

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**

FACULTE DES SCIENCES

**DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE
ET MICROBIOLOGIE**

N° :



**DOMAINE : SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE**

FILIERE : SCIENCES ALIMENTAIRES

**OPTION : NUTRITION ET SCIENCE
DES ALIMENTS**

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

Par **IRNATENE Nabila**
GHERBI Fatima-Ezzahra
KEBAILI Nadia

Intitulé

**Effet de la stévia en tant que substitut du sucre sur les
propriétés physico-chimiques et microbiologies des
yaourts fermes et aux fruits**

Soutenu devant le jury composé de :

Pr. AOUN Omar	Université de M'sila	Président
Dr. BELBAHI Amine	Université de M'sila	Rapporteur
Dr. HAMMOUI Yasmina.	Université de M'sila	Examinatrice

Année universitaire : 2022 /2023

Remerciements

Nous remercions en premier lieu Dieu le tout puissant qui nous avait illuminé et ouvert les portes du savoir et qui nous avait donné le courage et la volonté pour bien mener ce travail.

Nous adressons les remerciements de laboratoire central de la qualité et de recherche et développement de la laiterie HODNA (M'SILA) .

*Nous tenons à exprimer nos gratitude et nos plus vifs remerciements à notre encadreur **Mr BELBAHI Amine**, pour avoir bien voulu nous prendre en charge, pour ses conseils, ses orientations, son suivi et ses efforts déployés*
*Nous tenons à adresser nos sincères remerciements au jury **PR. AOUN Omar***
*et **DR. HAMMOUI Yassmina***

qui nous a fait l'honneur d'accepter, de lire et de juger notre mémoire.

Nous adressons le remerciement à tous nos collègues de classe 2ème année
Master NSA .

Enfin , nous remercions tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

À l'âme pure de mon père.

*A ma très chère mère, Pour toutes les peines et les sacrifices qu'elle s'est
donnés pour me voir réussir dans la vie.*

*À ma chère famille, en particulier ma femme HIMEUR. S, et mes enfants :
Mohamed alla eddine, Iyad, Sarra et isra.*

A Tous mes frères et toutes mes sœurs

*A Tous mes collègues les ingénieurs de da la laiterie HODNA, en particulier
SALIMA KHARMOUCHE, Tous mes collègues d'étude soit au niveau de
l'université de M'sila.*

A Tous mes amis sans exceptions

Et à tous ceux qui me sont chères, Je dédie ce travail...

Nadia

Dédicace

*Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU
De m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

Je tiens à dédier cet humble travail à :

A ma tendre mère lahna et mon très cher père Ahcene

A mes sœurs et frères

A mes enfants : Hakim, Roza ,Kenza et Lilia

A mon époux Hacene

A Tous ceux qui m'aiment et que j'aime

Nabila

Dédicace

je dédie ce modeste travail à :

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi
mon père.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore.

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, tous mes frères
(**achraf, abdou**) et mes sœurs (**ASSIA , IMANE, AZIZA**),
et ma cher amie **AMEL** et **RAYALE**

A tous les familles (**GHERBI et TABI**)

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnaient durant mon d'études supérieures, mes aimables amis, collègues d'étude,
et frères de cœur,

FATIMA

RÉSUMÉ

La stévia ou *Stevia rebaudiana* renferme des édulcorants naturels apportant un goût sucré qui dure plus longtemps en bouche par rapport à celui du saccharose. Des études toxicologiques ont révélé ces composés n'ont aucun effet mutagène, tératogène ou cancérigène et aucune réaction allergique observée après leur consommation comme édulcorant. Avec ces fonctions remarquables, la stévia est le meilleur candidat pour remplacer le saccharose dans les aliments en fournissant une saveur sucrée unique. La présente étude a démontré que la substitution du saccharose par la stévia en poudre à différentes proportions (0,1, 0,3 et 0,9 g/l) n'affecte pas le procédé de maturation des yaourts. La dégustation des différents produits par 10 personnes travaillant dans la laiterie était en faveur de la concentration 0,3g/l. Le développement des bactéries lactiques *L. bulgaricus* et *S. thermophilus* dans des échantillons contenant de la stévia étaient similaires au témoin (yaourt avec saccharose), avec une légère différence qui n'est pas statistiquement significative. La contamination des échantillons par des *Entérobactéries* et *S. aureus* n'a pas affecté le procédé de maturation des yaourts témoins : une légère différence d'environ 0,3 et 0,9 log pour *L. bulgaricus* et *S. thermophilus*, respectivement. Le pouvoir acidifiant a été rapidement efficace et a empêché le développement de ces contaminants. Ce constat a été rapporté également pour les échantillons avec la stévia. Ce travail mérite d'être approfondi accompagné par d'une étude sensorielle de pointe.

