

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES.

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE
ET DE BIOCHIMIE.

N°:.....



DOMAINE : SCINCES DE LA NATURE
ET DE LA VIE.

FILIERE : SCIENCES ALIMENTAIRES.

OPTION : qualité des produits et sécurité
alimentaires

**Mémoire présenté pour l'obtention
du diplôme de Master Professionnel**

Par :

BENAZI Walaa et BENAZI Fella

Intitulé

**Caractérisation d'une boisson
à base de lactosérum.**

Soutenu devant le jury composé de :

Dr. FREIDJA Mohamed Lamine	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Président
Dr. RAHALI Abdallah	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Examineur
Dr. HAMMOUI Yasmina	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Rapporteur

Année universitaire : 2022 /2023.

Remerciements

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Mme HAMMOUI Yasmina**, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, ses conseils précieux et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire. Nous sommes conscientes de l'honneur que nous a fait **Dr FREIDJA Mohamed lamine** en étant président du jury et **Mr Rahali Abdallah** avoir accepté d'examiner ce travail. Nos remerciements s'adressent à Les ingénieurs de laboratoire du département de biochimie et de microbiologie **Mme. MEREH Safia**, **Mme. BEN YATTOU Meriem**, et **Mme. NOUI MEHIDI Ilham** pour nous avoir assistés lors de notre passage au laboratoire. Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles. Nos profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidés et soutenus de près ou de loin. Sans oublier de remercier également les dégustateurs experts et naïfs qui ont participé à la séance d'analyse sensorielle pour leur participation active, sans laquelle cette étude n'aurait pas été possible et nos collègues de QPSA*

Dédicace

*Je dédie mon travail à celle qui m'a donné la vie, la source de la tendresse la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; ma chère mère « **anissa** » qui m'a apporté son appui durant toute mes années d'étude. A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, A mon cher père « **fares** » qui m'a entouré de tous ses encouragements et son aide durant toute la période de mes études À mes sœurs et frères **Ali**, **newfel**, **imarane** et **sidra** qui par leurs prières et leurs encouragement j'ai pu surmonter tous les obstacles.*

*A ma chère partenaire dans ce travail **benazi walaa**, qui m'as toujours appris la patience, le courage et l'optimisme. Je te Souhaite tout le bonheur du monde*

A mes tantes, mes ancles, mes grands-parents, mes cousins et cousines,

Et enfin à toute personne qui m'a aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Fella

Dédicace

Je dédie mon travail à celle qui m'a donné la vie, la source de la tendresse, pour vous qui avez toujours eu les bras ouverts et votre cœur ma

*Chère mère «**Assia** » Pour le grand amour de ma vie, mon père. «**Abedalaziz** » celui qui ne me laissera jamais tomber, L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect., que dieu le garde et le protège.*

*A mes frères **Ismail** et **younes** et ma sœur **imane** ma belle-sœur **ichraq** que je les aime beaucoup et qui m'ont soutenu et entouré tout au long de cette période.*

*À mes chers neveux « **Taim &Aziz** » et ma nièce « **Ilina** »*

A toute ma famille

*A mon binôme **benazi fella** et à toute sa famille*

Et enfin à toute personne qui m'a aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail

walaa

Résumé

L'objectif principal de ce travail est l'optimisation de formulation d'une boisson à base de lactosérum et de jus de fraise en appliquant " les plans de mélange". Huit formulations ont été préparées. Une caractérisation de la qualité physico-chimique et microbiologique ont été appliquées pour les composants entrants dans la préparation ainsi que pour les produits préparés. À partir des résultats obtenus, la formulation optimale avait enregistré un pH de 4,52; une acidité de 45,33°D, un taux d'humidité de 96,67% et un taux de cendre de 2,46% , une teneur en polyphénols totaux de 3,68 mg Eq.AG/g et en flavonoïde totaux de 0,09 mg Eq. R/g. Les résultats d'analyse microbiologique avaient confirmés une qualité hygiénique acceptable des produits.

Mots clés : optimisation, plan de mélange, boisson à base de lactosérum et de jus de fraise, analyse sensorielle.

Abstract :

The main objective of this work is the optimization of the formulation of a drink based on whey and strawberry juice by applying "mixture design". Eight formulations were prepared. A characterization of the physico-chemical and microbiological quality were applied for the components entering the preparation as well as for the prepared products. From the results obtained, the optimal formulation had recorded a pH of 4.52; an acidity of 45.33°D, a moisture content of 96.67% and an ash content of 2.46%, a content of total polyphenols of 3.68 mg Eq.AG/g and total flavonoid of 0.09mg Eq. R/g. The microbiological analysis results had confirmed the acceptable hygienic quality of the products.

Keywords : optimization, mixture design, whey and strawberry juice, sensory analysis.

ملخص

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تحسين صياغة مشروب على أساس مصل اللبن وعصير الفراولة من خلال تطبيقي "خطط الخلط". تم تحضير ثمانية تركيبات. تم تطبيق توصيف الجودة الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية للمكونات الداخلة في المصنوعات وكذلك للمنتجات المحضرة. من النتائج التي تم الحصول عليها، سجلت الصيغة المثلى درجة حموضة 2,4؛ حموضة 24,4 درجة مئوية، محتوى رطوبة 96,67%.. أكدت نتائج التحليل الميكروبيولوجي الجودة الصحية المقبولة للمنتجات.

الكلمات الأساسية: التحسين، خطة الخلط، المشروبات على أساس مصل اللبن وعصير الفراولة، التحليل الحسي.

Liste des abréviations

% : pourcentage.

°C : degré Celsius.

°D : Degré Dornic.

ABS : absence.

ACP: Analyse de la composante principale

AG/g:acide gallique par gramme.

ANOVA : analyses de la variance.

g : gramme.

h:heure.

JMP: John's Macintosh Project.

KCl : Chlorure de potassium.

Kg: kilo gramme.

l : litre.

Mg : milli gramme.

min : minute.

ml: millilitre.

N : normalité.

NaCl : Chlorure de sodium.

NaOH : hydroxyde de sodium.

nm : nanomètre.

P : probabilité.

PCA : plant count agar.

pH : potentiel d'hydrogène.

R/g: rutine par g.

Sarl: société à responsabilité limitée.

TFC: teneur en flavonoïdes totaux.

TPC: teneur en polyphénols totaux.

ul : microlitre.

VRBL : violet red bile lactose agar.

Liste des figures

Figure 1: Voies technologiques permettant l'obtention de principaux types de lactosérum issus de la première transformation du lait	5
Figure 2: La répartition de la production nationale de la fraise	9
Figure 3: La représentation des plans de mélange à trois constituants à l'aide d'un triangle équilatéral.....	12
Figure 4: La représentation des plans de mélange à quatre constituants à l'aide d'un tétraèdre	13
Figure 5: Les étapes de préparation de la pectine, à partir de la pomme verte	15
Figure 6: Les étapes de préparation du jus de fraise	15
Figure 7: Les étapes de préparation du sirop de datte	16
Figure 8: Les étapes de préparation de la boisson à base de lactosérum.....	17
Figure 9: Profil de prédiction des conditions optimales de la boisson à base de lactosérum...	27
Figure 10a : Les attributs sensoriels pénalisés pour la boisson à base de lactosérum et de jus de fraise nommée "F1" codé en 305.....	29
Figure 10b : Les attributs sensoriels pénalisés pour boisson à base de lactosérum et de jus de fraise nommée "F2" codé en 256	29
Figure 10c : Les attributs sensoriels pénalisés pour boisson à base de lactosérum et de jus de fraise nommée "F3" codé en 751.....	30
Figure 10d: Les attributs sensoriels pénalisés pour boisson à base de lactosérum et de jus de fraise nommée "F4" codé en 931.....	30
Figure 10e Les attributs sensoriels pénalisés pour boisson à base de lactosérum et de jus de fraise nommée "F5" codé en 416.....	31
Figure 10f : Les attributs sensoriels pénalisés pour boisson à base de lactosérum et de jus de fraise nommée "F6" codé en 167... ..	31
Figure 10g : Les attributs sensoriels pénalisés pour boisson à base de lactosérum et de jus de fraise nommée "F7" codé en 100... ..	32
Figure 10h : Les attributs sensoriels pénalisés pour boisson à base de lactosérum et de jus de fraise nommée "F8" codé en 667... ..	33
Figure 11 : La corrélation entre les variables et les facteurs du panel expert, pour les produits préparés.....	34
Figure 12 : La carte des préférences des huit produits étudiés	35

Liste des tableaux

Tableau 1: Les différents types de lactosérum	4
Tableau 2: Composition du lactosérum doux et du lactosérum acide	6
Tableau 3: Teneur du lactosérum en sels minéraux.....	7
Tableau 4: Teneur du lactosérum en vitamines.....	7
Tableau 5: Les limites inférieurs et supérieurs pour les facteurs entrant dans la formulation de boisson à base de lactosérum et de jus de fraise	16
Tableau 6: Les proportions des huit formulations de boissons, à base de lactosérum et de jus de fraise, préparées en appliquant le plan de mélange “Extreme Vertices-Polyèdre Convexe”.....	16
Tableau 7: Les quantités d’ingrédients utilisés dans la préparation de 60ml de boisson, pour chaque formulation.....	17
Tableau 8: Les microorganismes recherchés et leurs milieux d’ensemencement, ainsi que leurs durées d’incubation	21
Tableau 9 : Les résultats d’analyses physico-chimiques des constituants entrant dans la préparation de la boisson préparée à base de lactosérum	23
Tableau 10 : Résultats de dosage des polyphénols totaux, et des flavonoïdes totaux des constituants entrant dans la préparation de boisson préparée à base de lactosérum.....	23
Tableau 11 : Les résultats des analyses physico-chimiques des huit formulations préparés	24
Tableau 12: Les résultats de dosage des polyphénols totaux, et des flavonoïdes totaux de huit formulations	25
Tableau 13 : Valeurs prédictives et expérimentales de la formulation optimale pour les paramètres physico-chimiques de la boisson préparée à base de lactosérum et de jus de fraise	28
Tableau 14 : Les caractéristiques des boissons préparées à base de lactosérum et de jus de fraise, nommées “F1”, “F2”, “F3”, “F4”, “F5”, “F6”, “F7”, “F8” pénalisées négativement.....	33
Tableau 15 : pourcentage de juges satisfaits pour chaque produit.....	36

Table Des Matières

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction	1
---------------------------	----------

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Lactosérum.....	3
I.1.1. Origine du lactosérum	3
A. La beurrerie.....	3
B. La fromagerie	3
I.1.2. Les types de lactosérum.....	3
A. Le lactosérum Doux	4
B. Le lactosérum acide.....	4
I.1.3. Caractéristique du lactosérum.....	4
I.1.4. Composition chimique du lactosérum.....	5
A. Le lactose	6
B. Les protéines du lactosérum.....	6
C. La matière grasse.....	6
D. Les sels minéraux et vitamines	7
I.1.5. Utilisation de lactosérum	7
A. Alimentation pour animaux	7
B. Alimentation humaine.....	8
I.2. La Fraise	8
I.2.1. La composition de fraise	9
I.2.2. Intérêt et bienfaits	9
I.3. Les boissons à base du lactosérum.....	10
I.3.1. Définition des jus	10
I.3.2. Procédés de production d'une boisson lactée.....	11
A. Le mélange des ingrédients thermique	11
C. Le refroidissement	11
D. Le conditionnement	11
I.4. Analyse sensorielle	11
I.4.1. Utilisation de l'analyse sensorielle	11
I.5. Le plan de mélange.....	12
I.5.1. La conception de "Extreme Vertices Design—le Polyèdre Convexe"	12
I.5.2. La représentation géométrique des plans de mélange.....	12

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1. Le choix de plan de mélange	14
II.2. Matériel végétal.....	15
A. Le Lactosérum	15
B. La préparation de la pectine.....	15
C. Préparation de jus de la fraise	15
D. La préparation de sirop de datte.....	16

II.3. La procédure de la préparation de la boisson à base de lactosérum et de jus de fraise	16
II.4. Les analyses physico-chimiques de la matière première et de la boisson préparée à base de lactosérum et de jus de fraise	18
A. La mesure du Potentiel Hydrogène (pH).....	18
B. La détermination de l'acidité titrable	18
C. Le taux en humidité.....	18
D. Le taux des cendres	19
E. Test de protéine.....	19
F. Test de sucres réducteurs.....	19
G. Dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes totaux.....	19
G.1. Dosage des polyphénols totaux	19
G.2. Dosage des flavonoïdes	20
II.5. Analyses microbiologiques.....	21
II.6. Analyse sensorielle.....	21
A. Conditions de réalisation des tests sensorielles.....	21
B. Quantité offerte	21
C. Jury.....	21
D. Principe du test.....	22
II.7. Analyse statistique	22

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1. Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques des constituants entrant dans la préparation de boisson préparée à base de lactosérum..	23
III.2. Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques des boissons préparées à base de lactosérum et de jus de fraise	23
III.2.1. Les résultats d'analyses physico-chimiques.....	23
A. La mesure de pH et de l'acidité titrable.....	24
B. Détermination de taux de l'humidité et de taux des cendres	25
C. La teneur en polyphénols totaux (TPC) et la teneur en flavonoïdes totaux (TFC).....	25
III.2.2. Les résultats des analyses microbiologiques	26
III.2.3. Les résultats d'optimisation de la formulation	26
III.3. Les résultats de l'analyse sensorielle	28
A. Analyse de pénalités.....	28
B. Analyse de la composante principale (ACP).....	34
C. La cartographie externe de préférence (PREFMAP).....	35
Conclusion et perspectives.....	37

Références bibliographique

Annexe

Introduction

Introduction

Introduction

Le développement du secteur industriel accompagné, de plus en plus, par des conséquences néfastes et irréversible sur l'environnement et sur la santé publique, incite les écologistes et les biologistes de s'intéresser encore plus à la recherche des procédés et des techniques innovantes qui servent à limiter les déchets générés par les industries (**Boudjema et al., 2009**). La réglementation et les normes internationaux exigent de leur côté l'implication et l'investissement de l'industrie dans la recherche de solutions pour le traitement et la réduction de ses propres déchets. L'industrie laitière dans l'Algérie, qui pour la production fromagère, génère quotidiennement plus de 6000 litres/jour de lactosérum, soit pour 1kg de fromage produit, un résidu de 4 à 12 kg de lactosérum est rejeté (**Kebbouche-Gana et Touzi, 2001**).

Le lactosérum est un sous-produit issu de la préparation du fromage, il est défini comme la partie du liquide ou du sérum de lait résiduel qui reste après la coagulation du lait et la séparation du caillé. En effet, le lactosérum représente environ entre 85 et 95% du volume du lait et conserve environ 55% des éléments nutritifs du lait (**Lapointe-Vignola, 2002 ; Guimarães et al., 2010**). En 2013, la production du fromage en Algérie a été proche de 1540 tonnes, ce qui s'ait traduit par une génération d'environ 14 million de litres de lactosérum (**Bnaïssa, 2018**).

Avec une telle composition nutritionnelle, la valorisation de tel sous-produit se présente comme une opportunité à différent aspects. La production d'une boisson à base de lactosérum entier a connu ses débuts en Allemagne. Le concept consiste à mélanger le lactosérum, avec la pulpe de jus de fruits suivi d'une dispersion et homogénéisation du mélange obtenu (**Mann, 1971**).

En Algérie, la valorisation industrielle du lactosérum ne s'aperçoive pas encore comme une opportunité économique, d'autant que l'application de la réglementation portée sur le respect de l'environnement et sur la réduction des déchets industriels prend du temps pour une application plus strict par les industriels en question ; notamment que l'installation d'une partie de ces industries n'avait pas respecté les préoccupations environnementales. Cependant, les pouvoirs publics ont un travail colossal concernant le suivi de l'application de la réglementation portée sur de l'interdiction de rejet de déchets industriels dans la nature.

Aussi l'installation couteuse de nouvelles technologies industrielle, permettant de tel valorisation freine le développement de produits issus de la valorisation de lactosérum ou autre déchets noble issu de l'industrie agro-alimentaire. La préparation de boisson à base de lactosérum nécessite le mélange de jus de fruits et de lactosérum avec sélection de stabilisants

Introduction

et d'acidulants appropriés pour pouvoir développer des boissons à base de lactosérum et de jus de fruits ayant une appréciation sensorielle acceptable (**Shukla et al., 2013**).

