus, rendant, du coup difficile la clarification et la filtration.

III.4.3. Extraction

Il existe plusieurs méthodes pour extraire le jus, en fonction du type de fruits que vous utilisez (pressurage, diffusion ...etc.). Le pressurage est la méthode fondamentale la plus répandue dans l'industrie des jus. Après le traitement préalable les fruits sont pressurés (**Benamara et Agougou, 2003**).

Une fois le jus extrait, l'excès de pulpe, les morceaux de pépins et autres impuretés sont enlevées par tamisage dans l'étape d'épuration. Les solides insolubles qui restent dans le jus après cette étape sont des fractions des vésicules cellulaires. Ils confèrent au jus une apparence et une texture caractéristiques d'un produit naturel (**Dominguez Lopez, 2002**).

III.4.4. Clarification

La clarification permet d'obtenir des jus limpides, « brillants » et plus stables. Les jus clarifiés sont obtenus par une filtration, centrifugation, Ces procédés permettant la séparation de la phase liquide et des éléments solides pour l'obtention de jus clair ne donnant pas de dépôt lors de la conservation (**Benamara et Agougou, 2003**).

III.4.5. Désaération

Le désaérateur est très utile pour éliminer l'oxygène responsable de l'oxydation du produit car une fois oxydé, il change de couleur et perd sa valeur nutritionnelle (**Dominguez Lopez, 2002**). L'élimination de l'air est basée sur le fait que la solubilité du gaz dans le liquide diminue avec l'augmentation de la température et la diminution de la pression.

III.4.6. Pasteurisation

Ce procédé est utilisé dans certains cas comme un traitement intermédiaire pour détruire la flore microbienne du jus et l'inactivation des enzymes. Le jus en circulation est chauffé momentanément (1-3 min) jusqu'à la température de pasteurisation (85-100°C). Le jus est ensuite refroidi rapidement pour éviter l'action négative de la chaleur sur le produit (**Benamara et Agougou, 2003**).

III.4.7. Conditionnement

L'emballage joue un rôle essentiel dans la protection et la conservation du produit. Il protège de l'oxydation, des microbes, de la chaleur, de la lumière. Il facilite également le transport, l'échange et le stockage. Les industriels disposent de cinq types principaux d'emballages : la brique en carton, la bouteille en plastique, la bouteille en verre, la boîte métallique le « cheerpack » (gourde souple aluminée avec bouchon refermable) (**Braesco et al., 2013**). Les jus en vrac seront livrés aux élaborateurs de produits finis qui effectuent le conditionnement final, suite à une re-pasteurisation du jus (**Cendres, 2010**).

Chapitre I. Matériels et méthodes

I-1-But de notre travail

La réalisation de notre projet se déroule au niveau du laboratoire de l'université du Jijel. Il a pour objectif de préparer une boisson fermentée à base de jus de fraise et du lactosérum qui est pour but de le valoriser, ainsi que l'étude de ses caractéristiques physicochimiques et microbiologiques.

Comment extraire le jus de la fraise ? Quelle sont les étapes de préparation du lactosérum ? Quel est la meilleure souche (probiotique) ou la meilleure combinaison entre les souches qui peut améliorer la qualité de notre boisson ? Enfin, pouvons-nous obtenir une boisson du bonne qualité microbiologique, physicochimique, sensorielle et technologique ?

I-2- Matériel :

I-2-1- Préparation du lactosérum :

Le lait utilisé est le lait écrémé UHT (0% MG) de la marque CANDIA.

Le procédé de fabrication du lactosérum à partir du lait écrémé se déroule selon les étapes illustrées dans le schéma ci-dessous :

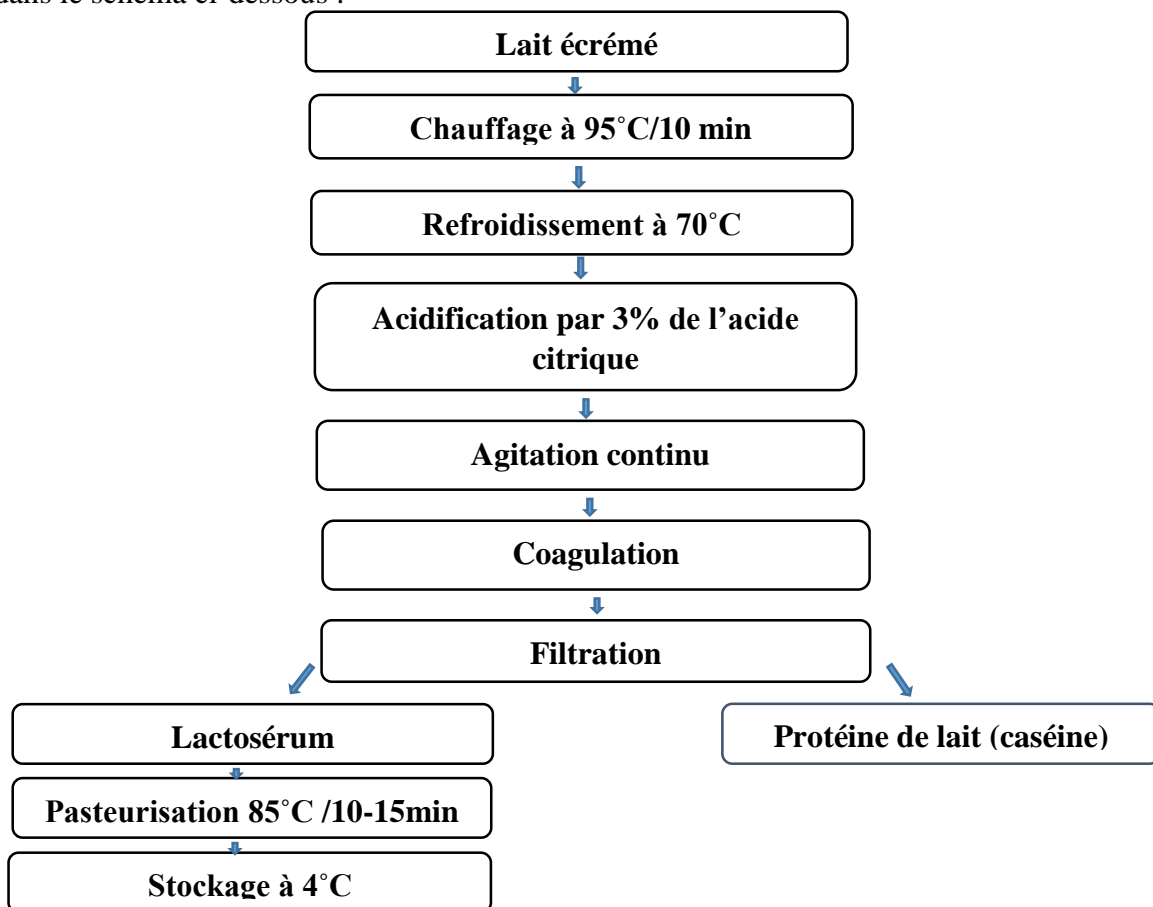


Figure 01. Etapes de la préparation du lactosérum (Shukla et al ., 2013).

I-2-2- Matériel végétal

a) Récolte de la fraise

Les fruits de la fraise ont été récoltés dans la région d'Al Mazayer, wilaya de Jijel.

b) Préparation de jus de la fraise

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

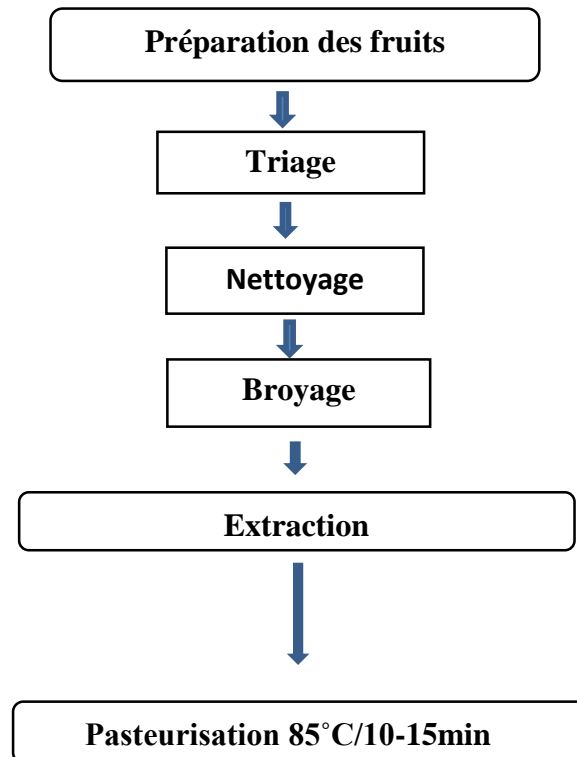


Figure 02. Etapes d'obtention du jus de la fraise.

I-3- Préparation des différentes formulations des boissons

Nous avons préparé quatre boissons à des concentrations différentes :

-50/50 (v/v : lactosérum/jus)	}	+10% de sucre
-75/25		
-70/30		
-65/35		

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° C pendant 10 à 15 minutes ;

- Pasteurisation du jus de fraise à l'aide d'un bain marie à une température de 85° 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 flacons ;
- Stockage du produit : dans un réfrigérateur ;
- Produit fini : boisson.



Figure 03. Les quatre formules préparées.

I-4- Processus de la préparation d'inoculum et boisson probiotique

Les souches utilisées dans notre travail sont :

-*Lactococcus lactis*.

-*Lactobacillus plantarum*.

-La combinaison de lactosérum et de jus de la fraise a été optimisée en préparant une boisson avec différents niveaux de jus et en soumettant à une évaluation sensorielle par des panels formés de 25 membres des étudiants du département.

-on utilise une échelle hédonique de 9 points pour la couleur, la consistance, la saveur et l'acceptabilité globale.

-Le mélange qui a été évalué le mieux après évaluation sensorielle a été sélectionné pour l'acidification avec *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus plantarum* et la combinaison entre ces deux souches.

- le lactosérum a été inoculé avec 1% d'inoculum de ces souches avec ou sans addition de jus de la fraise.

-La boisson a été évaluée en ce qui concerne, le nombre total viable, le pH, °Brix et l'acidité titrable

pour les échantillons fermentés pendant 24 h.

-Pour la stabilité au stockage, les échantillons de boissons optimisés ont été conservés à 4°C.

- Les changements dans les caractéristiques organoleptiques, la numération totale viable, °Brix, le pH et l'acidité titrable ont été étudiés pendant le stockage. Ces analyses sont faites à un intervalle de 4 jours (Shukla *et al.* , 2013).

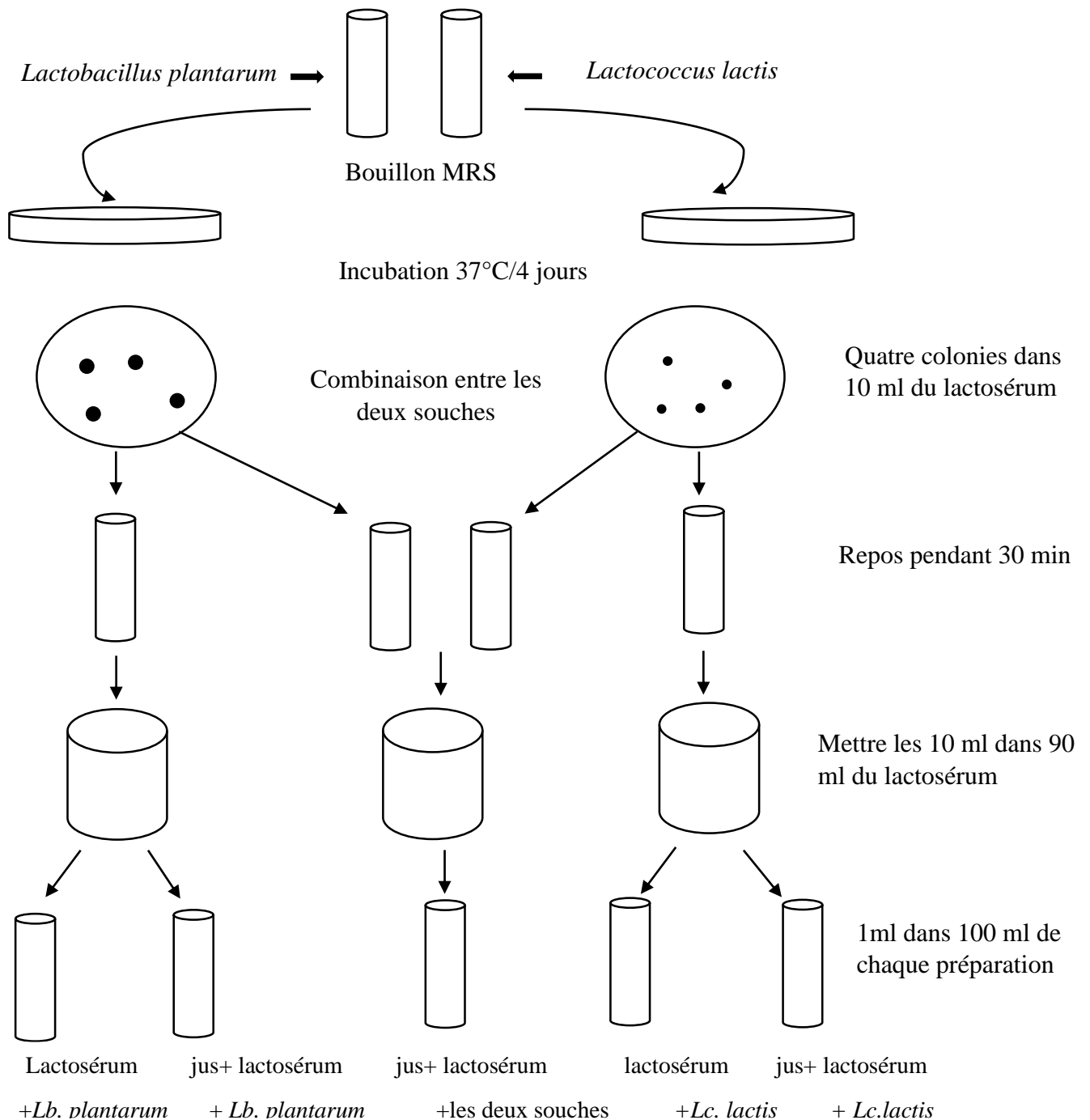


Figure 04. Processus de la préparation d'inoculum et boisson probiotique.

