

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université A. MIRA – Béjaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de microbiologie

Spécialité microbiologie appliquée



جامعة بجاية
Tasdawit n Bgayet
Université de Béjaïa

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

Master

Thème

Essai de mise au point d'une
crème glacée probiotique

Présenté par :

Deboub aziz & Talanzar riadh

Soutenu le 14/09/2022

Devant le jury composé de :

M^{ème} Faradji S.

MCA

Promoteur

M Bendjedou K

MCA

Président

M Barache N

MAB

Examineur

Année universitaire : 2021/2022

Dédicace

En premier lieu je remercie Allah le tout puissant qui m'a donné la santé et la
volonté pour réaliser ce travail

Je dédie ce travail a

A mes chers parents

A mes chers frères et sœurs

A mes chères amies

A mon binôme qui a partagé avec moi les moments difficiles dans ce travail

Remerciements

***Nous remercions le dieu le tout puissant de nous donner le
Courage et la santé pour réaliser ce travail***

***Nos sincères remerciements à notre promoteur M^{me} Feradji de nous
Savoir encadrer et suivie ce travail***

***Nos sincers remerciements aux membres de jury qui ont pris le
temps pour examiner notre mémoire :***

***A Mr Bendjedou qui nous a présidé le jury
A Mr Barache qui nous examiné ce travail***

Riadh

Liste des abréviations :

Ac : Acidité

EFSA : European Food Standard Agency

EMP : Embden-Meyerhoff-Panas

EPS : ExoPolySaccharides

EST : Extrait Sec Total

ESD : Extrait Sec Dégraissé

FAO : Food and Agriculture Organisation

FDA : Food and Drug Administration

FTAM : Flore Totale Aerobie Mésophile

GRAS : Generally Recognized As Safe

IL : InterLeukine

IFN : InterFeron

L. plantarum : *Lactoplantibacillus plantarum*

MB : Méga Base

MG : Matière Grasse

MRS : milieude Man, Rogosa, Sharpe

OMS : Organisation Mondiale de Santé

PCA : Plate Count Agar

pH : Potentiel Hydrogene

QPS : Qualified Presumption of Safety

SM : Solution Mère

UFC : Unité Formant Colonie

VRBG : Violet Red Bile Glucose

VF : Viande Foie

WHO : World Health Organisation

Liste de figures:

Figures	Titre	Page
Figure 01	Photographie des échantillons de crème glacée	19
Figure 02	Diagramme de préparation de la crème glacée au laboratoire	20
Figure 03	Diagramme de préparation des échantillons de la crème glacée industrielle	21
Figure 04	Ph mètre (inoLab)	22
Figure 05	Acidimètre	22
Figure 06	Dessiccateur (precisa XM60)	24
Figure 07	Balance de précision (precisaXB202A)	24
Figure 08	Pycnomètre (Lab Glass)	24
Figure 09	Centrifugeuse Gerber (ESCLAB)	25
Figure 10	Butyromètre (FUNKGERBER)	25
Figure 11	Réfracteur (ATAGO)	26
Figure 12	Analyse de variances ANOVA	41

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableau I	Composition des crèmes glacées	09
Tableau II	Analyse microbiologique	30
Tableau III	Résultats d'analyses de pH	31
Tableau IV	Résultats d'analyse d'acidité	32
Tableau V	Résultats d'analyse de matière grasse	33
Tableau VI	Résultats d'analyse de l'EST	34
Tableau VII	Résultats d'analyse de l'ESD	34
Tableau VIII	Résultat d'analyse de la densité	35
Tableau IX	Résultats d'analyse du degré brix	36
Tableau X	résultats des analyses microbiologiques	37

Tableau en annexe

Tableau	Titre	Annexe
Tableau I	Microorganisme considérés comme probiotiques	Annexe1
Tableau II	Composition de VRBG	Annexe 03
Tableau III	Composition de PCA	Annexe 03
Tableau IV	Composition MRS	Annexe 03
Tableau V	Composition Chapman	Annexe 03

Sommaire

Introduction	01
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
I Les probiotiques	03
I.1 concept et définition	03
I.2 Le genre <i>Lactobacillus</i>	04
I.2.1 L'espèce <i>Lactoplantibacillus plantarum</i>	04
I.3 Les critères de sélection d'une souche probiotique	05
I.3.1 Les critères de sécurité	05
I.3.2 les critères fonctionnels	05
I.3.2.1 La résistance a l'acidité gastrique	05
I.3.2.2 L'adhésion aux cellules épithéliale	05
I.3.2.3 La production des substances antibactériennes	05
I.3.2.4 Résistance aux antibiotiques	06
I.3.3. Les critères technologiques	06
I.3.4 potentiel probiotique	06
I.3.4.1 Modulation de microbiote intestinale	06
I.3.4 Effets sur le système immunitaire	07
I.3.4. Activité antimicrobienne	08
II Les crèmes glacées	08
II.1 définition	08
II.2 Historique	08
II.3 composition	08
II.4 Propriétés physico-chimiques	09
II.4.1 Viscosité	09
II.4.2 Acidité	10
II.4.3 Densité	10
II.4.4 Quantité de solide	10
II.5 La microbiologie de la crème glacée	10
II.5.1 La flore mésophile aérobie totale	10
II.5.2 Les coliformes	10
II.5.2.1 Les coliformes totaux	10
II.5.2.2 Les coliformes Fécaux	11

II.5.3 <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs	11
II.5.4 Les levures et moisissures	11
II.5.5 Les salmonelles	11
II.5.6 <i>Staphylococcus aureus</i>	12
II.5.7 Les sources de bactéries dans la crème glacée.....	12
II.6 Les valeurs nutritionnelles de la crème glacée	12
II.7 Technologie de fabrication	12
II.7.1 Préparation du mix	12
II.7.1.1 Dosage des ingrédients et agitation	12
II.7.1.2 Homogénéisation	13
II.7.1.3 Pasteurisation et réfrigération	13
II.7.1.4 Maturation	13
II.7.2 Transformation du mix en glace	13
II.7.2.1 Foisonnement	13
II.7.2.2 Glaçage	14
II.7.2.3 Conditionnement	14
II.7.2.4 Surgélation finale	14
II.7.3 Stockage et commercialisation	14
II.8 crème glacée probiotique	14

Chapitre II : Partie expérimentale

I Matériels et méthodes	16
I.1 Objectifs	16
I.2 Matériels	16
I.2.1 Matériel biologique	16
I.2.2 Les ingrédients utilisés	16
I.3 Technologie de fabrication	17
I.3.1 préparation du mix	17
I.3.2 Préparation de la souche probiotique	17
I.3.3 Conditionnement et stockage	18
I.3.4 Analyses physico-chimiques de la crème glacée	20
I.4.1 Mesure du pH	20
I.4.2 Détermination de l'acidité	21
I.4.3 Détermination de l'extrait sec total (EST)	22

I.4.4 Détermination de la masse volumique	23
I.4.5 Détermination du taux de matière grasse	24
I.4.6 Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD)	25
I.4.5 Mesure du degré brix	25
I.5 Analyses microbiologiques	26
I.5.1 Préparation de la solution mère et des dilutions	26
I.5.2 Dénombrement des différentes flores	26
I.5.2.1 La flore mésophile aérobie	26
I.5.2.2 coliformes totaux	27
I.5.2.3 Les <i>Clostridium</i> sulfito-réducteur	27
I.5.2.4 Les Staphylocoques	27
I.5.2.5 Les levures et moisissures	28
I.5.2.6 Bactéries lactiques (<i>L.plantarum</i>).....	28
I.5.3 Analyse sensorielle	29

II Résultats et discussion

II.1 Les analyses physico-chimiques	30
II.1.1 pH et acidité titrable	30
II.1.2 Matière grasse	32
II.1.3 Extrait sec total et extrait sec dégraissé	33
II.4 Densité	34
II.1.5 Degré brix	35
II.2 Les analyses microbiologiques	36
II.2.1 La flore totale aérobie mésophile	37
II.2.2 Les coliformes totaux	37
II.2.3 Les staphylocoques	37

II.4.2 Les <i>clostridium</i>	38
II.5.2 Levures et moisissures	38
II.2.6 La flore lactique	38
II.3 L'analyse sensorielle	39

Conclusion général

Introduction

Les aliments fournissant de l'énergie à notre corps sont remplacés par des régimes offrant des avantages physiologiques pour la gestion et la prévention des maladies. Des apports élevés en sucres, en sel, en acides gras saturés et de faibles apports en fibres, vitamines et minéraux essentiels affectent l'état nutritionnel des populations. Ces habitudes sont les principales causes de maladies telles que les maladies dégénératives chroniques non transmissibles (**Roberfroid, 2002**).

La demande d'aliments fonctionnels connaît une croissance rapide dans le monde entier en raison de la prise en conscience des consommateurs sur l'impact de l'alimentation sur la santé. Les aliments fonctionnels, les aliments de conception, les aliments pharmaceutiques et nutraceutiques sont des synonymes d'aliments contenant des ingrédients qui peuvent prévenir et traiter les maladies. Récemment, l'accent a été mis sur le développement de nouveaux laits fermentés contenant des microorganismes appelés probiotiques. Un certain nombre d'avantages pour la santé ont été revendiqués pour les probiotiques et plus de 90 produits contenant un ou plusieurs groupes de microorganismes probiotiques sont disponibles dans le monde entier (**Moussa et al., 2005**).

La crème glacée gagne une importance toujours croissante en tant que produit laitier. Sa popularité auprès du consommateur s'explique par ses qualités rafraîchissantes et sa grande valeur nutritive (**Kruijer, 1954**).

La crème glacée a une importance nutritionnelle mais ne possède aucune propriété thérapeutique donc l'intérêt croissant des consommateurs pour les produits thérapeutiques a conduit à l'incorporation de cultures probiotiques dans la crème glacée afin d'obtenir des crèmes glacées avec des critères thérapeutiques et bénéfiques à la santé ce qu'on appelle crèmes glacées diététiques (**Moussa et al., 2005**).

La matrice de la crème glacée pourrait être un bon véhicule pour les cultures probiotiques, en raison de sa composition, qui comprend des protéines de lait, de la graisse et du lactose, ainsi que d'autres composés. En outre, le fait qu'il s'agisse d'un produit congelé y contribue certainement. Cependant, le produit doit avoir des valeurs de pH relativement élevées - de 5,5 à 6,5, ce qui conduit à une meilleure survie des cultures lactiques pendant le stockage (**Adriano et al., 2009**).

Introduction

On a choisi la souche *L. plantarum* comme souche probiotique a cause de ses nombreux effets bénéfiques sur la santé tels que : l'amélioration de la flore intestinale (**Rafiq et al, 2016**). La prévention des infections du tractus intestinal et le renforcement de l'immunité, la réduction du taux de cholestérol sérique, l'absorption du calcium, la synthèse de vitamines (vitamine B, acide nicotinique, et acide folique), améliore la digestibilité des protéines et neutralise les effets des agents pathogènes d'origine alimentaire. (**Kerry et al., 2018**).

Dans ce contexte, s'inscrit notre étude qui a pour but d'élaborer une crème glacée en suivant un protocole industriel enrichie avec une souche probiotique *L. plantarum*.Le manuscrit s'article en trois parties. La première consiste en une synthèse bibliographique sur les crèmes glacées, et sur les probiotiques dont *L. plantarum* (Thym).La deuxième partie expose tout la méthodologie suivie dans la partie expérimentale. En dernier lieu, les résultats sont présentés et discutés.

Synthèse bibliographique

I Les probiotiques

I.1 Concept et définition

Le concept de bactéries probiotiques n'est pas un concept récent, il est lié à la consommation d'aliments fermentés depuis l'antiquité par l'homme. Hippocrate et d'autres scientifiques de la première heure ont observé que certains troubles du système digestif pouvaient être guéris par le lait fermenté. **(Belhamra, 2017)**. L'histoire moderne des probiotiques commence dans le début des années 1900 quand Elie Metchnikoff (biologiste russe de l'institut Pasteur) a remarqué que la longévité et la bonne santé des paysans bulgares résultants de leur consommation des produits laitiers fermentés **(Rahli, 2015)**. Plus tard, il a constaté que le yaourt contient des microorganismes nécessaires pour protéger l'intestin contre les effets néfastes d'autres bactéries nocives **(Tripathi et Giri, 2014)**.

Ainsi, Metchnikoff en (1907) avait proposé l'ingestion de bactéries vivantes, particulièrement des bactéries lactiques, pour réduire les désordres intestinaux et améliorer l'hygiène digestive, et donc augmenter l'espérance de vie **(Rahli, 2015)**.

Le terme « probiotiques » a été introduit pour la première fois par Lilly et Stilwell en (1965) pour décrire des substances produites par des microorganismes et qui stimulent la croissance d'autres microorganismes, **(Khalighi et al., 2016 ; Bouguerra, 2021)**.

Ensuite, Parker (1974) élargit cette définition à des « organismes et substances qui contribuent à l'équilibre de la microflore intestinale » **(Kitazawa et al., 2013)**. Cette définition englobant les microorganismes et les métabolites microbiens produits (les antibiotiques), a été modifiée par (Fuller, 1989) qui redéfinit les probiotiques comme étant : « des préparations microbiennes vivantes utilisées comme additifs alimentaires et qui ont une action bénéfique sur l'animal hôte en améliorant la digestion et l'hygiène intestinale » **(Benreguiég , 2015)**.

Le terme « probiotique » a été raffiné plusieurs fois **(Le et Yang, 2018)**, Récemment, la définition utilisée est celle de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ; les probiotiques sont des "micro-organismes vivants qui, lorsqu'ils sont administrés en quantités suffisantes, exercent un effet bénéfique sur l'hôte" **(Serra et al., 2020 ; Zendeboodi et al., 2020)**.

La majorité des micro-organismes probiotiques appartiennent principalement aux genres de *Lactobacillus* et *Bifidobacterium*. Il y a également d'autres genres de bactéries et de quelques

levures employées couramment. Ils sont largement utilisés en alimentation humaine et ils sont administrés oralement par l'intermédiaire d'aliments fermentés (yaourts, fromages, jus...) soit additionnées à l'alimentation sous forme de préparations microbiennes (**Khan et Ansari, 2007 ; Quigley, 2018**), qui permet aux bactéries d'arriver vivantes et en nombre suffisant dans l'intestin pour pouvoir exercer un effet probiotique significatif (**Drouault et corthier, 2001**).

I.2 Le genre *Lactobacillus*

C'est le groupe le plus important et le plus divers parmi les bactéries lactiques et comprend actuellement 261 espèces (à mars 2020) extrêmement divers sur les plans phénotypique, écologique, génétique et niveaux otypiques (**Zheng et al., 2020**).

I.2.1 L'espèce *Lactoplantibacillus plantarum*

Elle est considérée comme l'une des bactéries lactiques les plus étudiées (**De Angelis, 2016**), C'est une souche mésophile non pathogène, sous forme de bâtonnet à Gram positive, aéro-anaérobiefacultative, catalase négative, non sporulée, généralement immobile et ses cellules sont souvent organisées en chaînes, cette souche est capable d'être cultivée à des températures comprises entre 15 et 45°C, une bonne croissance est remarquée en présence de 4 à 6% de NaCl et à des valeurs de pH entre 4 et 9 (**Tailliez, 2004; Todorov et Franco, 2010; Arasu et al., 2016**).

L. plantarum a un génome qui est constitué d'un chromosome circulaire de 3,3 Mb, ce chromosome est composé de 3052 gènes codant pour des protéines et plus de 2500 protéines prédites avec fonction biologique assignée (**Wassenaar et al., 2014**). La séquence nucléique des protéines de *L. plantarum* sont très similaires à celles des autres bactéries Gram positives, car elles ont une faible teneur en GC% (entre 30% à 55%), et sont organisées de manière collinéaire (**Jose et al., 2015**).