Actuellement, les boissons préparées à base du mélange de fruits et de produits laitiers, nommées “boissons lactées” bénéficient d'une attention considérable, en vue de leurs valeur nutritive, leur composition riche en molécules d'antioxydants pouvant jouer un rôle dans la prévention contre des pathologies tel que le cancer (**Cano et Arnao, 2004**).

La production de boisson lactée nécessite une maîtrise précise de proportion d'ingrédients dans le mélange pour pouvoir préparer un produit apprécié au niveau gustatif tout en maîtrisant les paramètres technologiques de leur préparation, ce n'est guère une tâche facile, qui nécessite un investissement de long terme de la part de l'entreprise. Cependant, à cette étape d'essai de préparation de produit, “les plans d'expériences” s'inscrivent comme l'outil le plus efficace et le plus rentable pour l'optimisation de la préparation de produit (**Goupy, 2006**).

Une optimisation de nombre d'expériences par une approche pratique selon un modèle mathématique a été appliquée ; il s'agit “des plans de mélange” qu'est définie comme un type spécial “des plans d'expériences”, dans lequel les facteurs sont les composants de mélange et les réponses, qui sont les paramètres mesurés, varient en fonction des proportions des ingrédients formant le produit fini, ainsi les réponses attendues sont affectées par la variation des proportions (**Buruk sahin, 2016**).

L'analyse sensorielle ou métrologie sensorielle représente l'ensemble des méthodes et des outils qui permettent d'évaluer la qualité organoleptiques d'un produit, elle permet de décrire et de quantifier de manière systématique l'ensemble des perceptions sensorielles humaines. L'évaluation sensorielle d'un produit permet, la mesure de ses caractéristiques sensorielles appelées “attributs sensorielle”, ainsi que et la mesure du degré d'appréciation de ce produit auprès des consommateurs (**Lefebvre et Bassereau, 2003**)

Ce présent travail est orienté vers un essai de valorisation d'un sous-produit disponible localement qu'est le lactosérum dans la préparation d'une boisson contenant du jus de fruit de fraise, de pectine issue de la pomme verte et de sirop de date, afin d'ajuster la saveur sucrée de produit fini.

Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Le lactosérum

Le lactosérum est un sous-produit issu de la préparation du fromage. En général, il est défini comme la partie du liquide ou du sérum de lait résiduel qui reste après la coagulation du lait et la séparation du caillé (**Lapointe-Vignola., 2002 ; Guimarães et al., 2010**). C'est un liquide jaune verdâtre, contenant une quantité importante de protéines du lait environ 20% (6g/L) et riche en élément nutritif (**Muller et al., 2003**). En raison de sa forte demande en oxygène et de sa forte teneur en matière organique, le lactosérum a été considéré comme un déchet laitier important pendant des décennies dont d'élimination est difficile (**Ahn et al., 2001**).

La production de 10 à 20Kg de fromage donne 80 à 90Kg de lactosérum (**Ilker et al., 2006**), sachant que, 10 litres de lait permettent d'obtenir 1kg de fromage (**boudrier et al., 1981**). Le lactosérum est une source importante d'énergie et de carbone, vu sa teneur élevée en matière sèche, environ 75%, et en lactose (**Kennedy et Cabral., 1985**). Il peut contenir environ jusqu'à 50% des nutriments du lait de départ, à savoir, les protéines solubles, le lactose, les vitamines et les minéraux (**Gösta Bylund, 1995**).

I.1.1. Origine du lactosérum

Le lactosérum provient de deux voies industrielles la beurrerie et la fromagerie.

A. La beurrerie

C'est l'ensemble des procédés conduisant à la production du beurre à partir du lait naturel, ainsi l'écémage de ce dernier, suivi d'une extraction de la caséine par précipitation produit du "*lacto – écrémé*" (**Maubois, 1981**).

B. La fromagerie

C'est l'ensemble des procédés aboutissant à la production des fromages à partir de lait standardisé (selon les normes définies par la législation), suivi du processus de coagulation et de synérèse, aboutissant à la séparation d'une phase solide qu'est "le fromage" est une phase liquide qu'est "le lactosérum brut" (**Keilling ; 1985**).

I.1.2. Les type de lactosérum

Le lactosérum doit être considéré comme un produit dérivé plutôt qu'un sous-produit de la préparation de fromage. D'après le (**tableau 1**) On distingue deux types de lactosérums celui résultant de la coagulation du lait non acide par la présure, et qui est connu sous la nomination de "*lactosérum doux*" et le deuxième est celui issus de la production de fromage à pâtes

fraîches, à pâtes molles ou de la caséine lactique connu sous la nomination de ‘‘lactosérum acide’’.

Tableau 1 : Les différents types de lactosérum (Adrian et al. 1991).

Degré d'acidité	Type	pH	Production
<18°D	Lactosérum doux	6,5 - 6,7	Il est issu de la production des fromages à pâte pressée cuite ou non et à pâte molle.
>18°D	Lactosérum acide	4,5 - 5,5	Résulte de la production des fromages à pâte fraîche ou des caséines acides.

A. Le lactosérum Doux

Dérive de la coagulation par la présure du lait non acide (**tableau 1**) ; il est produit par la fromagerie de pâte pressée et celle de pâte cuite, ainsi que les producteurs de caséine présure dont l'acidité est inférieure à 18°D avec un pH compris entre 6,5 et 6,7.

B. Lactosérum acide

C'est le produit issu de la préparation de fromage à pâte fraîche ou à pâte molle, soit de la production de la caséine lactique ou acide dont l'acidité est supérieure à 18°D, avec un pH entre 4,5 et 5,5.

(**La figure 1**) représente l'ensemble des étapes conduisant à la production des principaux types du lactosérum.

I.1.3. Caractéristique du lactosérum

Le lactosérum se caractérise par un état physique liquide, pH qui varie entre 6 à 6,5 ; une couleur vert jaunâtre due à la présence de riboflavine (vitamine B2) et en lactose, en protéines soluble, en vitamines hydrosolubles et en minéraux. La présence de sucre dans le lactosérum accompagner par un pH allant de 6 à 6.5 ; forme un milieu favorable aux développements des bactéries lactiques.

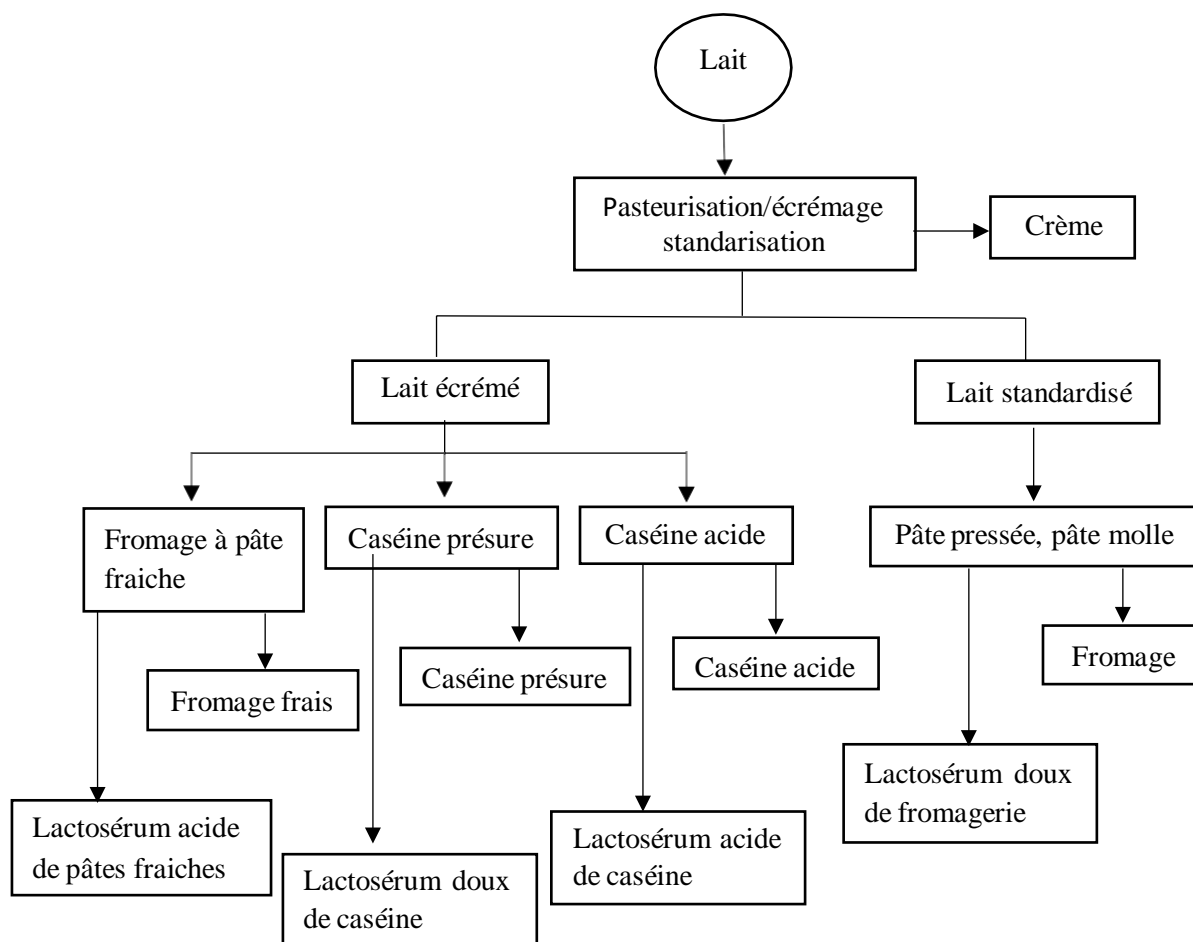


Figure 1 : Voies technologiques permettant l'obtention de principaux types de lactosérum issus de la première transformation du lait (Alais, 1984 ; Luquet et François, 1990).

I.1.4. Composition chimique du lactosérum

La composition et les caractéristiques du lactosérum peuvent varier selon le type d'aliment de bétail, le régime alimentaire de l'animal, le lait dont il est issu, les techniques de traitement utilisées et d'autres facteurs environnementaux (Park *et al.*, 2007). L'ensemble de la composition du lactosérum doux et du lactosérum acide, est regroupée dans le **tableau 2**, ci-dessous.

D'après Morr *et Ha* (1993), le lactosérum est riche en lactose et en potassium. Dans le lactosérum acide une partie du lactose se transforme en acide lactique. Le lactosérum doux est pauvre en calcium, qui se trouve dans le caillé pour participer à la coagulation des protéines, alors que le lactosérum acide est riche en calcium.

Minj *et Anand* (2020) ont rapporté que le lactosérum liquide frais issu de la production du fromage est composé de 94,2% d'eau et de 50% de matières sèches totales dont 0,8% de protéines de lactosérum, 0,5% de minéraux, 0,1% de matières grasses et 4,3% de lactose qui est le principal constituant.

Tableau 2 : Composition du lactosérum doux et du lactosérum acide (Yadav et al., 2015).

Constituants	Lactosérum doux (g/L)	Lactosérum acide (g/L)
Solide totaux	63,0-70	63,0-70,0
Lactose	46,0-52,0	44,0-46,0
Protéines	6,0-10,0	6,0-8,0
Lipides	5,0	0,4
Lactate	2,0	6,4
Cendres	5,0	8,0
Calcium	0,4-0,6	1,2-1,6
Phosphate	1,0-3,0	2,0-4,5
Chlorures	1,1	1,1
pH	6,5	4,5

A. Le lactose

Le lactose, et ses dérivés, peut être purifié à partir de lactosérum ou de perméat de fromage par cristallisation. Il est utilisé comme complément dans la préparation du lait infantile et comme excipient pour les produits pharmaceutiques (Siso, 1996). Le lactose se caractérise par une solubilité limitée, avec un pouvoir sucrant faible. Le lactose provient exclusivement du lait et des produits laitiers (Visser *et al.*, 1988)

B. Les protéines du lactosérum

Les protéines de lactosérum sont une forme de protéines globulaires, contenant un nombre considérable de modèles "d'hélices α " avec des acides aminés hydrophiles et hydrophobes (Minj et Anand, 2020). Les protéines majoritairement retrouvées dans le lactosérum sont la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine. Ces dernières représentent entre 65 et 80% des protéines du lactosérum. Ces derniers représentent environ 17% de l'azote protéique du lait (Vuilleumard, 2013).

Cependant, la composition en protéines de lactosérum varie en fonction du type de lactosérum (lactosérum doux ou lactosérum acide) ; le type de lait (bovin, ovin ou caprin) ; le type d'alimentation du bétail ; stade de lactation ; et le type de traitement (Minj et Anand, 2020; Carter *et al.*, 2021).

C. La matière grasse

La matière grasse représente que 0,7 % de la matière sèche du lactosérum, la quasi-totalité de la matière grasse du lait est prise dans le caillé. La constitution chimique du lactosérum change considérablement en fonction de la provenance du lait, des différents procédés de traitement utilisés pour le transformer en produits consommables et des opérations de production (Leghlmi, 2004).

D. Les sels minéraux et vitamines

La concentration des minéraux contenus dans le lactosérum (**tableau 3**) est un autre procédé de valorisation de ce sous-produit. Les sels de calcium, de magnésium, de potassium et de sodium constituent l'essentiel de ces minéraux, le chlorure de sodium (NaCl) et le chlorure de potassium (KCl) représentent plus de 50% de la composition du lactosérum en minéraux, avec des traces de métaux tels que le zinc et le cuivre (**Ryan et Walsh, 2016**).

Tableau 3 : Teneur du lactosérum en sels minéraux (**Linden et Lorient, 1994**).

Les minéraux	Lactosérum doux (%)	Lactosérum acide (%)
Sodium	0,07	0,06
Potassium	0,13	0,15
Calcium	0,05	0,13
Phosphore	0,06	0,09

Le lactosérum contient une grande partie des vitamines hydrosolubles présentes dans le lait (**tableau4**), on trouve particulièrement la riboflavine (qui donne sa couleur verdâtre au lactosérum), et la vitamine B.

Tableau 4 : Teneur du lactosérum en vitamines (**Linden et Lorient, 1994**).

Vitamines	Concentration (mg/ml)	Besoins quotidiens (mg)
Thiamine (vit. B1)	0,38	1,5
Riboflavine (vit. B2)	1,2	1,5
Acide nicotinique (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

I.1.5. Utilisation de lactosérum

A. Alimentation pour animaux

Le lactosérum sous forme de poudre est principalement incorporé dans les aliments d'allaitement pour veau. Le lactosérum sous sa forme liquide est également employée, en mélange avec d'autres aliments, avec de la mélasse ou de la farine de soja (**Siso, 1996**).

Le remplacement total des protéines du lait par celles du lactosérum dans les aliments d'allaitement chez le veau pré-ruminant entraîne une accélération de la vidange stomacale (**Toullec et al., 1971**).

B. Alimentation humaine

Le lactosérum entre dans la préparation plusieurs produits alimentaires tel que :

- **Les boissons** : les plus courantes sont les jus de fruits mélangés au petit lait. Ces boissons sont d'une valeur nutritive importante. Cette utilisation présente des avantages économiques et écologiques précieux si l'on peut utiliser la totalité de volume du lactosérum.
- **Les fromages** : le fromage de lactosérum est un produit obtenu soit par coagulation ou précipitation du lactosérum concentré ou non. Soit par l'incorporation des protéines de lactosérum dans les fromages ce qui permet d'augmenter l'extrait sec et d'accélérer l'affinage de 20 à 25% grâce à l'albumine et la globuline.
- **La confiserie** : l'utilisation du lactosérum est très importante dans la préparation de certains bonbons, parce qu'il se trouve le moins couteux parmi les produits laitiers utilisés en confiserie.
- **La Boulangerie** : le lactosérum est très employé dans les produits de boulangerie pour plusieurs avantages, tel que la combinaison du lactose avec les matières azotées qui donne des complexes stables à l'encontre de rancissement, ce qui améliore le goût et l'arôme du pain.

I.2. La Fraise

La fraise (*Fragaria ananassa*) 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 de fruit qui est associé avec la maturation, aura lieu lorsque le fruit est encore attaché à la plante mère (**Cordenunsi et al., 2003**).

En Algérie, la culture de la fraise, selon les différentes directions des services agricoles, est en augmentation continue, dans les wilayas de Jijel, Skikda, Beskra, la culture s'est étendue ces dernières années vers Alger, Boumerdes, Blida et Mostaganem (**figure 2**). La wilaya de Jijel, occupent la première place de la production nationale. La production de la fraise a été lancée à titre expérimental à Jijel entre 2001 et 2002, sur quatre hectares. Actuellement les communes les plus productives dans la culture de la fraise dans la région de Jijel sont, Chekfa, Sidi Abdelaziz, Oued Adjoul, El Ancer, El Kennar, Kaous et El Aouana (**Chambre de l'agriculture de la wilaya de jijel, 2019**).