I-5-Méthodes analytiques

I-5-1-Analyses physicochimique

Tableau 01 : Analyses physico-chimiques des matières premières et des produits finis

	Lactosérum	Jus de la fraise	Boisson « lactosérum-jus »
Analyses effectués	<ul style="list-style-type: none"> - Détermination du Acidité - Détermination du pH - Détermination de l'extrait sec total - Dosage des cendres - Détermination du taux des solides solubles 	<ul style="list-style-type: none"> - Détermination du Acidité - Détermination du pH - Détermination de l'extrait sec total - Détermination du taux des solides solubles - Dosage des cendres - Dosage des flavonoïdes - Dosage des polyphénols - Test de DPPH - Test de pouvoir réducteur - Dosage des anthocyanes 	<ul style="list-style-type: none"> - Détermination du Acidité - Détermination du pH - Détermination de l'extrait sec total - Détermination du taux des solides solubles - Dosage des cendres - Test de DPPH - Test de pouvoir réducteur - Dosage des anthocyanes

A- Détermination du pH

1. Principe

Les mesures de pH sont effectuées, à une température ambiante ,selon les méthodes standards avec un pH-mètre de paillasse étalonné avec des solutions tampons pH4 et pH7 (**Lapointe-Vignola, 2002**) .

2-Mode opératoire

La mesure de pH consiste à introduire l'électrode du pH-mètre dans l'échantillon après réglage de la température d'étalonnage. La lecture se fait directement sur le pH-mètre (**BENAMARA, 2017**).

B-Détermination du l'acidité

1- principe

La méthode de dosage de l'acidité du lactosérum, de jus et de lactosérum-jus par titrage à

hydroxyde de sodium NaOH 0.1 N mesure la quantité d'acide présente dans l'échantillon afin de déterminer sa fraîcheur.

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) (**Lapointe-Vignola, 2002**).

2- Mode opératoire

- Dans un bécher de 100ml, introduire 10ml de l'échantillon pour essai.
- Ajouter dans le bécher 4 gouttes de solution de phénolphtaléine.
- Titrer par la solution d'hydroxyde de sodium jusqu'au début du virage au Rose. On considère que le virage est atteint lorsque la coloration rose persiste pendant une dizaine de secondes.

L'acidité exprimée en acide lactique est donnée par la relation suivante :

Acidité en degré Dornic : $A = V \times 10$

Tel que :

A : Acidité.

V : volume en millilitre de la solution d'hydroxyde de sodium à 0.1N versée.

1°Dornic = 0.1g d'acide lactique par litre de l'échantillon.

C- Détermination de l'extrait sec total (méthode de l'étuve ventilée)

1. Principe

La perte de masse d'un produit lorsqu'il est soumis à une dessiccation renseigne sur sa teneur en eau (**BENAMARA, 2017**). Le séchage dans une étuve à 103-105°C pendant 3 heures d'une quantité déterminée de produit, jusqu'à masse constante donne sa teneur en eau.

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

2-Mode opératoire

- Peser la capsule en verre séchée et refroidie
- Introduire 5ml de lactosérum dans la capsule
- Mettre dans l'étuve réglée à 103-105°C pendant 5 heures
- peser le résidu après séchage

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

$$\text{Teneur en eau} = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \times 100$$

Où :

M_0 : La masse, en gramme, de la capsule vide.

M_1 : La masse, en gramme, de la capsule et la prise d'essai avant la dessiccation.

M_2 : La masse, en gramme, de la capsule et la prise d'essai après la dessiccation (**Lapointe-Vignola, 2002**).

D-Détermination du taux des solides solubles

1-Principe

Le taux de solides solubles (TSS), exprimé en degré Brix, est déterminé à l'aide d'un réfractomètre.

2-Mode opératoire

Une goutte de l'échantillon a été mise sur la plaque du réfractomètre préalablement nettoyé et séché avec l'eau distillée. Le degré Brix a été lu directement sur l'échelle à l'intersection de la limite entre la frange claire et la frange foncée (**Doukani et Tabak, 2015**).

E-Détermination des cendres

1-principe

Le dosage des cendres est basé sur la destruction de toute matière organique sous l'effet de température élevée ($500 \pm 25 \text{ C}^\circ$)

2-Mode opératoire :

- Peser les creusets vides, ajouter 10 g de l'échantillon dans les creusets
- Placer les dans un four à moufle pendant 3-5h à 550°C . A la sortie du four placer les creusets dans un dessiccateur pour le refroidissement.
- Peser les creusets refroidis.
- Réchauffer les creusets à nouveau pendant une demi-heure ou plus.
- Répéter cette opération jusqu'à ce que le poids devienne constant (de couleur blanche ou blanc grisâtre) (**Doukani, et Tabak , 2015**).

La teneur en cendres est exprimée en pourcentage du poids frais du produit est donnée par la formule suivante

$$\% \text{ en Cendres} = (m_2 - m_0 / m_1 - m_0) \times 100$$

Où :

m_0 : Masse en grammes de la capsule vide.

m_1 : Masse en grammes de la capsule et de la prise d'essai (échantillon frais).

m_2 : Masse en grammes de la capsule et des cendres obtenues (cendres).

F-Dosage des principes actifs

- **Dosage des polyphénols totaux**

1-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).

2-Mode opératoire

Dans un tube à essai, 500 μ L de l'échantillon est mélangé avec 1 ml du réactif de Folin-Ciocalteu (dilué 1/10). Le mélange est laissé 2 min à l'obscurité. Ensuite, 1 mL de carbonate de sodium (Na_2CO_3) (75g/L) est ajouté, et le mélange obtenu est incubé pendant 15 min à 50°C. L'absorbance est mesurée à 760 nm contre un témoin où l'extrait est remplacé par le même volume du solvant utilisé. Les concentrations sont exprimées en mg équivalent d'acide gallique (voir annexe).

- **Dosage des flavonoïdes**

1-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).

2- Mode opératoire

La teneur en flavonoïdes totaux est déterminée par une méthode colorimétrique. 1,5 ml de chlorure d'aluminium (AlCl₃ 2%) sont additionnés à 1,5 ml d'extrait. Après 10 min d'incubation à l'abri de la lumière, l'absorbance est mesurée à 430 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent de rutine/g de matière sèche, par référence à une courbe d'étalonnage (voir annexe).

- **Dosage des anthocyanes**

1-Principe

Le dosage des anthocyanes totaux a été effectué par la méthode du pH-différentiel (Lee et al., 2005). Le principe de cette méthode est basé sur la capacité de changement de couleur des anthocyanes à des différents pH. Les anthocyanes monomériques totaux, présentent sous la forme d'oxonium (coloré), qui est stable à pH 1, et la forme hémicétale (décoloré) prédominante à pH 4,5. La différence dans l'absorbance des pigments à 520 nm (entre le pH 1 et 4,5) est proportionnelle à la concentration en pigment anthocyanique. Pour cela, les extraits sont dilués dans les deux tampons (pH1 et 4.5) et une lecture spectrophotométrie est effectuée 520 et 700 nm (pour la correction du trouble). Les résultats sont exprimés en équivalent mg cyanidine-3-glucoside/g de matière sèche et sont calculées selon l'équation suivante :

$$\left[ANC \text{ (en Eq mg Cyan-3-gluc / g de MS)}\right] = \frac{A \times PM \times FD \times 10^3}{\epsilon \times l}$$

ANC : anthocyanes (en équivalent mg cyanidine-3-glucoside/g de matière sèche)

$$A : A = \left(A_{520nm} - A_{700nm}\right)_{pH1,0} - \left(A_{520nm} - A_{700nm}\right)_{pH4,5} ;$$

PM : poids moléculaire = 449.2 g/mol pour la cyanidine-3-glucoside ;

FD : facteur de dilution ;

ϵ : coefficient d'extinction molaire de la cyanidine-3-glucoside=26900 (en Lmol⁻¹ cm⁻¹)

l : le trajet optique de la cuve (en cm).

- **Mesure des activités antioxydants**

- a- **Mesure du piégeage du radical DPPH**

1-Principe

Le composé chimique 2, 2diphényl-1- picrylhydrazyl (α, α - diphényl- β -picrylhydrazyle) fut l'un des premiers radicaux libres utilisé pour étudier la relation structure- activité antioxydant des composés phénoliques. Mesurer la diminution de la coloration de DPPH permet de mesurer l'efficacité d'un antioxydant, due à une recombinaison des radicaux DPPH qui possède une absorbance maximum à 515 nm. Concernant les composés phénoliques, le mécanisme principal d'action est le piégeage des radicaux libres par transfert de l'atome H sur le DPPH° alors transformé en une molécule stable DPPH. Les résultats peuvent être exprimés en tant qu'activité anti-radicalaire ou en pourcentage d'inhibition des radicaux libres en utilisant la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = \left(\frac{\text{abs témoin} - \text{Abs d'échantillon}}{\text{Abs témoin}} \right) \times 100$$

2-Mode opératoire

Le test DPPH est réalisé selon la méthode décrite par **Stephanie et al., (2009)**. 100 μ l d'extrait à différentes concentration sont mélangés avec 3 ml de la solution de DPPH (60 μ M). Après 20 minutes d'incubation à 37°C, l'absorbance est lue à 515 nm. Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition, et une courbe d'inhibition en fonction de la concentration est tracée : % d'inhibition = f (concentrations). On a déterminé ainsi la concentration inhibitrice de 50% le radical (IC_{50}). (**Huang et al 2012**).

b. Pouvoir réducteur (reducing power test)

Le pouvoir réducteur se base sur la réaction d'oxydoréduction. C'est l'aptitude des antioxydants présents dans l'échantillon à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) de complexe ferricyanure [$FeCl_3/K_3Fe(CN)_6$] en fer ferreux (Fe^{2+}) en présence d'un agent chromogène (KCN). La forme réduite donne une couleur verte qui est proportionnelle au pouvoir réducteur de l'extrait (**Ribeiro et al., (2008)**); **Guimarães et al.,(2010)**.

Le pouvoir réducteur est estimé par la méthode **d'Oyaizu , (1986)**. Un volume de 1 ml de jus, à différentes concentration, est ajouté à 2,5 ml de tampon phosphate (pH 6,6 ; 0,2 M), suivi de 2,5 ml de ferricyanure de potassium [$K_3Fe(CN)_6$] à 1 %. Après agitation, le mélange est soumis à l'incubation dans un bain marie à 50°C pendant 20 min. 2,5 ml d'acide trichloracétique à 10% sont additionnés au mélange réactionnel. Par la suite, un volume de 2,5 ml de surnageant est ajouté à 2,5 ml d'eau distillée, puis 0,5 ml de chlorure ferrique à 0,1% est ajouté au mélange. Les absorbances sont mesurés à 700 nm.

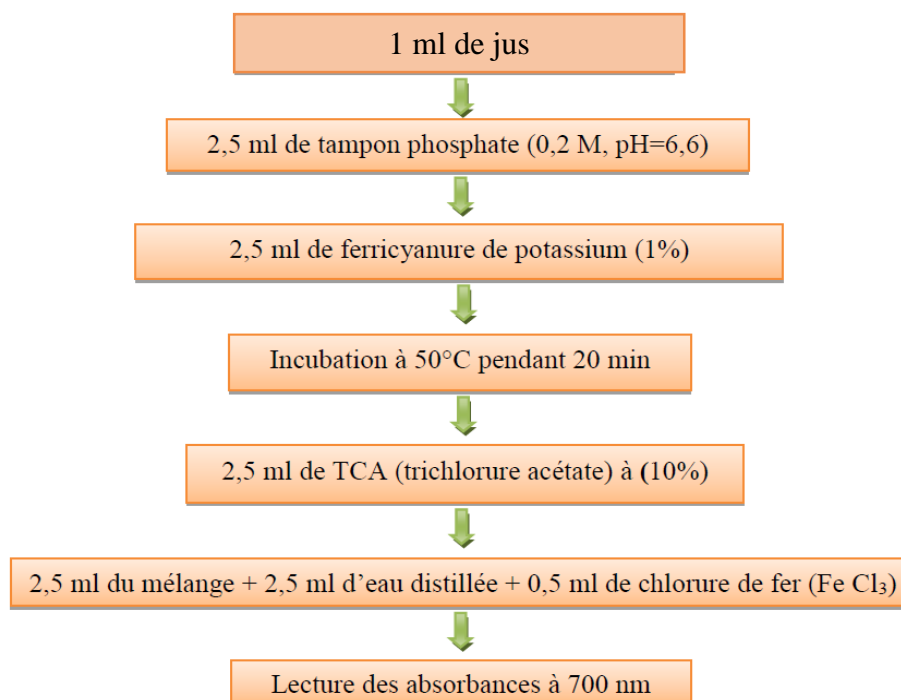


Figure 05. Protocole pour la détermination du pouvoir réducteur (Oyaizu, 1986).

I-5-2-Analyses microbiologiques

I-5-2-1-Objectif du contrôle microbiologique

L'évaluation de la qualité bactériologique s'avère nécessaire et essentielle pour déterminer les points de défaillance lors de la production de la matière première, afin de protéger le consommateur, maîtriser la qualité du produit fini et améliorer son aspect hygiénique (Afif et al., 2008).

La recherche et le dénombrement des flores d'altération sont effectués car leur présence est susceptible de modifier la qualité marchande du produit sans qu'il y ait obligatoirement danger pour la santé du consommateur (Boiron et Périlleux, 1996).

Dans le lactosérum, les quatre mélanges préparés et le mélange choisi (préféré), nous avons recherchés, la flore totale aérobie mésophiles, les levures et moisissures et les bactéries lactiques.

I-5-2-2-Préparation des dilutions

La préparation des dilutions c'est pour le but est de réduire la charge ou le nombre de microorganismes par unité de volume. 1 ml d'échantillon à analyser a été ajoutés à 9 ml d'eau physiologique stérile. On obtient ainsi une dilution mère de 10⁻¹ à partir de laquelle on réalise des dilutions décimales jusqu'à 10⁻⁵ (Labioui et al., 2009).

A- La flore mésophile aérobie totale (FTAM)

Il s'agit de l'ensemble des microorganismes capables de se multiplier en aérobie à des températures optimales de croissance comprises entre 20°C et 45°C (**Boiron et Périlleux, 1996**).