Mots clés : Stevia ; Yaourt ; Maturation ; Cinétique de croissance ; Contamination.

ABSTRACT

Stevia rebaudiana contains natural sweeteners that provide a longer-lasting sweet taste in the mouth compared to sucrose. Toxicological studies have revealed that these compounds have no mutagenic, teratogenic, or carcinogenic effects, and no allergic reactions have been observed after their consumption as sweeteners. With these remarkable properties, stevia is the best candidate to replace sucrose in food by providing a unique sweet flavor. This study demonstrated that substituting sucrose with powdered stevia at different proportions (0.1, 0.3, and 0.9 g/l) does not affect the yogurt maturation process. The taste test conducted by 10 individuals working in the dairy industry favored the concentration of 0.3 g/l. The growth of lactic acid bacteria *L. bulgaricus* and *S. thermophilus* in samples containing stevia was similar to the control (yogurt with sucrose), with a slight difference that was not statistically significant. The contamination of samples by Enterobacteria and *S. aureus* did not affect the yogurt maturation process, with a slight difference of approximately 0.3 and 0.9 log for *L. bulgaricus* and *S. thermophilus*, respectively. The acidifying power was rapidly effective and prevented the growth of these contaminants. This observation was also reported for samples with stevia. This work deserves further investigation, accompanied by advanced sensory studies.

Keywords: Stevia; Yogurt; Ripening; Growth kinetics; Contamination.

ملخص

الستيفيا، المعروفة أيضًا باسم ستيفياربيوديانا، تحتوي على محليات طبيعية تمنح طعمًا حلواً يدوم لفترة أطول في الفم مقارنةً بالسكر العادي. أظهرت الدراسات التأثيرية أن هذه المركبات ليست لها أي تأثيرات متحورة أو مشوهة للأجنة أو مسببة للسرطان، ولم يتم رصد أي ردود فعل تحسسية بعد استهلاكها كمحلي. بفضل هذه الخصائص المميزة، تُعد الستيفيا الخيار الأمثل لاستبدال السكر في الأطعمة وتوفير طعم حلو فريد. أظهرت هذه الدراسة أن استبدال السكر بمسحوق الستيفيا بنسب مختلفة (0.1، 0.3 و 0.9 جم/لتر) لا يؤثر على عملية نضجاليغورت. أفضلية تذوق العينات المختلفة من قبل 10 أشخاص يعملون في مجال الألبان كانت لتركيز 0.3 جم/لتر. تطور بكتيريا حمض اللاكتيك *L. hermophilus bulgaricus* في العينات التي تحتوي على الستيفيا كان مشابهًا للعينات الضابطة (اليغورت بالسكر)، مع اختلاف طفيف غير ذي دلالة إحصائية. لم تؤثر تلوث العينات بالإنتروباكتيريا و *S. aureus* على عملية نضجاليغورت، مع اختلاف طفيف يقدر بنحو 0.3 و 0.9 log لـ *L. bulgaricus* و *S. thermophilus* على التوالي. القوة الحمضية كانت فعالة بشكل سريع ومنعت تكاثر هذه الملوثات. تم الإشارة إلى هذا الاكتشاف أيضًا في العينات التي تحتوي على الستيفيا. هذا العمل يستحق دراسة متعمقة ترافقه دراسة ذوقية.

الكلمات المفتاحية: الستيفيا، ياغورت، نضج، حركية النمو، التلوث الميكروبي

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	I
ABSTRACT	II
ملخص.....	III
SOMMAIRE	IV
Liste des abréviations	VII
Liste des figures	VIII
Liste des tableaux	IX
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I. ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE	2
1. Lait	2
1.1. Dénomination	2
1.2. Propriétés physico-chimiques.....	2
1.3. Propriétés microbiologiques	3
1.3.1. Flore originelle	3
1.3.2. Flore de contamination.....	3
1.4. Propriétés organoleptiques	4
1.5. Qualité nutritionnelle	5
2. Yaourt	5
2.1. Généralités	5
2.2. Types du yaourt	6
2.3. Fabrication du yaourt.....	7
2.4. Critères de qualité du yaourt.....	9
2.4.1. Caractéristiques physico-chimiques.....	9
2.4.2. Caractéristiques microbiologiques	10
2.4.3. Critères nutritionnels	12
2.4.4. Critères organoleptiques.....	12
2.5. Qualité du yaourt au cours de la conservation.....	13
2.5.1. Post-acidification.....	13
2.5.2. Viscosité	13
2.5.3. Effet des protéines	13