La variété de la fraise dite "Lemkerkba" qui signifie "la dodue", fut la première variété cultivée en Algérie et qui provient de la région de Skikda. Dans la région de Jijel la production

de la fraise avait été initiée avec seulement deux variétés en 2001, appelée “Camarosa et Naid”, depuis 2014 une quinzaine de variétés ont été introduites dans la région.

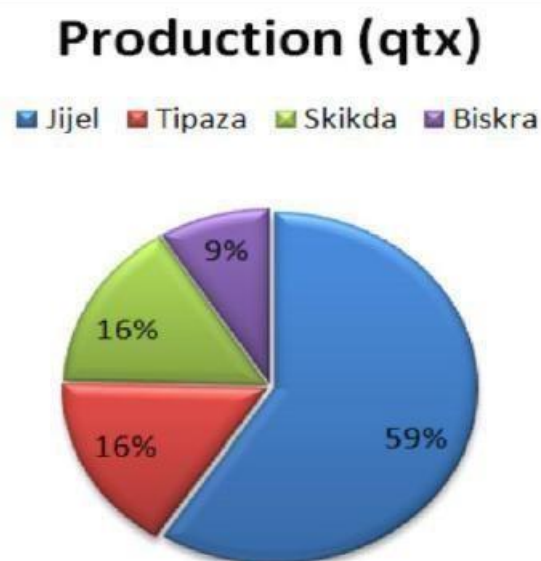


Figure 2 : La répartition de la production nationale de la fraise (DSA, 2018).

I.2.1. La composition de fraise

La fraise contient de la vitamine C et du fer (Jules, 2010), des composés phénoliques qui apportent une protection contre les radicaux libres. Les anthocyanes représentent les polyphénols les plus majoritaires dans la fraise. Les anthocyanes appartiennent au groupe des flavonoïdes et sont responsables de la couleur rouge vif des fraises (Crespo et al., 2010).

La fraise est également une excellente source de manganèse, elle fournit environ 5% de l'apport journalier adéquat pour le potassium. La fraise est qualifiée comme une bonne source d'iode, de magnésium, de cuivre, de fer et de phosphore. Également c'est une source d'acides gras essentiels, l'huile de la graine de la fraise est riche en acides gras insaturés (Giampieri et al., 2012).

I.2.2. Intérêt et bienfaits

La fraise est qualifiée d'aliment fonctionnel, elle fournit des avantages pour la santé au-delà de la nutrition de base. La fraise est riche en composés photochimiques tel que les polyphénols totaux qui réduisent le risque relié à certaines maladies chroniques (Tiwari et al., 2009).

Des travaux ont également pu montrer l'effets protecteur relié à la composition de la fraise à l'encontre de la dysfonction endothéliale et l'hyperglycémie (Basu et al., 2014). Les composés phénoliques de la fraise ont 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).

I.3. Les boissons à base du lactosérum

Depuis la Grèce antique, le lactosérum a été consommé pour son apport nutritionnel et pour ses effets thérapeutiques et bénéfiques dans la prévention de maladies comme l'arthrite, l'anémie et les problèmes de foie (**Prendergast, 1985**).

L'incorporation du lactosérum dans la préparation des boissons est plus exploitée pour les boissons à base d'alcool, comme la bière ou le vin. Bien que le lactosérum soit reconnu pour son pouvoir désaltérant, son addition à des boissons vise généralement un objectif nutritionnel. En effet, le lactosérum contient des protéines d'excellente qualité nutritive et il est riche en certains minéraux et vitamines (**Jelen et al., 1987**).

Dans la préparation des boissons contenant du lactosérum, ce dernier est additionné sous différentes formes, selon les traitements appliqués au produit, tel que le lactosérum brut, en poudre, déprotéiné ou déminéralisé, concentré des protéines ou ingrédient hydrolysé (**Swartz, 1995**).

I.3.1. Définition des jus

Le jus de fruits est un liquide fermentescible, mais non fermenté, qui est obtenu à partir de la partie comestible du fruit par des procédés adaptés qui conservent les caractéristiques chimiques, physiques, organoleptiques et nutritionnelles essentielles du fruit dont il est issu (**CODEX, 2005**).

*La distinction entre les différents types des jus est faite en se basant sur les particularités suivantes :

—*Le Jus naturel*, qui est obtenu par des procédés d'extraction mécaniques sans addition de sucres ou de conservateurs.

—*Jus de fruit à base de concentré*, qui est préparé suite à un reconstituant du jus de fruit concentré avec le même volume d'eau que celui extrait lors de la concentration. Le concentré de jus de fruit est obtenu par évaporation de l'eau en quantité suffisante pour porter le Brix à une valeur supérieure à 50%, ce qui permet de faciliter le stockage et le transport. Il s'agit d'un jus de fruits 100% sans aucun sucre ajouté.

—*Nectars de fruit* est obtenu en ajoutant de l'eau avec ou sans addition de sucre, du miel et/ou du sirop et/ou d'édulcorant aux jus de fruit, de la purée de fruit, du concentré ou à un mélange de ces produits.

—*Jus lacté ou une boisson lactée* est considérée comme un produit innovant dans le sens du mélange de deux matières premières qui sont le lait et un concentré de jus. Un jus lacté est une boisson à base du concentré de fruit auquel sont ajoutés du lait écrémé, de sucre et de stabilisants. Les jus à base de lactosérum font partie des boissons lactées

I.3.2. Procédés de production d'une boisson lactée

La boisson lactée est obtenue selon les étapes suivantes ci-dessous :

A. Le mélange des ingrédients

Une fois que le lait est standardisé (en cas de besoin), les ingrédients mélangés on subit un prétraitement thermique à 30°C sous une agitation en continue, afin d'assurer une bonne homogénéisation ainsi qu'une bonne dissolution des ingrédients, dans la préparation, à savoir le sucre, le lait, la pectine, ainsi que le concentré/le jus ou la pulpe de fruit.

B. Le traitement thermique

Après l'obtention d'une préparation homogène, cette dernière est pasteurisée à une température comprise entre 70°C et 85°C pendant 5 à 20 secondes. Le contrôle du couple : température de traitement thermique/temps de traitement est important pour une pasteurisation efficace afin de détruire les microorganismes pathogènes tout en produisant une boisson avec une qualité hygiénique sûr et en gardant ses caractéristiques organoleptiques. IL faut noter que ce traitement thermique doit être couplé avec une agitation ininterrompue pour éviter tout dépôt de particules au fond de la cuve de pasteurisation.

C. Le refroidissement

Le refroidissement doit être rapide et sous agitation jusqu'à l'atteinte d'une température inférieure à 10°C, le produit ainsi obtenu est conservé à 4°C.

D. Le conditionnement

Le produit fini est mis dans des pots scellés et entreposé dans une chambre froide à 4°C. Le contenant d'un aliment est le premier élément de produit ayant un contact avec le consommateur. Il protège l'aliment, lui permet une longue durée de conservation. Le contenant de l'aliment utilisé est opaque, imperméable au gaz, à l'eau et à la lumière, sans saveur ni odeur.

I.4. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle est une méthode permettant d'évaluer les qualités organoleptiques des aliments (aspect, odeur, arôme, texture). Pour cela les cinq sens seront utilisés qui seront étalonnés et contrôlés. Le choix et la mise en place des tests de l'analyse sensorielle varient en fonction de l'information recherchée (**Margerin et al., 2012**).

I.4.1. Utilisation de l'analyse sensorielle

L'analyse sensorielle est appliquée pour améliorer la qualité sensorielle d'un produit, pour mieux comprendre la relation entre des attributs sensoriels et les préférences de produits pour le consommateur. L'analyse sensorielle est appliquée également pour vérifier la capacité de consommateur à détecter les différences d'attributs ou intensité d'attributs entre les produits (**Irfan, 2007**).

I.5. Le plan de mélange

Les facteurs d'étude des “plans de mélanges” sont les proportions des constituants du mélange. Or, ces constituants ne sont pas indépendants les uns des autres. La somme des proportions d'un mélange est toujours égale à “1”. La proportion du dernier constituant est imposée par la somme de la proportion de premier composé (Goupy, 2000).

I.5.1. La conception de “Extreme Vertices Design—le Polyèdre Convexe”

La conception d'un plan de mélange “Extreme Vertices”, formalisé pour la première fois par McLean et Anderson en 1966, c'est un système défini par des contraintes individuelles explicites, inférieures et supérieures, pour chaque facteur qui affectent les variations des proportions des constituants. Ainsi, le mélange couvre uniquement une sous-partie ou un espace plus petit dans le domaine expérimental (Wangkananon *et al.*, 2018).

I.5.2. La représentation géométrique des plans de mélange

Un triangle équilatéral (figure 3) est utilisé pour représenter “un plan de mélange” appliqué pour un produit contenant trois constituants. Les produits purs sont aux sommets du triangle équilatéral. Les mélanges binaires sont représentés par les côtés du triangle de chaque côté de triangle équilatéral est gradué de 0 à 1. (Goupy, 2006).

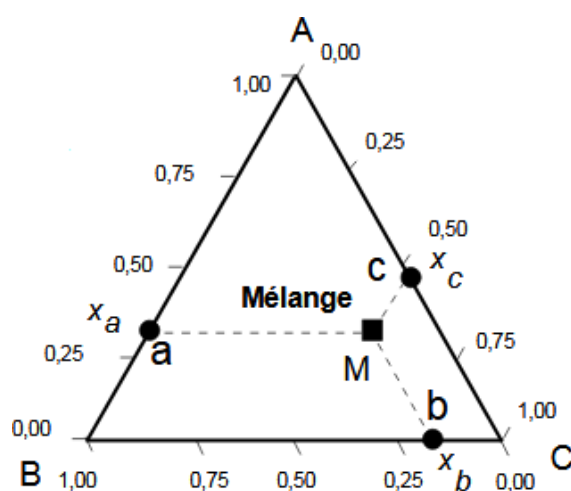


Figure 3 : La représentation des plans de mélange à trois constituants à l'aide d'un triangle équilatéral (Goupy, 2006).

Les mélanges quaternaires (à quatre facteurs) sont représentés (**figure 4**) par les points du volume intérieur d'un tétraèdre.

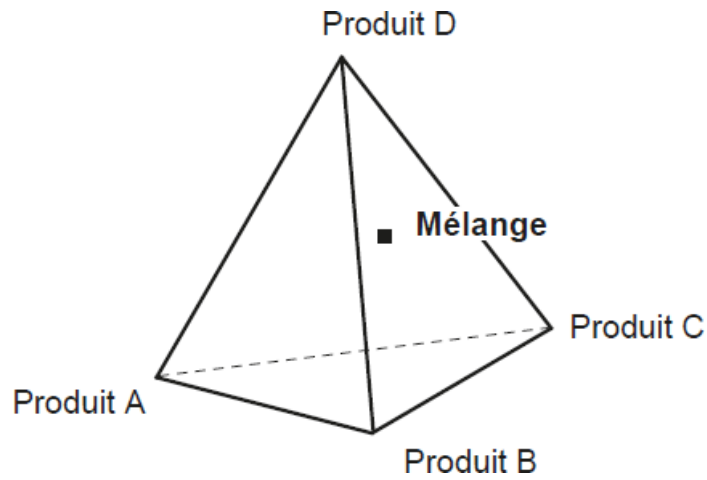


Figure 4 : La représentation des plans de mélange à quatre constituants à l'aide d'un tétraèdre (Goupy, 2006).

Matériels et Méthodes

II. Matériels et méthode

Le présent travail a été réalisé dans le laboratoire pédagogique de département de Biochimie et de Microbiologie, faculté des sciences de l'université de M'sila. Une production d'une boisson à base de lactosérum et de le jus de fraise a été réalisé suivant une optimisation lors de la préparation de la boisson en appliquant "des plan de mélange". Une caractérisation physico-chimiques et une évaluation de la qualité hygiénique (analyse microbiologique) de boissons préparées ont été appliquées.

Les différentes formulations sont préparées avec différentes proportions de composés qui sont, le lactosérum, la pectine extraite de pomme verte, le jus de fraise et le sirop de datte. Une évaluation sensorielle a été appliquée aux différentes boissons formulées, une fois préparées et caractérisées en suivant des analyses physico-chimiques et microbiologiques.

II.1. Le choix de plan de mélange

Les plans de mélanges sont appliquent en agroalimentaire, dans la formulation de produit à base de trois facteurs (constituants) ou plus. Dans le présent travail, la boisson à base de lactosérum a été préparée en incorporant quatre facteurs, soit "x₁" est la proportion du premier du lactosérum, "x₂" est la proportion de le jus de fraise, "x₃" est la proportion de la pectine, et en dernier "x₄" est la proportion de quatrième constituant qu'est le sirop de de datte. L'ensemble des constituants, cités, du mélange est égale à "un".

$$\sum_{i=1}^{i=4} x_i = x_{Lactosérum} + x_{Jus\ de\ Fraise} + x_{Pectine\ extraite\ de\ Pomme} + x_{Sirop\ de\ datte} = 1$$

x_i : est la proportion en constituant (facteur) i .

Une optimisation de la préparation de boisson à base de lactosérum et de jus de fraise, a été réalisée en appliquant un plan de mélange de type "Extreme Vertice" qu'est spécifique aux cas des mélanges ayant des limites inférieures et /ou supérieures pour chaque facteur, cette étape a été effectué grâce à un outil statistique puissant qu'est le logiciel statistique nommé "JMP", mais prononcé "jump", ce qui signifiait à l'origine "John's Macintosh Project". En appliquant le plan de mélange "Extreme Vertice" L'outil JMP avait proposé vingt-six formulations, vu le nombre élevé d'expérimentations proposées, un model-spécifique nommé "le D-optimal" é été appliqué pour réduire le nombre d'expérimentations, ainsi le choix a été porté sur la réalisation de huit formulations (**tableau 6** et **tableau 7**).

II.2. Matériel végétal

A. Le Lactosérum

Le lactosérum acide utilisé dans la préparation de boisson, provenait de la production de fromage par la poudre de lait reconstitué à 0% de matière grasse, a été prélevé de l'unité de production "Sarl HODNA-LAIT", installée au niveau de la wilaya de M'sila.

B. La préparation de la pectine

La pomme verte était utilisée pour extraire de la pectine, qui joue le rôle d'un agent stabilisant et gélifiant. Les étapes de la préparation de la pectine, entrant dans la formulation de boisson à base de lactosérum, à partir de la pomme verte sont illustrées dans la **figure 5**, ci-dessous.

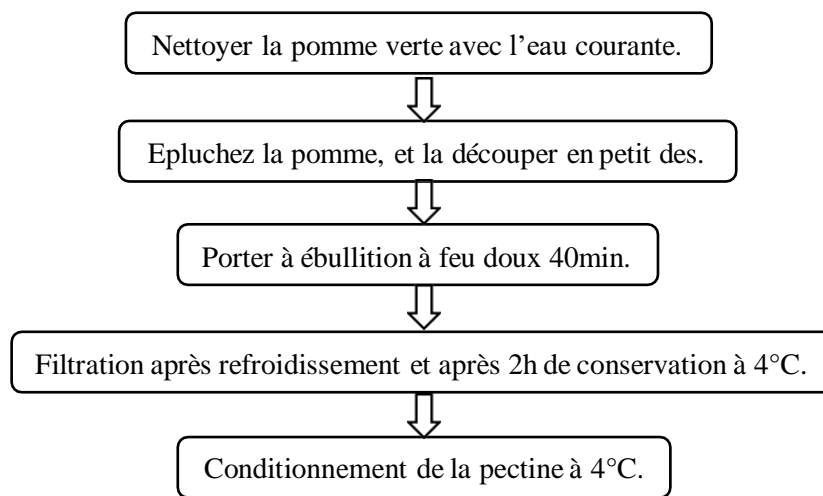


Figure 5 : Les étapes de préparation de la pectine, à partir de la pomme verte.

C. Préparation de jus de la fraise

Le jus de fraise utilisé dans la formulation de la boisson, était préparé en suivant la **figure 6**, ci-dessous.