La flore totale mésophile aérobie est un bon indicateur de contamination globale de l'alimentation (**Labioui et al., 2009**) donc elle nous renseigne toujours sur la qualité hygiénique. C'est la flore la plus recherchée dans les analyses microbiologiques (**Afif et al., 2008**).

L'énumération de cette flore pour les échantillons collectés a montré qu'il y a une contamination importante du mélange (**Guillet et al., 2002**).

- **Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile**

Le dénombrement des FTAM est réalisé sur gélose standard PCA (Plate Count Agar) par ensemencement en profondeur de 1 ml de la dilution 10⁻⁵. Le dénombrement s'effectue après 48 heures à 30°C. (**Afif et al., 2008**).

En utilisant la formule de dénombrement suivante :

$$N = \frac{\Sigma \text{ de colonies}}{V \times (n1 + 0.1n2) \times d1}$$

Tel que ;

N : nombre d'UFC par ml de produit initial.

Σ colonies : sommes des colonies des boites interprétables.

V ml : volume de la solution (1 ml).

n1 : nombre de boites considérées à la première dilution retenue.

n2 : nombre de boites considérées à la seconde dilution retenue.

d1 : facteur de la première dilution retenue (dilution à partir de laquelle le premier dénombrement est obtenu).

B- Les levures et les moisissures

Les levures sont des champignons chez lesquels la forme unicellulaire est prédominante. La reproduction végétative se fait le plus souvent par bourgeonnement

Les moisissures sont des organismes filamenteux eucaryotes. Les moisissures peuvent être des agents actifs de biodétériorations, d'altérations organoleptiques et de modifications chimiques.

Elles sont d'autant plus redoutables qu'elles peuvent, suivant le cas, tolérer des pH très acides, se développer à des températures s'échelonnant de 0 à 40°C et supporter de très faibles teneurs en eau. **(Boiron et Périlleux, 1996).**

Toutes les denrées peuvent être pratiquement dégradées par des moisissures **(Guillet et al., 2002).**

- **Dénombrement de levures et moisissures**

Couler la gélose OGA dans deux boîtes de Pétri, ensuite ensemer avec 0.1mL de la dilution 10^{-1} pour chacune, les boîtes sont incubées pendant 4 à 5 jours à 25-30°C **(Michel et al., 2001).**

C- Bactéries lactiques

Le terme " bactéries lactiques " désigne des bactéries produisant de l'acide lactique par fermentation des hydrates de carbone, tolérant des pH acides, de niches écologiques anaérobies ou anaérobies facultatives et se montrant catalase négative **(Desmazeaud, 1983).**

Il s'agit des germes suivants : *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Tetragenus* qui produisent par fermentation de l'acide lactique. Le germe *Bifidobacterium* réalise une fermentation mixte lactique-acétique **(Boiron et Périlleux, 1996).**

- **Dénombrement des bactéries lactiques**

Inoculer 2 boîtes de Pétri avec 1mL de la dilution 10^{-3} pour chacune, ensuite couler la gélose MRS, une fois homogénéisé avec des mouvements de huit, les boîtes sont incubées à 30°C pendant 48 heures **(Afif et al., 2008).**

I-6-Analyses sensorielle

I-6-1- Définition et objectif

A- Définition

L'analyse sensorielle ou métrologie sensorielle représente l'ensemble des méthodes, des outils et des instruments qui permettent d'évaluer les qualités organoleptiques d'un produit, c'est-à-dire les caractéristiques faisant intervenir les organes des sens de l'être humain : le goût, l'odorat, la vue, le toucher et l'ouïe. Elle permet de décrire et de quantifier de manière systématique l'ensemble des perceptions humaines.

B- Objectif

La tâche essentielle de l'analyse sensorielle est maintenant d'aider à traduire les désirs et préférences des consommateurs en des propriétés tangibles et bien définies d'un produit donné. En comparant et analysant les caractéristiques des produits que les consommateurs aiment ou n'aiment pas, l'analyse sensorielle contribue à en saisir les aspects positifs et négatifs et à les adapter pour mieux répondre aux goûts des consommateurs.

L'évaluation sensorielle d'un produit permet, soit la mesure de ses caractéristiques sensorielles, soit la mesure du plaisir qu'il procure au consommateur (**Lefebvre et Bassereau , 2003**).

Dans cette étude notre but était de déterminer lequel des quatre échantillons de jus à base de lactosérum, étudiés est le mieux apprécié par la population consommatrice.

C- Les sujets

Les sujets invités sont de simples consommateurs, des sujets naïfs ne subissant aucun entraînement, formés de 25 membres des étudiants du département.

D- Préparation de la salle d'évaluation

La réalisation de notre travail se fait dans un laboratoire de l'université.

Le laboratoire a été bien nettoyé pour éliminer toutes contraintes risquant d'influencer sur le bon déroulement de l'épreuve. Treize (13) postes de dégustation sont mis à la disposition des dégustateurs.

E- Mise en place du questionnaire (voir annexe N° 03).**F- Codage et présentation des échantillons**

Le choix des descripteurs pour la mise en place du questionnaire s'est porté sur la couleur du jus, sa consistance, sa saveur et son acceptabilité globale. Des notations de 1 à 9 ont été réalisées.

Les quatre échantillons de jus sont mis dans des gobelets en plastique transparents et codés comme suit :

A : pour le mélange V 75/25 ;

B : pour le mélange V70/30 ;

C : pour le mélange V65/35 ;

D : pour le mélange V50/50.

La quantité mise dans chaque gobelet est de 50 mL pour chacun des échantillons. Après distribution de tout le matériel nécessaire à la dégustation (gobelet rempli d'eau, stylos, papiers mouchoirs et questionnaires), nous avons présenté aux dégustateurs les quatre échantillons de jus à une température de +5 °C, tout en leur expliquant la façon de remplir le questionnaire et l'importance de suivre l'ordre de dégustation (commencez par l'échantillon A, ensuite B et C et enfin D).



G- Déroulement de l'épreuve

Les épreuves d'évaluation des caractéristiques organoleptiques des différents échantillons étudiés se sont déroulées de 12 heures 30 minutes à 15 après -midi.

Chapitre II. Résultats et discussions

II.1. Propriétés physico-chimiques du lactosérum

Les résultats de l'analyse physicochimique du lactosérum sont résumés dans le tableau 2.

Tableau 02. Résultats d'analyse physico-chimiques du lactosérum.

Echantillon / Paramètres	Lactosérum
pH	5,47 ± 0,01
Acidité ° D	39,75 ± 0,25
° Brix	3,2 ± 0,2
E.S.T %	7,08 ± 0,11
Cendres %	0,3 ± 0,1

A- pH et acidité titrable

Le pH du lactosérum analysé est de $5,47 \pm 0,01$ qui est une valeur incluse dans l'intervalle trouvé par (Pega *et al.*, 2018) qui est entre un pH de 5 à 7. En outre, l'acidité titrable du lactosérum est de $39,75 \pm 0,25D^\circ$ et cette valeur est supérieure aux résultats des travaux de Saulnier *et al.*, (1996) qui ont noté que le lactosérum doux a une acidité inférieure à $18 D^\circ$. Cette augmentation peut être due à l'ajout de 3% d'acide citrique pour coaguler la caséine pendant la préparation du lactosérum. Par contre, le pH de lactosérum acide est inférieur à 5 et son d'acidité est supérieur à $18 D^\circ$.

B- Extrait sec total

La valeur de l'extrait sec total noté dans le lactosérum étudié est de $7,08 \pm 0,11$ % est plus importante que la valeur trouvée par (Blaschek, *et al.*, 2007) qui est de 6.6 %. L'évaluation de ce paramètre nous renseigne sur la composition du lait initialement utilisé ainsi que sur les procédés de fabrication d'où provient ce lactosérum, cette valeur indique la bonne qualité du lait utilisé.

C- Teneur en cendre (minéraux)

Selon les résultats obtenus, nous remarquons que la teneur des cendres dans le lactosérum est de $0,3 \pm 0,1\%$, cette valeur est inférieure à celle trouvée par (Smithers *et al.*, 1996) qui est de 0.7 %.

Cette différence est peut être due à la qualité du lait utilisé, à la diversité entre les espèces laitiers (vache, chèvre...etc.) et leur type d'alimentation (Sboui *et al.*, 2016) et possiblement la quantité de minéraux piégés dans les protéines précipitées.

D-Extrait sec soluble

D'après les résultats obtenus, la valeur de l'extrait sec soluble du lactosérum est de $3,2 \pm 0,05$ °Brix qui est une valeur inférieure à celle trouvée par (Sánchez *et al.*, 2011) qui est de 6.5 °Brix. La valeur du °Brix du lactosérum analysé est expliquée par sa faible teneur en lactose et/ou d'autres sucres présents dans le lait.

II-2-Propriétés physico-chimique du jus de la fraise

Les résultats des analyses physico-chimiques de jus de fraise sont exprimés dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 03. Analyse physico-chimique du jus de la fraise

Paramètres	Echantillon	Jus de la fraise
pH		3.89 ± 0.07
Acidité g/l		8 ± 0.3
E.S.T (%)		7.27 ± 0.66
°Brix		3.5 ± 0.2
Cendres %		0.2 ± 0.1

A- pH et acidité titrable

La valeur du pH mesurée pour le jus de la fraise est de 3.89 ± 0.07 qui est assez proche des résultats trouvés par (Potel et Carlen, 2005) dont le pH est 3.46.

L'acidité titrable notée pour le jus analysé est de 8 ± 0.3 g/l. On a constaté qu'elle est supérieure à celle trouvée par (Potel et Carlen, 2005) qui est de 6.3g/l, cette valeur est expliquée par sa richesse en acides organiques. Cette divergence est peut être due aux conditions climatiques et au stade de maturité (Goldstein *et al.*, 1991).

B- L'extrait sec total

La teneur en extrait sec nous renseigne sur la richesse en nutriments (**Bensadon et al ., 2010**). Le jus analysé présente un extrait sec de 7.27 ± 0.66 %, et cette valeur est inférieure aux résultats trouvés par (**Randriatina et al., 2003**) (11,19 à 13,73%).

C- L'extrait sec soluble

La valeur de l'extrait sec soluble du jus de fraise analysé est de $3.5 \pm 0.2^\circ$ Brix, qui est une valeur inférieure à celle trouvée par (**Campos et al.,2012**) qui est de 7.16° Brix. La valeur du $^\circ$ Brix du jus de fraise analysé est expliquée par sa faible teneur en sucres.

D- Taux de cendres (minéraux)

La teneur en cendres notée dans le jus de fraise est $0.21\% \pm 0.001$ sans différence avec le résultat trouvé par (**Faid et al., 2017**) dont le pourcentage des cendres est de $0.27\% \pm 0.01$

E- Teneur en principes actifs

Le tableau ci-dessous résume les teneurs en principes actifs effectuées sur le jus de la fraise.

Tableau 04. Teneur en principes actifs de jus de la fraise.

Antioxydants	Teneur
Polyphénols (mg/ml)	2.97
Flavonoïdes (mg/100ml)	30.10
Anthocyanes (mg/ml)	21,13
DPPH(IC50) (mg/ml)	0.39

- Composés phénoliques**

La teneur en polyphénols trouvée est de 2.97 mg/ml, cette valeur est inférieure à celle trouvée par (**Arend et al., 2017**) qui est 6.05 mg/ ml. Cette divergence est peut être due à la variété ainsi que les conditions climatiques.

- Anthocyanes**

D'après les résultats obtenus, la teneur en anthocyanes dans le jus de la fraise est de 21.13 mg/ml, elle est supérieure à celle trouvée par (Arend *et al.*, 2017) qui est de 20.1 mg/ml. Cette teneur est peut être liée à la grande quantité de pigments rouges.

- **Flavonoïdes**

Les flavonoïdes sont un groupe des composés phénoliques répandu dans les végétaux et à faible poids moléculaire (Odrizola-Serrano *et al.*, 2008). La teneur en flavonoïdes dans le jus de la fraise est de 30.1 mg /100 ml. Ce résultat confirme cette classe chimique en tant que constituant majeur de la fraction de polyphénol.

- **Mesure du piégeage du radical DPPH**

Le test de scavenging des radicaux DPPH° permet d'apprécier la capacité antioxydant du jus étudié. Comme illustré dans la figure 06, l'évolution de la neutralisation des radicaux DPPH est étroitement liée à la concentration en polyphénols (le % d'inhibition augmente avec l'augmentation des concentrations) : un effet dose-dépendant.

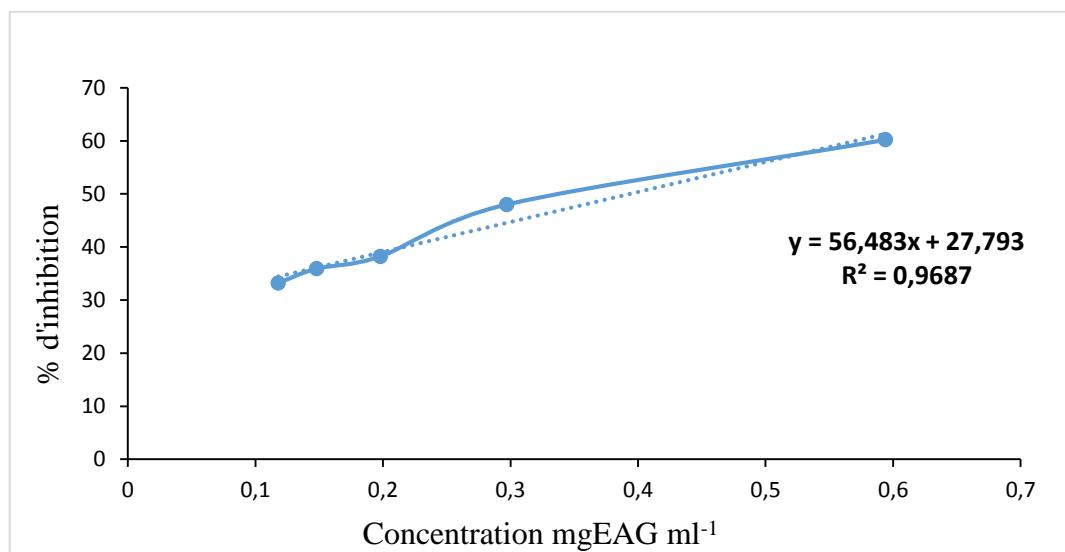


Figure 06. Piégeage du radical DPPH en fonction de la concentration en polyphénols de jus de la fraise.