L. plantarum est inclus dans le groupe des lactobacilles hétéro fermentaires facultatives, en fonction de la source de carbone, ces bactéries peuvent passer d'un mode métabolique hétérofermentaire vers l'homoférentaire (**Khemariya et al., 2016**), ils convertissent les hexoses presque entièrement en acide lactique via la voie d'Embden-Meyerhoff-Parnas (EMP), tandis que les pentoses sont convertis en acides lactiques et acétiques via la voie de 6-

phosphogluconate / phosphoketolase par l'induction de la phosphoketolase (Kleerebezem et al., 2003 ;Todorov et al., 2010).

I. 3 Les critères de sélection d'une souche probiotique

Les probiotiques présentent des propriétés qui sont variables selon l'espèce ou la souche microbienne. Il est nécessaire de connaître le genre et l'espèce de la souche utilisée car les effets probiotiques sont spécifiques à la souche microbienne. Il est nécessaire de caractériser de manière précise les souches utilisées. La détermination taxonomique d'une souche potentiellement probiotique est une étape indispensable, Une série de principes généraux et de critères pratiques selon la **FAO/WHO (2002)** ont été mis en place pour sélectionner les souches probiotiques les plus sécuritaires (Tahlaiti, 2019).

I.3.1 Les critères de sécurité

Pour un usage humain, les probiotiques doivent présenter une innocuité totale pour l'hôte et bénéficier du statut GRAS (Generally Recognized As Safe), défini par la **F.D.A** (Food and Drug Administration) aux États-Unis et/ou du statut de présomption d'innocuité reconnue ou QPS (Qualified Presumption of Safety) défini par l'**E.F.S.A** (European Food Standard Agency) en Europe (Klaenhammer et Kulen, 1999; Dunne et al., 2001).

I.3.2 Les critères fonctionnels

I.3.2.1 La résistance à l'acidité gastrique et aux sels biliaires

Les acides gastriques et la sécrétion de bile constituent un des mécanismes de défense de l'hôte contre les agents pathogènes. Le probiotique doit rester vivant et actif dans l'environnement digestif, alors il doit être résistant à l'acidité gastrique et aux sels biliaires afin de pouvoir exercer ses effets bénéfiques dans le tractus gastro-intestinal (Dunne et al., 2001).

I.3.2.2 L'adhésion aux cellules épithéliales

La capacité d'adhésion à la muqueuse intestinale est l'un des critères de sélection les plus importants des probiotiques parce qu'elle est considérée comme une condition préalable à la colonisation et la croissance lui permettant de persister plus au niveau du tube digestif pour pouvoir exercer son effet (Ezzariga, 2015).

I.3.2.3 La production des substances antimicrobiennes

Les bactéries probiotiques doivent essentiellement maintenir de bonnes conditions sanitaires au niveau du tractus digestif, il est donc important qu'elles soient aptes à inhiber le

développement des germes indésirables par la production de différentes substances antibactériennes, notamment des bactériocines, qui peuvent inhiber la croissance de plusieurs bactéries gram positives indésirables dans les genres *Bacillus*, *Enterococcus*, *Listeria*, *Clostridium* et *Staphylococcus* (Mohanty et al., 2018). En plus de ces substances, les BAL peuvent produire des métabolites considérés comme bénéfiques pour la conservation des aliments tels que le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), les acides organiques et l'éthanol, susceptibles d'inhiber la croissance des pathogènes (Batdorj, 2007 ; Boricha et al., 2019).

I.3.2.4 Résistance aux antibiotiques

La bactérie probiotique doit être sensible aux antibiotiques et résistantes aux stress gastro-intestinal. La souche doit enfin faire l'objet d'études *in vivo* chez l'animal puis chez l'homme (Jankovic et al., 2010; Saarela et al., 2000).

I.3.3 Critères technologiques

Des critères technologiques sont également pris en considération dans la sélection des souches probiotiques (Hadeif, 2012) En effet, les souches probiotiques doivent garder leurs caractéristiques durant tous les procédés de production, de conservation et de distribution. La plupart des définitions des probiotiques, soulignent que les microorganismes doivent être viables et atteindre leur site d'action vivants. Un nombre minimal de 10⁷ cellules viables /g de produit est nécessaire pour exercer un effet probiotique. Les souches doivent garder leur viabilité sans se multiplier pour ne pas provoquer d'effet indésirable sur la qualité organoleptique du produit Les produits doivent être conservés dans des conditions appropriées, il est nécessaire de contrôler régulièrement l'identité de la souche et ses propriétés. (Belhamra, 2017).

I.3.4 Potentiel probiotique

I.3.4.1 Modulation du microbiote intestinal

Les bactéries probiotiques n'ont pas la capacité de coloniser de façon permanente le tractus gastro-intestinal. Par contre, la consommation sur une base régulière permet de modifier la microflore intestinale et d'atteindre un équilibre entre les mauvaises bactéries et les microorganismes bénéfiques. L'administration des probiotiques provoque une augmentation des lactobacilles et des bifidobactéries, et une diminution des germes

pathogènes en créant un environnement peu favorable à leur développement. (**Parada et al., 2007 ; Sherman et al., 2009**).

I.3.4.2 Effets sur le système immunitaire

Les bactéries lactiques sont capables d'agir positivement sur le système immunitaire, affectant à la fois la réponse immunitaire innée et adaptative, réduisant ainsi la colonisation par des agents pathogènes (**Saiz Vieco, 2019**).

Les probiotiques peuvent moduler l'activité du système immunitaire par différentes voies comme la stimulation des macrophages, augmentant ainsi la phagocytose et l'expression d'IFN- γ et IIL-1B, IL-6, IL-8 et IL-12 (**Saiz Vieco, 2019**), ainsi que stimulé l'activité immunitaire (**Ku et al., 2014**), elles ont été appliquées aussi pour le traitement de diverses maladies chroniques et cardiovasculaires telles que la maladie d'Alzheimer, la maladie de Parkinson, le diabète, l'obésité, le cancer, l'hypertension, les complications urogénogénitales, les troubles du foie, etc. (**Woo et al., 2014**)et dans la prévention et le traitement du syndrome du côlon irritable (**Le et Yang , 2018**).

L'intolérance au lactose est provoquée par l'absence de synthèse de la lactase ou B-galactosidase par les cellules de la surface épithéliale de l'intestin. De ce fait, n'étant pas assimilé, le lactose est responsable de troubles intestinaux chez les personnes déficientes en cette enzyme. Les bactéries lactiques produisent la B-galactosidase qui hydrolyse le lactose en glucose et galactose. L'utilisation des bactéries lactiques comme probiotique facilite la digestibilité du lactose chez les personnes atteintes d'intolérance. (**Chemlal-Kheraz, 2013**).

L'habilité des lactobacilles à dégrader les acides biliaires participant à la synthèse du cholestérol, et confirme ainsi le rôle avantageux de ces ferments dans la régulation du métabolisme humain. (**chemlal-Kheraz, 2013**)

Les bactéries probiotiques ainsi que les ingrédients alimentaires aident à la détoxification et à la biotransformation des procarcinogènes et des cancérogènes en métabolites moins toxiques, empêchant ainsi la formation de tumeurs. Les souches probiotiques, à savoir les bifidobactéries et les lactobacilles, réduisent l'expression des enzymes métabolisant les xénobiotiques qui interviennent dans la carcinogénèse par diverses enzymes, et diminuent le risque de développement. Les AGCC produits comme métabolites du métabolisme

probiotique pourraient inhiber la production de produits cancérogènes et procarcinogènes en abaissant les taux d'enzymes (**Raman et al., 2016**).

I.3.4.3 Activité antimicrobienne

Les souches de *L. plantarum* peuvent produire des substances antimicrobiennes de type bactériocines appelées plantaricines, appartenant aux bactériocines de classe II, le peroxyde d'hydrogène, les acides (principalement acide lactique et acétique), Ces derniers agissent contre une large gamme d'agents pathogènes bactériens (**Taale et al., 2016;Brizuela et al.,2018;Evanovich et al., 2019**).

Plusieurs souches ont la capacité de produire des EPS à partir de précurseurs de nucléotides de sucre (**Tukenmez et al., 2019**). Les EPS produits par des bactéries lactiques ont entre autres des effets antioxydants, anti-inflammatoires, immunomodulateurs, hypocholestérolémiant et anticancérigènes (**Indira et al., 2019 ; Chugh et Kamal-Eldin,2020**).

II Les crèmes glacées

II.2 Définition :

La glace peut être décrite comme un mélange d'environ 60% d'eau et 40% de composants secs. Seuls 2/3 des liquides sont gelés, le reste se trouvant à l'état libre, dilué ou lié (1/3). En plus, l'air constitue également un élément important (**Declercq et Vlegels, 2007**). La consommation de crèmes glacées est maximale à la belle saison. La demande est très saisonnière (généralement de mai à septembre) (**Dudez et al., 2017**).

II-1 Historique

Les glaces sont des préparations alimentaires relativement ancestrales qui ont évolué parallèlement à l'utilisation du froid par l'homme. Marco Polo, de retour de son périple asiatique, rapporte les premières recettes de glaces refroidies par ruissellement sur le récipient contenant le mélange à glacer. En 1673, il n'y avait pas moins de 250 glaciers à Paris et la tendance s'étendit à plusieurs grandes villes européennes. En 1870, l'Allemand Karl Von Linde met au point un compresseur frigorifique, suivi en 1880 par le Français Ferdinand Carre, qui lui, découvre le principe de la production de froid par vaporisation de l'ammoniaque (**Boutonnier, 2001**).

En 1921, un glacier de l'Iowa lance le premier chocolat glacé qu'Harry Bust présente sur un bâton dès 1923. En 1924, la première fabrique de crème glacée de conception américaine ouvre en France, et le congélateur continu révolutionne l'industrie de la crème glacée. En 1999, un équipementier allemand commercialise une extrudeuse à glace basse température qui permet de supprimer le tunnel de surgélation. (Boutonnier, 2001).

II.3 Composition :

Tableau I : Composition des crèmes glacées (Boutonnier et al., 2002)

Composés	Masse (%)	Masse typique (%)
Solides du lait	9-11,5	10
Matière grasse	7-12	10
Sucre	12-16	14
Sirop de glucose ou Fructose	4-6	4
Emulsifiant + stabilisant	0,45-0,65	0,5 (0,2+0,3)
Arôme + colorant	<0,2	<0,2
Solides totaux	34-38	38
Eau	60-62	62
Air (% en volume)	45-55	50

II-4- Propriétés physico-chimiques :

A la maturation la crème glacée présente des propriétés physico-chimiques qui sont :

II-4-1-Viscosité

Celle-ci mesure la résistance à l'écoulement et c'est une caractéristique essentielle des mélanges.

La viscosité influence le rendement, c'est-à-dire que dans un mélange à faible viscosité, la formation des bulles d'air se fera difficilement. Par contre, un mélange trop visqueux nuit au fouettage (Tirard collet, 1996).

Par ailleurs un mélange plus visqueux se pompe moins bien, ce qui va nuire à son transfert dans l'usine (Tirard collet, 1996).

II-4-2-Acidité

L'acidité est souhaitable pour les sorbets, dans le cas des crèmes glacées, une acidité trop élevée peut entraîner des problèmes majeurs : le mélange se déstabilise rapidement, les rendements diminuent et la fonte de la crème s'accompagne d'une séparation du sérum. (Tirard collet, 1996)

II-4-3 Densité

La densité du mélange se situe entre 1,05 et 1,13.Elle se détermine en pesant un volume fixé ou en utilisant un hydromètre .Cette donnée est particulièrement utile pour contrôler le volume d'air ajouté et donc le rendement (Tirard collet, 1996).

II-4-4 Quantité du solide (%de la matière sèche solide : Brix)

Dans les sorbets plus particulièrement cette quantité est directement liée au solide soluble qui va jouer un rôle essentiel dans l'aptitude du mélange à la congélation et au foisonnement .Les solides solubles sont mesurés par réfractomètre (Tirard collet ,1996).

II.5 La microbiologie de la crème glacée :

Vue leurs compositions, les crèmes glacées peuvent être le siège de différentes contaminations microbiennes. Parmi les principaux germes rencontrés, on citera :

II-5-1 La flore mésophile aérobie totale

Optimale à une température entre 20 à 45°C (Vignola, 2002).Correspondent à l'ensemble des germes saprophytes et pathogènes, capables à se multiplier à l'air libre avec une croissance. Leurs effets pathogènes se manifestent par la sécrétion d'une toxine proche de la toxine *Shigella*. Ils sont responsables de diarrhées infantiles dans les pays chauds à mauvaise hygiène. Ils peuvent provoquer une ulcération du gros intestin. Ils produisent des diarrhées hémorragiques qui peuvent se compliquer du syndrome hémolytique et urémique (Assama, 2002).

II-5-2- Les coliformes

II-5-2-1- Les coliformes totaux

Regroupent plusieurs espèces bactériennes de la famille des Entérobactéries, qui sont aérobies et anaérobies facultatives, à Gram négatif, sporulées en formes de bâtonnet, capable de fermenter le lactose avec production de gaz à une température de 35°C. Leur présence

indique un traitement thermique inefficace, ils peuvent aussi démontrer un mauvais nettoyage et/ou une mauvaise désinfection. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (Cuq J.L. (2007)).

II-5-2-2- Les coliformes Fécaux

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo tolérants sont un sous-groupe des coliformes totaux, capable de fermenter le lactose à une température de 44°C, c'est un indice de contamination fécale. (Cuq J.L, (2007)).

Les symptômes les plus courants de ces germes sont : nausées, vomissements et diarrhée. Les jeunes enfants, les personnes âgées, ainsi que les personnes dont le système immunitaire est affaibli, peuvent présenter des symptômes plus graves. Dans les cas extrêmes, les agents pathogènes peuvent infecter les poumons, la peau, les yeux, le système nerveux, les reins ou même le foie (Ceaq, 2009).

II-5-3- Les *Clostridium* sulfito-réducteurs

Ce sont des micro-organismes anaérobies à métabolisme oxydatif, caractérisés par la production d'énergie en réduisant les sulfates en sulfures ; ce sont surtout des bactéries de l'environnement (Loubinoux, 2001). Leurs effets pathogènes se manifestent par des symptômes apparaissent entre 6 et 24 heures, généralement 10 à 12 heures après l'ingestion du repas contaminé. Ils se traduisent par une intoxication qui se manifeste par une diarrhée et de violents maux de ventre, parfois de nausées, douleurs abdominales aiguës, vomissements, fièvres, frissons ou prostration sont rares (Amat-rose, 2011).

II-5-4- Les levures et moisissures

Les levures et les moisissures sont des champignons microscopiques, dont la présence dans les produits alimentaires est indésirable, car ils détruisent leur qualité organoleptique et chimique (Thuriaux, 2004). L'effet pathogène de ces germes se distingue par des symptômes des voies respiratoires comme : toux, irritation de nez et de la gorge, écoulement nasal et des symptômes non respiratoires comme : irritation des yeux, allergies cutanée.

Des allergies respiratoires comme : la bronchite, l'asthme pneumonies d'hypersensibilité en plus on trouve des effets toxiques généraux comme : fièvre, frissons, maux de tête, nausées, vomissements, diarrhée, fatigue, perte des cheveux (ANONYME, 2016).