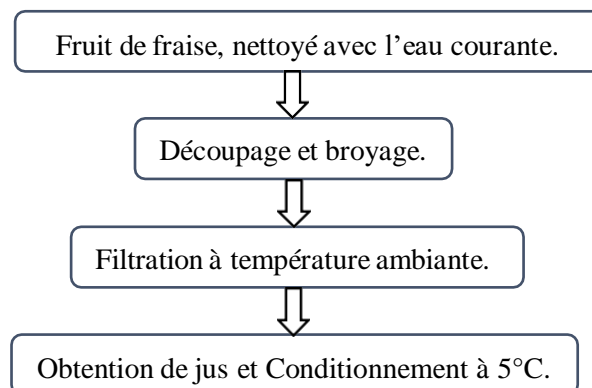


Figure 6 : Les étapes de préparation du jus de fraise.

D. La préparation de sirop de datte

Le sirop de datte utilisé dans la formulation de la boisson, était préparé en suivant la figure 7, ci-dessous.

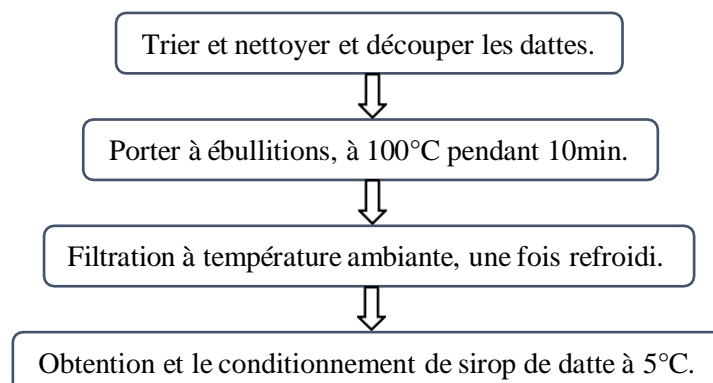


Figure 7 : Les étapes de préparation du sirop de datte.

II.3. La procédure de la préparation de la boisson à base de lactosérum et de jus de fraise

Des essais de préparation ont été fait avec différentes proportions pour pouvoir fixer les limites inférieurs et supérieurs de chaque facteur (composé). Les proportions des limites supérieures et les limites inférieures, vérifiées expérimentalement pour chaque facteur, sont regroupées dans le **tableau5**, ci-dessous.

Tableau5 : Les limites inférieurs et supérieurs pour les facteurs entrant dans la formulation de boisson à base de lactosérum et de jus de fraise.

Facteurs	Limite inférieur	Limite supérieur
Le Lactosérum	0,40	0,70
Le jus de fraise	0,10	0,40
La Pectine extraite de la pomme verte	0,05	0,10
Le sirop de datte	0,05	0,10

Le **tableau 6**, ci-dessous, présente les proportions de chaque facteur correspondant aux formulations de boisson, à base de lactosérum et de jus de fraise, préparées.

Tableau 6 : Les proportions des huit formulations de boissons, à base de lactosérum et de jus de fraise, préparées en appliquant le plan de mélange “Extreme Vertices-Polyèdre Convexe”.

Formulation	Les proportions de chaque facteur			
	Lactosérum	Jus de fraise	Pectine (extraite de la pomme verte)	sirop de datte
F ₁	0,50	0,40	0,05	0,05
F ₂	0,45	0,40	0,10	0,05
F ₃	0,70	0,15	0,10	0,05
F ₄	0,70	0,20	0,05	0,05
F ₅	0,70	0,15	0,05	0,10
F ₆	0,40	0,40	0,10	0,10
F ₇	0,45	0,40	0,05	0,10
F ₈	0,70	0,10	0,10	0,10

Les quantités des constituants correspondant aux proportions (**tableau 6**) utilisés dans la préparation de 60ml de chacune des boissons préparées, à base de lactosérum et de jus de fraise, sont présentées dans le **tableau 7**, ci-dessous. C'était la quantité suffisante de chaque formulation, pour couvrir la partie caractérisation physico-chimique et la vérification de la qualité hygiénique.

Tableau 7 : Les quantités d'ingrédients utilisés dans la préparation de 60ml de boisson, pour chaque formulation.

Formulation	Lactosérum (ml)	Jus de fraise (ml)	Pectine extraite de la pomme verte (ml)	sirop de datte (ml)
F ₁	30	24	3,00	3,00
F ₂	27	24	6,00	3,00
F ₃	42	9	6,00	3,00
F ₄	42	12	3,00	3,00
F ₅	42	9	3,00	6,00
F ₆	24	24	6,00	6,00
F ₇	27	24	3,00	6,00
F ₈	42	6	6,00	6,00

Les étapes de la préparation de la boisson sont résumées dans **la figure 8**, ci-dessous.

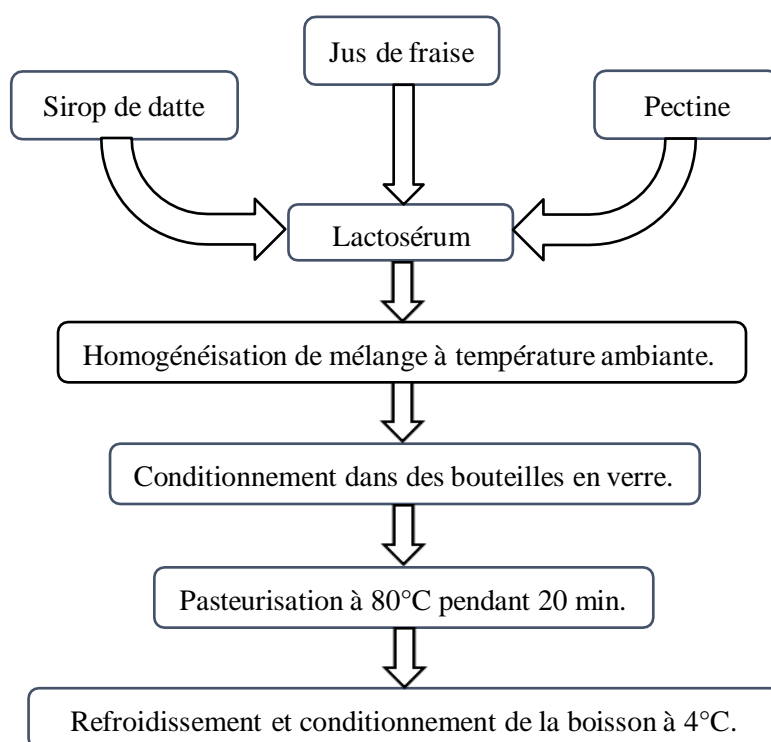


Figure 8 : Les étapes de préparation de la boisson à base de lactosérum.

II.4. Les analyses physico-chimiques de la matière première et de la boisson préparée à base de lactosérum et de jus de fraise

L'étude physico-chimique a été réalisée pour à la fois pour la boisson préparée à base de lactosérum et de jus de fraise ainsi que les constituants entrant dans la formulation de la boisson.

A. La mesure du Potentiel Hydrogène (pH)

La mesure de pH a été effectuée, à une température ambiante, avec un pH-mètre étalonné (**Lapointe-Vignola, 2002**). La mesure de pH consiste à introduire l'électrode du pH-mètre dans l'échantillon. La lecture se fait directement sur le pH-mètre, La mesure est faite en trois essais pour chaque échantillon (**Benamara, 2017**).

B. La détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable a été réalisée par titration avec l'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0,1N, c'est la mesure de la quantité d'acide présente dans l'échantillon afin de déterminer sa fraîcheur. L'unité conventionnelle de l'acidité est le degré Dornic, sachant que "1°D" est l'équivalent de 0,1g d'acide lactique par litre de lait (**Poillot, 2010**).

Dans un bécher 10ml de l'échantillon a été introduit, auquel il a été ajouté des gouttelettes de la solution de phénolphtaléine, comme indicateur coloré, titrer par la solution d'hydroxyde de sodium. La mesure est faite en trois essais pour chaque recette.

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

$$\text{Acidité}(\text{°D}) = V(\text{ml}) \times 10$$

V : volume (ml) de la solution versée de l'hydroxyde de sodium à 0,1N.

1°D = 0,1g d'acide lactique par litre de l'échantillon.

C. Le taux en humidité

Le taux en humidité a été déterminé suite au séchage des échantillons dans une étuve à $103 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 24 heures, jusqu'à que le poids des échantillons soit constant. La mesure a été faite en trois essais pour chaque échantillon. Le taux en humidité a été calculé selon l'équation suivante :

$$H(\%) = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \times 100$$

Où :

H (%) : Le taux en humidité,

M₀ : La masse (g) du creuset vide,

M₁ : La masse (g) du creuset et la prise d'essai avant la dessiccation,

M₂ : La masse, en gramme, du creuset et de la prise d'essai après la dessiccation.

D. Le taux des cendres

Le taux des cendres est basé sur l'incinération de la matière organique sous l'effet d'un traitement température élevée à 550°C pendant 3 à 5 heures dans un four à moufle. La mesure est faite en trois essais pour chaque échantillon. Le taux des cendres est exprimée a été calculé selon l'équation suivante :

$$\text{Cendres}(\%) = \frac{M_3 - M_0}{M_1 - M_0} \times 100$$

Où :

M_0 : Masse (g) de creuset vide,

M_1 : Masse (g) de creuset et de la prise d'essai.

M_3 : Masse (g) de creuset et d'échantillon après incinération.

E. Test de protéine

La réaction à la ninhydrine est une méthode colorimétrique qui permet la mise en évidence des acides aminés et des protéines par l'action de **la Ninhydrine** (2,2-dihydroxyindan-1,3-dione) par formation d'un complexe coloré mauve. Dans un tube à essai 2ml de l'échantillon a été introduit, auquel il a été ajouté 2 à 3 gouttelettes de la ninhydrine, le mélange réactionnel chauffé à l'aide d'un bec benzène. La mesure a été faite en trois essais pour chaque échantillon.

F. Test de sucres réducteurs

En milieu alcalin, à chaud, les sucres réducteurs réduisent le sulfate de cuivre II, (en couleur bleu), en oxyde de cuivre II (en couleur rouge). Dans un tube à essai, 1ml de l'échantillon a été introduit, auquel 1ml de réactif A et 1ml de réactif B, ont été ajoutés. La mesure est faite en trois essais pour chaque échantillon.

G. Dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes totaux

G.1. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols est estimé par la méthode de Folin Ciocalteu. Le réactif est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène (**Boizot et Charpentier, 2006**).

Dans un tube à essai, 500 μ L de l'échantillon a été mélangé avec 1ml du réactif de Folin-Ciocalteu (dilué 10 fois). Le mélange a été laissé 2min à l'obscurité. Ensuite, 1ml de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 75g/L a été ajouté, le mélange réactionnel obtenu est incubé pendant 15 min à 50°C.

L'absorbance est mesurée à 760 nm. Le dosage est fait en trois essais pour chaque échantillon.

La teneur en polyphénols est exprimée en mg équivalent d'acide gallique par référence à une courbe d'étalonnage (**annexe**), selon la formule suivante :

$$TPC \text{ (mg Eq. Acide gallique / g)} = \frac{C \times V \times D}{m}$$

Où :

TPC (mg Eq. Acide gallique/g) : Total Phenolic Content (teneur en polyphénols totaux),

C : concentration d'échantillon déduite à partir de la courbe d'étalonnage en acide gallique,

V : volume de l'extrait en (ml),

D : facteur de dilution.

m : poids de l'extrait en g,

G.2. Dosage des flavonoïdes

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). (**Chang et al., 2002**).

Dans un tube à essai, 2ml de de l'échantillon a été mélangé avec 1ml de chlorure d'aluminium à 2%. Le mélange a été laissé 15 min à l'obscurité. L'absorbance est mesurée à 430 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent de rutine/g, par référence à une courbe d'étalonnage (**annexe**), le dosage est fait en trois essais pour chaque échantillon. La teneur exprimée par la formule suivante :

$$TFC \text{ (mg Eq. Rutine / g)} = \frac{C \times V \times D}{m}$$

Où :

TFC (mg Eq. Rutine/g) : total flavonoid content (teneur en flavonoïdes totaux),

C : concentration d'échantillon déduite à partir de la courbe d'étalonnage en rutine,

V : volume de l'extrait (ml),

m : poids de l'extrait en g,

D : facteur de dilution.

II.5. Analyses microbiologiques

La vérification de qualité hygiénique via les analyses microbiologique des constituant de la boisson ainsi que des huit boissons préparés à était réalisée, au laboratoire. L'ensemble des microorganismes recherchés, ainsi que leurs milieux de culture et période d'incubation, sont rassemblés dans le **tableau 8**, ci-dessous.

Tableau 8 : Les microorganismes recherchés et leurs milieux d'ensemencement, ainsi que leurs durées d'incubation.

Microorganisme recherchés	Milieux	Ensemencement (10^{-1} , 10^{-2})	Incubation	
			Température (°C)	Durée (heurs)
La flore mésophile aérobie totale (FMAT)	PCA	En masse	30°C	72h
Coliformes Totaux	VRBL	En masse	37°C	48h
Coliformes Fécaux		En masse	44°C	48h
Levures et moisissures	Sabouraud	En surface	20°C	3 à 5 jours
PCA: Plate Count Agar, VRBL: Violet Red Bile Lactose Agar.				

II.6. Analyse sensorielle

Le degré d'acceptabilité et d'appréciation des produits auprès des consommateurs est un facteur primordial sur lequel l'entreprise prendra ses décisions sur la commercialisation de ses produits. Dans ce présent travail, un profilage sensoriel ainsi qu'une évaluation hédonique ont été appliqués aux huit boissons préparées, à l'aide d'un panel naïf et d'un autre expert.

A. Conditions de réalisation des tests sensorielles

Les tests sensoriels ont été réalisés dans une salle de département de microbiologie et de biochimie, ayant un accès facile, éloigné du bruit, un éclairage suffisant et une température convenable.

B. Quantité offerte

Une quantité suffisante a été servie aux membres des deux panels, cela leur permettra de déguster autant de fois qu'ils le désirent avec la possibilité de se rincer la bouche avec de l'eau à chaque dégustation.

C. Jury

L'évaluation repose sur un jury auquel on lui demande de se prononcer sur l'intensité des attributs sensoriels caractérisant les huit boissons préparées ainsi que de noter son appréciation globale de ces produits sur une fiche d'analyse sensorielle (**annexe**).

Les membres de jury ne doivent s'abstenir de fumer, 30min avant et pendant l'évaluation sensorielle, ils ne doivent surtout pas avoir faim, ni soif, ni être malade, ni consommer des aliments à gout persistant, comme le café.

D. Principe du test

Le test que nous avons effectué est basé sur un certain nombre de remarques notées sur une Fiche dégustation proposée au jury, il s'agit de présenter aux dégustateurs les mêmes boissons. Chaque échantillon des différents essais est présenté dans des gobelets en plastique codés en trois chiffres, puis on demande à chaque membre de jury d'effectuer une appréciation organoleptique portant sur la dégustation, l'olfaction, ainsi que l'identification visuelle.

II.7. Analyse statistique

Les données statistiques ont été traitées en utilisant le logiciel XLSTAT par sa fonctionnalité dédiée aux différents tests d'analyse sensorielle. C'est un outil complet d'analyses statistiques de données. Ce logiciel est relié à Microsoft Excel® comme une interface de récupération des données et d'affichage des résultats. Le logiciel XLSAT dans sa fonctionnalité "Analyses des données sensorielles" propose plusieurs tests utilisés pour valider et interpréter les résultats de l'analyse sensorielle obtenus. Dans le présent travail les tests statistiques sélectionnés sont :

—Le test de "l'analyse de pénalité",

—Le test de "la cartographie externe de préférence (PREFMAP)", dont sa réalisation nécessite la réalisation des deux tests ci-dessous :

- Le test de "classification ascendante hiérarchique (CAH)".
- Le test de "l'analyse de la composante principale (ACP)".

Résultats Et Discussions

III. Résultat et discussion

III.1. Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques des constituants entrant dans la préparation de boisson préparée à base de lactosérum.

L'évaluation de la qualité physico-chimique ainsi que la qualité hygiénique par des microbiologiques des composés utilisés dans la préparation de la boisson ; est une étape primordiale avant de valider son utilisation dans la préparation de produit fini.

Les résultats des analyses physico-chimiques, à savoir le pH, l'acidité titrable, le taux d'humidité, le taux des cendres, le taux de polyphénol totaux, le taux des flavonoïdes totaux, le test des sucres réducteurs et le test de protéine sont regroupés dans le **tableau 9**, ci-dessous.

Tableau 9 : Les résultats d'analyses physico-chimiques des constituants entrant dans la préparation de la boisson préparée à base de lactosérum. Les résultats sont rapportés en moyenne \pm écart type de trois déterminations.