3. Édulcorants	14
3.1. Généralités	14
3.2. Types d'édulcorants.....	14
3.2.1. Édulcorants synthétiques.....	14
3.2.2. Édulcorants naturels	15
4. Stevia	16
4.1. C'est quoi le stevia	16
4.2. <i>Stevia rebaudiana</i>	16
4.2.1. Constituants chimiques	17
4.2.2. Profil nutritionnel	18
4.3. Production agricole et cultivation.....	18
4.4. Utilisation dans l'alimentaire.....	19
5. Glycosides stéviol	20
5.1. Structure chimique.....	20
5.2. Pouvoir sucrant des glycosides stéviol	20
5.3. Extraction des glycosides de stéviol.....	21
5.4. Métabolisation de la Stevia.....	22
5.5. Effets sur la santé humaine	22
5.6. Législation	23
CHAPITRE II. MATÉRIEL ET MÉTHODES	24
1. Lieux de stage	24
2. Substance d'étude	24
3. Incorporation de la stevia dans le yaourt	24
3.1. Cibler les dosages de stévia dans les yaourts	24
3.2. Préparation des yaourts.....	25
4. Analyses microbiologiques	27
4.1. Dénombrement de la flore lactique thermophile	27
4.1.1. <i>Streptococcus thermophilus</i>	27
4.1.2. <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	27
4.2. Analyses microbiologiques des produits finis	27

4.3.	Recherche et dénombrement des <i>Entérobactéries</i>	27
4.4.	Recherche et dénombrement des Levures et Moisissures	28
4.5.	Recherche des <i>Staphylococcus aureus</i>	28
5.	Analyses physico- chimique	28
5.1.	Détermination du pH	28
5.2.	Détermination de l'acidité titrable	29
5.3.	Extrait sec total (EST)	29
5.4.	Détermination de la teneur en matières grasses.....	29
	CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSIONS	30
1.	Contrôle de qualité de la matière première	30
2.	Effet de l'incorporation de la Stevia sur qualité des yaourts	31
2.1.	Effet sur la cinétique de croissance de la flore lactique thermophile	31
2.2.	Effet sur l'évolution du pH et de l'acidité titrable.....	32
3.	Effet de l'incorporation de la Stevia sur qualité des yaourts en présence d'une contamination	32
3.1.	Contamination par des <i>Entérobactéries</i>	32
3.2.	Contamination par <i>S. aureus</i>	34
4.	Contrôle de qualité du produit fini	35
	CONCLUSION	38
	RÉFÉRENCES	44

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Flore microbienne du lait de vache (Vignla, 2002).....	3
Tableau 2. Critères microbiologiques du yaourt (JORA, 1998).	11
Tableau 3. Pouvoir sucrant des glycosides de stéviol (Rengassemy, 2018).	21
Tableau 4. Description des trois yaourts préparés.....	25
Tableau 5. Résultats de l'analyse microbiologique des produits après inoculation du ferment lactique.	30
Tableau 6. Résultats de l'analyse physico-chimique des produits après inoculation du ferment lactique.	30
Tableau 7. Résultats de l'analyse microbiologique des yaourts (produit fini) sans contamination.	35

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Processus de la fabrication d'un yaourt ferme et un yaourt brassé (Weerathilake et al. 2014).....	9
Figure 2. Observation microscopique électronique à balayage (x 5000) des ferments lactiques en association dans un yaourt (Guichard et al., 2012)	11
Figure 3. Plante (A) et Feuilles de stevia (B) (Hassan et Rabat, 2009).	17
Figure 4. Zones de production mondiales de stévia(Bihan, 2021).....	19
Figure 5. Structure chimique du steviol (Jaitak et al. 2008).	20
Figure 6. Diagramme de préparation des différents échantillons de yaourts	26
Figure 7. Effet de différentes concentrations de la Stevia sur la cinétique de croissance de la flore lactique thermophile au cours de la maturation. E01, E02, E03 et E04 représentent des proportions de stevia de 0,1, 0,3 et 0,9 %, respectivement.	31
Figure 8. Effet de différentes concentrations de la Stevia sur l'évolution du pH et de l'acidité titrable E01, E02, E03 et E04 représentent des proportions de stevia de 0,1, 0,3 et 0,9 %, respectivement.....	32
Figure 9. Effet de différentes concentrations de la Stevia sur l'évolution du pH et de l'acidité titrable (A et B) ainsi que sur la cinétique de croissance de la flore lactique thermophile (C et D) en présence d'entérobactéries. E01, E02, E03 et E04 représentent des proportions de stevia de 0,1, 0,3 et 0,9 %, respectivement.....	33
Figure 10. Effet de différentes concentrations de la Stevia sur l'évolution du pH et de l'acidité titrable (A et B) ainsi que sur la cinétique de croissance de la flore lactique thermophile (C et D) en présence <i>S. aureus</i> . E01, E02, E03 et E04 représentent des proportions de stevia de 0,1, 0,3 et 0,9 %, respectivement.	34