II-5-5- Les salmonelles

Les salmonelles appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Ce sont des Gram négatifs souvent mobiles grâce à leurs cils péritriches (rarement immobiles). Ce sont des mésophiles qui se développent à une température optimale entre 35 et 37°C et un pH entre 4,5 et 9. (Korsak, 2004).

L'effet pathogène de *Salmonelles* se manifeste par la salmonellose qui est une maladie grave qui peut être mortelle et ses principaux symptômes sont : Des diarrhées, des douleurs abdominales, nausées, céphalées, vomissement et parfois la fièvre 39-40°C surviennent généralement 12 à 36 heures après l'ingestion (Jacquet, 2009).

II-5-6- *Staphylococcus aureus*

Est une coccobactérie à Gram positif, catalase positive, appartenant à la famille des *Staphylococcaceae*. Il mesure environ 0,5 à 1,5 µm de diamètre, immobile, asporulé, aéro-facultativement anaérobie. la température optimale de croissance est de 37°C et le pH entre 4 et 9,8. (Becker, 2004). La présence de *Staphylococcus aureus* dans les aliments constitue un risque pour la santé humaine. Certaines souches sont capables de produire des entérotoxines dont l'ingestion provoque une intoxication. Les symptômes apparaissent brutalement : nausées, douleurs abdominales et surtout vomissements violents et répétés souvent accompagnés de diarrhée (Brun, 2000).

II.5.6 Les sources de bactéries dans la crème glacée

La crème glacée est un produit en format multi-portion peut subir des cycles répétés de gel et de dégel au fil de sa durée de conservation et les microorganismes pathogènes peuvent y proliférer aux températures élevées ($0 > 0^{\circ}\text{C}$) (Anonyme 1).

II-6- Les valeurs nutritionnelles de la crème glacée

La crème glacée a la même valeur nutritionnelle du lait avec quelques calories supplémentaires liées à l'ajout de sucre, de fruits et d'autres ingrédients. En termes de volume, la crème glacée est constituée principalement de l'air, ce qui réduit le taux de calories par volume. En plus, le plaisir de manger de la crème glacée doit également être pris-en compte pour le bien être, entre autres, la crème glacée est un aliment que les États-Unis rendent disponible à son personnel de service presque partout dans le monde (Patton, 2004).

II-7- Technologie de fabrication

II-7-1- Préparation du mix

Ce premier stade de la fabrication des glaces comprend six étapes qui sont le dosage des ingrédients et l'agitation, puis l'homogénéisation du mélange couplée à la pasteurisation, son refroidissement et enfin sa maturation. (Boutonnier, 2001).

II-7-1-1- Dosage des ingrédients et agitation

Les différents ingrédients solides ou liquides sont stockés dans des réservoirs-silos de grande capacité puis dosés et transportés automatiquement selon un programme correspondant à une formulation. Le mélange circule en circuit fermé sur cette cuve de préparation pendant plusieurs

minutes en passant dans un échangeur afin d'augmenter la température de façon à préchauffer le mix, à faciliter la dissolution des poudres et à en réduire la viscosité (**Boutonnier, 2001**).

II-7-1-2- Homogénéisation

L'homogénéisation permet de porter le mélange à une haute pression, grâce à une pompe à piston intégrée à l'appareil, puis de le relâcher brusquement. Ce dispositif développe plusieurs principes pour réduire la taille des éléments dispersés et conduire à un mélange finement homogène, tels que des chocs très violents, des variations brutales de vitesse et par conséquent de pression.

L'homogénéisation joue de nombreux rôles dans le processus de fabrication elle permet de stabiliser l'émulsion par diminution de la taille des éléments dispersés plus elle assure que toute la phase grasse est à l'état liquide, condition indispensable à une bonne émulsification (**Boutonnier, 2001**).

II-7-1-3- Pasteurisation et réfrigération

Dès la sortie de l'homogénéisateur, le mix est véhiculé en continu vers un échangeur afin d'y être à la fois pasteurisé puis refroidi cette opération a pour principal but de détruire tous les micro-organismes pathogènes éventuellement présents dans le mix, ainsi qu'une grande majorité de la flore d'altération afin d'obtenir un produit fini conforme aux exigences réglementaires visant à préserver la santé du consommateur. Un barème de chauffage, plus ou moins sévère, est appliqué au mix de manière à atteindre les objectifs précédemment évoqués ; ainsi, on peut opérer pendant 30 s à 80 °C, 3 secondes à 90 °C et dans certains cas, on peut aller jusqu'à un traitement de type ultra-haute température c'est-à-dire 1 à 2 secondes à 140°C (**Boutonnier, 2001**).

II-7-1-4- Maturation

C'est la seule opération qui, dans la fabrication des crèmes glacées, soit interrompue en raison du temps de séjour du mélange dans les cuves de maturation de quelques heures. Ces cuves peuvent également, sur plusieurs jours, servir de cuves de stockage d'enrobés en attente de traitement. Cette maturation physico-chimique du mélange est destinée à cristalliser partiellement la matière grasse globulaire liquéfiée par le traitement thermique. (**Boutonnier, 2001**).

II-7-2-Transformation du mix en glace

Ce deuxième stade de la fabrication des glaces comporte cinq opérations successives, le foisonnement et le glaçage réalisés dans un seul et même appareil appelé le freezer, ainsi que le conditionnement, la surgélation finale et le stockage des produits finis (**Boutonnier, 2001**).

II-7-2-1 Foisonnement

Lors de l'incorporation d'air dans le mélange grâce à une agitation vigoureuse, les protéines solubles présentes dans le milieu diffusent à l'interface gaz/liquide, se déploient, se concentrent et s'étalent entre

l'air et la phase aqueuse. La présence de ce film protéique réduit la tension interfaciale et contribue ainsi à une stabilisation durable de la mousse. **(Boutonnier, 2001)**.

II-7-2-2-Glaçage

Cet échange thermique à surface raclée conduit à un refroidissement très rapide grâce à un coefficient de conductivité thermique élevé. Le congélateur, grâce à ses performances d'échange thermique élevées et rapides, aura permis de franchir brièvement la zone de cristallisation maximale. Il en résultera l'apparition dans le produit de très nombreux cristaux de petite taille. **(Boutonnier, 2001)**.

II-7-2-3- Conditionnement

Les glaces peuvent être dosées directement dans leur conditionnement final ou coulées dans un moule avec enrobage et conditionnement, ou encore extrudées grâce à une préforme qui leur donnera leur aspect définitif. Quelles que soient les présentations, ce conditionnement doit être très rapide afin d'éviter tout réchauffement de la glace avant son entrée dans le tunnel de durcissement **(Boutonnier, 2001)**.

II-7-2-4- Surgélation finale

Cette opération, également appelée trempe, a pour principaux objectifs de poursuivre la cristallisation de l'eau libre congelable. Elle nécessite un abaissement de la température à cœur à -20°C , et la garantie d'une stabilisation microbiologique du produit fini. Plusieurs systèmes peuvent être utilisés pour cette congélation finale utilisant les principes de la convection ou de la conduction. **(Boutonnier, 2001)**.

II-7-3- Stockage et commercialisation

Le respect de la chaîne du froid négative est une condition essentielle au maintien de la qualité physico-chimique et bactériologique de la crème glacée. Tout apport de chaleur au produit provoque la fusion de petits cristaux avec dégagement d'eau liquide. Lorsque la température est abaissée à nouveau lentement conduit à une augmentation des gros cristaux. C'est la raison pour laquelle les températures de stockage de la glace sont comprises entre $-25 - 30^{\circ}\text{C}$. **(Boutonnier, 2001)**.

II-8- crème glacée probiotique

L'application des probiotiques dans les produits laitiers ait été bien étudiée dans la littérature, alors que la crème glacée est considérée comme une matrice relativement nouvelle, d'où l'intérêt d'étudier son potentiel en tant que véhicule alimentaire probiotique **(Molin, 2001)**. l'incorporation de cultures probiotiques dans les crèmes glacées a permis d'ajouter de la valeur au produit et d'être considéré comme un produit fonctionnel, en plus d'être un aliment riche du point de vue nutritionnel, contenant des matières à base de lait, des vitamines

et des minéraux dans sa composition (Awaishah et al., 2005 ; Marshall et al., 2003). Les crèmes glacées présentent une grande aptitude à être utilisées comme vecteurs probiotiques. Les valeurs de pH relativement élevées de la crème glacée (5,5 à 6,5) et sa richesse en protéines, matière grasse et sucres permettent d'améliorer la viabilité des bactéries ainsi que la température de congélation de la crème glacée et le faible risque d'abus de température pendant le stockage ont conduit à une viabilité plus élevée des bactéries probiotiques (Awaishah et al., 2005 ; Goff, 2008). La production d'une crème glacée probiotique passe par plusieurs étapes : préparation du mix ; pasteurisation ; refroidissement ; addition du probiotique ; fermentation ultérieure à 37°C jusqu'à un pH de 4.8-5.7, après inoculation du probiotique comme étape de préadaptation qui permet au probiotique de résister au stress dû au froid et au stress osmotique dû à la quantité élevée du saccharose dans le produit (Mohammadi et al., 2011), (Streit et al., 2008) ont constaté que l'adaptation à l'acide des cellules de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* permettait aux cellules de mieux résister au froid, ils ont qualifié ce phénomène de protection croisée, puisque la résistance à un stress donné (exemple : stress de froid) était améliorée par l'application préalable d'un autre stress (exemple : le stress de l'acide) ; la maturation à 4°C pendant 24h ; congélation et conditionnement du produit fini et stockage. Pendant le développement de la glace probiotique, l'objectif de l'optimisation des processus est d'améliorer et de maintenir la capacité de survie du probiotique, de manière à garantir l'efficacité fonctionnelle du produit (Akin, 2005 ; Ferraz et al., 2011). Cependant les processus de congélation et de décongélation peuvent marquer une diminution de la survie de certaines espèces probiotiques, aussi la teneur de la crème glacée en sucre peut faire varier la survie des bactéries, ce qui influence leur efficacité fonctionnelle dans les produits congelés après leur ingestion (Dos Santos et al., 2012 ; Akalin et al., 2008 ; Akin et al., 2007

Partie expérimentale

I- Matériel et méthodes

I-1- Objectifs

Notre travail a pour objectif la mise au point d'une crème glacée probiotique. Ce travail a été réalisé dans une période de 02 mois s'étalant du mois d'Avril au mois de Juin 2022, et a consisté en sa première partie à la mise au point de la crème glacée probiotique et l'évaluation de sa qualité microbiologique, des paramètres physico-chimiques, une évaluation sensorielle et au suivie du développement de la souche bactérienne probiotique, et dans sa deuxième partie à la comparaison de la qualité microbiologique et physico-chimique entre notre crème glacée produite et une autre achetée d'un fabricant local qu'on a aussi inoculer avec la souche probiotique.

Ceci pour nous permettre de vérifier la maitrise de bonnes pratiques de fabrication et le respect des mesures d'hygiènes lors de l'élaboration de tel produit, et de déterminer sa compatibilité aux normes exigées et son acceptabilité pour le consommateur et enfin d'évaluer le potentiel de la crème glacée a être véhicule de souches probiotiques.

L'évaluation de la qualité microbiologique et sensorielle de la crème glacée ainsi que le suivi du développement de la souche probiotique a été effectué au niveau du laboratoire de microbiologie de l'université Abderrahmane Mira-Bejaia, alors que l'analyse de paramètres physico-chimiques a été réalisée dans le laboratoire de physico-chimie au sein de l'unité Candia.

I-2- Matériel

I-2-1- Matériel biologique

La souche bactérienne utilisée pour la réalisation de la crème glacée probiotique est une souche de *Lactobacillus plantarum* isolée à partir du lben par notre encadrant Dr.Hamma.Faradji. Cette souche est préalablement standardisée et sélectionnée pour sont potentiel probiotique.

I-2-2- Les ingrédients utilisés

- 03 litres de lait écrémé de la marque Candia silhouette (0,15% de MG)
- 300g de poudre de lait à 0% de MG

- 300g de matière grasse (beurre de lait de vache)
- 360g de saccharose
- 15g de stabilisant : gomme de guar (SIN412) (numéro de lot SG200621)
- 9ml d'arôme de vanille artificiel liquide (marque Hindjes)

I-3- Technologie de fabrication

I-3-1- préparation du mix

Dans un récipient en inox bien propre, versé les 03 litre du lait écrémé, puis ajouter successivement 300g de la poudre de lait et 300g de la crème, mélanger bien à l'aide d'un mixeur (marque SDi HM003) puis ajouter 15g de stabilisateur.

Après une bonne homogénéisation des ingrédients, le mélange est transféré dans un erlen stérile puis mis dans un bain marie à 75°C pendant 5 minutes, afin d'assurer une bonne homogénéisation de la matière grasse avec le reste des ingrédients.

Au terme de ce traitement thermique, le mélange (le mix) est mit sous agitation sur une plaque agitatrice pour assurer la meilleure homogénéisation possible, puis a été réparti dans 03 bocaux de même contenance (1litre chaqu'un) destinés à une étape de refroidissement à 4°C pendant 2h, pour permettre l'ajout de l'arôme artificiel de vanille liquide à raison de 0.3% (3ml dans chaque bocal) par le baie de filtre à seringue qui permettra de le stérilisé

Le mix est laissé pour une période de maturation à 4°C pendant 24h. Au terme de cette étape un bocal de 1litre du mix est conditionné directement à -20°C pour servir comme témoin (crème glacée non probiotique).

I-3-2- Préparation de la souche probiotique

Après une revivification par des repiquages successifs sur bouillon MRS, une culture fraîche est préparée. À partir de culture de 48h sur gélose MRS, un repiquage sur bouillon MRS est réalisé. Trois tubes Falcons de 45ml rempli avec 35ml de bouillon MRS sont utilisés.

Au terme d'une incubation à 30°C pendant 18h, les cultures sont centrifugées à 6000g pendant 20 minutes. Le culot cellulaire est récupéré après élimination du surnageant.

Sous agitation, le reste du mix (2litres) estensemencé avec le culot de la souche probiotique à raison de 10^8 UFC/ml.

En parallèle un autre type de crème glacée, une crème glacée industrielle est utilisée pour élaborer les échantillons témoins et probiotiques. Une quantité de cette crème est laissé comme témoin, le reste est incorporée de la même manière que précédemment par la souche probiotique à raison de 10^8 UFC/ml puis homogénéisée. Ces échantillons de crème glacée industrielle serviront de références pour comparer les différents paramètres physico-chimiques et microbiologiques avec la crème produite au niveau du laboratoire.

I-3-3- Conditionnement et stockage

- Au terme de l'homogénéisation, le produit (crème glacée produite au laboratoire et celle industrielle) est conditionné dans des pots stériles de 60ml. Chaque pots est remplis avec 30ml du produit destinés à une congélation à -20°C .