Paramètres	Lactosérum	Jus de fraise	Pectine extraite de la pomme verte	Sirop de datte
pH	4,81 \pm 0,01	3,95 \pm 0,06	5,81 \pm 0,01	6,10 \pm 0,1
Acidité (D°)	48,3 \pm 0,06	51,0 \pm 1,00	49,00 \pm 1	35,33 \pm 2,08
Humidité (%)	94,60 \pm 1,44	97,84 \pm 0,15	97,14 \pm 0,31	73,02 \pm 0,14
Cendre (%)	0,07 \pm 0,04	2,64 \pm 0,46	1,76 \pm 0,04	1,36 \pm 0,36

pH : Potentiel d'hydrogène.

Les résultats de dosage des polyphénols totaux, et de dosage des flavonoïdes totaux des constituants entrant dans la préparation de boisson préparée à base de lactosérum, sont regroupés dans le **tableau 10**, ci-dessous.

Tableau 10 : Résultats de dosage des polyphénols totaux, et des flavonoïdes totaux des constituants entrant dans la préparation de boisson préparée à base de lactosérum. Les résultats sont rapportés en moyenne \pm écart type de trois déterminations.

Dosage	Le jus de fraise	Pectine extraite de la pomme verte	Sirop de datte	Lactosérum
TPC (mg Eq. AG/g)	5,43 \pm 0,25	5,85 \pm 0,25	3,10 \pm 0,60	—
TFC (mg Eq. R/g)	24,66 \pm 2,11	8,75 \pm 0,81	15,82 \pm 1,58	—

TPC : Total Polyphenols Content,

TPC (mg Eq. AG/g) : Taux des polyphénols totaux en mg équivalent d'acide gallique par g,

TFC : Total Flavonoids Content,

TFC (mg Eq. R/g) : Taux des flavonoïdes totaux en mg équivalent de rutine par g.

La qualité hygiénique de lactosérum, du jus de fraise, de la pectine et de sirop de datte été vérifiée, et les résultats de l'analyse obtenus ont montrés une absence totale des microorganismes recherchées à savoir, la flore mésophile aérobie totale, les levures et les moisissures, les coliforme fécaux et les coliforme totaux.

Ces résultats confirment le respect des bonnes pratiques d'hygiène lors de la préparation de ces constituants, ce qu'est primordial avant de les incorporés dans la préparation de boisson à base de lactosérum et de jus de fraise.

III.2. Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques des boissons préparées à base de lactosérum et de jus de fraise.

III.2.1. Les résultats d'analyses physico-chimiques

L'évaluation physico-chimique des huit formulations de boisson préparée à base de lactosérum et de jus de fraise, à était réalisée en triple essais pour chaque produit pour la mesure de pH, de l'acidité titrable, de taux d'humidité, de taux des cendres, le dosage des polyphénols totaux, le dosage des flavonoïdes totaux, le test sucre réducteur et le test protéine. Les résultats obtenus sont regroupés dans le **tableau 11**, ci-dessous.

Les données obtenues ont été traités, à l'aide du logiciel XLSTAT, par le test ANOVA à un seul facteur suivi par le test de Tukey pour la comparaison des moyennes, permettant d'entamer une comparaison multiple entres les moyennes.

Tableau 11 : Les résultats des analyses physico-chimiques des huit formulations préparés. Les résultats sont rapportés en moyenne \pm écart type, dont les lettres a, b, c, d, e ($a > b > c > d > e$) représentent les différences significatives entre les huit produits préparés ($p < 0,05$).

Formulations	pH	Acidité (°D)	Taux d'humidité (%)	Taux de cendre (%)
F ₁	4.2 \pm 0.006 ^f	47,6 \pm 1,53 ^b	98,14 \pm 1,45 ^a	3,74
F ₂	4,51 \pm 0.006 ^b	35,3 \pm 0,58 ^d	94,02 \pm 3,75 ^a	3,06
F ₃	4,44 \pm 0.012 ^d	35,0 \pm 1,00 ^d	93,31 \pm 1,28 ^a	0,24 \pm 0,93 ^a
F ₄	4,40 \pm 0,012 ^e	54,6 \pm 0,58 ^a	93,50 \pm 0,16 ^a	3,44 \pm 4,17 ^a
F ₅	4,71 \pm 0,012 ^a	35,6 \pm 1,53 ^d	94,15 \pm 0,36 ^a	1,45 \pm 1,62 ^a
F ₆	4,48 \pm 0,006 ^c	47,6 \pm 1,58 ^b	94,91 \pm 1,89 ^a	1,46 \pm 1,16 ^a
F ₇	4,84 \pm 0,015 ^c	40,8 \pm 0,100 ^c	95,98 \pm 3,82 ^a	2,16 \pm 3,45 ^a
F ₈	4,73 \pm 0,006 ^a	31,0 \pm 1,00 ^e	96,67 \pm 1,17 ^a	0,42

pH : Potentiel d'hydrogène.

A. La mesure de pH et de l'acidité titrable

Les résultats obtenues et présentés dans le **tableau 11**, ont montrés que pour une partie des huit formulations, une différence significative ($p < 0,05$) a été enregistré pour la détermination de pH. Une différence non significative ($p > 0,05$) a été enregistrée pour la 6^{ème} et

la 7^{ème} formulation d'un côté, et pour la 5^{ème} et la 8^{ème} formulation de l'autre côté (**tableau 11**), ces dernières contiennent la même proportion en lactosérum, à avoir 0,70.

La 2^{ème} et la 7^{ème} formulation (**tableau 11**), ayant des proportions similaires en lactosérum (0,45) et en jus de fraise (0,40), présentent une différence significative ($p < 0,05$) pour la mesure de pH. Les valeurs enregistrées sont de 4,51 pour la 2^{ème} formulation et de 4,84 pour la 7^{ème} formulation. Cette différence significative ($p < 0,05$) de pH est probablement (**tableau 11**) due à la diminution de la proportion en pectine extrait de la pomme verte, qui est de 0,10 pour la 2^{ème} formulation et de 0,05 pour la 7^{ème} formulation.

Concernant la détermination de l'acidité titrable, les résultats obtenus représentés dans le **tableau 11**, montrent qu'il y a une différence significative entre ($p < 0,05$) le 4^{ème} produit et le 8^{ème} produit, ayant enregistré respectivement ; 54,60 °D et 31,00 °D. Ces deux produits contiennent une proportion similaire de lactosérum qui est de 0,70 ; tandis que la proportion en jus de fraise a été de 0,20 pour la 4^{ème} formulation et de 0,10 pour la 2^{ème} formulation.

B. Détermination de taux de l'humidité et de taux des cendres

Les résultats de taux d'humidité et de taux de cendre obtenus représentés dans le **tableau 11**, montrent qu'il n'y a aucune différence significative évalués pour les huit formulations ($p > 0,05$)

C. La teneur en polyphénols totaux (TPC) et la teneur en flavonoïdes totaux (TFC)

Les résultats de dosage des polyphénols totaux, et des flavonoïdes totaux de huit formulations sont regroupés dans le **tableau 12**.

Tableau 12 : Les résultats de dosage des polyphénols totaux, et des flavonoïdes totaux de huit formulations. Les résultats sont rapportés en moyenne \pm écart type, dont les lettres a, b, c, d, (a>b>c>d) représentent les différences significatives entre les huit produits préparés ($p < 0,05$).

Formulations	TPC (mg Eq AG/g)	TFC (mg Eq R/g)
F ₁	4,82 \pm 0,342 ^a	47,67 \pm 0,728 ^a
F ₂	4,72 \pm 0,371 ^a	35,33 \pm 4,448 ^{abc}
F ₃	4,68 \pm 0,368 ^a	35,00 \pm 4,452 ^{abcd}
F ₄	4,46 \pm 0,063 ^a	54,67 \pm 1,643 ^{cd}
F ₅	2,80 \pm 0,279 ^b	35,67 \pm 1,101 ^{ab}
F ₆	2,79 \pm 0,359 ^b	47,67 \pm 0,664 ^{bcd}
F ₇	5,38 \pm 0,515 ^a	40,80 \pm 1,410 ^d
F ₈	3,05 \pm 0,220 ^b	31,00 \pm 0,635 ^{bcd}

TPC : Total Polyphenols Content,

TPC (mg Eq. AG/g) : Taux des polyphénols totaux en mg équivalent d'acide gallique par g,

TFC : Total Flavonoids Content,

TFC (mg Eq. R/g) : Taux des flavonoïdes totaux en mg équivalent de rutine par g.

Les résultats présentés dans le **tableau 12**, montrent qu'une différence significative ($p < 0,05$) pour le taux des polyphénols totaux a été enregistrée pour la 7^{ème} et la 8^{ème} formulation, ayant enregistrés, respectivement, 5,38 (mg Eq. AG/g) et 3,05 (mg Eq. AG/g). Cette diminution est probablement due à la diminution de la proportion de boisson préparée en jus de fraise, qu'est de 0,4 pour la 7^{ème} formulation ; et de 0,10 pour la 8^{ème} formulation.

Concernant les flavonoïdes des huit formulations (**tableau 12**) une différence significative ($p < 0,05$) été enregistré entre une partie des formulations. La 8^{ème} formulation, contenant la proportion la plus faible en jus de fraise qu'est de 0,10, a enregistré un taux de flavonoïdes totaux de 31,00 (mg Eq. R/g).

—Test de protéine et test des sucres réducteurs avaient révélé la présence de protéines et sucres réducteurs dans les huit formulations produites.

III.2.2. Les résultats des analyses microbiologiques

Les résultats de la qualité hygiénique de différentes formulations de boisson préparée à base de lactosérum et de jus de fraise, avaient montré l'absence de tous les microorganismes recherchés (les levures et les moisissures, la flore mésophile aérobie totale, les coliformes fécaux et les coliformes totaux). Ces résultats répondent aux exigences des normes de journal officiel de la république algérienne de 2017.

III.2.3. Les résultats d'optimisation de la formulation

L'optimisation de la formulation de boisson préparée à base de lactosérum et de jus de fraise suivant un plan des mélange, qu'est "Extrême vertice Design", sur lequel un model "D—optimal" a été appliqué dans le but de réduire le nombre des essais expérimentales.

La vérification de la capacité prédictive du modèle pour les conditions optimales, les valeurs prédictives des réponses physico-chimique, à savoir le pH, l'acidité titrable, le taux de l'humidité, le taux des cendres, le taux en polyphénols totaux et le taux en flavonoïdes totaux, ont été déterminées en utilisant la désirabilité maximale.

La **figure 9** représente le profil de prédiction dont la valeur de la désirabilité est de 0, 55.

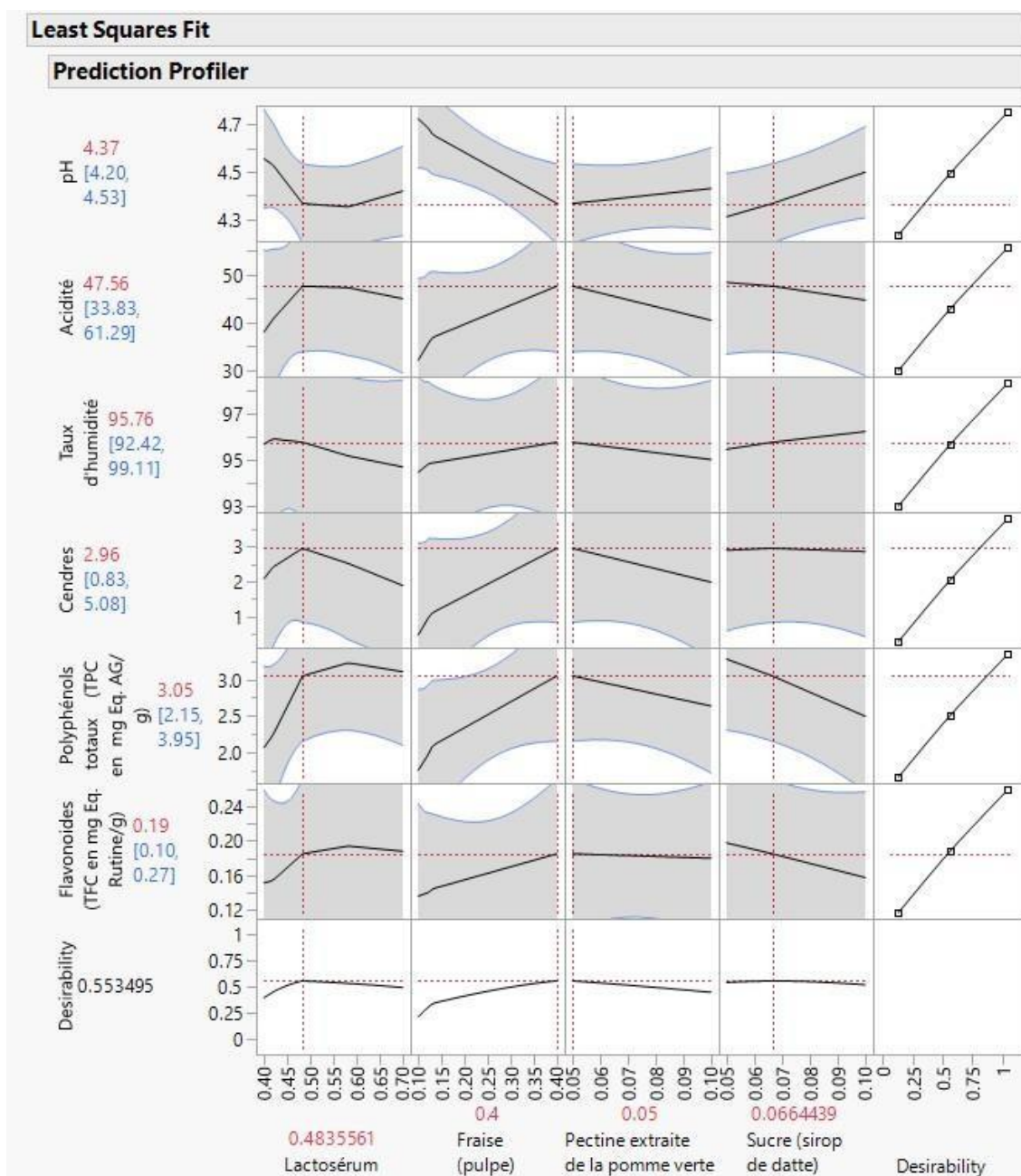


Figure 9 : Profil de prédiction des conditions optimales de la boisson à base de lactosérum.

Selon la prédiction de modèle présentée dans la **figure 9** ; la formulation optimale proposée de boisson préparé à base de lactosérum et de jus de fraise, en appliquant la désirabilité maximale de la prédiction qu'est de 0,55 ; est celle contenant la proportion de 0,48 de lactosérum , la proportion de 0,4 de jus de fraise , la proportion de 0,05 de pectine extraite de la pomme verte et la proportion de 0,06 de sirop de datte (source de sucre).

Cette formulation optimale a été produite empiriquement pour pouvoir valider la prédiction de modèle proposé. Le **tableau 13**, ci-dessus, représente les résultats de la formulation optimale prédictive comparés aux résultats reproduits expérimentalement.

Tableau 13 : Valeurs prédictives et expérimentales de la formulation optimale pour les paramètres physico-chimiques de la boisson préparée à base de lactosérum et de jus de fraise.

Formulation optimale	pH	Acidité (°D)	Humidité (%)	Cendres (%)	TPC (mg Eq. AG/g)	TFC (mg Eq. R/g)
Valeurs expérimentales	4,52 ±0,03	45,33 ± 0,55	96,67 ± 2,28	2,46 ± 0,14	3,68 ± 0,11	0,09 ± 0,00
Valeurs prédictives	4,37	47,56	95,76	2,96	3,05	0,19
Erreur de prédiction (%) ¹	3,43 %	4,69 %	0,95 %	16,89 %	20,66 %	52,63 %

pH : Potentiel hydrogène,

¹, L'équation de calcul du pourcentage d'erreur de prédiction,

TPC : Total Polyphenols Content,

TPC (mg Eq. AG/g) : Taux des polyphénols totaux en mg équivalent d'acide gallique par g,

TFC : Total Flavonoids Content,

TFC (mg Eq. R/g) : Taux des flavonoïdes totaux en mg équivalent de rutine par g

Les erreurs de prédiction pour chaque réponse, sont calculées suivant l'équation de calcul du pourcentage d'erreur de prédiction (**Baraldo & Furlanut, 1995**), présenté ci-dessous :

$$\text{Erreur de prédiction (\%)}^1 = \frac{\text{Valeur expérimental} - \text{Valeur prédictive}}{\text{Valeur prédictive}} \times 100$$

À partir de **tableau 13**, les valeurs de prédiction de modèle concernant la formulation optimale, sont en accord pour les réponses de pH, acidité et taux d'humidité avec les valeurs expérimentales. L'erreur de prédiction est plus élevée pour le taux des cendres et pour le taux des polyphénols totaux et pour le taux des flavonoïdes totaux.