Les valeurs IC₅₀ déterminées en mg/ml exprimant la concentration efficace de l'extrait antioxydant nécessaire pour le piégeage et la réduction de 50% de moles de DPPH (Bougandoura *et Bendimerad*, 2013). Cette valeur est inversement liée à la capacité antioxydant d'un composé. Plus IC₅₀ est faible plus l'activité antioxydant d'un composé est élevée (Boubekri, C., (2014). La valeur de l'IC₅₀ du jus de la fraise analysé est de 0,39 mg EAG/ml, cette valeur est inférieure à celle

trouvée par (Alvarez-Suarez *et al.*, 2011) qui est de 0.51 mg /ml. La valeur d'IC₅₀ de notre jus est basse donc son activité antioxydant est plus grande. Cette activité antioxydant est probablement due à la présence des substances bioactives telles que les polyphénols, flavonoïdes et bien évidemment la vitamine C.

- **Pouvoir réducteur**

Le test de pouvoir réducteur permet de mettre en évidence le pouvoir donneur d'électron des substances présentes dans le jus. En effet, il est basé sur la capacité à réduire le fer ferrique Fe³⁺ en fer ferreux Fe²⁺, et la forte activité est due à la forte teneur en composés polyphénoliques (Ladoh Yemeda *et al.*, 2014). Les résultats de ce test sont présentés dans la Figure 07. D'après la figure, on remarque que l'absorbance de notre jus augmente avec l'augmentation de la concentration. Donc, on a un effet dose dépendant. Ce test montre un meilleur pouvoir réducteur de l'ion ferrique dans le jus le moins diluée.

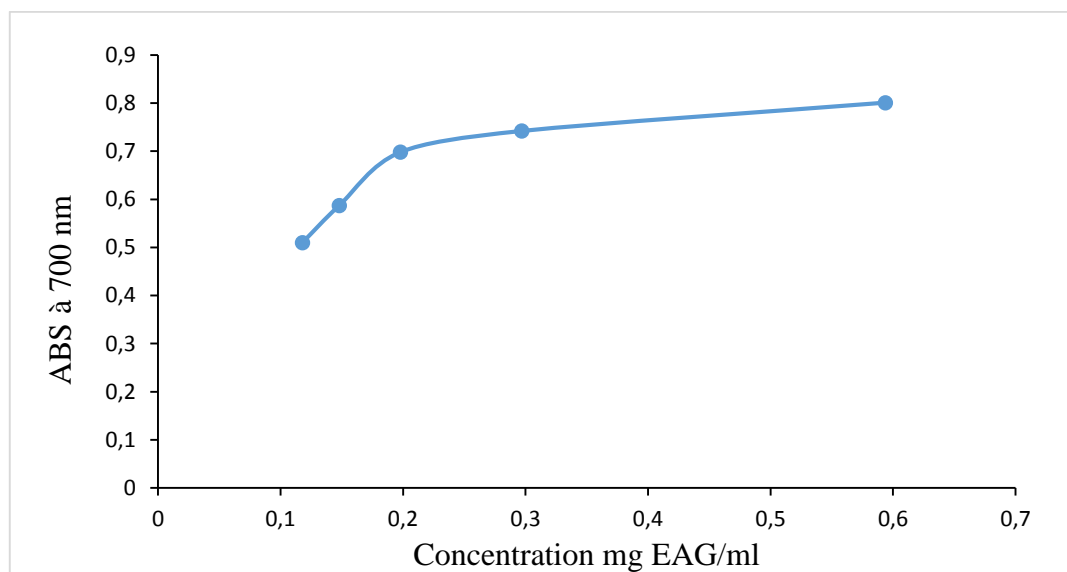


Figure 07. Evolution du pouvoir réducteur en fonction de la concentration en polyphénols de jus de la fraise.

II-3-Propriété physico-chimique des boissons lactées (lactosérum-jus)

Les différents mélanges préparés à base de lactosérum et jus de fraise ont été analysés afin de pouvoir faire la comparaison et de déterminer la meilleure combinaison.

A- pH et acidité titrable

Les quatre mélanges lactosérum-jus présentent des pH (figure 08) et des acidités titrables (figure 09) différentes. Le pH varie en fonction des proportions des deux ingrédients : lactosérum et jus. En effet, plus le taux du jus de la fraise augmente, plus le pH diminue et l'acidité augmente. Par contre, l'augmentation du taux du lactosérum contribue à l'augmentation du pH et la diminution de l'acidité. Il peut être conclu que l'ajout du jus de la fraise permet d'acidifier le produit et d'empêcher le développement des microorganismes et donc contribue à une longue conservation.

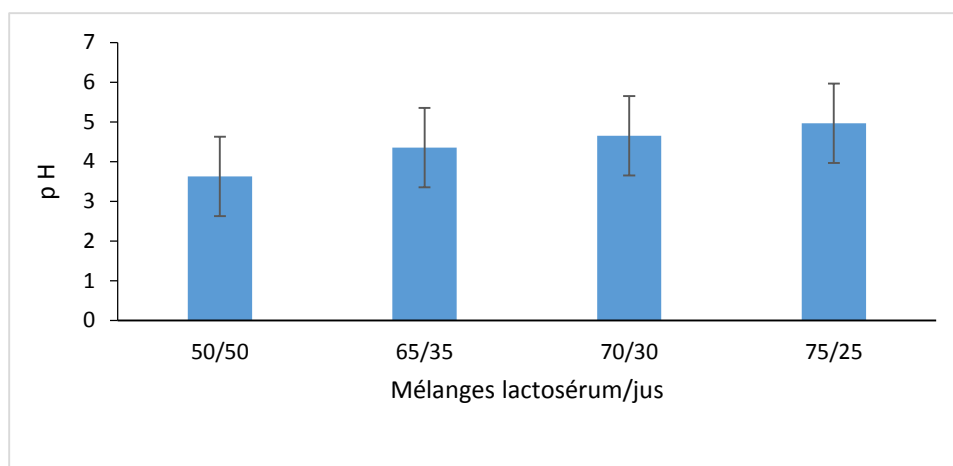


Figure 08 : pH des mélanges lactosérum-jus de la fraise.

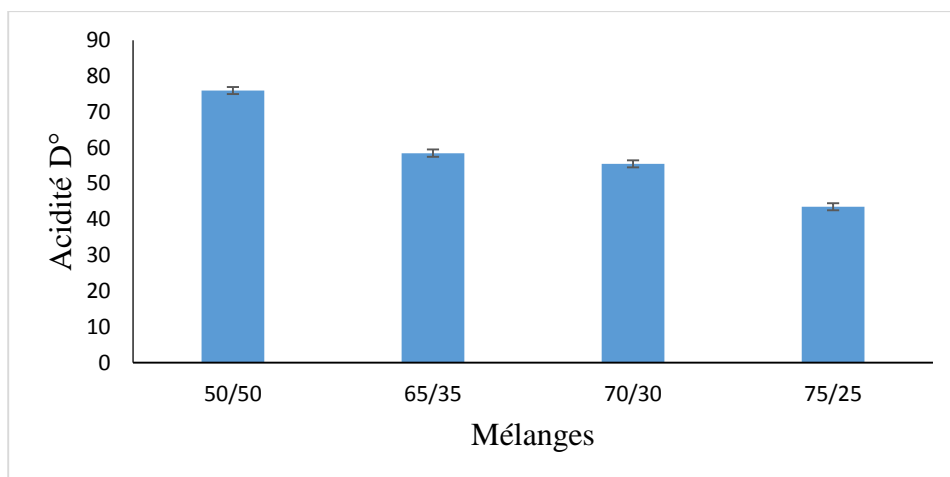


Figure 09 : Histogrammes de l'acidité titrable des mélanges lactosérum-jus de la fraise

B- Extrait sec totale

L'EST des différentes formulations varie entre 13.82 à 14.99% (Figure 10). L'EST des mélanges diminue avec l'ajout du lactosérum ; les deux formules 50/50 et 65/35 présentent les teneurs les plus élevées en matière sèche. Cela s'explique par la richesse du jus en matière sèche

par rapport au lactosérum. D'après ces résultats, on conclut que l'ajout de jus améliore la qualité nutritionnelle de notre boisson.

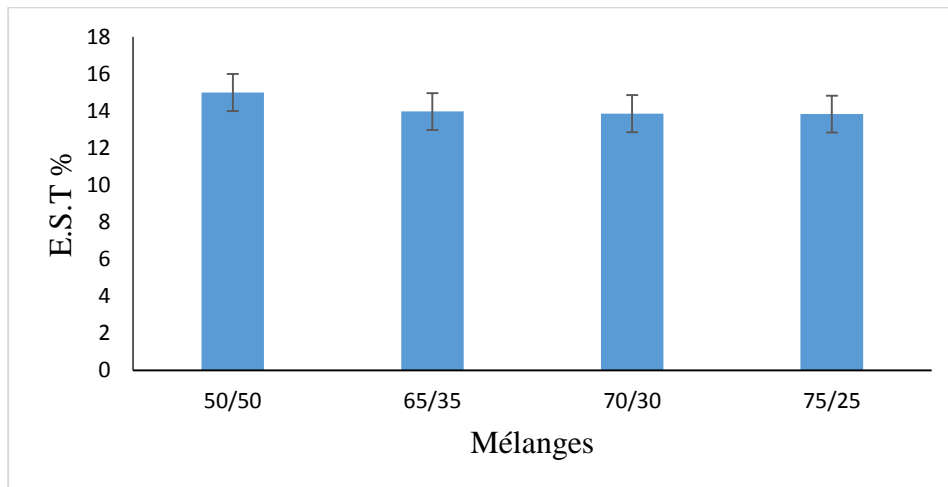


Figure 10 : Extrait sec total des mélanges lactosérum-jus de la fraise

C- Teneur en cendres (minéraux)

D'après la figure 11, la teneur en cendres des différents mélanges augmente en fonction de taux du lactosérum présent dans les mélanges comme la plus grande valeur est notée dans la formule 75/25, 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.

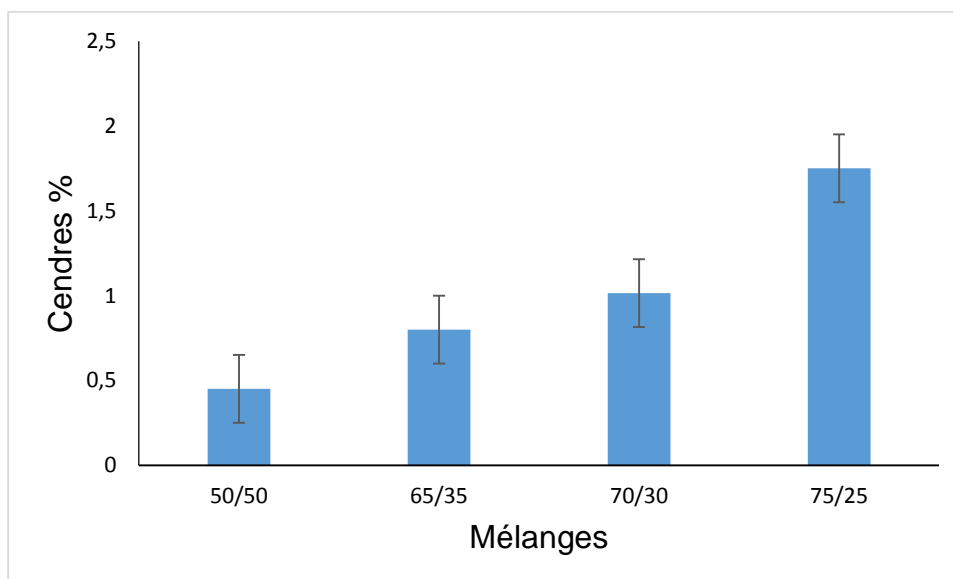


Figure 11 : Histogrammes des teneurs en cendre des mélanges lactosérum-jus de la fraise.

D. L'extrait sec soluble

Les résultats qui concernent l'extrait sec soluble des cinq mélanges sont illustrés dans la figure 12. Comme le °Brix du lactosérum est presque égale à celui du jus de la fraise, Aussi pendant la préparation de cette boisson nous avons ajouté la même quantité de sucre pour chaque mélange, on a constaté qu'il n'y a pas une grande différence de taux d'extrait sec soluble.

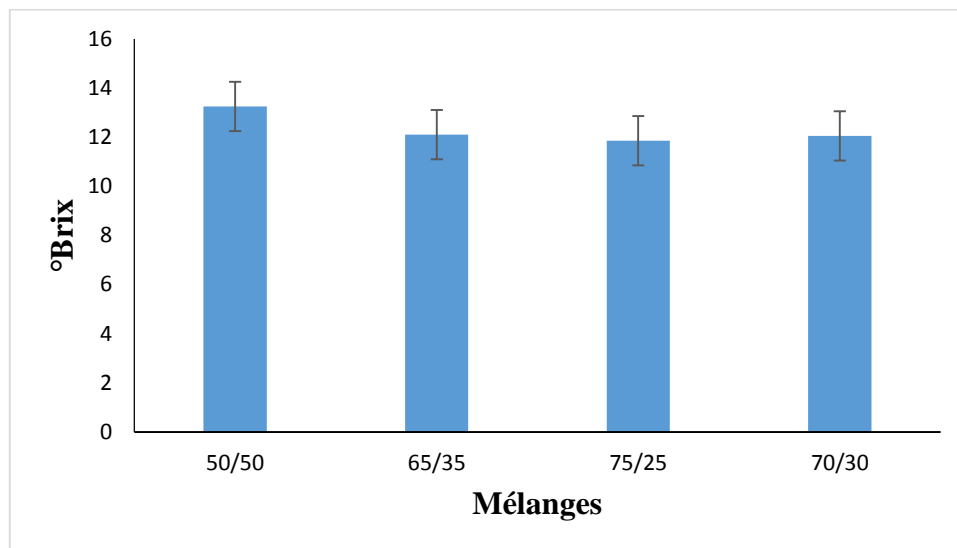


Figure 12. Le °Brix des mélanges lactosérum-jus de la fraise.