Figure 1 : Photographie des différents échantillons de crèmes glacées

L'ensemble des étapes de l'élaboration de la crème glacée sont lustrées dans le diagramme suivant :

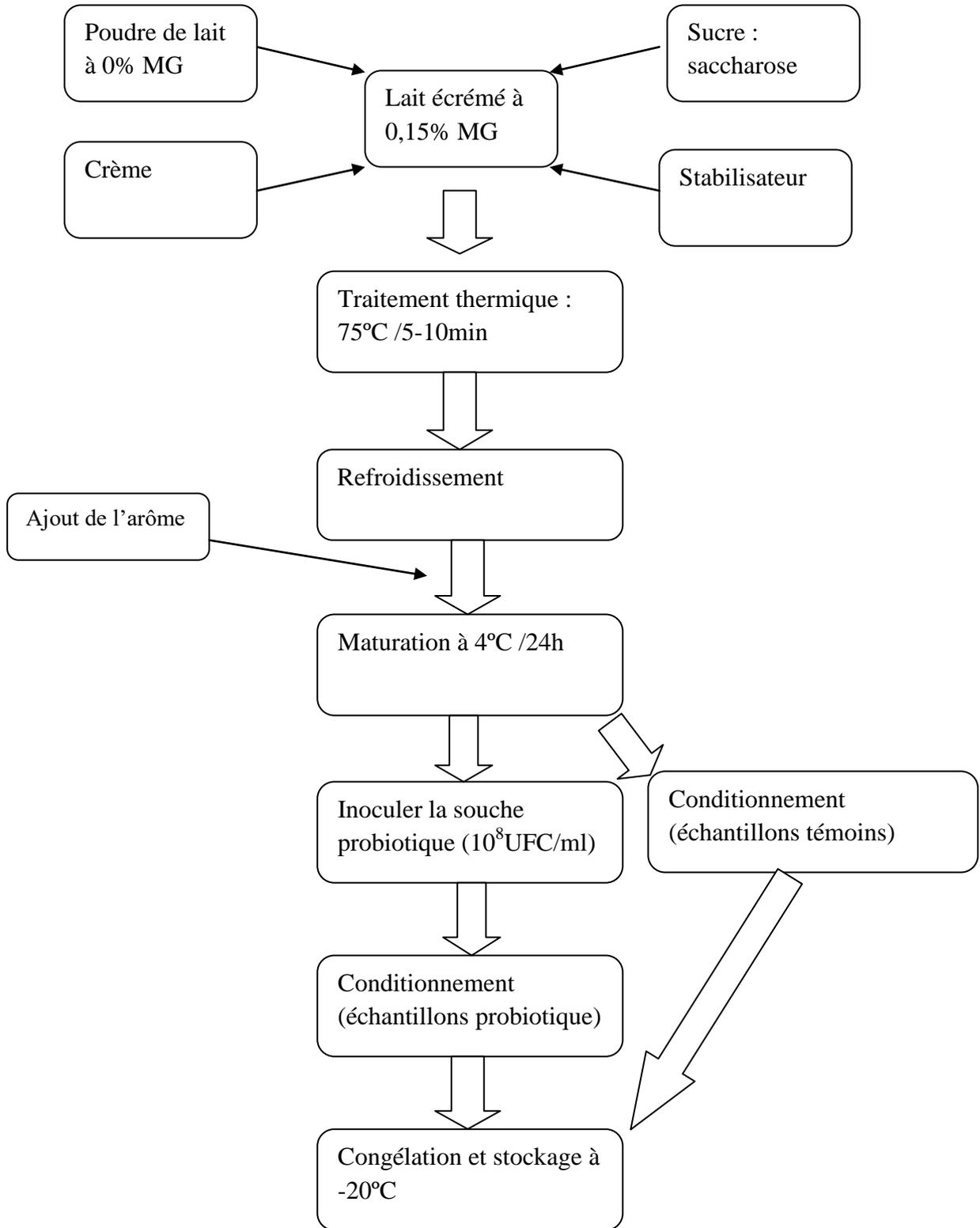


Figure 2 : Diagramme de la préparation de la crème glacée au laboratoire

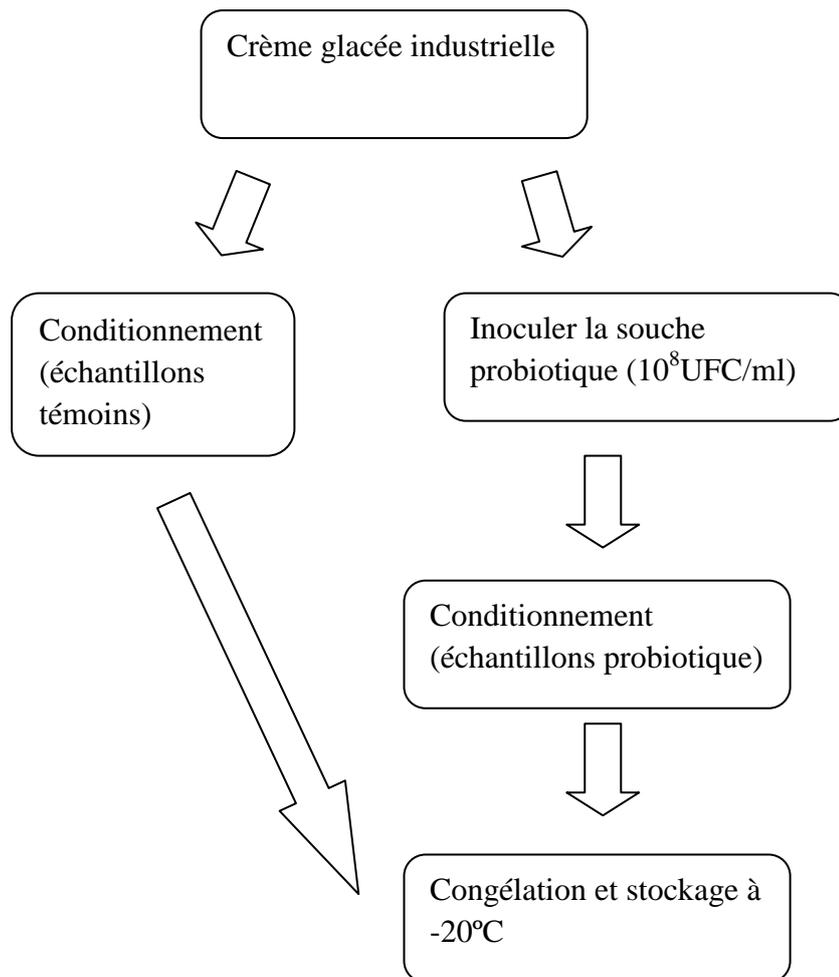


Figure 3 : Diagramme de la préparation des échantillons de la crème glacée industrielle

I-4- Analyses physico-chimiques de la crème glacée

L'analyse physico chimique de la crème glacée est réalisée au niveau de la laiterie Candia. Les échantillons sont transférés dans une glacière au laboratoire physicochimique de la laiterie Candia. L'analyse est réalisé chaque 7jours Pendant01 mois.

I-4-1- Meure du pH

La détermination du pH, est essentielle pour le contrôle d'une fermentation microbienne. Sa variation, nous renseigne sur l'activité métabolique de la microflore (**Ould El Hadj et al., 2001**). La mesure du pH est effectuée en émergent directement l'électrode du pH-mètre (inoLab) préalablement étalonné dans le pot contenant la crème glacée (après avoir fondre) à 20°C.



Figure 4 : pH-mètre (inoLab)

I-4-2- Détermination de l'acidité

Principe

L'acidité titrable mesure la quantité d'acide présente dans un échantillon de lait. Elle est exprimée en degré Dornic qui correspond à la présence de 0,1 g d'acide lactique par litre de lait, pour un volume 1/10 ml de NaOH (0 ,1 N) pour 10 ml de lait (**Amior et al., 2002 et Pierreet Alain., 2011**).



Figure 5 : Acidimètre (Humeau)

Mode opératoire

- Rincer à l'eau distillée l'électrode du pH-mètre (inoLab) ainsi que le bécher et la pipette utilisée.
- Prélever à l'aide d'une pipette graduée 10ml de notre échantillon et le transférer dans un bécher.
- Introduire la sonde du pH-mètre dans le bécher.
- Titrer avec de la soude Dornic jusqu'à ce que le pH de l'échantillon atteigne une valeur de 8.3
- L'acidité de l'échantillon est exprimée en g/kg comme suit :

$$Ac = \frac{N \times M \times cb \times f}{V}$$

Ac : acidité titrable

N : normalité de la solution NaOH

M : la masse molaire de l'acide lactique (90g/mol)

cb : la chute de la burette (en ml)

f : facteur de correction (f=1)

V : volume de l'échantillon analysé (10ml)

I-4-3- Détermination de l'extrait sec total (EST)

C'est la masse restante après dessiccation total d'un certain volume d'échantillon.

Mode opératoire

Dans une coupelle à fond plat on met 11g de sable additionné de 3g de notre échantillon à analyser, on s'assure de la bonne homogénéisation et répartition du mélange, on place la coupelle sur le dessiccateur (Precisa XM60), on tare puis on lance la dessiccation

Lecture du résultat directement sur le dessiccateur après 11min.

L'EST est exprimé en g/kg (multiplier par la valeur de densité de l'échantillon pour exprimer le résultat en g/l).



Figure 6 : Dessiccateur (Precisa XM60)

I-4-4- Détermination de la masse volumique

La masse volumique d'une substance est sa masse par unité de volume (**Libois, 1999**).

La mesure de la masse volumique est effectuée grâce à un pycnomètre (LAB GLASS)



Figure 7 : Balance de précision (Precisa XB220A) **Figure 8 :** pycnomètre (LAB GLASS)

Mode opératoire

- Peser le pycnomètre de vide de 50ml avec son bouchon sur une balance de précision puis tarer.
- Remplir le pycnomètre avec l'échantillon à analysé puis fermer avec son bouchon.
- Eliminer l'excès de l'échantillon sur le pycnomètre.
- Peser à nouveau sur la balance de précision.
- Le résultat est exprimé comme suit :

$$MV = \frac{\text{masse de l'échantillon}}{\text{volume du pycnomètre}}$$

La détermination de la masse volumique nous permet de calculer aussi la densité de l'échantillon comme suit :

$$d = \frac{MVe}{MVeau} \leftrightarrow d = MVe$$

D : densité de l'échantillon

MVe : masse volumique de l'échantillon (g/ml)

MVeau : masse volumique de l'eau (MVeau = 1g/ml)

I-4-5- Détermination du taux de matière grasse

La méthode Gerber pour l'analyse des graisses utilise de manière similaire la réaction exothermique entre l'eau dans le produit et l'acide sulfurique concentré en combinaison avec de l'alcool isoamylique pour désintégrer la structure de l'émulsion et libérer la matière grasse. Après centrifugation la matière grasse est collectée dans la partie inférieure du col de butyromètre (Goff et Hartel, 2013).



Figure 7 : Centrifugeuse Gerber (ESCLAB)



Figure 8 : Butyromètre (FUNK GERBER)

Mode opératoire

- Mettre 10ml d'acide sulfurique 91% dans un butyromètre (Eiscream).
- Peser sur une balance de précision, puis tarer.
- Ajouter 5.5g d'échantillon, puis continuer avec de l'eau distillé jusqu'à 11g.

- Ajouter 1ml d'alcool isoamylique.
- Bien agiter le butyromètre pour dissoudre les constituants.
- Mettre le butyromètre dans une centrifugeuse Gerber, laisser pendant 6min30s.
- La lecture du butyromètre s'effectue en le maintenant parfaitement vertical. La lecture de graduation correspondant à la base du ménisque de la colonne grasse et chaque graduation correspondra à 1% de MG.

I-4-6- Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD)

L'extrait sec dégraissé est calculé en faisant la soustraction entre l'extrait sec total (EST) et le taux de matière grasse (MG).

$$\text{ESD} = \text{EST} - \text{MG}$$

I-4-7- Mesure du degré brix

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



Figure 9 : Réfractomètre (ATAGO)

Mode opératoire

- Nettoyer le prisme du réfractomètre avec quelques gouttes d'eau distillée, puis bien sécher avec du papier absorbant.
- Allumer le réfractomètre numérique
- Déposer à l'aide d'une propipette un petit volume de l'échantillon sur le prisme.
- Attendre quelques secondes pour que le résultat s'affiche.
- Le résultat est lu directement sur le refractomètre et exprimé en pourcentage.

I-5- Analyses microbiologiques

La crème glacée est un produit très riche en éléments nutritifs donc il y'aura un risque de prolifération de micro-organismes. L'analyse microbiologique des différents échantillons est réalisée au niveau du laboratoire de microbiologie 1 du Bloc 9 de l'université de Bejaia.

Les différentes flores dénombrées ou recherchées sont : la flore totale aérobie (FTAM), coliformes totaux et fécaux, staphylocoques dont *S. aureus*, levures et moisissures, *Clostridium* et les bactéries lactiques pour suivre le développement de *L. plantarum*.

Les analyses microbiologiques sont réalisées en parallèles des analyses physicochimiques chaque 7jours (une fois par semaine) pendant un mois.

NB : L'analyse des crèmes glacées a été réalisée selon les exigences du Journal Officiel de la République Algérienne JORA N°39 14 du 02.07.2017.

I-5-1- Préparation de la solution mère et des dilutions

Après une décongélation des différents échantillons de la crème glacée à température ambiante, devant un bec benzène, 1mL de cette crème sont introduit dans 9 ml d'eau physiologique, l'homogénéisation est assurée avec un mouvement de rotation de tube à essai, la solution mère (SM) est ainsi obtenue. Des dilutions décimales sont préparées par le transfert de 1ml dans 9ml d'eau physiologique.

L'ensemble des ensemencements sont réalisés en masse pour toutes les flores recherchées et : ou dénombrées en utilisant les géloses préconisées par les normes algériennes.

I-5-2- Dénombrement des différentes flores.

I-5-2-1- La flore mésophile aérobie

Les germes mésophiles aérobies c'est un ensemble de germes saprophyte et pathogènes, capables à se multiplier à l'aire libre avec une croissance optimale à une température entre 20 à 45°C (VIGNOLA, 2002).

Mode opératoire

A partir d'une dilution décimale de 10^{-3} porter stérilement à l'aide d'une micropipette 1mL dans une boîte de petri, ensuite verser la gélose PCA, l'homogénéisation est assurée avec des

mouvements de rotation, puis laisser solidifier sur la paillasse. L'incubation est réalisée à 30°C pendant 48h à 72h.

I-5-2-2 Les coliformes totaux

Les coliformes sont des Entérobactéries, aérobies et anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées, ils ont la capacité de fermenter le lactose avec la production du gaz à une température de 35°C (Vignola, 2002).

Mode opératoire

Prélever 1mL stérilement de la dilution 10^{-2} dans la boîte de pétri, qui est ensuite transvasée par une quantité adéquate du milieu de culture VRBG L'incubation est réalisée à 37°C pendant 24 à 48h. Les colonies à considérer sont des colonies violettes, d'un diamètre de 0,5mm à 1mm entourés d'une couleur rougeâtre de précipités des sels biliaires.

I-5-2-3- Les clostridiiums sulfito-réducteur

Ce sont surtout des bactéries de l'environnement, anaérobies à métabolisme oxydatif, caractérisés par la production d'énergie et réduction des sulfates en sulfures (Loubinoux, 2001).

Mode opératoire

Prendre aseptiquement successivement 1mL de la dilution de 10^{-4} de l'échantillon a analysé dans deux tubes stériles puis transférer dans un bain marie chauffé à 80°C pendant 10 min. Au terme du traitement thermique, les tubes sont refroidis directement sous un jet d'eau froide afin de réaliser un choc thermique. Les tubes sont remplis par la suite par la gélose viande de foie (VF) avec additifs. L'incubation est réalisée à une température de 44°C pendant 48. A 72h. Les *Clostridiiums* sulfito- réducteurs, donnent après incubation des colonies noires par réduction du sulfite et production de sulfure de fer. L'absence de colonies noires signifie l'absence de *clostridium* sulfito- réducteurs.

I-5-2-4- Staphylocoques

Coque à Gram positif, non sporulé, immobile, aero-anaérobies facultatif, appartenant à la famille des *Staphylococcaceae* qui se développe à une température de 37°C (Becker, 2004).