III.3. Les résultats de l'analyse sensorielle

A. Analyse de pénalités

L'analyse de pénalités est utilisée en analyse sensorielle pour identifier des axes d'améliorations possibles pour des produits, suite à des enquêtes auprès de consommateurs ou des experts. Les résultats de l'analyse des pénalités pour les huit boissons préparées à base de lactosérum et de jus de fraise sont présentés dans **les figures 10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f, 10g, 10h**, ci-dessous.

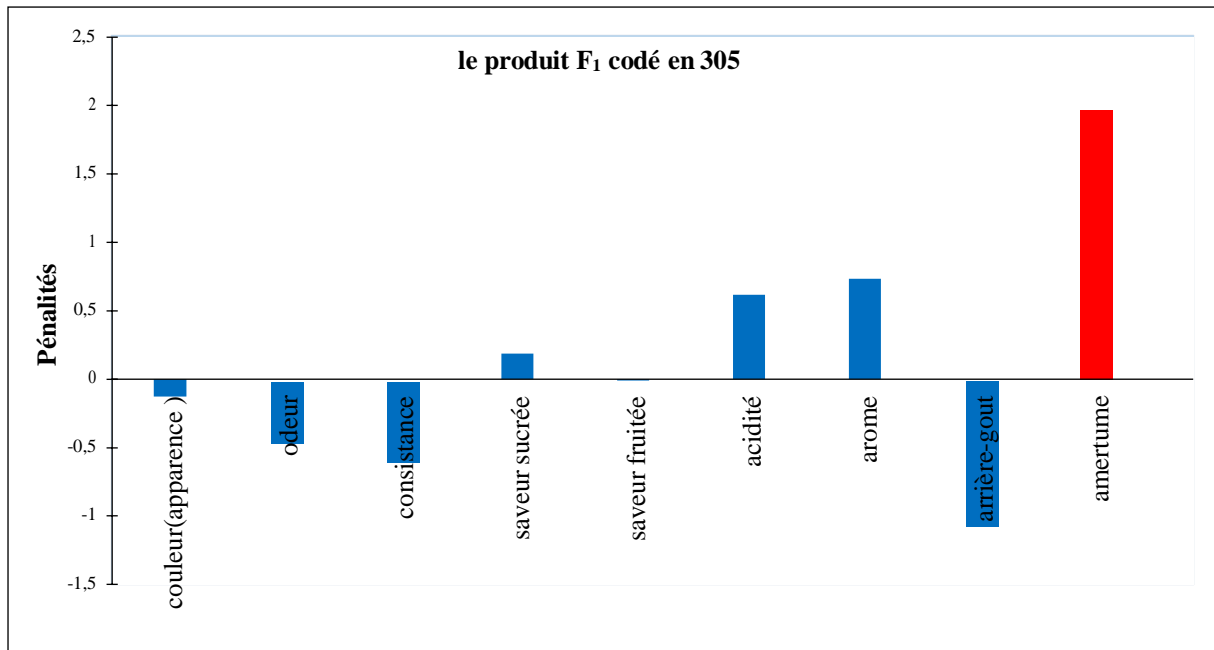


Figure 10a : Les attributs sensoriels pénalisés pour la boisson à base de lactosérum et de jus de fraise nommée “F₁”codé en 305.

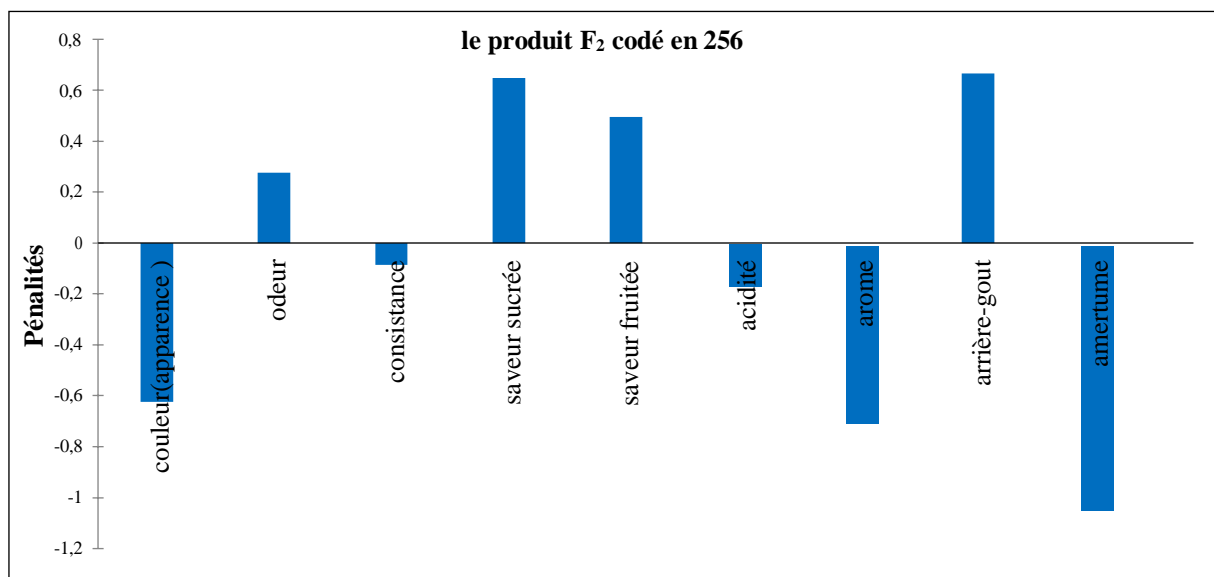


Figure 10b : Les attributs sensoriels pénalisés pour boisson à base de lactosérum et de jus de fraise nommée “F₂”codé en 256.

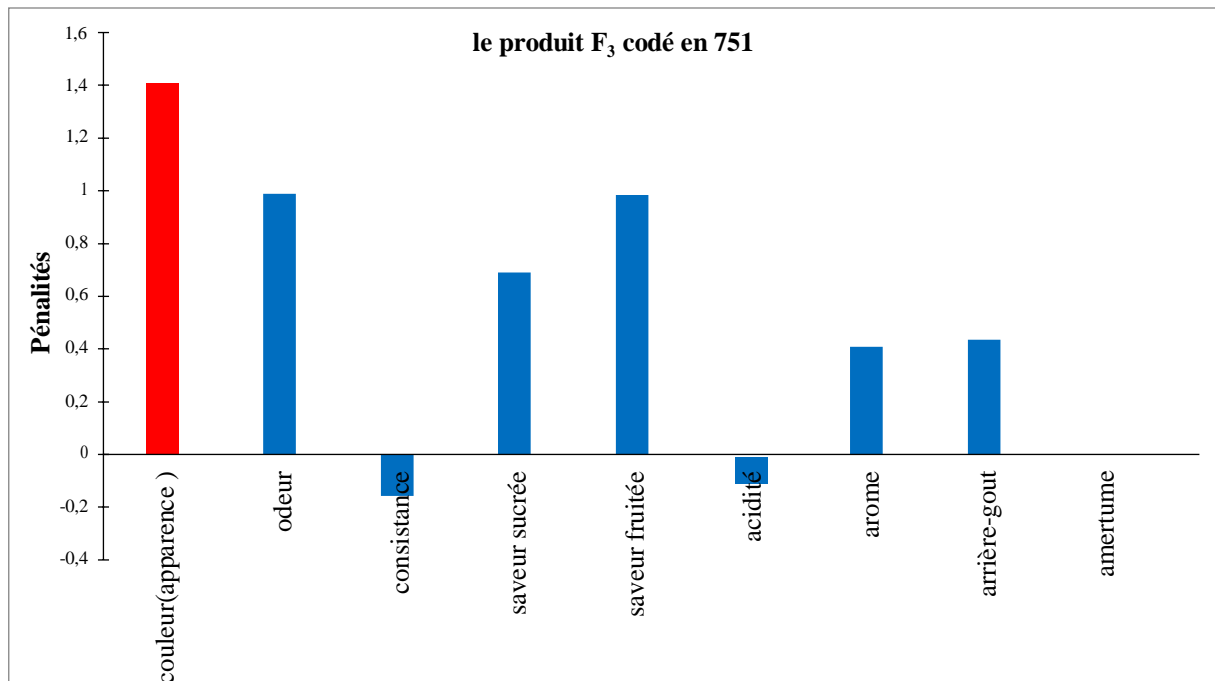


Figure 10c : Les attributs sensoriels pénalisés pour boisson à base de lactosérum et de jus de fraise nommée “F₃”codé en 751.

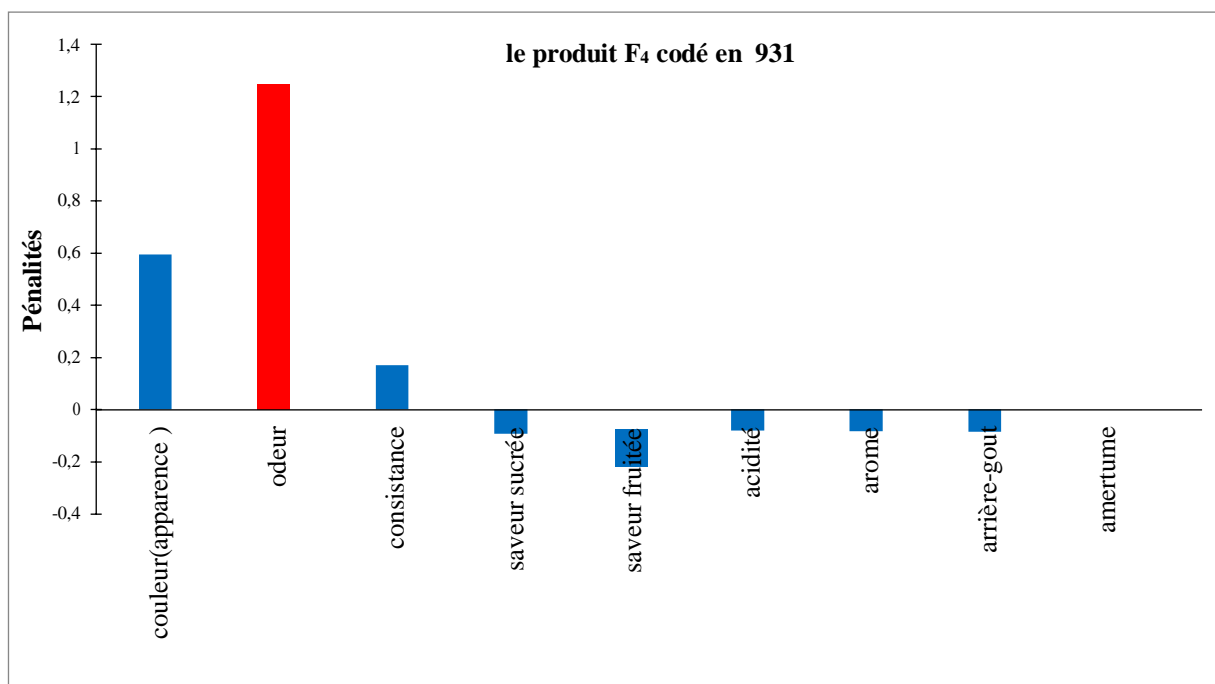


Figure 10d : Les attributs sensoriels pénalisés pour boisson à base de lactosérum et de jus de fraise nommée “F₄”codé en 931.

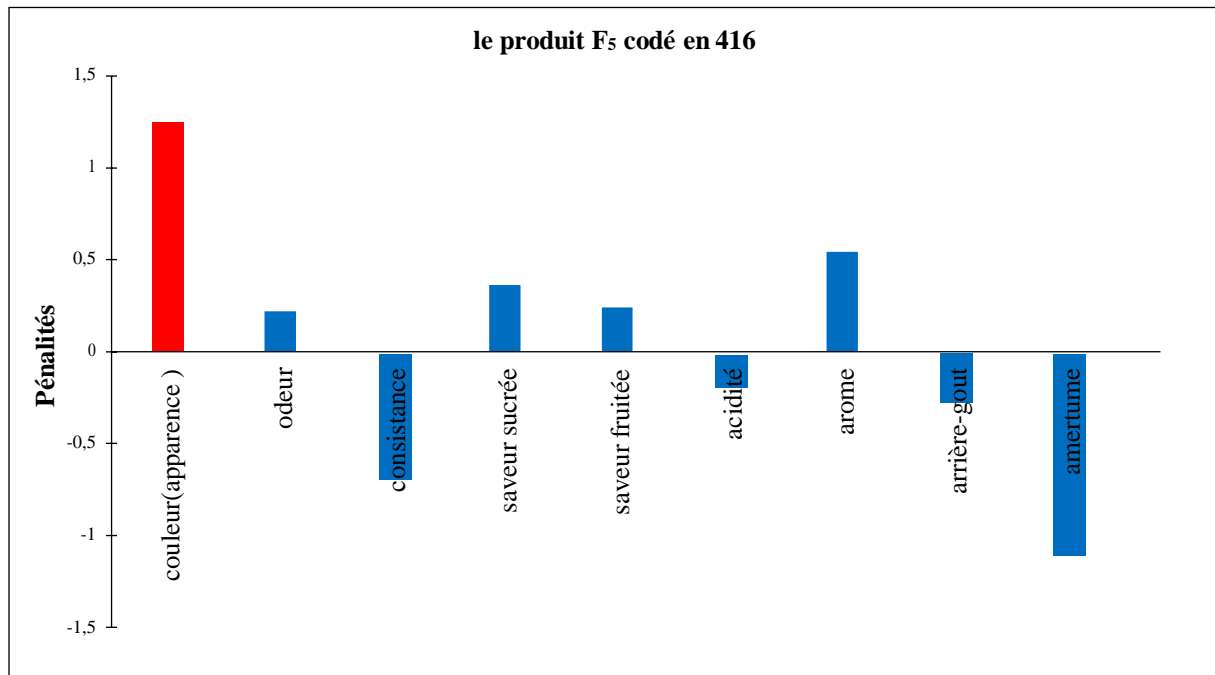


Figure 10e : Les attributs sensoriels pénalisés pour boisson à base de lactosérum et de jus de fraise nommée ‘F₅’codé en 416.

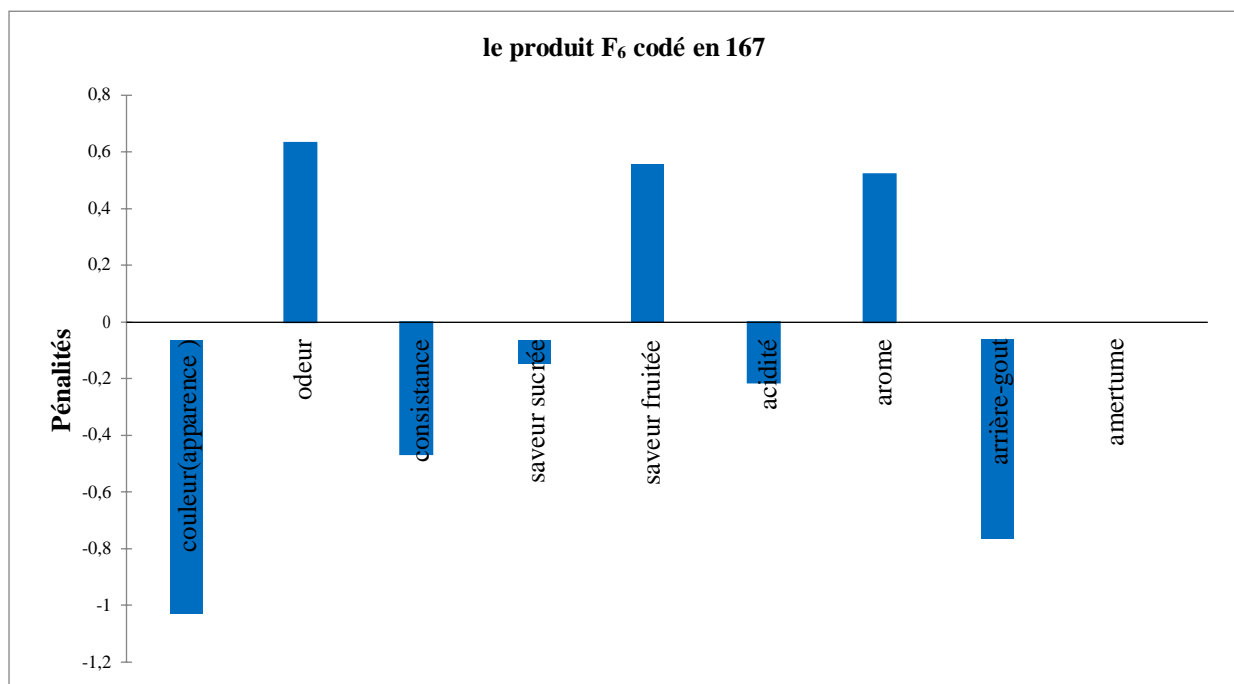


Figure 10f : Les attributs sensoriels pénalisés pour boisson à base de lactosérum et de jus de fraise nommée ‘F₆’codé en 167.