E. Tests d'activités antioxydantes

E.1. Mesure du piégeage du radical DPPH

Le test DPPH est couramment pratiqué pour l'évaluation du potentiel de piégeage des radicaux libres d'une molécule antioxydant. Ce test est basé sur le principe que la DPPH° accepte un atome d'hydrogène (H) provenant de la molécule piègeuse, c'est-à-dire un antioxydant, entraînant une réduction de DPPH° à la DPPH₂ avec une diminution concomitante de l'absorbance à 515 nm (Mishra *et al.*, 2012). L'activité antioxydant est corrélée aux teneurs en phénols totaux, c'est-à-dire le contenu phénolique élevé est un facteur important qui détermine les capacités antioxydants.

Afin d'estimer la capacité antioxydant de l'une des combinaisons préparées (lactosérum et jus) et qui est considérée comme la meilleure, une comparaison a été faite avec d'autres jus commercialisés. En effet, les résultats du pouvoir anti-radicalaire des quatre échantillons testés (mélanges 65/35, jus du fraise, jus Ramy et le jus ifruit) exprimés en pourcentage d'inhibition du

radical DPPH° indiquent que le jus ifruit a une activité antioxydant la plus élevée, avec 34.70% sans différence significative par rapport aux jus de la fraise avec un pourcentage d'inhibition de 33.20 %. Puis vient notre mélange (65/35) avec un pourcentage de 28.10% qui est une valeur supérieure à celle trouvé dans le jus Ramy 25.30 %. Cette différence observée est liée à une différence en matière de la composition de chaque jus.

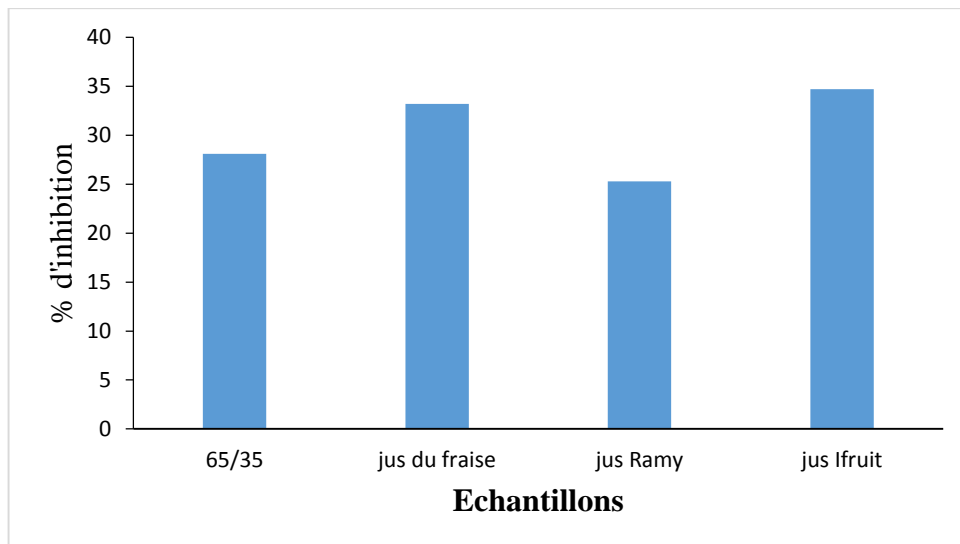


Figure 13. Pouvoir scavenger du radical DPPH° de jus du fraise, le mélange lactosérum-jus 65/65 et les jus commercialisée (Ramy et Ifruit).

E.2. Pouvoir réducteur

Les résultats de pouvoir réducteur de jus de la fraise, des quatre formules préparés et les jus commercialisés (Ramy et Ifruit) sont présentés dans la figure 14.

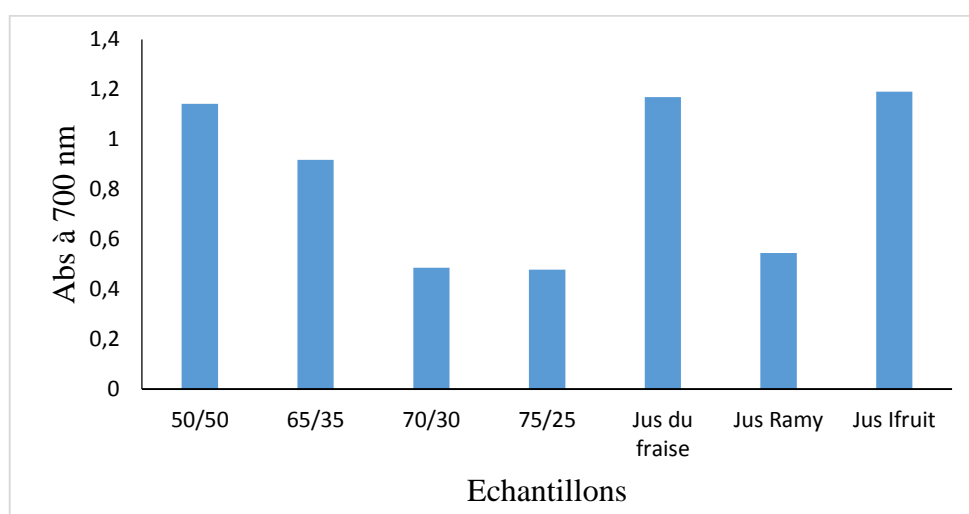


Figure 14. Pouvoir réducteur de jus de la fraise, des quatre formules préparé et les jus commercialisés (Ramy et Ifruit).

Le test de pouvoir réducteur a révélé que la valeur la plus élevée est observée pour le jus de fraise, jus iFruit, le mélange 50/50, après vient le mélange 65/35. Les autres échantillons présentent des activités antioxydantes assez faibles. Ces résultats sont en accord avec les résultats de test DPPH. D'après ces résultats, l'échantillon qui présente la plus grande teneur en polyphénols aura la plus grande capacité antioxydante, et cela est confirmé par l'analyse phytochimique des formulations étudiées. De plus, c'est la fraction du jus qui en est responsable.

II-4- Analyses microbiologiques des mélanges lactosérum-jus

Les résultats des analyses microbiologiques obtenus à partir des différents échantillons analysés sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 05. Analyses microbiologiques des mélanges lactosérum-jus.

	lactosérum	Mélanges lactosérum- jus de la fraise (v/v)				Mélanges préférés (C)
		75/25 (A)	70/30 (B)	65/35 (C)	50/50 (D)	
Flore totale	absence	10 ³	10 ³	10 ³	3.10 ³	2.10 ³
Bactéries lactiques	absence	absence	absence	absence	absence	absence
Levures et moisissures	absence	90	100	116	120	115

Le résultat obtenu dans le tableau ci-dessus montre que le lactosérum analysé est de bonne qualité bactériologique en ce qui concerne la FTAM, les bactéries lactiques, les levures et les moisissures ; qui sont absentes parce que le lactosérum est préparé à partir de lait UHT (stérile), chauffé à 95 °C pendant 10 min et pasteurisé à 85 °C pendant 15 min.

Les résultats obtenus pour les mélanges A, B et C (sauf le mélange D) sont conformes aux normes du **Journal Officiel Algérien** qui donne une valeur pour la FTAM de 10² et 10³ germes/ml, et pour les levures et les moisissures de 10² germe/ml. Le dépassement des normes est dû à la présence des levures normaux dans les fruits frais, de très nombreuses espèces fongiques peuvent altérer des produits aussi divers que les agrumes, les pommes, les fraises, etc., les fraises peuvent être attaquées par *Kloeckera apiculata* aussi, et peut-être à cause de la présence des espèces thermorésistantes qui peuvent coloniser les jus de fruits pasteurisés (Guillet et al., 2002).

Les mélange A et B sont conformes aux normes parce qu'ils sont préparés par des faibles pourcentages de jus de fraise (25% et 30% respectivement), donc les mélanges contiennent un faible nombre des espèces fongiques qui peuvent altérer les boissons.

II-5-Analyse hédonique des mélanges lactosérum-jus

Afin d'estimer lequel des différents mélanges est accepté par le consommateur, une analyse hédonique est réalisée.

A- Les résultats de préférence générale

L'analyse de la préférence générale

Les résultats de préférence générale sont présentés dans l'histogramme suivant :

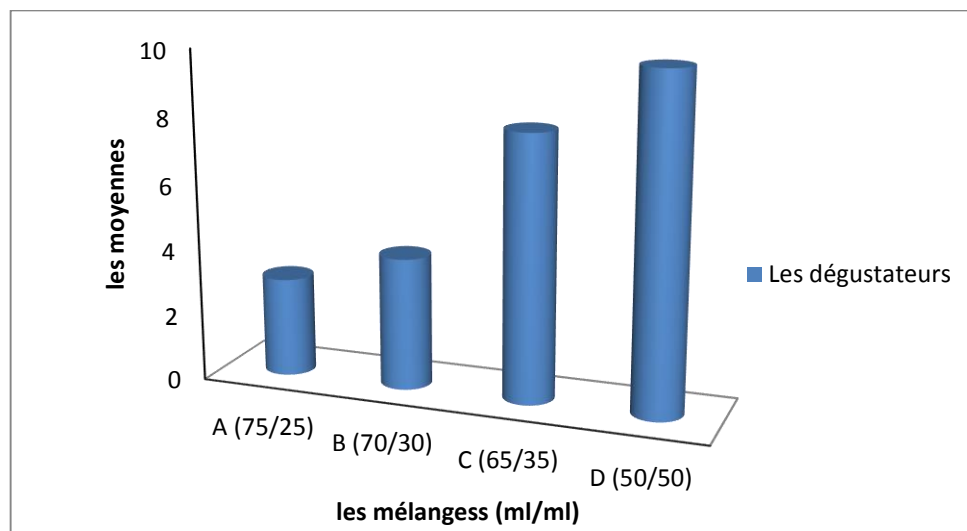


Figure 15. Préférence générale des sujets naïfs.

Les résultats résumés dans l'histogramme précédant montre que les consommateurs naïfs préfèrent les échantillons dans cet ordre décroissant : échantillon D, C, B et A.

B- Préférence générale selon le sexe

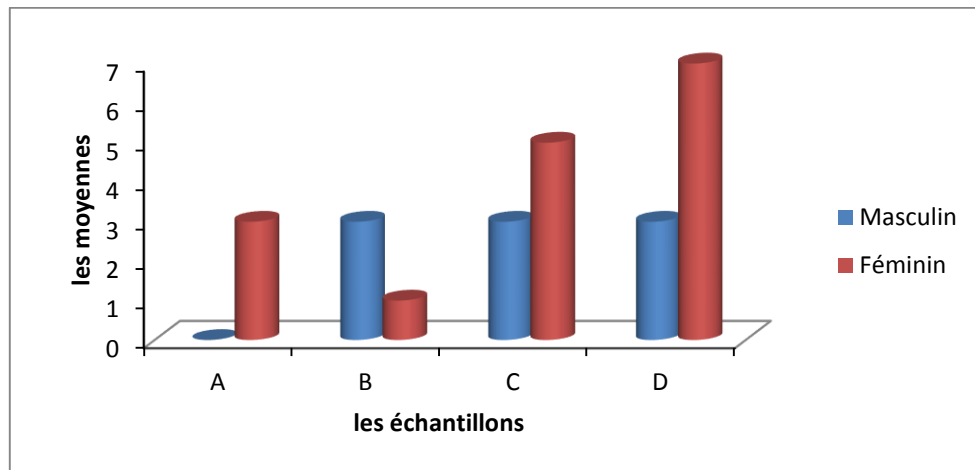


Figure 16. Préférence générale selon le sexe

La figure 16 montre que les femmes présentent une préférence pour les échantillons D et C, par contre, les dégustateurs de sexe masculin présentent une préférence moins importante et presque égale pour les échantillons B, C et D.

C- Préférence selon les descripteurs

Les résultats sont exprimés dans la figure ci-dessous. D'après l'histogramme la couleur est très dominante pour l'échantillon D, la saveur est dominante pour D, la consistance et l'acceptabilité générale pour C.

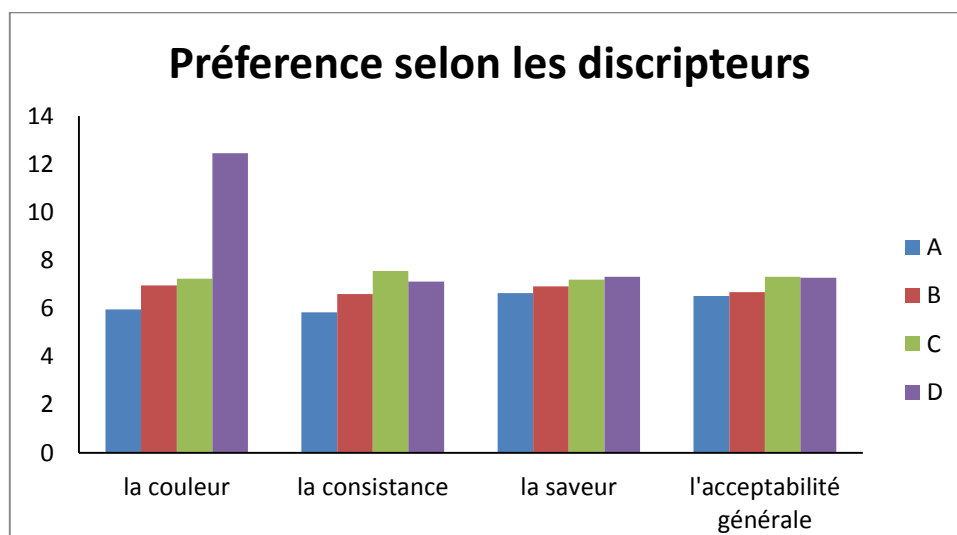


Figure 17. Préférence selon les descripteurs sensoriels.

Les résultats des analyses sensorielles des quatre formules obtenus dans ce présent travail, indiquent que le mélange D avec le pourcentage 50/50 (v/v lactosérum/jus) est plus préféré par les dégustateurs (40% des dégustateurs), suivi le mélange C avec le pourcentage 65/35 (32% des dégustateurs). Le mélange C présente une viscosité modérée par rapport au D qui facilite le mouvement des bactéries et leur disponibilité aux nutriments, et bien évidemment pour des raisons industrielles. Par conséquent, nous avons sélectionné le mélange C pour l'élaboration d'une boisson probiotique (avec *Lactococcus lactis* et *Lactobacillus plantarum*).