INTRODUCTION

Le yaourt est considéré comme un produit laitier sain et riche en nutriments et, par conséquent, il a une demande croissante des consommateurs dans le monde entier. Il a été rapporté que le marché mondial du yaourt a atteint une valeur de près de 40,6 milliards de dollars américains en 2019 et devrait atteindre environ 51,2 milliards de dollars américains (Narayana et al,2022),est un aliment fonctionnel recherché par le public. La teneur élevée en saccharose du yogourt peut causer des problèmes de santé, en particulier chez les personnes atteintes de diabète sucré (Purwaningsih et al ,2021).

Le saccharose est le principal édulcorant utilisé dans la production de yaourt sucré en raison principalement de son goût sucré souhaitable, de sa disponibilité facile et de son faible coût (Narayana et al,2022). L'utilisation de la *Stevia rebaudiana Bertoni* comme substitut naturel du sucre dans l'industrie alimentaire a considérablement augmenté ces dernières années. Les feuilles de stévia sont environ 10 à 15 fois plus sucrées que le sucre. Son goût sucré est dû à la présence de substances de nature glycosidique dont la composition est dominée par le stévioloside et le rebaudioside A (environ 89,5 %) (azizet al ,2012). Il a été appliqué dans différents produits alimentaires en tant qu'édulcorant naturel c'est-à-dire incorporés dans des boissons gazeuses, chocolats confiserie (Siso,2022),et dans les produits laitiers sucrés(Narayana et al ,2022).La poudre Stevia fourni une couleur intense en tant qu'additif naturel aux produits laitiers tels que le yaourt, qui peuvent être une alternative aux additifs synthétiques car ils jouent un rôle important dans la qualité du produit et l'acceptation par les consommateurs, et fournit également de légères modifications de leurs caractéristiques physicochimiques et sensorielles.

Cette étude a été menée pour étudier les possibilités de produire un yaourt hypocalorique en utilisant certains édulcorants naturels comme la stévia qui remplacent le sucre ajouté dans la fabrication de ce produit et le degré d'acceptation par le consommateur. L'objectif principal consiste en la substitution du saccharose par différentes quantités d'extrait de stévia ; suivre les bactéries lactiques thermophiles ainsi que quelques paramètres au cours de la maturation ; voir l'impact d'une contamination sur la maturation des yaourts préparés à base de saccharose ou de poudre de stevia.

Chapitre I. ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Lait

1.1. Dénomination

Le lait a été défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes alimentaires à Genève comme étant « Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum » (Luquet, 1985). La dénomination « lait » est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenue par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ni soustraction n'ayant pas été soumis à un traitement thermique. Sans indication de l'espèce animale de provenance cette dénomination est réservée au lait de vache. Tout lait prévenant d'une femelle laitière, autre que la vache, doit être désigné par la dénomination « lait », suivie de l'indication de l'espèce animale dont il provient (JORA, 1993).

1.2. Propriétés physico-chimiques

Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique, la densité, le point de congélation, le point d'ébullition, acidité et pH.

- a. **Masse volumique et densité.** La densité du lait varie entre 1,028 et 1,034. Elle doit être supérieure ou égale à 1,028 à 20°C. La densité des laits de grand mélange des laiteries est de 1,032 à 20°C. Celle des laits écrémés est supérieure à 1,035. Un lait à la fois écrémé et mouillé peut avoir une densité normale (Labioui et al., 2008).
- b. **Point de congélation.** Il est légèrement inférieur à celui de l'eau, puisque la présence de solides solubles abaisse le point de congélation. Il peut varier de -0,530°C à -0,575°C avec une moyenne de -0,555°C. Un point de congélation supérieur à -0,530°C permet de soupçonner une addition d'eau au lait. (Vignola, 2002)
- c. **Point d'ébullition.** Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5°C.
- d. **pH.** Les valeurs de pH représentent l'état de fraîcheur du lait, le pH d'un lait frais se situe entre 6,6 et 6,8 (Amiot et al, 2002).
- e. **Acidité titrable du lait.** La mesure d'acidité titrable s'exprime couramment de deux façons soit en pourcentage (%) d'équivalents d'acide lactique, soit en degrés Dornic

(°D) ; 1°D représente 0,1 g/l d'acide lactique. L'acidité du lait doit être comprise entre 14 et 18 °D. Un lait frais a une acidité de 18° D(Vignola, 2002).