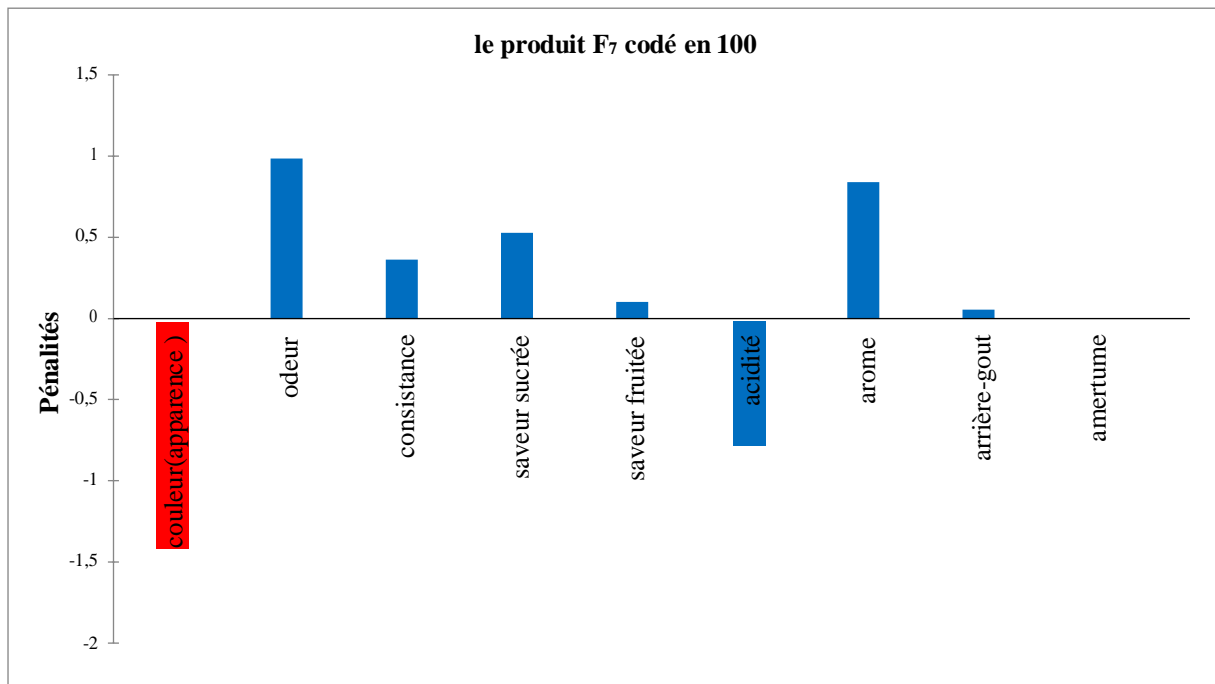


Figure 10g : Les attributs sensoriels pénalisés pour boisson à base de lactosérum et de jus de fraise nommée ‘F7’codé en 100.

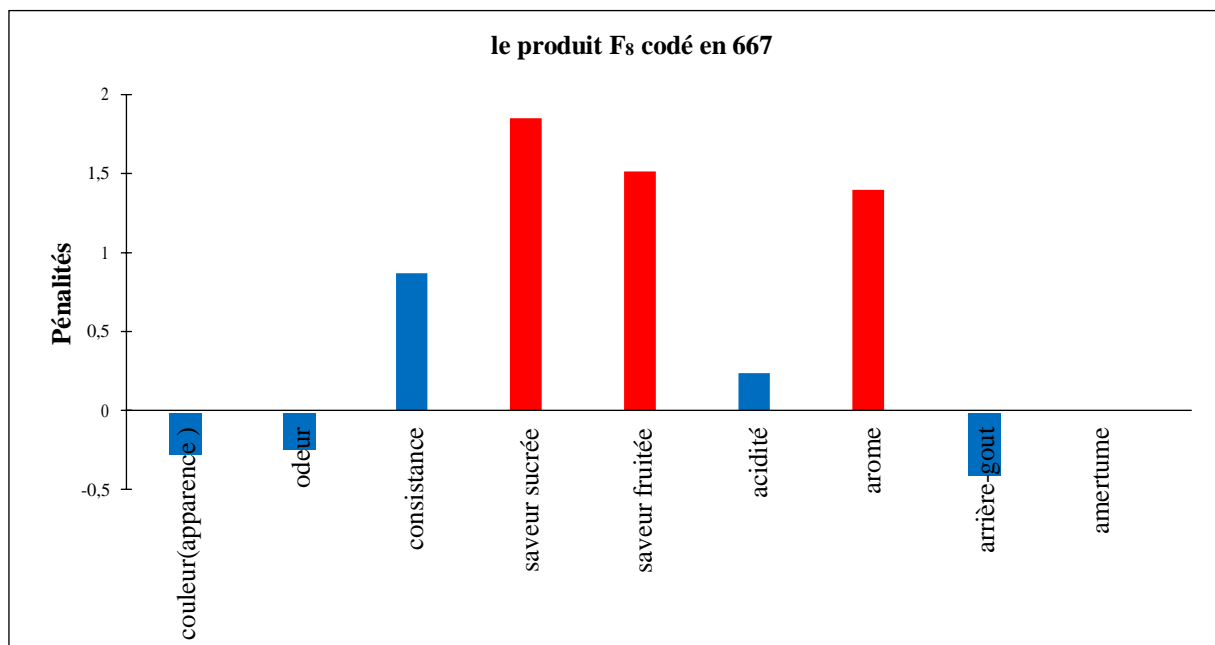


Figure 10h : Les attributs sensoriels pénalisés pour boisson à base de lactosérum et de jus de fraise nommée ‘F8’codé en 667.

D’une manière générale, lorsque la différence est significative les histogrammes sont affichés en couleur rouge ; en couleur verte quand la différence n’est pas significative, alors qu’elles apparaissent en couleur bleue lorsque l’effectif d’un groupe est inférieur au seuil choisi.

La pénalité est la différence de la moyenne des données de préférence pour la catégorie JAR (Just About Right), avec la moyenne des données pour les autres catégories (‘pas assez’ et ‘trop’) (Popper & Gibes, 2004).

Les représentations graphiques des résultats obtenus, présentés dans les figures 10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f, 10g, 10h sont de couleur bleue et rouge. Cela signifie que l'effectif d'un groupe est inférieur au seuil choisi. Si un attribut (descripteur) possède un coefficient positif, ce dernier est pénalisé positivement, ainsi ce descripteur est décisif pour la préférence d'un produit par rapport à un autre pour les membres du panel naïf.

Si un attribut possède un coefficient négatif, ce dernier est pénalisé négativement par les membres du même panel. Autrement dit, c'est un attribut (descripteur) qui écarte un produit donné dans la liste de préférence du panel.

Pour comprendre de près l'effet des caractéristiques pénalisées négativement, le tableau 14, ci- dessous, les représente en détail.

Tableau 14 : Les caractéristiques des boissons préparées à base de lactosérum et de jus de fraise, nommées ‘F₁’, ‘F₂’, ‘F₃’, ‘F₄’, ‘F₅’, ‘F₆’, ‘F₇’, ‘F₈’ pénalisées négativement.

Produit	Couleur (apparence)	Odeur	Consistance	Saveur sucrée	Saveur fruitée	Acidité	Arome	Arrière-gout	Amertume
F ₁	X	X	X	X	-	-	-	X	-
F ₂	X	-	X	X	-	X	X	-	X
F ₃	-	-	X	X	-	X	-	-	-
F ₄	-	-	-	X	X	X	X	X	-
F ₅	-	-	X	X	-	X	-	X	X
F ₆	X	-	X	X	-	X	-	X	-
F ₇	X	-	-	X	-	X	-	-	-
F ₈	X	X	-	X	-	-	-	X	-

X : représente les caractéristiques des produits de boisson à base de lactosérum et de jus de fraise, pénalisées négativement.

À partir du tableau 14, il est à noter que pour chaque produit de boisson préparée à base de lactosérum et de jus de fraise, qu'est pénalisé négativement par un ou plusieurs attributs, la perception des attributs des produits répondait aux attentes de panel naïf.

B. Analyse de la composante principale (ACP)

L'analyse en composantes principales (ACP) fait partie du groupe des méthodes descriptives multidimensionnelles appelées méthodes factorielles, qui consiste à transformer des variables liées entre elles, dites “*corrélées*” en statistique, en nouvelles variables non corrélées les unes des autres. Ces nouvelles variables sont nommées “*composantes principale*”, ou axes principaux. L'ACP permet de réduire le nombre de variables et rendre l'information moins redondante (Miloudi, 2014). L'ACP est utilisé lors de la disposition d'un tableau de données quantitatives dans lesquelles observations (les produits) sont décrites par *p* variables (les attributs sensorielles).

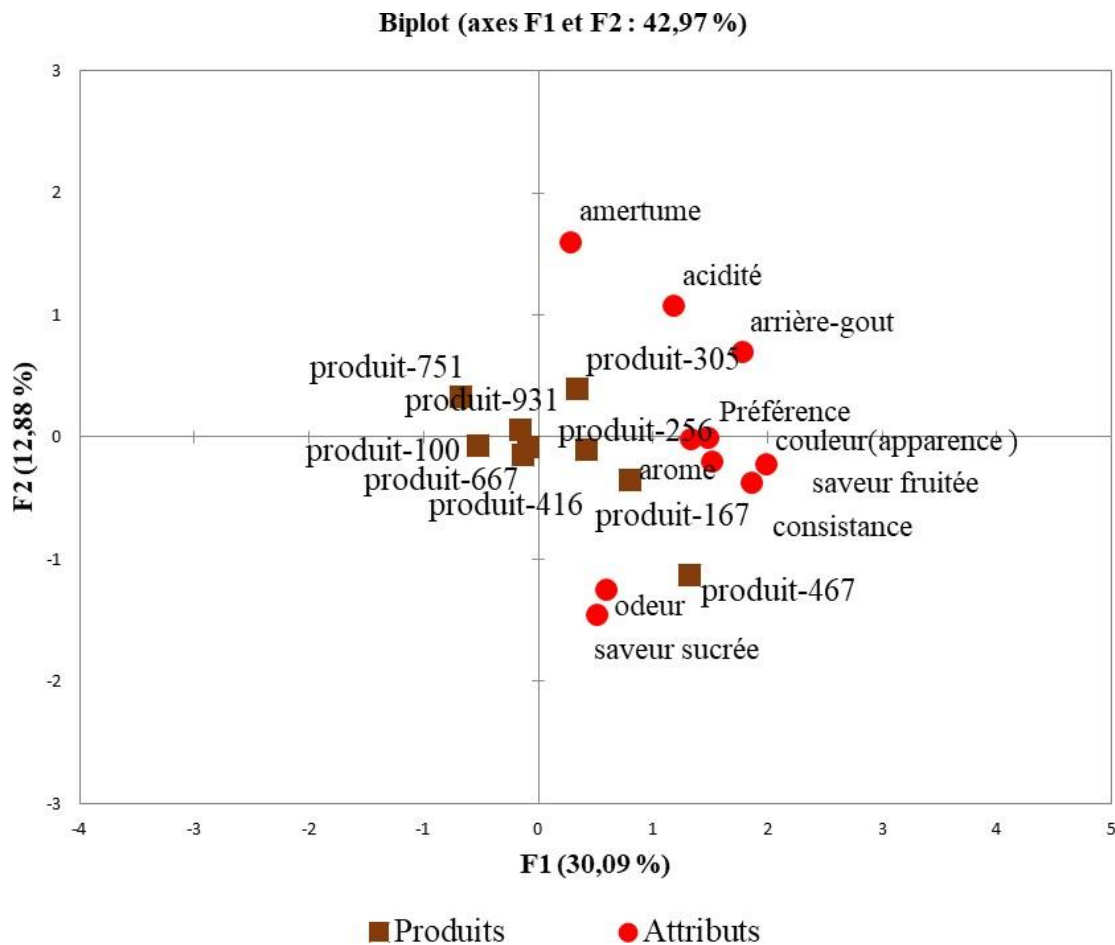


Figure 11 : La corrélation entre les variables et les facteurs du panel expert, pour les produits préparés.

La carte obtenus (**figure 11**) permet de représenté 42,97% où F1 (30,09%), F2 (12,88%). Il est à noter que le produit nommé “F₂” codé en 256 est entouré par “l’acidité” ; “l’arôme” et “la saveur sucrée” , qui les caractérisent par rapport aux autre produits, ces derniers ont été considérés par les experts comme assez différents.

C. La cartographie externe de préférence (PREFMAP)

La cartographie externe de préférence est réalisée pour avoir plus d'informations sur les préférences des consommateurs. Son application permet d'afficher la carte des préférences des membres de panel naïf pour chaque produit. La **figure 12**, ci-dessous, représente la carte de préférences.

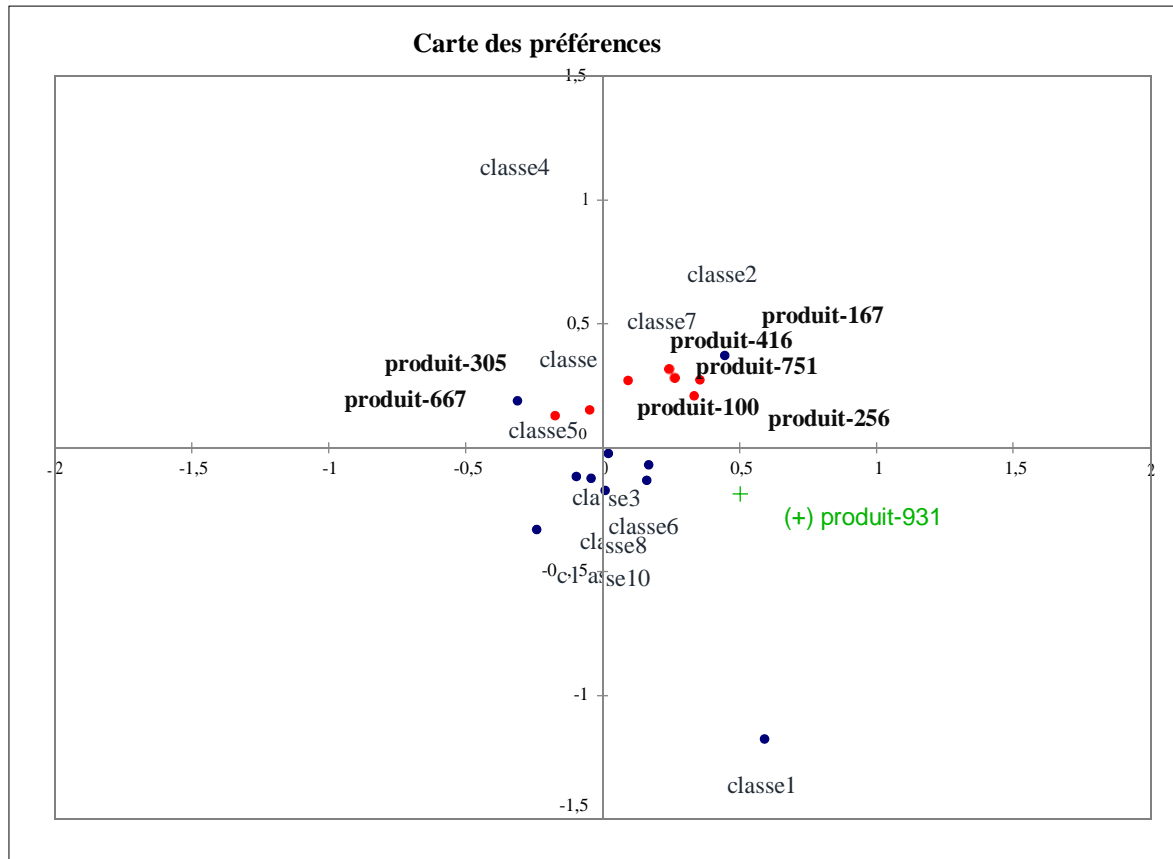


Figure 12 : La carte des préférences des huit produits étudiés.