Figure 18. Les boissons probiotiques préparées.

II-6-Évaluation de la qualité physicochimique, microbiologique et sensorielle de boisson fermentée pendant le stockage

La fermentation lactique peut être définie comme un procédé de fermentation dans lequel interviennent un groupe de bactéries gram positive, non-sporulantes, immobiles, catalase-négatives, qui croissent sous des conditions anaérobies et utilisent les sources de carbone pour produire de l'acide lactique comme seul ou majeur acide organique. Les bactéries lactiques sont les microorganismes dominants retrouvés au cours de la fermentation de la majeure partie des aliments ou boissons fermentés. (Yao et al., 2009).

Dans cette partie du travail, nous avons étudié la possibilité de croissance de certaines bactéries lactiques dans le mélange lactosérum-jus et leur évolution pendant le stockage.

II.6.1. Evolution du pH

Le pH de départ de notre boisson (jus de fraise + lactosérum) fermentée par *Lactococcus lactis* ou par *Lactobacillus plantarum* ou la combinaison entre les deux souches étaient de 4.24, 4.25 et 4.26, respectivement. Le pH des échantillons diminue graduellement au bout de 4 jours au stockage réfrigéré. Puis continue à diminuer significativement avec l'augmentation du temps. Le pH variait entre 4,24 à 3,57 pour la boisson fermentée par *Lactococcus lactis* ,4.25 à 3.62 pour la boisson fermentée par *Lactobacillus plantarum* et 4.26 à 3.52 pour la boisson fermentée par les deux souches après 16 jours de stockage à 4°C. Des résultats similaires ont été rapportés par (Shukla et al., 2013) ont montré une baisse progressive du pH de la boisson préparée à partir de lactosérum et de jus d'ananas fermenté stockées à la température de réfrigération.

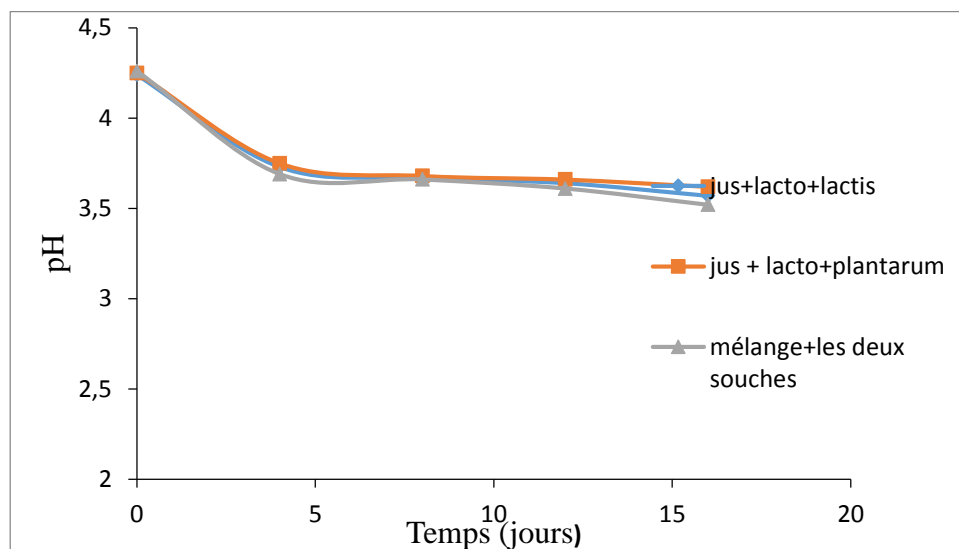


Figure 19. Variation de pH du jus de fraise et lactosérum fermentés en fonction du temps pendant le stockage réfrigéré.

II.6.2. Acidité titrable

La figure 20 montre une augmentation significative de l'acidité titrable pour tous les mélanges fermentés après 4 jours de stockage réfrigéré. Le mélange de lactosérum-jus de la fraise avec *Lactococcus lactis* a donné une acidité titrable plus élevée avec un pourcentage d'augmentation de 1.13 %, sans différence par rapport au mélange avec les deux souches à un pourcentage d'augmentation de 1.123 %, alors qu'il y avait une légère augmentation de l'acidité titrable pour le mélange avec *Lactobacillus plantarum* de 0.98% après 16 jours de stockage à 4°C. Cela pourrait être dû à des différences dans les capacités de production d'acide lactique et les caractéristiques de croissance (Bulatović et al., 2014). Nos résultats sont en confirmation avec d'autres chercheurs (Shukla et al., 2013) qui ont également rapporté une augmentation de l'acidité de la boisson

préparée à partir de lactosérum et de jus d'ananas fermenté et stockées à la température de réfrigération.

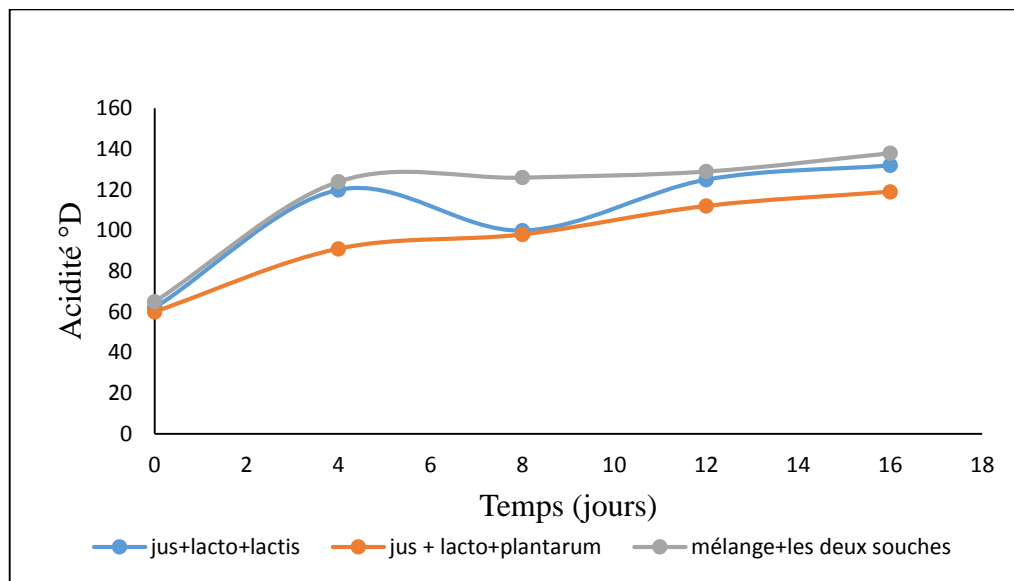


Figure 20. Variation de l'acidité titrable de jus de fraise et lactosérum fermentés en fonction du temps pendant le stockage réfrigéré.

II.6.3. Evolution de °Brix

Après le temps de fermentation à 37°C, nous avons observé une augmentation du °Brix dans le mélange avec *Lb. plantarum* (13 à 14°Brix). Ceci est expliqué par le fait que cette bactérie est un bon producteur d'exopolysaccharides (Kalui et al., 2009) qui pourraient être considérés comme des prébiotiques. De plus, ces exopolysaccharides peuvent améliorer la viabilité des bactéries probiotiques dans les cas où ils sont présents dans les boissons (Bulatović et al., 2014). Alors que dans les autres mélanges, il y'a une diminution du °Brix (13 à 10 °Brix pour le mélange avec *Lc. Lactis* et de 13 à 12 °Brix pour le mélanges avec les deux souches.

Pendant le stockage à 4 °C, la teneur de l'extrait sec soluble (°Brix) diminue progressivement avec le temps, de 1.77 % pour le mélange avec *Lc. Lactis*, 0.60% pour le mélange avec *Lb.Plantarum* et 1.27% pour le mélange avec les deux souches. La diminution du taux d'extrait sec soluble du notre mélange en présence des bactéries lactiques confirme leur métabolisation (Sadok et al., 2014) à partir de l'utilisation des sucres comme source de carbone.

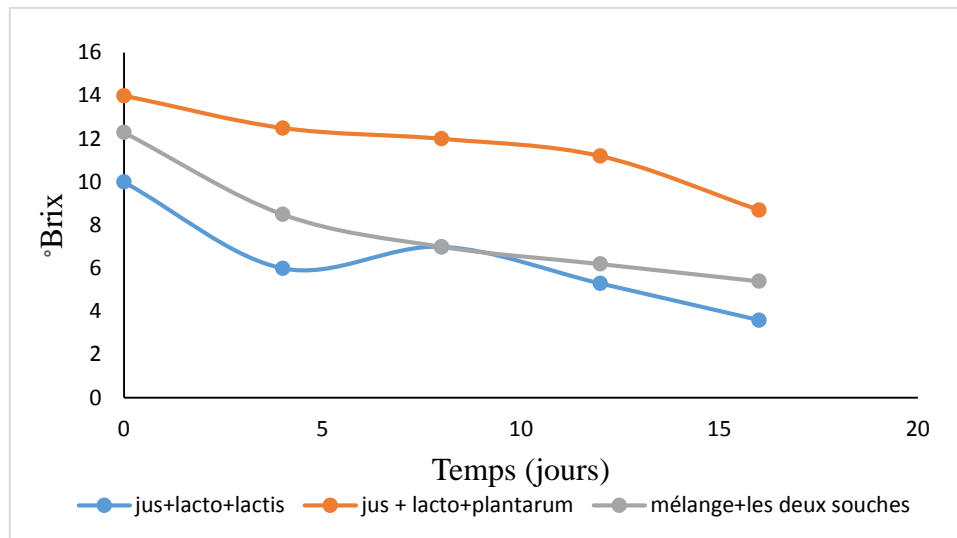


Figure 21. Variation de la teneur en l'extract sec soluble de jus de fraise et lactosérum fermentés en fonction du temps pendant le stockage réfrigéré.

II.6.4. Enumération des cellules bactériennes viables

L'évaluation de la viabilité des bactéries étudiées a été déterminée après 24 h d'incubation à 37 ° C et pendant le stockage à 4°C.

Après 24 h d'incubation à 37 ° C, nous avons observé que le nombre viable des bactéries dans le lactosérumensemencé par *Lactococcus lactis* est de 13×10^6 UFC/ml et de 5×10^6 dans le lactosérumensemencé par *Lactobacillus plantarum*. Alors que le nombre de bactéries dans le mélange est indénombrable, Cela est peut-être dû au fait que nous avonsensemencé notre mélange avec 2 % des bactéries (combinaison entre 1% de *Lactococcus lactis* et 1% de *Lactobacillus plantarum*).

Après 4 jours de stockage réfrigéré à 4 °C, le nombre viable des bactéries dans le mélangeensemencé par *lactococcus lactis* et dans le mélangeensemencé par *lactobacillus plantarum* est de 27×10^6 UFC /ml et 18×10^6 UFC/ml, respectivement. Le nombre total de bactéries viables augmente significativement avec l'augmentation du temps de stockage qui devient indénombrable après 16 jours. Nous concluons que notre boisson contient les nutriments qui en fait un milieu propice à la croissance de *Lactobacillus plantarum* et *Lactococcus lactis*. Des acides organiques sont produits entraînant une diminution du pH, augmentation d'acidité et diminution de °Brix, ce qui est en accord avec les analyses physico-chimiques.

II.6.5. Caractéristiques sensorielles de la boisson probiotique pendant le stockage

Les boissons probiotiques à base de lactosérum n'ont pas montré de différences au niveau de la couleur pendant les premiers quatre jours de conservation au réfrigérateur. En effet, une diminution de l'intensité de la couleur (rouge vif) diminue significativement après 12 jours de conservation. Cela est peut-être dû à la dégradation des anthocyanes, qui sont responsable de la coloration de la boisson et qui sont aussi des molécules assez instables. Cette proposition peut être appuyée par le résultat obtenu après le dosage des anthocyanes au bout de 12 jours qui donne des valeurs environ à 0 mg/ml.



Après quatre jours



Après huit jours



Après Douze jours



Après seize jours

Figure 22. Evolution de la couleur pendant le stockage réfrigéré.

CONCLUSION

Notre étude avait pour principaux objectifs la valorisation du lactosérum par son mélange avec un jus de fraise, l'évaluation de quelques paramètres physico-chimique et microbiologique ainsi que l'évaluation hédonique des mélanges effectuée (jus + lactosérum). Et à la fin, la production d'une boisson probiotique fermentée.

Les résultats obtenus concernant les paramètres physico-chimiques et microbiologiques réalisés pour lactosérum, jus de la fraise et de la boisson préparée montrent qu'ils sont de qualité acceptable. En effet, les boissons formées présentaient une composition plus riche en substances organiques (EST), en minéraux, en polyphénols et une capacité antioxydante assez proche des boissons fruitées commercialisées.

Cette étude a révélé également que la boisson la plus appréciée d'un point de vue hédonique et physicochimique est la boisson 65/35 (lactosérum/jus de fraise). Cette dernière boisson peut constituer un milieu de fermentation propice pour la croissance des probiotiques étudiés à savoir *Lactococcus lactis* et *Lactobacillus plantarum*. En effet, les résultats ont montré une diminution de pH, augmentation d'acidité et le nombre de bactéries viables pendant le stockage. Néanmoins, la couleur est la caractéristique sensorielle la plus prononcée pendant le stockage réfrigéré, car elle a commencé à disparaître après 8 jours de stockage à 4°C. La raison en est peut-être que le changement de pH dus aux bactéries lactiques présente dans notre boisson qui influe sur la teneur des anthocyanes responsables à la couleur.

Ce travail peut être complété par une analyse sensorielle et une étude de la stabilité physico-chimiques et microbiologique de la boisson fermentée préparée durant toute la durée de conservation ; aussi il est recommandé aux futures promotions de travailler autour des thèmes suivants :

- Détermination de la date limite d'utilisation de boissons fermentée, sans et avec Conservateur.
- Étude comparatif entre la boisson fermentée avec d'autre boisson commercialisée.
- Etudes nutritionnelle sur les effets de cette boisson sur la santé humaine.