1.3. Propriétés microbiologiques

Le lait est un aliment dont la durée de vie est très limitée. En effet, son pH voisin de la neutralité, le rend très facilement altérable par les microorganismes et les enzymes, sa richesse et sa fragilité font du lait un milieu idéal aux nombreux microorganismes comme les moisissures, les levures et les bactéries qui se reproduisent rapidement (Gosta, 1995). On peut les classer en :

1.3.1. Flore originelle

Le lait contient peu de microorganismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain (moins de 10^3 germes/ml). La flore originelle des produits laitiers se définit comme l'ensemble des microorganismes retrouvés dans le lait à la sortie depuis, les germes dominants sont essentiellement des mésophiles (Vignola, 2002). Il s'agit de microcoques, mais aussi streptocoques lactiques et lactobacilles. Ces microorganismes, plus ou moins abondants, sont en relation étroite avec l'alimentation et n'ont aucun effet significatif sur la qualité du lait et sur sa production (Varnam et Sutherland, 2001) .

Tableau 1. Flore microbienne du lait de vache (Vignola, 2002).

Gram négatif	< 10
<i>Micrococcus sp</i>	30-90
<i>Lactobacillus sp</i>	10-30

1.3.2. Flore de contamination

Cette flore est l'ensemble des microorganismes contaminant le lait, de la récolte jusqu'à la consommation. Elle peut se composer d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels ou qui réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogène dangereuse du point de vue sanitaire (Vignola, 2002).

a. Flore d'altération

La flore d'altération causera des défauts sensoriels de goût, d'arôme, d'apparence ou de texture et réduira la vie du produit laitier. Parfois, certains microorganismes nuisibles peuvent aussi être pathogènes. Les principaux genres identifiés comme flore d'altération ; les coliformes, et certains levures et moisissures (Essalhi, 2002).

a. Flore pathogène

La contamination du lait et des produits laitiers par les germes pathogènes peut être d'origine endogène, et elle fait, alors, suite à une excrétion mammaire de l'animal malade ; elle peut aussi être d'origine exogène, il s'agit alors d'un contact direct avec des troupeaux infectés ou d'un apport de l'environnement (eaux) ou bien liées à l'Homme (Brisabois et al., 1997). Parmi ces germes on cite souvent des bactéries infectieuses qui doivent être vivantes dans l'aliment lors de sa consommation pour agir. Les principaux micro-organismes infectieux : *Salmonelles*, *Listeria*, *Staphylocoques*, Bactéries toxinogènes et les *Clostridium*s sulfito-réducteurs.

b. Coliformes

Lorsqu'ils sont en nombre très élevé, les coliformes peuvent provoquer des intoxications alimentaires. Le dénombrement des coliformes a longtemps été considéré comme un indice de contamination fécale. Comme les entérobactéries totales, ils constituent un bon indicateur de qualité hygiénique (Guiraud2003).

c. Levures

Bien que souvent présentes dans le lait, elles s'y manifestent rarement. Peu d'entre elles sont capables de fermenter le lactose. Le genre *Torulopsis*, productrices de gaz à partir du lactose, supportent des pressions osmotiques élevées et sont capable de faire gonfler des boîtes de lait concentré sucré (FAO, 2007). Les levures associées au lait sont les espèces suivantes: *Kluyvero-myceslactis*, *Saccharo-mycescervisiae* et *Candia kefir* (Bourgeois et al.,1988).

d. Moisissures

Les moisissures sont des champignons microscopiques. Ce sont des eucaryotes hétérotrophes ils sont obligés de prélever le carbone et l'azote nutritifs de la matière grasse, le sucre et les protéines. D'une façon générale, les aliments sont des substrats très favorables à leur développement, ces germes peuvent y causer des dégradations par défaut d'apparence, mauvais goût, ou plus gravement production de mycotoxines (Cahagnier, 1998).

1.4. Propriétés organoleptiques

La saveur normale d'un bon lait est douce, agréable et légèrement sucrée, ce qui est principalement due à la présence de matière grasse. Le goût et l'odeur du lait sont un indice important de sa qualité. La présence d'une mauvaise odeur dans le lait et un goût désagréable avec un rancissement reflètent un problème dans la manipulation et la conservation du lait

(Cauty, 2005). L'aspect, l'odeur, la saveur et la texture ne peuvent être précisés qu'en comparaison avec un lait frais (Vierling, 2003).