Mode opératoire

A partir d'une dilution décimale de 10^{-2} à l'aide d'une micropipette transféré aseptiquement 1ml dans la boîte de Petri, qui est ensuite transvasée par une quantité adéquate du milieu de culture Chapman L'incubation est réalisée à 37°C pendant 24 à 48h.

Les colonies de *Staphylococcus* sont rondes, régulières, bombés, opaques et pigmentés en blanche pour les *Staphylococcus non aureus* et jaune-doré pour les *Staphylococcus aureus* entourées d'un halo jaune correspond à une acidification à partir du manitol.

I-5-2-5- Les levures et moisissures

Les levures et les moisissures sont des champignons microscopiques, dont la présence dans les produits alimentaires est indésirable (**Thuriaux, 2004**).

Mode opératoire

A partir d'une dilution décimale de 10^{-2} à l'aide d'une micropipette transféré aseptiquement 1ml dans la boîte de Pétri, qui est ensuite transvasée par une quantité adéquate du milieu de culture SABAOURAUD Chloramphénicol L'incubation est réalisée à 30°C pendant 48h à 5jours.

Pour le dénombrement, Les colonies de levures ressemblent à celles des bactéries, rondes, bombées de couleur différente alors celles des moisissures sont velouté et sont plus grandes de couleur blanche ou pigmentées.

I-5-2-6- Bactéries lactiques (*L.plantarum*)

Les bactéries lactiques sont des micro-organismes de Gram positif, généralement immobile, asporulées, anaérobies mais aérotolestants, possèdent ni catalase ni nitrate réductase ni cytochrome oxydase, besoin de glucides fermentescibles pour leur croissance (**Lairini et al., 2014;Viridiana et al., 2018**).

Mode opératoire

A partir d'une dilution décimale de 10^{-8} à l'aide d'une micropipette transféré aseptiquement 1ml dans la boîte de Pétri, qui est ensuite transvasée par une quantité adéquate du milieu de culture MRS. L'incubation est réalisée à 30°C pendant 48 à 72h.

Tableau II : Résumé d'analyse bactériologique utilisé

Microorganisme sdénombrés ou recherchés	Milieu de culture	Dilution utilisées	Volume et mode d'ensemencement	Incubation
FTAM	- PCA (Plate Count Agar)	(10^{-3} , 10^{-4})	1mL en masse	30°C/ 72h
coliformes totaux	-VRBG (Violet Red Bile Glucose)	(10^{-2} , 10^{-3})	1 ml en masse	37°C/24-48h.
La Flor lactique	-MRC - M17	(10^{-7} , 10^{-8})	1 ml en masse	30°C/24-48h.
Levures et Moisissures	-OGA (Oxytétracycline Glucose Agar) ou Sabouraud	Solution mère (10^{-1} , 10^{-3})	1 ml en masse	30°C/48 h à 5jours
Staphylocoques	-Gélose Chapman	Solution mère, 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4})	1 ml en masse	37°C/24-48h.
<i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs	-VF+ additif (Traitement thermique à 80°C/10 min)	(10^{-3} , 10^{-4})	1 ml en tube	37°C/48 h-72h

I-5-3- Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle de la crème glacée, a été effectuée au niveau du laboratoire de l'analyse sensorielle situé au bloc 12 da la faculté SNV à l'université de Bejaia.

Le groupe de dégustateurs est constitué de 100 personnes (enseignants, ATS et étudiants) en prenant en considération certains facteurs tels que non fumeur et non chiqueur et souffrant d'aucune maladie ni sous aucun traitement qui peut influencer leur sens de dégustation. L'analyse consiste à présenter aux dégustateurs deux échantillons de crème glacée (témoin, probiotique), en parallèle un gobé rempli d'eau est mis à la disposition du dégustateur afin qu'il puisse rincer sa bouche avant chaque dégustation.

Les caractéristiques sensorielles de la crème glacée sont évaluées par des observations visuelles et des dégustations. Le questionnaire de cette analyse est présenté en annexe 02.

NB : Le questionnaire doit être le plus clair possible. Toutes les explications et instructions nécessaires doivent s'y trouver.

II-Résultats et discussion

II-1- Les analyses physico-chimiques

Les différentes analyses physico-chimiques réalisées sur la crème glacée probiotique et le témoin pendant son stockage ont conduit à l'obtention des résultats suivants :

(Les résultats sont comparés aux normes fixées par l'unité Vallée glaces).

II-1-1- pH et acidité titrable

Les résultats d'analyses du pH des 04 types de crèmes glacées notés (Ap : crème glacée produite avec probiotique, At : crème glacée produite sans probiotique (témoin), Np : crème glacée commerciale inoculée avec le probiotique, Nt : crème glacée commerciale sans probiotique (témoin)) sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau III : Résultats d'analyses de pH

Echantillon	Valeurs de pH				Normes fixées par Vallée glaces
	J1	J10	J19	J24	
Ap	6,08	5,93	5,8	5,74	6,6 – 6,8
At	5,73	5,33	5,48	5,68	
Np	6,48	6,51	6,54	—	
Nt	6,56	6,52	6,58	—	

Ap : crème glacée produite avec probiotique, At : crème glacée produite sans probiotique (témoin), Np : crème glacée commerciale inoculée avec le probiotique, Nt : crème glacée commerciale sans probiotique (témoin).

Les résultats d'analyses du pH pour les deux types de crèmes glacées montrent une non-conformité des valeurs de pH enregistrées pendant toute la période de stockage par rapport aux normes exigées par l'unité Vallée glaces, cependant les valeurs de pH de la crème glacée commerciale sont plus proches à être acceptées comparant à la crème glacée qu'on a produit, ces résultats aussi non concordent à celles trouvées par **(Tafat et Temouche, 2016)**, où les valeurs de pH de la crème glacée produite au laboratoire (témoin ou probiotique) sont inférieurs à celles trouvées dans leur travaux, alors que les valeurs de pH de la crème industrielle (témoin ou probiotique) sont assez proches par rapport à celles trouvées par **(Tafat et Temouche, 2016)**.

Tableau IV : Résultats d'analyse d'acidité

Echantillon	Acidité (g/kg)				Normes fixées par Vallée glaces
	J1	J10	J19	J24	
Ap	4,5	5,58	4,95	3,49	1,2 – 1,8
At	6,6	7,2	6,48	4,59	
Np	1,22	1,044	0,99	_____	
Nt	1,08	0,99	0,69	_____	

Ap : crème glacée produite avec probiotique, At : crème glacée produite sans probiotique (témoin), Np : crème glacée commerciale inoculée avec le probiotique, Nt : crème glacée commerciale sans probiotique (témoin).

Les résultats d'analyses montrent que seul l'échantillon (Np) analysé est conforme aux normes fixées par Vallée glace, par contre les échantillons (Ap et At) montrent des valeurs très élevées d'acidité atteignant 7.2g/kg d'acide lactique comparant aux échantillons de crème glacée commerciale probiotique qui sont plus proche des normes préconisées, de la même façon les valeurs d'acidité de la crème glacée produite au laboratoire dépassent largement les valeurs trouvées par (**Akkouche, 2018**), alors que l'acidité des échantillons de crème glacée industrielle ne leurs sont pas très inférieurs.

Une acidité plus élevée ou un pH plus faible n'est pas souhaitable car elle contribue à la viscosité excessive, à la diminution de la capacité de fouettage, à un goût inférieur et une stabilité moindre du mélange, ce qui entraîne sa coagulation, le pH normal du mélange pour crème glacée est d'environ 6,3. L'acidité et le pH sont liés à composition du mélange. Une augmentation des solides non-gras du lait augmente l'acidité et abaisse le pH. L'acidité apparente ou naturelle du mélange de crème glacée est causée par les protéines du lait, les sels minéraux (principalement les citrates et les phosphates) et le dioxyde de carbone dissous. L'acidité développée est causée par la production d'acide lactique par la fermentation bactérienne du lactose dans les produits laitiers. Lorsque l'acidité du mélange ou de la glace est supérieure à la normale, l'acidité est probablement présente dans les produits laitiers utilisés dans le mélange (**Bajad et al., 2016**).

II-1-2- Matière grasse

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau V : Résultats d'analyse de matière grasse

Echantillon	Matière grasse (%)				Normes fixées par Vallée glaces
	J1	J10	J19	J24	
Ap	15	16	16	16	6-8
At	15	15	16	16	
Np	18	17	17	—	
Nt	16	16	15	—	

Ap : crème glacée produite avec probiotique, At : crème glacée produite sans probiotique (témoin), Np : crème glacée commerciale inoculée avec le probiotique, Nt : crème glacée commerciale sans probiotique (témoin).

Les analyses montrent que le taux de matière grasse est largement supérieur aux valeurs prescrites, ceci peut être expliqué par l'utilisation de 10% du lait écrémé et de 10% de MG sous forme de crème de lait de vache. Néanmoins, ces valeurs sont aussi non conformes comparant à celles trouvées par (**Medjoub, 2017**) qui dans son travail a trouvée une valeur fixe de 7%, malgré ça les valeurs obtenues restent acceptable car selon (**Clarke, 2003**) des crèmes glacées de valeurs supérieurs peuvent renfermer de 15% à 20% de matière grasse.

II-1-3- Extrait sec total et extrait sec dégraissé

Tableau VI : Résultats d’analyse de l’EST

Echantillon	EST (g/l)				Normes fixées par Vallée glaces
	J1	J10	J19	J24	
Ap	286,28	282,15	281,12	277,81	340-360
At	280,7	271,93	268,69	248,44	
Np	364,25	360,88	360,85	—	
Nt	359,24	358,11	326,64	—	

Ap : crème glacée produite avec probiotique, At : crème glacée produite sans probiotique (témoin), Np : crème glacée commerciale inoculée avec le probiotique, Nt : crème glacée commerciale sans probiotique (témoin).

Les résultats d’analyse montrent une conformité de la teneur en extrait sec total des échantillons (Np et Nt), alors qu’on a enregistré des valeurs inférieures aux normes en ce qui concerne l’autre crème glacée ceci s’applique aussi comparant aux résultats de travail de **(Boudi et al., 2015)** qui ont trouvées des valeurs comprises entre 329-360 (g/l), ces résultats peuvent être due à une mauvaise homogénéisation ou une mauvaise répartition de l’échantillon sur la coupelle lors de la manipulation **(Jeantet et al., 2001)**.

Tableau VII : Résultats d’analyse de l’ESD

Echantillon	ESD (g/l)				Normes fixées par Vallée glaces
	J1	J10	J19	J24	
Ap	271,28	266,15	265,12	263,81	336-352
At	265,7	265,93	252,7	258,44	
Np	346,25	343,88	354,85	—	
Nt	343,24	342,11	316,64	—	

Ap : crème glacée produite avec probiotique, At : crème glacée produite sans probiotique (témoin), Np : crème glacée commerciale inoculée avec le probiotique, Nt : crème glacée commerciale sans probiotique (témoin).

L'analyse de l'ESD a montrée des taux inférieurs aux normes pour la crème glacée probiotique (Ap) et (Nt) alors que la crème glacée industrielle a été conforme aux normes

Ces résultats comme les résultats de l'EST sont expliquée par une mauvaise homogénéisation de la crème probiotique par rapport a la crème industrielle (**Jeantet et al., 2001**).

II-1-4- Densité

Tableau VIII : Résultat d'analyse de la densité

Echantillon	Densité				Normes fixées par Vallée glaces
	J1	J10	J19	J24	
Ap	1,0877	1,0872	1,0878	1,0868	1,110 – 1,118
At	1,0859	1,0776	1,0737	1,0818	
Np	1,117	1,114	1,121	—	
Nt	1,104	1,109	1,119	—	

Ap : crème glacée produite avec probiotique, At : crème glacée produite sans probiotique (témoin), Np : crème glacée commerciale inoculée avec le probiotique, Nt : crème glacée commerciale sans probiotique (témoin).

Selon les résultats obtenus on peut remarquer une différence d'acceptabilité des différents échantillons. Les échantillons de la crème glacée commerciale sont acceptables et conformes aux normes, alors que les échantillons de la crème glacée produite son légèrement inférieurs aux normes fixées par Vallé glaces, et de la même façon comparant aux travaux de (**Akkouche, 2018**). La densité du mélange de crème glacée varie en fonction de sa composition. L'augmentation des niveaux des solides non-gras du lait, de sucres et de stabilisateurs accroît la densité, tandis que l'augmentation de la graisse diminue la densité du mélange (**Bajad et al., 2016**).

II-1-5- Degré brix**Tableau IX : Résultats d'analyse du degré brix**

Echantillon	Degré Brix (%)				Normes fixées par Vallée glaces
	J1	J10	J19	J24	
Ap	15	21,4	20,75	24,1	Non disponible dans les normes prescrites par Vallée glaces
At	15,2	22,9	23,4	24,7	
Np	33	32,6	30,7	—	
Nt	31,5	31,2	30,8	—	

Ap : crème glacée produite avec probiotique, At : crème glacée produite sans probiotique (témoin), Np : crème glacée commerciale inoculée avec le probiotique, Nt : crème glacée commerciale sans probiotique (témoin).

L'analyse du degré brix n'est généralement pas un paramètre pris en considération par l'unité Vallée glace lors de l'évaluation des paramètres physico-chimiques de la crème glacée, cependant, l'analyse de nos échantillons montre une divergence remarquable entre les valeurs enregistrées pour les deux types de crèmes glacées. Selon (**Pascal, 1998**), une crème glacée peut contenir entre 10-18% de sucres ces valeurs sont plus proches aux valeurs enregistrées dans la crème glacée produite (Ap et At) par rapport à la crème industrielle, on peut constater aussi que la présence ou non du probiotique n'a pas eu d'effet significatif sur les valeurs obtenues.

II-2- Les analyses microbiologiques

Tableau X : résultats des analyses microbiologiques

	Echantillon	FTAM	Coliformes totaux	staph	clostridium	Levures et moisissures	L.Pantarum
J1	Ap	3,81*10²	1,03*10²	110	Absence	Ind	Ind
	At	3,65*10²	100	60	Absence	Ind	Absence
	Np	5	12	15	Absence	20	95
	Nt	8	13	7	Absence	24	Abs
J9	Ap	18	87	1,20*10²	Absence	87	450
	At	14	80	35	Absence	90	Abs
	Np	39	60	1,01*10₂	Absence	3	250
	Nt	Abs	73	34	Absence	8	Abs
J17	Ap	2,97*10²	106	1,18*10²	Absence	72	301
	At	3,45*10²	99	85	Absence	83	Abs
	Np	19	14	11	Absence	20	Ind
	Nt	18	90	9	Absence	6	Abs
J26	Ap	75	85	1,16*10²	Absence	20	311
	At	65	1,10*10²	94	Absence	28	Abs
	Np	16	14	9	Absence	19	Ind
	Nt	17	92	7	Absence	5	Abs
Normes UFC/ml		10⁶	10²	10²	Abs	*	*

* : ces normes ne sont pas mentionnées par le journal officiel JORA N°39 14 du 02.07.2017.

II-2-1- La flore totale aérobie mésophile

D'après les résultats d'analyses microbiologiques résumées dans le tableau **XII** la flore mésophile totale est présente dans tous les échantillons avec des valeurs comprises entre 5 et $3,81 \cdot 10^2$ UFC/ml, malgré que la réfrigération est la méthode de conservation la plus courante (**Daneshi et al., 2013**). Ce taux peut être expliqué par une contamination lors de la mise au point. Généralement les charges du FTAM sont plus importantes dans la crème glacée préparée par rapport à la crème glacée industrielle cette différence est due probablement aux conditions de fabrication (laboratoire) de la crème glacée. Cependant les valeurs restent négligeables par rapport aux normes exigées par le journal officiel JORA N°39 14 du 02.07.2017.