Références bibliographique

A

- Adrian, J., Bourlier, G., & Sabel, A. (1980).** Composition minérale du lactosérum. Influence des facteurs technologiques, saisonniers et géographiques. *Le Lait*, 60(598), 447-457.
- Afif, A., Faid, M., & Najimi, M. (2008).** Qualité microbiologique du lait cru produit dans la région de Tadla au Maroc. *Reviews in Biology and Biotechnology*, 7(1), 2-7.
- Afrin, S., Gasparrini, M., Forbes-Hernandez, T. Y., Reboredo-Rodriguez, P., Mezzetti, B., Varela-López, A., ...& Battino, M. (2016).** Promising health benefits of the strawberry: a focus on clinical studies. *Journal of agricultural and food chemistry*, 64(22), 4435-4449.
- Alvarez-Suarez, JM, Dekanski, D., Ristić, S., Radonjić, NV, Petronijević, ND, Giampieri, F., & Quiles, JL (2011).** Les polyphénols de fraise atténuent les lésions gastriques induites par l'éthanol chez les rats par l'activation des enzymes antioxydantes et l'atténuation de l'augmentation du MDA. *PLoS One*, 6 (10), e25878.
- Arend, G. D., Adorno, W. T., Rezzadori, K., Di Luccio, M., Chaves, V. C., Reginatto, F. H., & Petrus, J. C. C. (2017).** Concentration of phenolic compounds from strawberry (*Fragaria X ananassa* Duch) juice by nanofiltration membrane. *Journal of Food Engineering*, 201, 36-41.

B

- **Blaschek, K. M., Wendorff, W. L., & Rankin, S. A. (2007).** Survey of salty and sweet whey composition from various cheese plants in Wisconsin. *Journal of dairy science*, 90(4), 2029-2034.
- Basu, A., Nguyen, A., Betts, N. M., & Lyons, T. J. (2014).** Strawberry as a functional food: an evidence-based review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 54(6), 790-806.
- BENAMARA, R. N. (2017).** Intitulé de la thèse (Doctoral dissertation, Université de Tlemcen).
- Benamara, S., & Agougou, A. (2003).** Production des jus alimentaires technologie des industries agroalimentaires. Office des publications universitaires, Alger.
- Bensadón, S., Hervert-Hernández, D., Sáyago-Ayerdi, S. G., & Goñi, I. (2010).** Byproducts of *Opuntia ficus-indica* as a source of antioxidant dietary fiber. *Plant foods for human nutrition*, 65(3), 210-216.
- Boiron, P., & Périlleux, E. (1996).** Organisation et biologie des champignons. Nathan.

Références bibliographique

-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.

-Boubekri, C. (2014). Etude de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de Solanum melongena par des techniques électrochimiques (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider Biskra).

-Boudjema, K., Fazouane-Naimi, F., Hellal, A., & Mechakra, A. (2009). Optimisation et modèle de production d'acide lactique par Streptococcus thermophilus sur lactosérum. Sciences & Technologie C, (29), 80-90.

-Bougandoura, N., & Bendimerad, N. (2013). Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de Satureja calamintha sp. Nepeta (L.) Briq. Nature & Technology, (9), 14.

-Braesco, V., Gauthier, T., & Bellisle, F. (2013). Jus de fruits et nectars. Cahiers de nutrition et de diététique, 48(5), 248-256

-Bulatović, M. L., Rakin, M. B., Mojović, L. V., Nikolić, S. B., Vukašinović-Sekulić, M. S., & Đukić-Vuković, A. P. (2014). Improvement of production performance of functional fermented whey-based beverage. Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, 20(1), 1-8.

-Buruleanu, L., & Manea, I. (2006). INFLUENCE DES TRAITEMENTS THERMIQUES SUR LA COMPOSITION DES JUS VEGETAUX-SUBSTRATS POUR LA FERMENTATION LACTIQUE♦.

C

-Campos, RP, Kwiatkowski, A., Tonhi, CD, & Clemente, E. (2012). Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des fraises biologiques conservées avec les biofilms et la réfrigération. Journal of Food Research , 1 (3), 247.

-Chambre d'agriculture de la wilaya de Jijel. (2014). La fraise à Jijel, 3p.

-Cendres, A. (2010). Procédé novateur d'extraction de jus de fruits par micro-onde: viabilité de fabrication et qualité nutritionnelle des jus. Avignon.

Références bibliographique

-**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

-**Codex STAN, « Norme général pour les jus et les nectars de fruits ».** (2005), N°247.

-**Cordenunsi, B. R., Nascimento, J. D., & Lajolo, F. M. (2003)**. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. *Food Chemistry*, 83(2), 167-173.

-**Crespo, P., Bordonaba, J. G., Terry, L. A., & Carlen, C. (2010)**. Characterisation of major taste and health-related compounds of four strawberry genotypes grown at different Swiss production sites. *Food Chemistry*, 122(1), 16-24.

D

-**Darrow, G. M. (1966)**. The strawberry. History, breeding and physiology. *The strawberry. History, breeding and physiology*.

-**Dominguez Lopez, A. (2002)**. Caractérisation et optimisation de la flaveur de jus d'orange non fait de concentré.

-**Doukani, K., & Tabak, S. (2015)**. Profil Physicochimique du fruit "Lendj" (*Arbutus unedo* L.). *Nature & Technology*, (12), 51.

E

-**Espiard, E. (2002)**. Introduction à la transformation industrielle des fruits. Tec & Doc, Paris.

F

-**Faid, S. M. A., Fadlalla, E. A. S., & Khojah, E. Y. (2017)**. Antidiabetic and Antioxidant Effects of Grapefruit, Mango and Strawberry Juice in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. *Journal of Applied Life Sciences International*, 11, 1-13.

-**Flavo: Odriozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2008)**. Phenolic acids, flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity of strawberry juices processed by high-intensity pulsed electric fields or heat treatments. *European Food Research and Technology*, 228(2), 239.

G

Références bibliographique

- **Guimarães, P. M., Teixeira, J. A., & Domingues, L. (2010).** Fermentation of lactose to bio-ethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorisation of cheese whey. *Biotechnology advances*, 28(3), 375-384.
- 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.
- Ghasemi, M., Najafpour, G., Rahimnejad, M., Beigi, P. A., Sedighi, M., & Hashemiyeh, B. (2009).** Effect of different media on production of lactic acid from whey by *Lactobacillus bulgaricus*. *African Journal of Biotechnology*, 8(1).
- Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J. M., Mazzoni, L., Romandini, S., Bompadre, S., Diamanti, J., ... & Tulipani, S. (2013).** The potential impact of strawberry on human health. *Natural product research*, 27(4-5), 448-455.
- Giampieri, F., Forbes-Hernandez, T. Y., Gasparrini, M., Afrin, S., Cianciosi, D., Reboredo-Rodriguez, P., ... & Battino, M. (2017).** The healthy effects of strawberry bioactive compounds on molecular pathways related to chronic diseases. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1398(1), 62-71.
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2012).** The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28(1), 9-19.
- Gillard, S. (2009).** Les dihydrochalcones de la pomme: extraction, séparation et intérêt médical (Doctoral dissertation).
- Goldstein, G., Ortega, J.K., Nerd, A., & Nobel, P.S. (1991).** Diel patterns of water potential components for the crassulacean acid metabolism plant *Opuntia ficus-indica* when well – watered or droughted. *Plant Physiology*, 95 (1), 274-280.
- Guillet, F., Bonnefoy, C., Leyral, G., & Verne-Bourdais, É. (2002).** *Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires*. Wolters Kluwer France.
- Guimarães, R., Barros, L., Barreira, J. C., Sousa, M. J., Carvalho, A. M., & Ferreira, I. C. (2010).** Targeting excessive free radicals with peels and juices of citrus fruits: grapefruit, lemon, lime and orange. *Food and Chemical Toxicology*, 48(1), 99-106.

Références bibliographique

-Huang, W. Y., Zhang, H. C., Liu, W. X., & Li, C. Y. (2012). Survey of antioxidant capacity and phenolic composition of blueberry, blackberry, and strawberry in Nanjing. *Journal of Zhejiang University Science B*, 13(2), 94-102.

I

-Imbert-Pondaven, A. (1977). Étude de l'évolution de la composition des lactosérums au cours de leur conservation. *Le Lait*, 57(568), 521-546.

J

-Journaux officiels. (2005). Industrie des jus de fruits, nectars et produits dérivés.

-Jules, V. (2010). Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales, Lexicographie.

K

Kalantzakis, G., Blekas, G., Pegklidou, K., & Boskou, D. (2006). Stability and radical scavenging activity of heated olive oil and other vegetable oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108(4), 329-335.

- Kalui, C., Mathara, J., Kutima, P., Kiiyukia, C., &Wongo, L. (2009). Functional characteristics of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus rhamnosus* from ikii, a Kenyan traditional fermented maize porridge. *African Journal of Biotechnology*, 8(18).

-Kebbouche-Gana, S., &Touzi, A. (2001). Valorisation du lactosérum par la production de levures lactiques avec les procédés de fermentation continue et discontinue.

-Kopf-Bolanz, K., Bisig, W., Jungbluth, N., &Denkel, C. (2015). Potentiel quantitatif de valorisation du petit-lait dans l'alimentation humaine en Suisse. *RECHERCHE AGRONOMIQUE SUISSE*, 270.

L

- Linden, G., & Lorient, D. (1994). Biochimie agro-industrielle : valorisation alimentaire de la production. *Bioquimicaagroindustrial*.

-Labioui, H., Elmoualdi, L., Benzakour, A., El Yachioui, M., El Hassan Berny, E. H., &Ouhssine, M. (2009). Etude physicochimique et microbiologique de laits crus. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 148, 7-16.

Références bibliographique

- Lapointe-Vignola, C. (2002).** Science et technologie du lait : transformation du lait. Presses inter Polytechnique.
- Lefebvre, A., & Bassereau, J. F. (2003).** L'analyse sensorielle, une méthode de mesure au service des acteurs de la conception: ses avantages, ses limites, ses voies d'amélioration. Application aux emballages, 10, 3-11.
- Lortal, S., & Boudier, J. F. (2011).** La valorisation de la matière première lait, évolution passée et perspectives. Innovations Agronomiques, 13, 1-12.
- Lupien, J. R. (1998).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO. Alimentation et Nutrition.
- Luquet & Francois M. (1990).** Lait et les produits laitiers, vache, brebis, chèvre. Tome II. Techniques et documentation- Lavoisier, 621p.

M

- Mansour, L. M. (2018).** Etude de l'influence des pratiques d'élevage sur la qualité du lait: effet de l'alimentation (Doctoral dissertation).
- Matijević, B., Lisak, K., Božanić, R., & Tratnik, L. (2011).** Impact of enzymatic hydrolyzed lactose on fermentation and growth of probiotic bacteria in whey. *Mljekarstvo*, 61(2), 154.
- Meyer, C., & Duteurtre, G. (1998).** Equivalents lait et rendements en produits laitiers: modes de calculs et utilisation. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 51(3), 247-257.
- Michel, V., Hauwuy, A., & Chamba, J. F. (2001).** La flore microbienne de laits crus de vache: diversité et influence des conditions de production. *Le Lait*, 81(5), 575-592.
- Mishra, K., Ojha, H., & Chaudhury, N. K. (2012).** Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Food chemistry*, 130(4), 1036-1043.
- Mishra, R., & Kar, A. (2014).** Effect of storage on the physicochemical and flavour attributes of two cultivars of strawberry cultivated in northern India. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Minguez-Mosquera, M. I., Gandul-Rojas, B., Montañó-Asquerino, A., & Garrido-Fernández, J. (1991).** Determination of chlorophylls and carotenoids by high-performance liquid chromatography during olive lactic fermentation. *Journal of Chromatography A*, 585(2), 259-266.

Références bibliographique

N

-Normes de qualité des aliments des jus de fruits. (2012), Version 1.0, FC A-85-269-002/FP-Z01.

O

-Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reaction. The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics, 44(6), 307-315.

P

-Pega, J., Denoya, G. I., Castells, M. L., Sarquis, S., Aranibar, G. F., Vaudagna, S. R., & Nanni, M. (2018). Effect of High-Pressure Processing on Quality and Microbiological Properties of a Fermented Beverage Manufactured from Sweet Whey Throughout Refrigerated Storage. Food and Bioprocess Technology, 11(6), 1101-1110.

-Potel, A. M., & Carlen, C. (2005). Qualité des fraises: effets de la variété, du rapport feuille/fruit, de la période de récolte et du stade de maturité. Revue suisse de viticulture, arboriculture et horticulture, 37(2), 87-96.

R

-RANDRIATIANA, R., RANAIVOSON, R., & ANDRIANIRINA, N. (2003). Valorisation des fraises d'Ambatofotsy.

- Risner, D., Shayevitz, A., Haapala, K., Meunier-Goddik, L., & Hughes, P. (2018). Fermentation and distillation of cheese whey: Carbon dioxide-equivalent emissions and water use in the production of whey spirits and white whiskey. Journal of dairy science, 101(4), 2963-2973.

-Ryan, M. P., & Walsh, G. (2016). The biotechnological potential of whey. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 15(3), 479-498.

S

- Sadok, H. T., Aid, F., Doumandji, A., & Bellal, M. (2014). Effet du jus de cladodes d'*Opuntia ficus indica* sur la fermentation du lait et la croissance des bactéries lactiques et probiotiques. Nature & Technology, (11), 17.

Références bibliographique

- Sánchez, J., Hernández, E., Auleda, J. M., &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.
- Santich, B. (2013).** 500 plants comestibles: histoire, botanique, alimentation. Delachaux et Nistlé, Paris.
- Saulnier, F., Calco, M., Humbert, G., & Linden, G. (1996).** Composition minérale et organique de différents lactosérums acides industriels, analysée par électrophorèse capillaire. *Le Lait*, 76(5), 423-432.
- Shukla, M., Jha, Y. K., &Admassu, S. (2013).** Development of probiotic beverage from whey and pineapple juice.*J Food ProcessTechnol*, 4(2), 1-4.
- Simard, E. (2005).** La valorisation du lactosérum par fermentation: description et facettes d'une nouvelle technologie (Doctoral dissertation, Université du Québec, Institut National de la Recherche Scientifique).
- Siso, M. G. (1996).** The biotechnological utilization of cheese whey: a review. *Bioresource Technology*, 57(1), 1-11.
- Smithers, G. W., Ballard, F. J., Copeland, A. D., de Silva, K. J., Dionysius, D. A., Francis, G. L., ... & Pearce, R. J. (1996).** New opportunities from the isolation and utilization of whey proteins. *Journal of Dairy Science*, 79(8), 1454-1459.
- Souza, J. L. F., da Silva, M. A. P., da Silva, R. C. F., do Carmo, R. M., de Souza, R. G., Celia, J. A., ... &Nicolau, E. S. (2016).** Effect of whey storage on physicochemical properties, microstructure and texture profile of ricotta cheese. *African Journal of Biotechnology*, 15(47), 2649-2658.
- Serra Bonvehi, J., Soliva Torrentó, M., & Centelles Lorente, E. (2001).** Evaluation of polyphenolic and flavonoid compounds in honeybee-collected pollen produced in Spain. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(4), 1848-1853.