- a. **Couleur.** Le lait est d'une couleur blanche matte porcelaine due à la diffusion de la lumière à travers les micelles de colloïdes. Sa richesse en matières grasses lui confère une teinte un peu jaunâtre (selon sa teneur en β -carotène) (Martin, 2000).
- b. **Odeur et saveur.** Ces deux caractères sont difficiles à définir, leur appréciation varie généralement selon l'observateur. La saveur douce du lactose, la saveur salée du chlorure de sodium et la saveur particulière des lécithines s'équilibrent (Martin, 2000).
- c. **Viscosité.** Rheotest a montré que la viscosité du lait est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes émulsifiées et dissoutes. La teneur en graisse et en caséine possède l'influence la plus importante sur la viscosité du lait (Rheotest, 2010).

1.5. Qualité nutritionnelle

Le lait est une source excellente de protéines, mais apporte aussi de teneurs élevées en calcium. Il joue, un rôle très important dans l'alimentation Humaine, tant au point de vue calorique que nutritionnel. Un litre de lait correspond à une valeur d'environ 750 Kcal facilement utilisables. Comparativement aux autres aliments, il constitue un élément de haute valeur nutritionnelle. L'intérêt alimentaire du lait est que c'est une source de protéines d'excellent valeur biologique, de calcium, de matière grasse de vitamines (Vignola, 2002).

Le lait est également une excellente source de minéraux intervenant dans divers métabolismes humains notamment comme cofacteurs et régulateurs d'enzymes. Il assure aussi un apport non négligeable en vitamines connues comme Vitamines liposolubles (A, D et E) et Vitamines hydrosolubles (B1, B2 et B3). Il est néanmoins pauvre en fer et en cuivre et il est dépourvu de fibres. La qualité nutritionnelle élevée des protéines du lait repose sur leur forte digestibilité et leurs compositions particulièrement bien équilibrées en acides aminés indispensables. Pour les nouveau-nés, les protéines du lait constituent une source protéique adaptée aux besoins de croissance durant la période néonatal (Derby, 2001).

2. Yaourt

2.1. Généralités

Le mot yaourt (yoghourt ou yogurt) est dérivé du terme turque « Yogurtmak » qui signifie épaissir, coaguler ou cailler (Kaur et al., 2017). Selon le Codex Alimentarius de 1992, le yaourt est défini comme un produit laitier coagulé obtenu grâce à l'action de bactéries

lactiques vivantes ajoutées en quantités substantielles dans un lait pasteurisé (concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec), et dans des conditions de température et d'environnement contrôlées (Meydani et al., 2000).

Les bactéries utilisées sont représentées principalement par les deux souches thermophiles *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus-thermophilus*, toutefois, ces derniers peuvent être combinées avec d'autres espèces de bactéries-lactiques afin d'améliorer la qualité marchande de yaourt. La législation de nombreux pays exige que les bactéries du yaourt soient vivantes dans le produit mis en vente. Certains pays néanmoins admettent qu'à la suite d'un traitement thermique destiné à améliorer la durée de conservation, le produit ne contienne plus de bactéries vivantes. Cette pratique n'est toutefois pas recommandable, car elle modifie les propriétés du yaourt (Das et al., 2019).

Le yaourt fournit une excellente source de nutriments essentiels, et il est devenu l'un des choix les plus répandus pour couvrir des déficiences alimentaires et pour résoudre plusieurs problèmes digestifs et renforcer le système immunitaire (Bourlioux et al., 2011).

2.2. Types du yaourt

Les yaourts sont disponibles dans nos marchés sous différentes formes, textures, saveurs, goûts en relation directe avec leurs différentes compositions, afin de répondre aux besoins nutritionnels et gustatifs des consommateurs (Birolo et al., 2000). Ainsi les yaourts sont scindés en plusieurs catégories classées selon :

1. Selon les souches de culture, on a des yaourts :

- Standards : fabriqué uniquement par les deux souches principales de culture du yaourt *S. thermophilus* et *L. bulgaricus* (Savaiano et Hutkins, 2021).
- Bio/Probiotiques : outre que les deux souches de culture de départ, ce yaourt est supplémenté avec d'autres souches vivantes ou probiotiques capables d'exercer plusieurs effets bénéfiques au niveau de tube digestif. Les souches les plus répandus sont *Bifidobactérium* et *Lactobacillus acidophilus* (Nyanzi et al., 2021).

2. Selon la technologie de fabrication, on a des yaourts :

- Fermes ou étuvés : un yaourt dont la fermentation a lieu en pots, et ce sont généralement des yaourts naturels et aromatisés (Bourlioux et al., 2011).