À partir des résultats liés aux préférences des produits, présentés dans la **figure 12** et dans le **tableau 15** ci-dessus, il est à noter que les produits de boisson à base de lactosérum et de jus de fraise, nommés respectivement, ‘F₁’, ‘F₃’, ‘F₈’, codé respectivement en 305, 751 et en 667 sont appréciés par la 9^{ème} classe, et les produits ‘F₅’ et ‘F₆’ codé respectivement en 416 et en 167 sont appréciés par la 7^{ème} et la 2^{ème} classe. Alors que les produits ‘F₂’ et ‘F₇’ codé en 256 et en 100 sont appréciés par la 5^{ème} classe. Le produit ‘F₄’ codé en 931 est apprécié par la 3^{ème} classe.

Le **tableau 15** représente le pourcentage de satisfactions des produits dégustés par les membres de panel naïf.

Tableau 15 : pourcentage de juges satisfaits pour chaque produit.

Objet	Pourcentage %
Classe 1	0%
Classe 2	100%
Classe 3	100%
Classe 4	50%
Classe 5	13%
Classe 6	75%
Classe 7	38%
Classe 8	88%
Classe 9	38%
Classe 10	38%

Conclusion

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Aujourd'hui, les sous-produits issus des industries agro-alimentaires constituent une problématique de pollution majeure ainsi que des pertes économiques élevées. La valorisation de ces sous-produits est devenue une exigence actuelle et ceci pour des raisons économiques et pour un souci de protection de l'environnement.

Le lactosérum est un des rejets principal des unités laitières. Ce travail avait pour principaux objectifs la valorisation du lactosérum suite à son incorporation avec le jus de fraise, la pectine extraite de pomme verte et de sirop de datte. L'évaluation des paramètres physico-chimiques, microbiologique, et sensorielle des huit boissons préparées, ainsi que des constituants entrant dans la préparation de ces bissons, ont été effectuées.

L'étude statistique des résultats obtenus suite à l'analyse physico-chimique ont montrés une différence significative pour le pH et pour l'acidité titrable ($p < 0.05$). Une différence significative ($p < 0,05$) du pH a été enregistré pour une partie des produits, ces différences sont probablement due à l'effet des proportions de chaque constituant entrant dans la préparation des huit boissons. Aucune différence significative ($p > 0.05$), n'a été enregistré pour le taux de l'humidité et le taux des cendres, pour les produits préparés. Les teneurs en polyphénols et flavonoïdes diffèrent en fonction des proportions des constituants, notamment la proportion de jus de fraise et la proportion de la pectine extraite de pomme vertes, connues pour leur teneur importante en polyphénols totaux et en flavonoïdes totaux.

Les résultats des analyses microbiologiques des huit formulations montrent leur conformité aux normes d'hygiène concernant la manipulation des aliments, ce qui offre un produit d'une qualité hygiénique acceptable. L'évaluation de l'analyse sensorielle a été réalisée pour les produits préparés à base de lactosérum et de jus de fraise à l'aide de deux types de panels, un panel expert composé de 25 personnes et un panel naïf composé de 50 personnes.

La valorisation de lactosérum dans l'industrie agro-alimentaire avec des travaux approfondis promettra sans doute une solution pertinente à la fois pour lutter contre le rejet des déchets industriels dans la nature et pour offrir aux consommateurs des produits apportant une valeur nutritive élevée, une nouvelle expérience sensorielle rafraichissante, avec des prix correspondant à tous les pouvoir d'achats. L'utilisation de lactosérum dans la production des suppléments en protéines, est également une voie de recherche approfondie à explorer.

**Références
Bibliographiques**

Références bibliographiques

- Adrian, J., G. Legrand, et al. (1981).** "Dictionnaire de biochimie alimentaire et de nutrition."
- Adrian, R. J. (1991).** "Particle-imaging techniques for experimental fluid mechanics." *Annual review of fluid mechanics* **23**(1): 261-304.
- Ahn, W. S., S. J. Park, et al. (2001).** "Production of poly (3-hydroxybutyrate) from whey by cell recycle fed-batch culture of recombinant Escherichia coli." *Biotechnology letters* **23**: 235-240.
- Alais, C. (1984).** "Science du lait: principes des techniques laitières."
- Basu, A., A. Nguyen, et al. (2014).** "Strawberry as a functional food: an evidence-based review." *Critical reviews in food science and nutrition* **54**(6): 790-806.
- Benaissa Miloud (2018)** Valorisation du lactosérum par les bactéries lactiques. Thèse de doctorats. Oran. Université Ahmed ben Bella. 9 p.
- Benamara, R. N. (2017).** Intitulé de la thèse (Doctoral dissertation, Université de Tlemcen.
- Benamara, S. and A. Agougou (2003).** "Production des jus alimentaires: Technologie des industries alimentaires." Edition OPU office des oeuvres universitaires.
- Boizot, N. and J.-P. J.-P. Charpentier (2006).** "Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier." *Cahier des Techniques de l'INRA*: 79-82.
- Boudrier.J.F, F.M.Luquet. (1981).** Utilisation des lactosérums en alimentation humaine et animale ; Apria, paris
- Boudjema, K., F. Fazouane-Naimi, et al. (2009).** "Optimisation et modèle de production d'acide lactique par Streptococcus thermophilus sur lactosérum." *Sciences & Technologie. C, Biotechnologies*: 80-90.
- Braesco, V., T. Gauthier, et al. (2013).** "Jus de fruits et nectars." *Cahiers de Nutrition et de Diététique* **48**(5): 248-256.
- Buruk Sahin, Y., E. Aktar Demirtaş, et al. (2016).** "Mixture design: A review of recent applications in the food industry."
- Buruleanu, L., &Manea, I. (2006).** "influence des traitement thermique sur la composition des jus vegetaux–substrat pour la fermentation lactique .chemical derivatives." *233*: 33-44.
- Cano, A. and M. B. Arnao (2004).** "Actividad Antioxidante Hidrofílica y Lipofílica y contenido en vitamina C de zumos de naranja comerciales: relación con sus características organolépticas lipophilic and hydrophilic antioxidant activity and vitamin C content of commercial orange juices: correlation with organoleptic parameters actividade antioxidante hidrofílica e lipofílica e contido en Vitamina C de zumos de laranja comerciais: relación coas características organolépticas." *CYTA-Journal of Food* **4**(3): 185-189.

Carter, B., N. Cheng, et al. (2021). "Invited review: Microfiltration-derived casein and whey proteins from milk." *Journal of Dairy Science* **104**(3): 2465-2479.

Chang, C.-C., M.-H. Yang, et al. (2002). "Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods." *Journal of food and drug analysis* **10**(3).

Codex, S. "247 (2005)." Norme générale codex pour les jus et les nectars de fruits.

Cordenunsi, B., J. d. Nascimento, et al. (2003). "Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage." *Food Chemistry* **83**(2): 167-173.

Crespo, P., J. G. Bordonaba, et al. (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.

Dsa., 2018 : Direction de Secteur d'Agricole.

Dsa., 2013: Direction de Secteur d'Agricole

Gana, S. and A. Touzi (2001). "Valorisation du lactosérum par la production de levures lactiques avec les procédés de fermentation discontinue et continue." *Rev. Energ. Ren* **1**: 51-58.

Garcia, M. G., M. Ontivero, et al. (2002). "Morphological traits and high resolution RAPD markers for the identification of the main strawberry varieties cultivated in Argentina." *Plant Breeding* **121**(1): 76-80.

Giampieri, F., J. M. Alvarez-Suarez, et al. (2013). "The potential impact of strawberry on human health." *Natural product research* **27**(4-5): 448-455.

Giampieri, F., S. Tulipani, et al. (2012). "The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health." *Nutrition* **28**(1): 9-19.

Gösta, B. (1995). "Dairy processing handbook." *Tetra Pak Processing systems AB S-221* **86**.

Goupy, J. (2000). "Modélisation par les plans d'expériences." *Techniques de l'ingénieur. Mesures et contrôle(R275): R275. 271-R275. 223.*

Goupy, J. (2006). *Plans d'expériences, Ed. Techniques Ingénieur.*

Guang, W., M. Baraldo, et al. (1995). "Calculating percentage prediction error: a user's note." *Pharmacological research* **32**(4): 241-248.

Guimarães, P. M., J. A. Teixeira, et al. (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.

<http://www.cawjijel.org/fr/agriculteur/312-la-fraise-a-jijel>.

İlker, M. Çiftçioğlu, et al. (2006). "Separation of whey components by using ceramic composite membranes." *Desalination* **189**(1-3): 87-91.

Références bibliographiques

- Irfan, H. (2007).** thèse de doctorat Sensory Evaluation Techniques. AlGhurair Food. Muscat-Oman, pp :21.
- Jelen P.** Whey-based functional beverages. In: Press C, editor. Functional and Speciality Beverage Technology. New York: Pierre Paquin. 2009;259-96.021.
- Jules, V. (2010).** "Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales, Lexicographie".
- Kebbouche-Gana, S. and A. Touzi (2001).** "valorisation du lactosérum par la production de levures lactiques avec les procédés de fermentation continue et discontinue."
- Keilling, J., Dewilde, R.; 1985 :** «Lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre, tome2 », Transformation et technologie technique et documentation(LA VOISIER) P 357-390.
- Kennedy, J., J. Cabral, et al. (1985).** "Comparison of action patterns of gelatin-entrapped and surface-bound glucoamylase on an α -amylase degraded starch substrate: a critical examination of reversion products." Enzyme and microbial technology 7(1): 22-28.
- Lapointe-Vignola, C. (2002).** Science et technologie du lait: transformation du lait, Presses inter Polytechnique.
- Lefebvre, A. and J.-F. Bassereau (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.
- Leghlmi H., 2004.** Optimisation de la production de la cellulase d'Aspergillus niger ATCC 16 404 cultivé sur un milieu à base de lactosérum : étude comparative entre Aspergillus niger ATCC 16 404 et Aspergillus niger O.Z isolée localement. Thèse de doctorat.
- Linden, L. and D. Lorient (1994).** "Biochimie agro-industrielle-Valorisation alimentaire de la production agricole.(ED) Masson." Paris. Milan. Barcelone, 359p.
- Luquet et Francois M. 1990.** lait et les produits laitiers, vache, brebis, chèvre. Tome II. Techniques et documentation-Lavoisier, 621p.
- Mann, E. (1971).** "Lactalbumin and its uses." Dairy Indus.
- Margerin, J., Nicolase., Petita., Guerin, C., Heria, L., Lorrain, L., Artaux, M, Befonds, Q., Bugnet, A, Chahdi, C, (2012).** Elaboration d'une boisson fermentée sans alcool à base de mirabelle. Rapport Projet Professionnel Groupe 16, pp :13.
- Maubois, J., G. Brule, et al. (1981).** "[Ultrafiltration of whey. Optimization of technology. Utilization of permeates]. [French]." Technique Laitiere.
- Mclean, R. and V. Anderson (1966).** "Extreme vertices design of mixture experiments." Technometrics 8(3): 447-454.
- Meyers, K. J., C. B. Watkins, et al. (2003).** "Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries." Journal of agricultural and food chemistry 51(23): 6887-6892.

Références bibliographiques

- Miloudi, N. (2014).** Contribution à l'étude de la vulnérabilité des réservoirs en béton par analyse des composantes principales, Université Mouloud Mammeri.
- Minj, S. and S. Anand (2020).** "Whey proteins and its derivatives: Bioactivity, functionality, and current
- Morr, C. (1989).** "Whey proteins: manufacture." *Developments in dairy chemistry*. 4. Functional milk proteins.: 245-284.
- Morr, C. V. and E. Ha (1993).** "Whey protein concentrates and isolates: processing and functional properties." *Critical Reviews in Food Science & Nutrition* **33**(6): 431-476.
- Muller, A., B. Chaufer, et al. (2003).** "Prepurification of α -lactalbumin with ultrafiltration ceramic membranes from acid casein whey: study of operating conditions." *Le Lait* **83**(2): 111-129.
- Park, Y., M. Juárez, et al. (2007).** "Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk." *Small ruminant research* **68**(1-2): 88-113.
- Poillot, M. (2010).** Transformer les produits laitiers frais à la ferme(deuxième édition). *Educagri éditions*, 160
- Popper, R. and K. Gibes (2004).** "Workshop summary: Data analysis workshop: getting the most out of just-about-right data-Abstracts." *Food Quality and Preference* **15**(7-8): 891-899.
- Prendergast, K. (1985).** "whey drinks—technology, processing and marketing." *International Journal of Dairy Technology* **38**(4): 103-105.
- Ryan, M. P. and G. Walsh (2016).** "The biotechnological potential of whey." *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* **15**: 479-498.
- Santich, B. (2013).** 500 plants comestibles : histoire, botanique, alimentation. Delachaux et Nistlé, Paris.
- Shukla, M., Y. K. Jha, et al. (2013).** "Development of probiotic beverage from whey and pineapple juice." *Journal of Food Processing and Technology* **4**(206): 1-4.
- Siso, M. G. (1996).** "The biotechnological utilization of cheese whey: a review." *Bioresource technology* **57**(1): 1-11.
- Swartz, M. (1995).** "Milk proteins and hydrolysates in nutritional foods." *Food Marketing & Technology*(4): 4-12.
- Tiwari, B., C. O'donnell, et al. (2009).** "Effect of ozone processing on anthocyanins and ascorbic acid degradation of strawberry juice." *Food Chemistry* **113**(4): 1119-1126.
- Toullec, R., P. Thivend, et al. (1971).** utilisation des protiens du lactosérum par le veau Préruminant al'engrais. I.—vidange stomacale compareé du lait entier et de deux lait de remplacement ne contenat que des protiénes de lactosérum Ccomme sources des matieres azotées *Annales De Biologie Animale Biochimie Biophysique*, EDP Sciences.

Références bibliographiques

Tulipani, S., B. Mezzetti, et al. (2009). "Impact of strawberries on human health: insight into marginally discussed bioactive compounds for the Mediterranean diet." *Public health nutrition* **12**(9A): 1656-1662.

Visser R.A, nan den bos M.J., Ferguson W.P. (1988). Lactose and its chemical derivatives, *bulletins of I.D.F*, N°233, PP: 33-44.

Vrignaud, Y. (1983). "valorisation du lactosérum. une longue histoire."

Vuillemard, J. (2013). Produits laitier STA-2005. course.[Course hand-out], Québec.

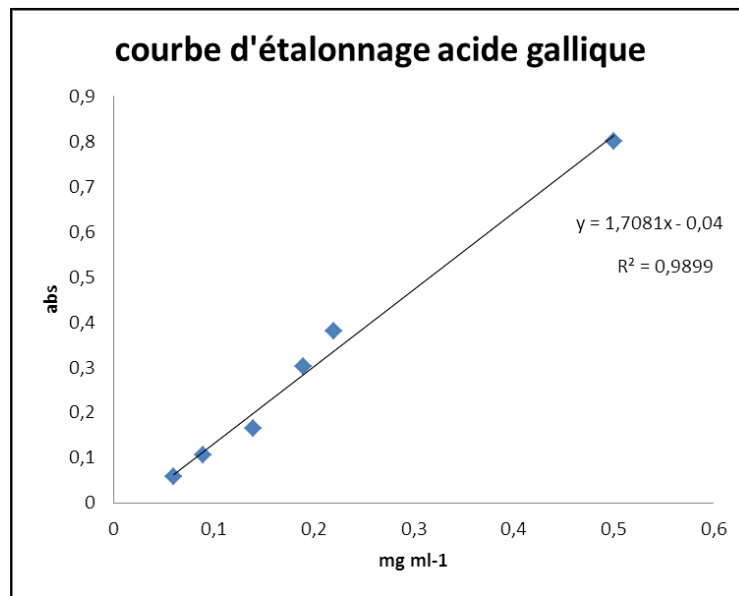
Wangkananon, W., C. Phuaksaman, et al. (2018). "An extreme vertices mixture design approach to optimization of tyrosinase inhibition effects." *Engineering Journal* **22**(1): 175-185

Yadav, J. S. S., S. Yan, et al. (2015). "Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides." *Biotechnology advances* **33**(6): 756-774.

Annexe

Annexes

Annexe 1: Courbe d'étalonnage des composés phénoliques (Acide gallique)



Annexe 2: Courbe d'étalonnage des flavonoïdes (rutine)