II-2-2- Les coliformes totaux

D'après le tableau on constate des charges importantes mais qui est proche des normes de coliformes totaux exceptionnellement pour les échantillons de la crème glacée préparés au sein du laboratoire dès la première semaine où on a noté des valeurs de $1,03 \cdot 10^2$ et 10^2 respectivement qui restent plus ou moins stables durant toute la durée de conservation (30 jours) ces germes sont des indices de contamination fécale (**Leclerc et al 1989**) et leur présence dans un aliment fait penser qu'il y a eu au cours de procédés de fabrication un défaut d'hygiène (**M ndayou wouafo et al 1996**). Cependant, les résultats d'analyses microbiologiques de la crème glacée industrielle montrent des valeurs inférieures à celles exigées par le journal officiel JORA N°39 14 du 02.07.2017 ce qui prouve les bons conditionnements pendant la fabrication et pendant le transport au laboratoire.

Une absence totale de coliformes fécaux est notée pour tous les échantillons, ce qui témoigne du respect des conditions d'hygiène selon les normes suivies par l'unité GINI glaces pour la production de la crème glacée.

II-2-3- Les staphylocoques

D'après les résultats d'analyses microbiologiques présentés dans le tableau **XIII** on note la présence des staphylocoques dans tous les échantillons avec des valeurs comprises entre 7 et $1,20 \cdot 10^2$ UFC/ml. Selon **Stengel (1987)**, cette présence peut être due aux conditions de préparation, à l'hygiène des mains ou au traitement thermique (pasteurisation) insuffisant. Néanmoins, pour la majorité des échantillons ne dépassent pas les normes exigées par le

journal JORA N°39 14 du 02.07.2017. Cependant, aucune présence de *S. aureus* n'est notée pour l'ensemble des échantillons. En effet ce dernier est généralement, incriminé dans les intoxications alimentaires des produits laitiers.

II-2-4- Les *clostridium*

Une absence totale de *clostridium* pour tous les échantillons de la crème glacée est montré d'après les résultats d'analyses microbiologiques montrées dans le tableau cela peut être traduire par le non existence d'aucune contamination fécale malgré le manque du conditionnement lors de la fabrication de la crème glacée préparée et le transport de la crème glacée industrielle.

II-2-5- Levures et moisissures

D'une manière générale les résultats d'analyses microbiologiques montrent que les deux crèmes glacées en bonne qualité en ce qui concerne les levures et les moisissures dont les valeurs ne dépassent pas la norme fixé selon du journal officiel de la république algérienne par 10^2 UFC/ml, a part l'échantillon AP et At de la première semaine qui dépassent la norme fixé, d'après le tableau ci-dessus en remarque que le degré de contamination de la crème glacée fabriqué au laboratoire est plus élevé a ce de la crème glacée industrielle ce qui reflète le manque d'hygiène pendant la fabrication de la crème glacée préparée mais les levures et les moisissures restent un témoin de contamination et leurs présence est non souhaitable.

II-2-6- La flore lactique

Selon le tableau ci-dessus les résultats montrent que les nombres de colonies de bactéries lactiques augmentent pour les échantillons de la crème glacée industrielleensemencé par *L. plantarum* par contre dans la crème glacée préparéensemencé en souche probiotique *L. plantarum*, les bactéries lactiques ont un aspect décroissant et cela peut être du la basse qualité des ingrédients primaire utilisés pour la fabrication de cette crème glacée, en plus les taux de contamination élevé des autres germes pathogènes de la crème glacée préparé peut avoir des effets négatifs sur le développement de la souche probiotique dans cette crème, donc le développement de la souche probiotique incorporée est plus souhaitable dans la crème glacée industrielle.

Pour les échantillons des crèmes glacées (industrielles et préparés) les résultats d'analyses microbiologiques montrent un absence totale de la flore lactique par ce que ces échantillons ne sont pasensemencés par la souche probiotique *L. plantarum*.

II-3-L'analyse sensorielle

Le test ANOVA est un test statistique permettant de comparer les moyennes de plusieurs variables aléatoires indépendantes gaussiennes de même variance, ce test consiste à utiliser les moyennes observées sur les échantillons pour conclure à des différences significatives sur les moyennes dans les sous-populations.

Les deux produits ne sont pas différents.

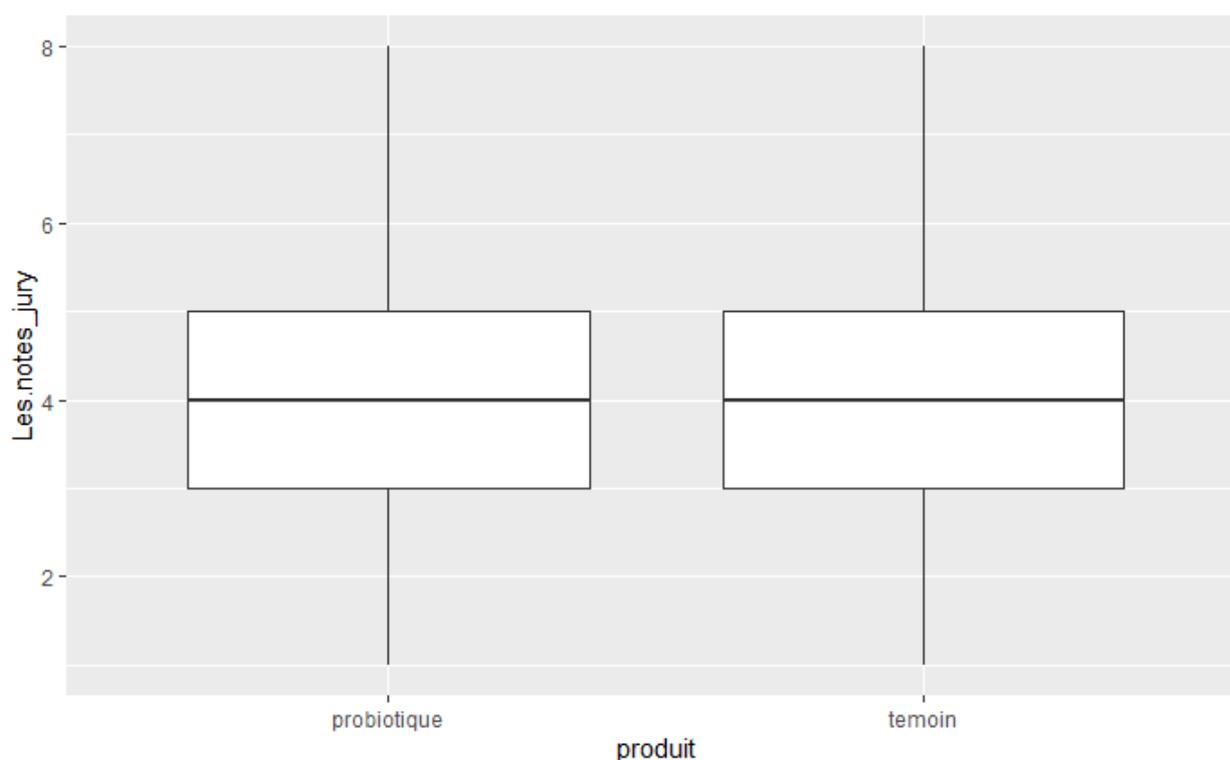


Figure 10 : Analyse de variances ANOVA avec le logiciel R

La figure 10 obtenue montre que la crème glacée préparée est moyennement satisfaisante de plus que ca il n'y a pas de différence dans les critères utilisés pour l'analyse sensorielle, les deux produits témoin et probiotique ne sont pas significativement différentes ce qui explique que la souche probiotique *L. plantarum* n'a pas d'effet sur les qualités organoleptiques de la crème glacée fabriquée.

Conclusion générale

Notre travail avait pour but l'essai de la mise au point d'un nouveau produit fonctionnel, une crème glacée incorporée d'une souche probiotique « *L. plantarum* ». Cette crème glacée a été réalisée dans le laboratoire de microbiologie au sein de l'université d'Abderrahmane-Mira Béjaia.

Cette crème glacée a été produite suivant le protocole utilisé (Arslan et al., 2016),

En parallèle, une crème glacée industrielle du même goût vanille est achetée puis incorporée au même moment d'une souche probiotique qui est *L. plantarum* faisant partie de la collection du laboratoire LMA. Pour les deux types de crème glacées, un témoin (non incorporé) est préconisé. L'ensemble des échantillons sont conservés à -20°C pendant 30 jours. Les analyses physicochimique et microbiologiques sont réalisées à J1 et chaque 10 jours. Au terme de ces analyses, une évaluation sensorielle sur un panel de 100 dégustateurs (homme et femmes d'âge confondu) est réalisée

Les résultats d'analyses microbiologiques du produit fini ont montrés des charges variables en FTAM, coliformes totaux, staphylocoques et une faible présence de levures et moisissures avec une absence des *clostridium*. Néanmoins, pour la majorité des échantillons les taux ne dépassent pas les normes exigées par le journal officiel JORA 2017 et n'excèdent pas les 10² UFC/ml. Cependant, la crème glacée industrielle à montré une meilleur qualité hygiénique et une meilleur conformité aux normes. Ces résultats, peuvent être expliqués par les conditions de l'élaboration de cette crème glacée. Cependant, une absence totale de la flore pathogène recherchée (*S.aureus* et *E.coli*) est notée pour l'ensemble des échantillons, ce qui témoigne du respect des conditions d'hygiènes.

Les résultats du suivi de la viabilité de la souche *L. plantarum* dans les conditions du froids (-20°C) montrent que la crème glacée industrielle est un excellent vecteur de probiotiques vue les taux de survie qui est de 100% de la souche probiotique *L. plantarum* incorporée. Cependant, une diminution des taux de cette dernière est remarquée pour la crème glacée préparée au laboratoire. Cette diminution est probablement due à la compositions de cette crème glacée et à la formule utilisée.

Les analyses physico-chimiques ont été plus satisfaisantes pour la crème industrielle par rapport à celle produite au laboratoire, ceci est dû à une meilleure maitrise du processus de fabrication et l'utilisation d'un matériel plus adapté à ce genre de production.

Conclusion

La crème probiotique a montrée des valeurs qui dépassent les normes pour certains paramètres comme pour l'acidité où elle atteignait des valeurs qui avoisinent 7,2g/kg d'acide lactique qui est due à la présence de la souches *L. plantarum* et sachant que ces normes sont préconisées pour une crème glacée non probiotique .Néanmoins, pour la majorité des paramètres avoisinent les valeurs rapportées par les normes.

L'analyse sensorielle effectuée sur un panel de 100 dégustateurs (de tous sexes et âge confondus) a été faite dans le laboratoire d'analyse sensorielle de l'université de Béjaia. Cette dernière est réalisée afin de déterminer l'impacte de la souche probiotique sue les paramètres sensorielle de la crème glacée. Les résultats de cette analyse montrent que la crème glacée est d'une qualité assez satisfaisante. Aucune différence significative n'est notée entre les différents échantillons de crème glacée industrielle ou non et qu'elle soit incorporée par la souche probiotique ou non.

C'est résultats montrent clairement que l'incorporation de la souche *L. plantarum* à la crème glacée n'a pas d'influence sa qualité organoleptique. Les résultats de l'analyse statistique des données de l'analyse sensorielle, n'ont montré aucune différence significative par rapport à la préférence entre la crème glacée élaborée au laboratoire et celle industrielle, ce qui témoigne de la maîtrise du protocole de fabrication de la crème glacée.

En générale, et à la lumière des résultats obtenus, on peut dire que la crème glacée probiotique peut être une alternative très intéressante aux produits traditionnellement connu sachant que les crèmes glacées sont des produits de large consommation est très consommateur dans le monde appréciés par le entier.

Néanmoins, ce travail mérite d'être poursuivi par ;

- Une meilleure maîtrise du protocole de fabrication on utilisant le matériel adéquat au sein d'un atelier spécialisé dans la fabrication des crèmes glacées.
- Augmenter la durée du suivi selon la DLC des crèmes glacée (6mois)
- Faire les répétitions nécessaires.

Utiliser des arômes naturels ou incorporer des fruits.

Références bibliographiques

A

Adriano G. cruz, AdrianeE.C.Antumes, Surama M. I Saad, icecream as a probiotic food carrier, food research international, 2009, vol42 1233-1239

Akalin A.S. et Erisir D. (2008). Effects of Inulin and Oligofructose on the Rheological Characteristics and Probiotic Culture Survival in Low-Fat Probiotic Ice-cream. Journal of Food Science. 73, 184-188.

Akın M.B., Akın M.S. et Kırmacı Z. (2007). Effects Of Inulin and Sugar Levels on The Viability ofYogurt and Probiotic Bacteria and the Physical and Sensory Characteristics in Probiotic Ice Cream. Food Chemistry. 104, 93–99.

Akın M.S. (2005). Effects of Inulin and Different Sugar Levels on Viability of Probiotic Bacteriaand the Physical and Sensory Characteristics of Probiotic Fermented Ice Cream. MilchWissenSchaft. 60 (3), 297–300.

Akkouch H., Djerrada S. (2018). Etude des propriétés physico-chiliques du lait pasteurisé et de crème glacée. Mémoire master en chimie analytique. Bejaia : Université Abderrahmane mira Bejaia, 58p.

Amat-Rose JM. (2011). Les toxi-infections alimentaires collectives, aspect chimique etépidémique, dynamique porteuse de risque en europe lettre de l'infetiologue.1997, 12, 326,327. Université, médicale virtuelle francophone.

Arasu A.V., Al-Dhabi N.A., Ilavenil S., Choi K.C. et Srigopalram, S. (2015). In-vitro importance of probiotic *Lactobacillus plantarum* related to medical field, Saudi Journal of Biological Sciences. S7-S10.

Arslan A.A., Gocer E.M.C., Demir M., Atamer Z., Hinrichs J. et Küçükçetin A. (2016). Viability of *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 incorporated in ice cream using three different methods. Dairy Sci & Technol. 96, 477 – 487.

Awaisheh S.S., Hadaddin M.S. et Robinson R.K. (2005). Incorporation of Selected Nutraceuticals and Probiotic Bacteria Into Fermented Dairy Product. International Dairy Technology. 10, 1189-1195.

B

Bajad D.N., Kalyankar S.D., Dehmukh M.A., Bachanti B.R. et Bajad G.S. (2016). Impact of physico-chemical Properties of mix on the final quality of ice-cream. 35 (4), 293-297.

Batdorj B., Pithva S.P. et Ambalam P.S. (2007). Isolation, taxonomic identification and hydrogen peroxide production by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis* T31, isolated from Mongolian yoghurt: inhibitory activity on food-borne pathogens."Journal of applied microbiology. 584-593.

Becker K., Harmsen D., Mellmann A., Meier C., Schumann., Peters G. et von Eiff. (2004). Development and evaluation of a quality-controlled ribosomal sequence database for 16S ribosomal DNA-based identification of *Staphylococcus* species. Journal of Clinical Microbiology. 42(11), 4988-4995.

Belhamra Z. (2017). Croissance et survie des probiotiques en présence des édulcorants et des additifs alimentaires. Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas, Sétif 1. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sétif, 147p.

Benreguiég, M. (2015). Propriétés Antibactériennes et Probiotiques de Bactéries Lactiques Isolées à Partir du Lait de Vache, de Chèvre et de Brebis dans la région de l'Ouest Algérien, thèse de doctorat. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département de Biologie, 181p.