- Brassés : un yaourt dont la fermentation a lieu en cuve avant le brassage et le conditionnement, c'est le cas des yaourts veloutés naturels ou aux fruits. La fabrication de ces deux types de yaourt peut être réalisée soit à partir de lait entier ou à partir du lait partiellement ou totalement écrémé (Jeant et al., 2007).
 - Liquides : un yaourt à boire est un lait fermenté brassé et commercialisé. Il a une faible viscosité et souvent sucré et/ou aromatisé à l'aide de jus ou de purées de fruits. Il est plutôt consommé comme une boisson rafraîchissante que comme un aliment (Béal et al., 2019).
3. Selon la teneur en matière grasse, on a des yaourts (Gosta, 1995) :
- Entier : 3% de matière grasse en poids.
 - Partiellement écrémé : moins de 3% et plus de 0.5% de matière grasse.
 - Écrémé : au maximum 0.5% de matière grasse.
4. Selon les ingrédients additionnés pour la saveur/goût : Généralement, l'ajout de la saveur au yaourt le rend plus précieux et plus souhaité par les consommateurs, ces saveurs peuvent être ajoutées avant ou après l'homogénéisation. Les yaourts sont soit : des yaourts sucrés, naturels, yaourts aux fruits, au miel, yaourts aromatisés par des arômes naturels ou de synthèse autorisée par la législation (Kaur et al., 2017).

2.3. Fabrication du yaourt

Le yaourt est un lait fermenté, préparé avec des laits écrémés ou stérilisés, éventuellement additionnés de poudre de lait (pour en améliorer la consistance) etensemencés avec les deux bactéries lactiques spécifiques (*S. salivariusthermophilus* et *L. delbrueckii bulgaricus*). Au terme de la fermentation (à 45°C pendant environ 2 h), le lait coagulé est devenu un yaourt contenant 100 millions de bactéries vivantes par gramme. C'est l'activité bactérienne qui confère au yaourt son arôme et son goût caractéristiques ainsi que ses qualités nutritionnelles spécifiques.

a. Préparation de lait. Il faut savoir que cette étape est facultative. En effet, on peut ajouter 20 à 30 g de poudre de lait par litre de lait pour accroître la consistance et obtenir des yaourts bien fermes. La poudre de lait écrémé est choisie, car elle est moins chère et tout aussi efficace que la poudre de lait entier. On veillera à conserver la poudre de lait dans un endroit frais, sec et protégé (Christine, 2010).

b. Pasteurisation. La température de pasteurisation en cuve avec agitateur varie entre 90°C à 95°C pendant quelques secondes. Plus le lait est « sale », plus la température et le temps de pasteurisation seront importants (Patrick et al., 2010).

c. Refroidissement. Après chauffage, le lait est refroidi à 45°C cette température est maintenue lors de la fermentation (Mechtoun, 2014).

d. Ensemencement. C'est l'inoculation dans le lait des deux germes spécifiques du yaourt, *S. thermophilus* et *L. bulgaricus* à des rapports 2/1 pour le yaourt nature et jusqu'à 10/1 pour les yaourts fruités (Luquet, 1990). La quantité de culture ajoutée au lait peut être influencée par l'activité des germes, le temps et la température d'incubation (Corvi, 1997). Ainsi, pour les températures d'incubation de (40 à 50°C), le taux d'ensemencement se situe entre 1 et 3%. En outre, la répartition des germes doit être bonne et régulière dans le lait et l'activité du levain doit atteindre en fin d'incubation 85 à 90°D (Guyot, 1992)

c. Conditionnement. Le conditionnement des yaourts s'effectue dans deux types d'emballages, en verre ou en plastique. Ainsi, afin que l'opération suivante d'étuvage puisse démarrer dans les meilleures conditions, il est nécessaire de maintenir la température du lait en pots à 45°C (Luquet, 1990).

d. Incubation (fermentation). Durant cette étape on assiste au développement de l'acidité du yaourt. Celle-ci est sous la dépendance de la température et la durée de fermentation des germes ensemencés. Ainsi, il est préférable d'appliquer une température proche de celle optimale de développement de *Streptococcus thermophilus* soit (42 à 45°C), plutôt que celle proche de l'optimum du *Lactobacillus bulgaricus* (47 à 50°C). En générale les Streptocoques assurent le départ de la fermentation lactique. Cette température voisine de (42 à 45°C), est considérée comme étant la températures ambiante optimum entre les Streptocoques *thermophilus* et *Lactobacilles bulgaricus* (Luquet, 1990).

e. Arrêt de fermentation. Il est nécessaire bloquer l'acidification des yaourts par l'application d'un refroidissement rapide à la température de 4 à 5°C; ce qui inhibe l'activité des bactéries lactiques (Keddar et Koubich 2009).

f. Conditionnement et stockage. Les yaourts sont conditionnés dans des pots en verre ou en plastique, puis stockés en chambre froide à 4°C. L'ajout éventuel des fruits intervient avant le conditionnement. La durée limite de leur consommation est de 28 jours (Luquet et Carrieu, 2005). Il est important de signaler que pendant le stockage, les bactéries lactiques maintiennent

une activité réduite. Cette évolution, appelée post-acidification, se traduit par une légère baisse du pH, surtout pendant les 2 premiers jours de stockage (Amellal-Chibane, 2008).