T

- Tiwari, B. K., O'donnell, C. P., Patras, A., Brunton, N., & Cullen, P. J. (2009).** Effect of ozone processing on anthocyanins and ascorbic acid degradation of strawberry juice.*Food Chemistry*, 113(4), 1119-1126.

Références bibliographique

-Toullec, R., Thivend, P., Mathieu, C. M., Raynal, C., Rigaud, J., &Manis, Y. (1971). UTILISATION DES PROTÉINES DU LACTOSÉRUM PAR LE VEAU PRÉRUMINANT A L'ENGRAIS. I.—VIDANGE STOMACALE COMPARÉE DU LAIT ENTIER ET DE DEUX LAITS DE REMPLACEMENT NE CONTENANT QUE DES PROTÉINES DE LACTOSÉRUM COMME SOURCE DE MATIÈRES AZOTÉES. In Annales De Biologie Animale Biochimie Biophysique (Vol. 11, No. 3, pp. 435-453). EDP Sciences.

γ

-Verling, E (2008). Aliments et boissons filières et produits. 3ème édition Biosciences et techniques. Paris,pp, 15-16.

W

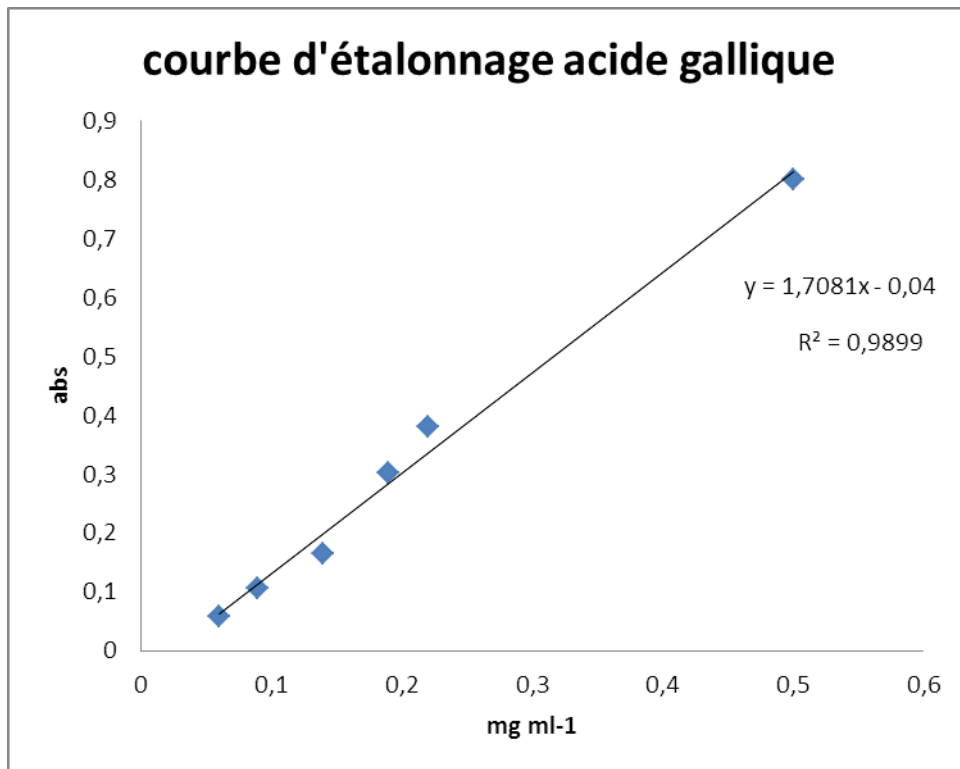
-Wong, N. P., La Croix, D. E., &McDonough, F. E. (1978). Minerals in whey and whey fractions. Journal of dairy science, 61(12), 1700-1703.

γ

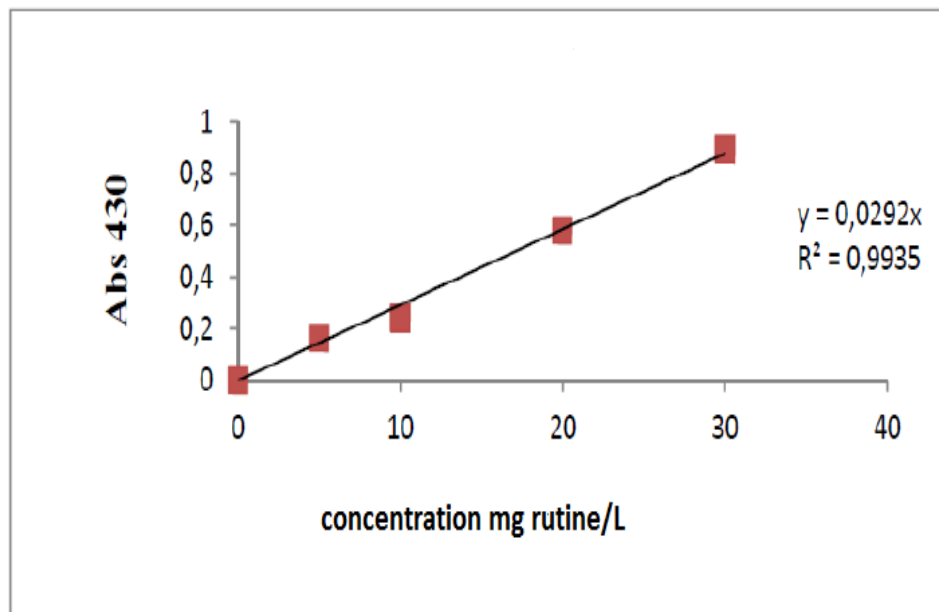
- Yao, A. A., Egounlety, M., Kouame, L. P., &Thonart, P. (2009). Les bactéries lactiques dans les aliments ou boissons amylacés et fermentés de l'Afrique de l'Ouest: leur utilisation actuelle. Ann. Méd. Vét, 153, 54-65.

ANNEXES

Annexe 01 : Courbe d'étalonnage des composés phénoliques (Acide gallique)



Annexe 02 : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes (rutine)



ANNEXES

Annexe 03 : questionnaire d'évaluation hédonique d'un jus de fraise à base du lactosérum

Questionnaire d'évaluation hédonique d'un jus de la fraise à base du lactosérum :

Date : .../.../....

Age : ...ans

Sexe : Masculin

Féminin

I.1. Préférence générale :

- Choisissez lequel vous préférez par rapport à l'ensemble des caractères organoleptique :

A

B

C

D

II.2. Paramètres ayant motivé la préférence générale :

- Quatre échantillons de jus de la fraise à base du lactosérum codé A, B, C, D vous sont présentés, il vous demandé de les goûter successivement et de donner une note de préférence de 1 à 9 pour chaque échantillon selon les descripteurs suivants : (la couleur, consistance, saveur et l'acceptabilité globale).

Echantillons \ Descripteurs	A	B	C	D
Couleur				
Consistance				
Saveur				
Acceptabilité globale				

« Merci pour votre participation »

ANNEXES

- **Les résultats de préférence générale**

Les échantillons	Les dégustateurs
A (75/25)	3
B (70/30)	4
C (65/35)	8
D (50/50)	10
Total	25

- **Selon le sexe**

Ech	Masculin	Féminin
A	0	3
B	3	1
C	3	5
D	3	7

- **Préférence selon les descripteurs sensoriels**

- **Pour la couleur**

Les notes et leurs répétitions									
Ech	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	0	0	1	1	7	8	5	3	0
B	0	0	0	0	2	7	8	6	2
C	0	0	0	0	1	4	10	8	2
D	0	0	0	0	0	0	3	6	16

- **Pour la consistance**

Les notes et leurs répétitions									
Ech	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	0	1	1	1	5	6	8	2	1
B	0	0	0	0	2	10	11	0	2
C	0	0	0	1	2	4	7	8	3
D	0	0	0	1	1	5	3	6	9

ANNEXES

- Pour la saveur

Les notes et leurs répétitions									
Ech	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	0	1	0	2	3	4	6	6	3
B	0	0	0	0	5	3	9	5	3
C	0	0	0	2	2	1	8	8	4
D	0	0	0	0	3	4	6	6	6

- Pour l'acceptabilité générale

Les notes et leurs répétitions									
Ech	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	0	0	0	1	3	7	8	5	1
B	0	0	0	1	2	7	8	5	2
C	0	0	0	0	2	5	5	9	4
D	0	0	0	3	1	3	5	5	8

• Moyennes préférence selon les descripteurs sensoriels

Ech	la couleur	la consistance	la saveur	l'acceptabilité générale
A	5,96	5,84	6,64	6,52
B	6,96	6,6	6,92	6,68
C	7,24	7,56	7,2	7,32
D	12,45	7,12	7,32	7,28

ANNEXES

Annexe 04 : Liste des matériels et réactifs

Matériels	Réactifs
<ul style="list-style-type: none">•Bain marie•Balance de précision•Balance analytique•Micropipettes•pH mètre•Plaque agitatrice•Spectrophotomètre•Vortex•Réfractomètre•Réfrigérateur•Four à moufle•Creusets• Haute• Bec benzène• Autoclave• Etuves à différentes températures• Entonnoirs• Portoir• Pipette pasteur• Spatule•Pipette• Tubes à essais stériles• Boîtes de pétris stériles• Fioles• Flacon stériles• Burette•Compteur des colonies.•Dessiccateur•Bécher	<ul style="list-style-type: none">• Phénolphtaléine• NaOH•Folin Ciocalteu•carbonate de sodium (Na₂CO₃)•chlorure d'aluminium (AlCl₃ 2%)•rutine•Acide gallique•pH 1 et pH 4,5•DPPH•tampon phosphate•ferricyanure de potassium [K₃Fe(CN)₆]•chlorure ferrique•Acide trichloracétique

Résumé

Ce travail s'est articulé autour de trois grands axes, dont le premier concerne la préparation des matières premières (lactosérum et jus de fraise) en vue de la production d'un jus de fraise à base de ce lactosérum dans le but de sa valorisation, et la préparation de quatre mélanges de différentes concentrations (75/25 noté A, 70/30 noté B, 65/35 noté C, et 50/50 noté D). Le deuxième concerne les analyses physico-chimique, microbiologique pour les matières premières et les mélanges (avec l'analyse sensorielle), tandis que le dernier est la préparation à partir de mélange préféré une boisson fermentée par *Lactobacillus plantarum* et *Lactococcus lactis* l'évaluation de la qualité physicochimique, microbiologique et sensorielle de cette boisson pendant le temps de stockage à 4°C. Le résultat obtenu lors de cette étude montre que les jus préparé à base du lactosérum à une qualité microbiologique acceptable, généralement une bonne qualité physico-chimique. Ainsi, l'évaluation hédonique montre que le jus de mélange V65/35 noté C est le plus apprécié pour la production d'une boisson probiotique. Nous avons obtenu une boisson lactée et fermentée avec des cellules bactériennes viables conduisant à la diminution de pH et du °Brix et à la production des acides.

Mots clés : lactosérum, fraise, valorisation, jus, mélanges, bactéries lactiques, probiotiques, fermentation.

Summary

This work has focused on three main areas, the first of which concerns the preparation of raw materials (whey and strawberry juice) for the production of a strawberry juice based on this whey for the purpose of its recovery , and the preparation of four mixtures of different concentrations (75/25 rated A, 70/30 denoted B, 65/35 denoted C, and 50/50 denoted D). The second concerns physico-chemical, microbiological analyzes for raw materials and blends (with sensory analysis), while the latter is the preparation from a mixture of a drink fermented by *Lactobacillus plantarum* and *Lactococcus lactis* the evaluation of the physicochemical, microbiological and sensory quality of this drink during the time of storage at 4 ° C. The result obtained in this study shows that whey-based juices are of acceptable microbiological quality, generally of good physical quality. Thus, the hedonic evaluation shows that the noted V65 / 35 mixture juice is most appreciated for the production of a probiotic drink. We obtained a milky and fermented drink with viable bacterial cells leading to the decrease of pH and of total soluble solids and production of acids.

Key words: whey, strawberry, beneficiation, juice, mixtures, lactic acid bacteria, probiotics, fermentation

ملخص

ركز هذا العمل على ثلاثة محاور رئيسية، الأولى تتعلق بإعداد المواد الخام (مصل اللبن و عصير الفراولة) لإنتاج عصير الفراولة على أساس هذا المصل لغرض استغلاله ، و تحضير الخلائط الأربعة ذات التركيز المختلف، و الثاني يتعلق بالتحاليل الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية للمواد الخام والخلائط (مع التحاليل الحسية) في حين أن آخرها هو إعداد - من الخليط المفضل - مشروب متخمّر بواسطة *Lactobacillus plantarum* و *Lactococcus lactis* وتقييم الجودة الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية والحسية لهذا الشراب خلال وقت التخزين في 4 درجة مئوية. تظهر النتيجة التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة أن العصائر المبنية على أساس مصّل اللبن لها جودة ميكروبيولوجية مقبولة ، عموماً دو نوعية فيزيوكيميائية جيدة. وهكذا، فإن التحاليل الحسية تبين أن عصير الخليط C هو الأكثر تقديراً لاستمرار التخمّر. في النهاية ، لدينا مشروب مشتق من الألبان ومخمّر بواسطة بكتيريا قابلة للحياة تؤدي إلى انخفاض الرقم الهيدروجيني و مجموع المواد الصلبة القابلة للذوبان وإنتاج الأحماض .

الكلمات المفتاح: مصّل اللبن، الفراولة، الإثمار، العصير، المخالط، بكتيريا حمض اللاكتيك، البروبيوتيك ، التخمّر