Boudi O., Hami S. (2015). Effet de la température, du temps de maturation sur le taux de foisonnement, les paramètres physicochimiques et microbiologiques des crèmes glacées GINI glaces (Fréha). Mémoire de fin d'études en alimentation humaine et qualité des produits. Tizi-Ouzou : Université de Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 63p.

Bouguerra A. (2021). Evaluation du potentiel probiotique des souches lactiques isolées à partir du lait de chamelle. Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas, Sétif 1. Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Sétif, 141p.

Boutonnier J.L. (2001). Ice cream and sorbets : formulation and processing Techniques de l'ingénieur, France. 14p.

Brizuela N., Tymczyszyn E. E., Semorile L.C., La Hens D.V., Delfederico L., Hollmann, A. et Bravo-Ferrada, B. (2018). *Lactobacillus plantarum* as a malolactic starter culture, In : Da costa, Y., and Aou T. (2001). (eds.), La bioprotection des aliments : l'antagonisme bactérien au service de la sécurité et de la qualité microbiologique, Yves Dacosta. Paris, pp 3-21.

Brun Y., Bes M. (2000) .*Staphylococcus*. Dans « Précis de bactériologie clinique », Eds (Freney J., Renaud F., Hansen W., Bollet C.), ESKA, Paris, 783-830.

C

CEAEQ (2009b). Recherche et dénombrement simultané des coliformes fécaux et d'*Escherichia coli* dans l'eau potable avec le milieu de culture MI; méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec, 20 p.

Chemlal-Kheraz, D. (2013). Isolement et identification phénotypique des bactéries lactiques isolées du Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) et mise en évidence de leur potentiel probiotique, thèse de doctorat. Université d'Oran faculté des sciences département de biologie, 217p.

Chugh B. et Kamal-Eldin A. (2019). Bioactive compounds produced by probiotics in food products. *Current Opinion in Food Science*. 32, 76-82.

Clarke C. (2004). *The science of ice cream*. Royal Society of Chemistry, UK, 208p.

COLIN P. (2009). Fiche de description de danger microbiologique transmissible par les aliments : *Salmonella*. Afssa.

Cuq J.L. (2007). *Microbiologie Alimentaire*. Edition Sciences et Techniques du Languedoc. Université de Montpellier. pp : 20-25.

D

De Angelis M., Calasso M., Cavallo N., DiCagno R. et Gobbetti M. (2016). Functional proteomics within the genus *Lactobacillus*. *Proteomics*. 16, 946–962.

De Vries M.C., Vaughan E.E., Kleerebezem M. et de Vos W.M. (2006). *Lactobacillus plantarum* survival, functional and potential probiotic properties in the human intestinal tract. *International Dairy Journal*. 16, 1018-1028.

Dos Santos E., De Araújo E., Da Conceicao L., De Moraes C. et De Carvalho A. (2012). Survival of *Lactobacillus delbrueckii* UFV H2b20 in ice cream produced with different fat levels and after submission to stress acid and bile salts. *J. Func. Food*. 5, 503–507.

Drider, D. (2017). 20th Club des Bactéries Lactiques: New challenges for research and industry. *International Journal of Food Microbiology*. 247, 1.

Droulout S et Corthier G. (2001). Effets des bactéries lactiques ingérées avec des laits fermentés sur la santé. *Vet. Res*. 32 101 – 117.

Dudez P., François M. et Raiffaud, C. (2017). *Transformer les produits laitiers frais à la ferme : 3e édition mise à jour*. Educagri Editions. 126p.

Dunne C., Omahony L., Murphy L., Thornton G., Morrissey D., O'halloran S., Feeney M., Flynn S., Fitzgerald G., Daly C., Kiely B., Osullivan G.C., Shanahan F. et Collins J.K (2001). In vitro selection criteria for probiotic bacteria of human origin: correlation with in vivo findings. 73, 386s-392s.

E

Evanovich E., de Souza Mendonça Mattos P.J. et Guerreiro J.F. (2019). Comparative Genomic Analysis of *Lactobacillus plantarum*, International Journal of Genomics. 1-11.

Ezzariga N (2015) PROBIOTIQUES : APPLICATIONS THERAPEUTIQUES ET EFETS SECONDAIRES. These Doctorat, Université Mohammed V de rabat. Faculté de médecine et pharmacie, rabat, 93p.

F

FAO. (2002). Probiotics in food : Health and nutritional properties and guidelines for evaluation, Cordoba, Argentina, 30p.

Ferraz J.L., Cruz A.D., Cadena R.S., Freitas M.Q., Pinto U.M., Carvalho C.C., Faria J.A.F. et Bolini H.M.A (2011). Sensory Acceptance and Survival of Probiotic Bacteria in Ice Cream Produced with Different Overrun Levels. Journal of Food Science. 71 (1), 24-28.

G

Gassama D. (2002). dénombrement de la flore mésophile aérobie totale. Thèse de fin de cycle, Université CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR. Faculté des sciences et techniques, Dakar, Sénégal. 27p.

Goff H.D. (2008). 65 Years of Ice-Cream Science. International Dairy Journal. 18 (7), 754–758

Goff h.d and Hartel R.W.(2013). Ice cream 7ème Edition. Springer, P 477.

Golowczyc M.A., Silva J., Teixeira P., De Antoni G.L. and Abraham A.G. (2011). Cellular injuries of spray-dried *Lactobacillus* spp. isolated from kefir and their impact on probiotic properties. *International Journal of Food Microbiology*. 144, 556-560.

H

Hadef S (2012). Evaluation des aptitudes technologiques et probiotiques des bactéries lactiques locales. Thèse de magister, Université Kasdi Merbah-Ouargla. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers Département des Sciences de la Nature et de la Vie, 135p.

Holzappel W.H. et Wood B.J.B. (2014). *Lactic Acid Bacteria Biodiversity and Taxonomy*. 1ère éd, Wiley, USA, 640.

Anonyme 1: <https://inspection.canada.ca/salubrite-alimentaire-pour-l-industrie/chimie-et-microbiologie-alimentaires/bulletin-d-enquete-et-rapports-d-analyse-sur-la-sa/1-avril-2017-au-31-mars-2020/fra/1609961153971/1609961154268>

I

Idoui T., Boudjerda J., Leghouchi E. et Karam N.E. (2009). Lactic acid bacteria from “Sheep’s Dhan”, a traditional butter from sheep’s milk: Isolation, identification and major technological traits. *Gr. Y. Aceites*. 60 (2), 177-183.

Indira M., Venkateswarulul T.C., Peele K.A., Bobby M.N. and Krupanidhi S. (2019). Bioactive molecules of probiotic bacteria and their mechanism of action. 3Biotech. 9, 306-317.

J

Jamaly N., Benjouad A. et Bouksaim M. (2011). Probiotic potential of *Lactobacillus* strains isolated from known popular traditional Moroccan dairy products. British microbiology research Journal. 1(4), 79-94.

Jankovic I, Sybesma W, Phothirath P, Ananta E. et Mercenier A. (2010). Application of probiotics in food products--challenges and new approaches. Current Opinion in Biotechnology. 21(2), 175-181.

Jeanet R., Dolivet A et Schuck P. (2008). Les poudres laitières et alimentaires , techniques d'analyse 1 éd. Lavoisier, Tec & Doc, Paris, 199p.

Jiménez-Pranteda M.L., Poncelet D., Náder-Macías M.E., Arcos A., Aguilera M., Monteoliva-Sánchez M. et Ramos-Cormenzana A. (2011). Stability of *Lactobacilli* encapsulated in various microbial polymers. Journal of Bioscience and Bioengineering. 113 (2), 179-184.

Jose N.M, Bunt C.R, Hussain M.A. (2015). Comparison of microbiological and probiotic characteristics of *Lactobacilli* isolates from dairy food products and animal rumen contents. Microorganisms. Journal of Physiology and Pharmacology. 63, 497–503.

K

Kalsum U., Soetant H. et Sjöfjan O. (2012). Influence of a probiotic containing *Lactobacillus fermentum* on the laying performance and egg quality of Japanese quails. International Journal of Poultry Science. 11(4), 311-315.

Kechagia M., Basoulis D., Konstantopoulou S., Dimitriadi D., Gyftopoulou K., Skarmoutsou N. et Fakiri E. M. (2013). Health benefits of probiotics. International Scholarly Research Notices. 1, 1-7

Kerry, R.G., Patra, J.K., Gouda, S., Park, Y., Shin, H. S., et Das, G. (2018). Benefaction of probiotics for human health. Journal of food and drug analysis, 26(3), 927-939.

Khalighi A., Behdani R. et Kouhestani S. (2016). Probiotics: Mode of Action and Role in Human Nutrition. Chapter from the book Probiotics and Prebiotics in Human Nutrition and Health.

Khan S.H., et Ansari, F.A. (2007). Probiotics – the friendly bacteria with market potential in global market. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences. 20, 71-76.

Khemariya P., Singh S., Jaiswal N., et Chaurasia S.N.S. (2016). Isolation and identification of *Lactobacillus plantarum* from vegetable samples. Food Biotechnol. 30, 94–62.

Kitazawa H., Villena J., et Alvarez S. (2013). Probiotics: immunobiotics and immunogenics 1st edition CRC Press, Boca Raton, 412p.

Klaenhammer. T.R. (2000). Probiotic Bacteria: Today and Tomorrow. Journal of Nutrition. 130, 415-416.

Kleerebezem M et al. (2003). Complete sequence of *Lactobacillus plantarum* WCFS1. Proc Natl Acad Sci USA. 100, 1990-1995.

KORSAK N., Clinquart. A, Daube. G. (2004). *Salmonella* spp dans les denrées alimentaires d'origine animale: un réel problème de santé publique. Ann.Med.Vet.148, 174-193.

Kryujer, A.C.F, (1954). La crème glacée. Le lait. Hallarchive ouvert 13 : 500-513.

Ku H-K., Lee H., Choi I.D., Ra J-H., Kim T-Y., Jeong J-W., Kim S-H., Sim J-H. et Ahn Y-T. (2014). Immuno-stimulatory effect of *Lactobacillus plantarum* HY7712 via toll-like receptor 2 signaling pathway. *Cytokine*. 70 (1), 52.

Kumar N., Marotta F., Dhewa T., Mishra V., Kumar V. et Bharadwaj A. 2017. MANAGEMENT OF ORAL HEALTH THROUGH NOVEL PROBIOTICS: A REVIEW. *International Journal of Probiotics & Prebiotics*. 12(3), 109-114.

L

Lairini S., Beqqali N., Bouslamti R., Belkhou R. et Zerrouq F. (2014). Isolement des bactéries lactiques à partir des produits laitiers traditionnels Marocains et formulation d'un lait fermenté proche du Kéfir. *Afrique Science*. 10 (4), 267-277.

Lapointe-Vignola C.(2002). Science et technologie du lait : transformation du lait. Fondation de technologie laitière du Québec. Presses inter Polytechnique, Québec, 280p.

Le B. et Yang S.H. (2018). Efficacy of *Lactobacillus plantarum* in prevention of inflammatory bowel disease. *Toxicology reports*. 5, 314-317.

LOUBINOUX J. (2001).les bactéries sulfite-réducteurs humains, caractérisation et pouvoir pathogène .thèse de doctorat. Université Henry Poincaré de Nancy .faculté de médecine.

Leclerc H et Mossel DAA. Microbiologie : le tube digestif, l'eau et les aliments. Doin, Paris 1989.

M

Markowiak P. et Śliżewska K. (2017). Effects of Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics On Human Health. *Nutrients*. 9(9), 1021-1051.

Marshall R.T., Goff H.D. et Hartel R.W. (2003). Ice Cream. Springer, New York.

Medjoub Y. (2017). Analyses physico-chimiques et microbiologiques de la crème glacée. Mémoire de fin de cycle en industrie laitière. Bejaia : Université Abderrahmane mira Bejaia, 42p.

Melgar-Lalanne G., Rivera-Espinoza Y. et Hernández-Sánchez H. (2012). *Lactobacillus plantarum*: An overview with emphasis in biochemical and healthy properties, In : *Lactobacillus* : classification, uses and health implications. (eds.). Nova publishing, USA, pp 1-33.

Michida H., Tamalampudi S., Pandiella S.S., Webb C., Fukuda H. et Kondo A. (2006). Effect of cereal extracts and cereal fiber on viability of *Lactobacillus plantarum* under gastrointestinal tract conditions. *Biochemical Engineering Journal*. 28,73-78.

Molin, G. (2001). Probiotics in foods not containing milk or milk constituents, with special reference to *Lactobacillus plantarum* 299v. *Am. J. Clin. Nutr.* 2001. 73, 380–385.

Mohammadi R., Mortazavian A.M., Khorsrokhavar R et Da cruz A.G. (2011). Probiotique ice cream : viability of probiotique bacteria and sensory properties. *Ann Microbiol.* 61, 411 – 424.

Moussa M.E.Salem, Fatma A. Fathi, R. A. Azad. Production of probiotic ice cream. *Polish journal of food sciences* 2005, vol, 14/55, No3 pp. 267-271.

M. Ndayo wouafo, T Nijine et R. taillez, hygiène et qualité microbiologique des crèmes glacées produites au cameroun un problème de santé publique, 1996, n 1733, 309-3072.

O

Ould El Hadj M.D., Sebihi A.H. et Siboukeur O. (2001). Qualité Hygiénique et Caractéristiques Physico-Chimiques du Vinaigre Traditionnel de Quelques Variétés de Dattes de la Cuvette d'Ouargla. Production et Valorisation – Biomasse. 87-92.

Ouwehand AC., Salminen S., Tolkkio S, Roberts P., Ovaska J. et Salminen E. (2002). Resected human colonic tissue: model for characterizing new adhesion of lactic acid bacteria. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology*. 9, 184–186.

P

Pascal. (1998). La crème glacée. Manuel de transformation du lait, 385-393.

Patton, S., 2004. Milk: Its Remarkable Contribution to Human Health and Well-Being. Transaction Publishers.

Paula Gaspar A, Carvalhol A, Susana Vinga C.D, Helena Santos A. et Neves R. (2013). From physiology to systems metabolic engineering for the production of biochemicals by lactic acid bacteria. *Journal of Biotechnology Advances*. 31, 64-88.

Pointurier H.(2003). La gestion matière dans l'industrie laitière, Tec et Doc. Lavoisier, France, 64, 388p.

Permlal Ranjith H.M., 2002. Water continuous emulsions, in: Rajah K.K. (eds.), Fats in Food Technology. CRC Press, pp. 29-160

Parada, J. L., Caron, C. R., Medeiros, A. B. P. et Soccol, C. R. "Bacteriocins from lactic acid bacteria: Purification, properties and uses as Biopreservatives. *Brazilian Archives of Biology and Technology an International Journal*" 2007.50 (3): 521- 542.

Q

Quigley E.M.M. (2018). Prebiotics and Probiotics in Digestive Health. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*. 17, 333-344.

R

Rafiq, S., Sharma, V., Nazir, A., Rashid, R., et Sofi, S. A. (2016). Development of probiotic carrot juice. *Nutr Food Sci*, 6(534), 2.

RAHLI, F. (2015). Valorisation du lait de chamelle par l'exploitation des potentialités technologiques des bactéries lactiques isolées localement .Thèse de doctorat. Oran: faculté des sciences de la Nature et de la Vie

Raman, M., Ambalam, P., Doble, M. (2016). *Probiotics and Bioactive Carbohydrates in Colon Cancer Management*. Springer. Ringø, E., & Gatesoupe, F. J. (1998). Lactic acid bacteria in fish: a review. *Aquaculture*, 160(3-4), 177-203.

Roberfroid, M.B. (2002). Functional foods: concepts and application to inulin and oligofructose. *British J Nutri* 87: 139-143.

S

Saarela M., Mogensen G., Fondén R., Matto J. et Mattila-Sandholm, T. (2000). Probiotic bacteria: safety, functional and technological properties. *Journal of Biotechnology*. 84(3), 197- 215.

Saiz Vieco N (2019) Potentiel probiotique et activités anti_clostridium perfringens établies in vitro et in vivo pour des souches du genre *lctobacillus* nouvellement isolées du caecum de poulets. Thèse de doctorat, Université de Lille école doctorale. sciences de la matière, du rayonnement et de l'Environnement, France, 213p

Santarmaki V., Kourkoutas Y., Zoumpopoulou G., Mavrogonatou E., Kiourtzidis M, Chorianopoulos N., Tassou C., Tsakalidou E., Simopoulos C. et Ypsilanti P. (2017).

Stengel. G results of bacteriological investigations of ice cream. *Milchwissenschaft*: 1987; 42: 631-634.

Survival, Intestinal Mucosa Adhesion, et Immunomodulatory Potential of *Lactobacillus plantarum* Strains. *Current Microbiology*. 74(9), 1061–1067

Serra S., De Simeis D., Castagna A. et Valentino M. (2020). The fatty-acid hydratase activity of the most common probiotic microorganisms. *Catalysts*. 10(2), 154-172.

Streit F., Delettre J., Corrieu G. et Beal C. (2008). Acid adaptation of *Lactobacillus delbreuckii* subsp. *bulgaricus* induces physiological responses at membrane and cytosolic levels that improves cryotolerance. *J Appl Microbiol*. 105, 1071 – 1080.

T

Taale E., Savadogo A., Sina H., Zongo C., Karou S.D., Baba-Moussa L. et Traore A.S. (2016). Searching For fermented Food in Burkina Faso By Molecular Methods. *International Journal of Applied Pharmaceutical Technology*. 244, 129-137.

Tafat M.; Temouch L. (2016). Suivi de la chaine de fabrication d'une crème glacée produite au niveau de l'unité GINI glace et évaluation de sa qualité microbiologique. Mémoire de fin de cycle en Transformation et conservation des produits agricoles. Tizi-Ouzou : Université de Mouloud Mammeri Tizi-Ouzo, 41p.

Tahlaiti, H. (2019). Etude des propriétés technologiques et inhibitrices de bactéries lactiques isolées à partir de blé fermenté. Thèse de doctorat, Université Abdelhamid ibn badis Mostaganem. faculté des sciences de la nature et de la vie, Mostaganem, 205p.

Tailliez P. (2004). Les lactobacilles : propriétés, habitats, rôle physiologique et intérêt en santé humaine. *Antibiotiques*. 6(1), 35–41.

Temmerman R., Pot B., Huys G. et Swings J. (2003). Identification and antibiotic susceptibility of bacterial isolates from probiotic products. *Int. J. Food Microbiol*. 81, 1-10.

Teusink B et Molenaar D. (2017). Systemsbiology of lacticacid bacteria: For food and thought. Journal of Current Opinion in Systems Biology. 6 7–13.

Thantsha M.S., Mamvura C. I. et Booyens J. (2012). Probiotics–what they are their benefits and challenges. New Advances in the Basic and Clinical Gastroenterology, Prof. Tomasz Brzozowski. 1, 21-50.

THURIAUX P. (2004).Les organismes modelles les levures. Edition belin.

Tirart – collet F .P. ,1996 « Technologie des desserts congelés ». Institut de technique Agro alimentaire de Saint –HYACINTHE 78 pages.

Todorov S.M. et Franco B.D.G.M. (2010). *Lactobacillus Plantarum* : Characterization of the Species and Application in Food Production. Food Reviews International. 26, 205-229.

Tripathi M K, Giri S K. 2014. Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. Journal of functional foods. 9: 225-241.

Tukenmez U., Aktas B., Aslim B. et Yavuz S. (2019). The relationship between the structural characteristics of lactobacilli-EPS and its ability to induce apoptosis in colon cancer cells in vitro. 2019. Scientific reports. 9(1), 1-14.

V

VIGNOLA C. (2002). Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada. pp. 3-75.

Viridiana C.R., Lidia D.A., Audry P.L. et Humberto H.S. (2018). Lactic Acid Bacteria Isolated From Vegetable Fermentations: Probiotic Characteristics. Reference Module in Food Science. 203 (2), 975-988.

W

Wang Y., Li C , Liu P., Ahmed Z., Xiao P. et Bai X . (2010). Physical characterization of exopolysaccharide produced by *Lactobacillus plantarum* KF5 isolated from Tibet Kefir. Journal of Applied Microbiology. 82, 895-903OK39 Botes M., van Reenen CA. and Dicks L.M.T. (2008). Evaluation of *Enterococcus mundtii* ST4SA and *Lactobacillus plantarum* 423 as probiotics by using a gastro-intestinal model with infant milk formulations as substrate. International Journal of Food Microbiology.128, 362-370.

Wassenaar T.M., Lukjancenko O., et Chichester W. (2014). Comparative genomics of *Lactobacillus* and other LAB, In: Holzapfel WH, Wood JB. (eds.). Lactic acid bacteria: biodiversity and taxonomy. Current Microbiology, vol 4 (3), Microbial Biotechnology, 323-332.

Wedajo B. (2015). Lactic Acid Bacteria: Benefits, Selection Criteria and Probiotic Potential in Fermented Food. Journal of Probiotics and Health. 3, 128.

Woo, J.Y., Gu W., Kim K.A., Jang S.E., Han M.J. et Kim D.H. (2014). *Lactobacillus pentosus* var. *plantarum* C29 ameliorates memory impairment and inflammaging in a D-galactose-induced accelerated aging mouse model. Anaerobe. 27, 22-26.

Z

Zago M., Fornasari M.E., Carminati D., Burns P., Suárez V., Vinderola G., Reinheimer J. et Giraffa G.(2011).Characterization and probiotic potential of *Lactobacillus plantarum* strains isolated from cheeses. Food Microbiology. 28 (5), 1033-1040.

Zendeboodi F., Khorshidian N., Mortazavian A. et Da Cruz A.G. (2020). Probiotic: conceptualization from a new approach. Current Opinion in Food Science. 32, 103-123.

Zeng Z., Yuan Q., Yu R., Zhang J., Ma H. et Chen S. (2019). Ameliorative effects of probiotic *Lactobacillus paracasei* NL41 on insulin sensitivity, oxidative stress, and beta-cell function in a type 2 diabetes mellitus rat model. *Molecular nutrition & food research*. 63(22), 1-9.

Zhou J.S., Pillidge C.G., GopalP.K. et Gill H.S. (2005). Antibiotic susceptibility profiles of new probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains. *International Journal of Food Microbiology*. 98, 211-217.

Zhu ., Hart C A., Sales D. et Roberts N B.(2006). Bacterial killing in gastric juice – effect of pH and pepsin on *Escherichia coli* and *Helicobacter pylori*. *Journal of Medical Microbiology*. 55, 1265-1270.

Annexe I

Tableau I : microorganismes considérés comme probiotiques

Lactobacilles	Bifidobactéries	Autres bactéries lactique
<i>Lb. Acidophilus</i>	<i>B. adolescentis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
<i>Lb. Brevis</i>	<i>B. animalis DN 173010</i>	<i>Enterococcus faecium SF^a 568</i>
<i>Lb. Amylovorus</i>	<i>B. bifidum</i>	<i>Lactococcus lactis</i>
<i>Lb. Bulgaricus</i>	<i>B. breve</i>	<i>Leuconoctoc mesenteroides^c</i>
<i>Lb. Casei DN 114001</i>	<i>B. infantis</i>	<i>Pediococcus acidilactici</i>
<i>Lb. Caseishirota</i>	<i>B. lactis Bb12^b</i>	<i>Propionibacterium freudenreichii</i>
<i>Lb. Crispatus</i>	<i>B. longum</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>
<i>Lb. gallinarum^a</i>	<i>B. thrmophilus</i>	
<i>Lb. Gasseri</i>		
<i>Lb. Johnsoni La1</i>		
<i>Lb. Lactis</i>		
<i>Lb. Paracasei</i>		
<i>Lb. Plantarum 299v</i>		
<i>Lb. Reutri</i>		
<i>Lb. Rhamanosus GG</i>		
<i>Lb. Cellubiosus</i>		
<i>Lb. Fermantum</i>		
<i>Lb. Salivarius</i>		

Annexe II

Questionnaire d'analyse sensorielle d'une crème glacée probiotique

Nom :Prénom : Age :

Date : Heure :

Des échantillons de la crème glacée témoin et probiotique vous ont présentés.

Lisez attentivement les instructions. Effectuez les évaluations dans l'ordre demandé, prenez votre temps pour apprécier les attributs. Prenez a chaque fois une cuillère, soyez sur d'avoir pris une quantité suffisante et consistante de glace. Rincez la bouche à l'eau avant d'évaluer chaque échantillon.

Il vous est demandé d'évaluer les différentes caractéristiques et attribuer une appréciation selon les échantillons donnés.

1. Texture

Examinez m'échantillon, la texture et son uniformité :

1 : mole

2 : assez dure

3 : dure

4 : surface non uniforme

5 : rugueuse, présence de cristaux de glace ou autre.

Crème glacé probiotique	Témoin

2. Couleur

1. n'est pas appréciée
2. peu appréciée
3. moyennement appréciée
4. bien apprécié
5. très bien apprécié

Crème glacée probiotique	Témoin

3. odeur :

1. absente
2. faible
3. moyenne
4. forte
5. très forte

Crème glacée probiotique	Témoin

4. Gout :

- gout sucré

1. absente
2. faible
3. moyen
4. fort
5. très fort

Crème glacée probiotique	Témoin
--------------------------	--------

--	--

-Arome identifiée

1. absence
2. arôme vanille

Crème glacée probiotique	Témoin

-Arrière gout

1. absent
2. faible
3. moyen
4. fort
5. très fort

Crème glacée probiotique	Témoin

5. Sensation en bouche :

Goutez et étalez la crème sur toute la surface de la langue.

-texture

1. très lisse
2. lisse
3. moyenne
4. granuleuse
5. très granuleuse

Crème glacée probiotique	Témoin

-consistance

1. trop molle
2. molle
3. moyenne
4. gélifiante
5. très gélifiante

Crème glacée probiotique	Témoin

6. Attribuez une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence, sachant que 1 correspond le moins préféré et 9 au plus préféré comme présent dans l'échelle ci-dessous :

1 : extrêmement désagréable, 2 : très désagréable, 3 : désagréable, 4 : assez désagréable

5 : ni agréable ni désagréable, 6 : désagréable, 7 : agréable, 8 : très agréable

9 : extrêmement agréable

Crème glacé probiotique	Témoin

7. Quelles sont les caractéristiques qui ont motivé votre préférence :

1. la couleur

2. le gout

3. la texture

4. la consistance

5. l'odeur

Annexe III

Tableau II: Composition de VRBG

composition	quantité (g/l)
- peptone.	7
- extrait de levure.	3
- lactose	10
- chlorure de sodium	5
- chlorure de sodium	1,5
- cristal violet	0,002
- rouge de sodium	0,039
- agar-agar	15
- eau distillée	1000ml

pH=7+/-0,2 -L'incubation 24 heures 30 pour la recherche et le dénombrement des coliformes totaux et 24 heures à 44 pour la recherche et le dénombrement des coliformes fécaux.

Tableau III: Composition du la gélose PCA

composition	quantité (g/l)
-tryptone	5,0
- extrait de levure	2,5
-glucose	1,0
-agar	15,0

-pH=7,0.

L'incubation:

- A 30 °C pendant 72 heures pour les microorganismes mésophiles.
- A 55 °C pendant 72 heures pour les microorganismes thermophiles.
- A 6,5°C pendant 10 jours pour les microorganismes psychrophiles

Tableau V: Composition du bouillon MRS

composition	quantité (g/l)
-peptone	10g
- extrait de viande	10g
- extrait de levure	5g
- glucose	20g
- tween 80	1ml
- phosphate bi potassium	2g
- acétate de sodium	5g
- citrate d'ammonium	2g
- sulfate de magnésium	0,2g
- sulfate de manganèse	1 L

Tableau VI : composition du milieu chapman

composition	quantité (g/l)
- D. Mannitol	10
- Sodium chloride	75
- Digestion peptique de tissus animaux	5
- Digestion pancréatique de casein	5
- l'extrait de viande	1
- Phenol rouge	0,025
- Agar	15
- Ph	7,4 plus ou moins 0,2

Résumé

Notre travail avait pour but l'essai de la mise au point d'un produit fonctionnel, une crème glacée probiotique.

02 types de crèmes glacées ont été utilisés pour élaborer les échantillons témoins et ceux incorporés de souches probiotiques de *L. plantarum*, une produite au niveau du laboratoire de l'université de Bejaia et une achetée d'un producteur local.

Ces crèmes glacées ont été évaluées pour leurs propriétés microbiologiques, physicochimiques et sensorielles.

Les résultats d'analyses microbiologiques pour l'ensemble des échantillons ont révélé une présence variable en FTAM, coliformes, staphylocoques et levures et moisissures dans des valeurs ne dépassant pas celle rapportées par les normes indiquant qu'elles sont d'une bonne qualité hygiénique, le suivi de la viabilité de la souche probiotique dans les conditions de stockage à -20°C montre que la crème glacée est un excellent vecteur pour la souche probiotique, cependant le taux de viabilité était plus élevé dans la crème industrielle atteignant 100 par rapport à la glace du labo qui enregistrait une certaine diminution qui est certainement due à sa composition. Les résultats des analyses physicochimiques étaient plus satisfaisants pour la crème industrielle par rapport à celle produite au laboratoire qui a enregistré certaines valeurs typiques comme l'acidité qui avoisinait 7.2g/kg d'acide lactiques.

L'analyse sensorielle effectuée sur un collectif de 100% dégustateurs a dévoilé que la crème glacée était d'une qualité assez satisfaisante et qu'aucune différence significative n'est enregistrée entre les différents échantillons de crème glacée produite au laboratoire ou celle industrielle qu'elle soit incorporée ou non du probiotique.

Mots clés : Crème glacée probiotique, Produit fonctionnel, Qualité hygiénique, *L. plantarum*

Abstract

Our work had for goal the test of the development of a functional product, a probiotic ice cream.

Two types of ice creams were used to elaborate the control samples and those incorporating probiotic strains of *L. plantarum*, one produced at the level of the laboratory of the University of Bejaia and one bought from a local producer.

These ice creams were evaluated for their microbiological, physicochemical and sensory properties.

The results of microbiological analysis for all samples have revealed a variable presence in FMAT, coliforms, staphylococci and yeasts and molds in values not exceeding that reported by the standards indicating that they are of good hygienic quality, The monitoring of the viability of the probiotic strain under the conditions of storage at -20°C shows that the ice cream is an excellent vector for the probiotic strain, however the viability rate was higher in the industrial cream reaching 100% compared to the ice cream of the laboratory which recorded a certain decrease which is certainly due to its composition. The results of the physicochemical analysis were more satisfactory for the industrial cream compared to the one produced in the laboratory which registered some typical values such as the acidity which was around 7.2g/kg of lactic acid.

The sensory analysis carried out on a group of 100 tasters revealed that the ice cream was of a fairly satisfactory quality and that no significant difference was recorded between the different samples of ice cream produced in the laboratory or the industrial one, whether or not probiotic was incorporated.

Key words: Probiotic ice cream, Functional product, Hygienic quality, *L. plantarum*