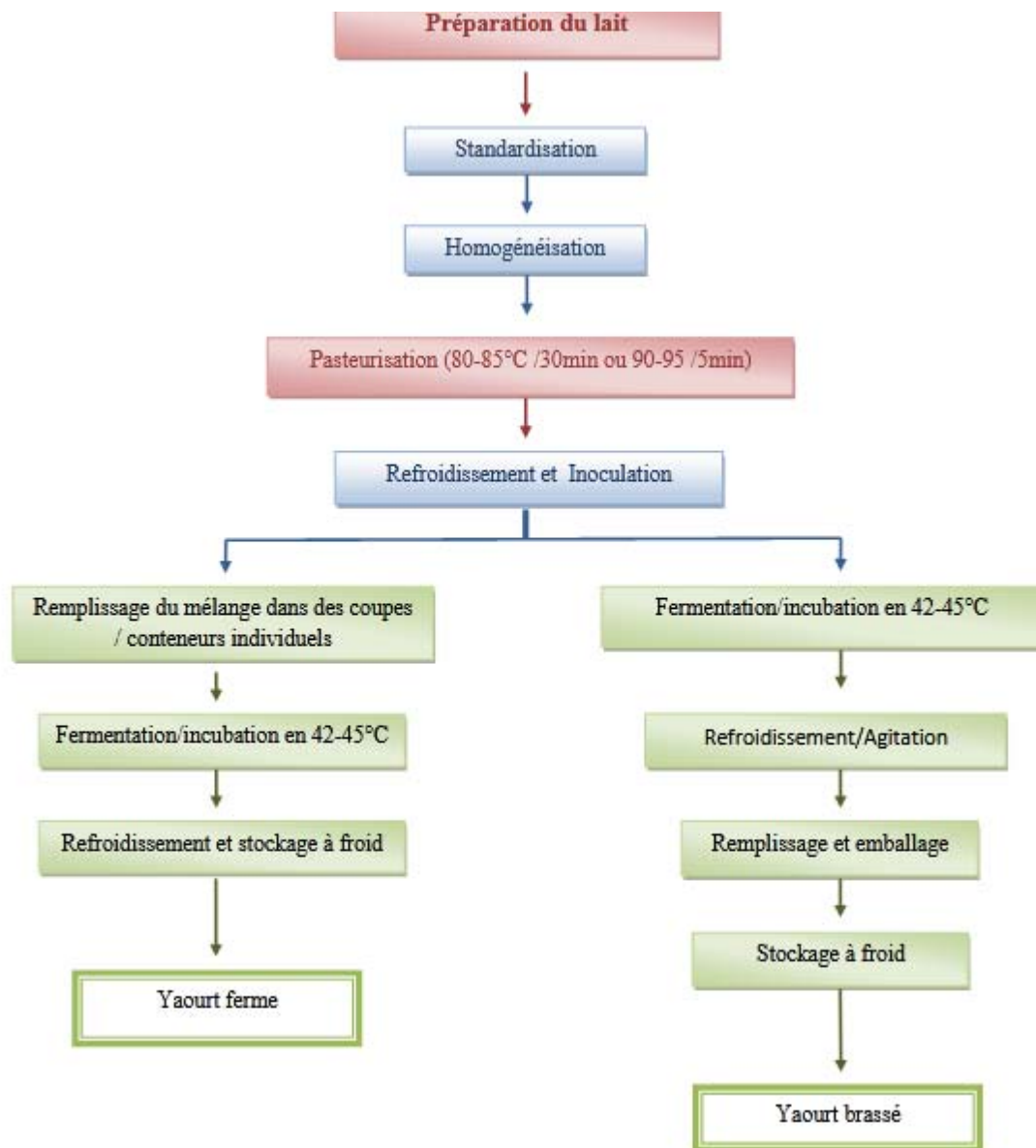


Figure 1. Processus de la fabrication d'un yaourt ferme et un yaourt brassé (Weerathilake et al. 2014)

2.4. Critères de qualité du yaourt

2.4.1. Caractéristiques physico-chimiques

a. pH et taux d'acide lactique

La Fédération Internationale du Lait (FIL), préconise une teneur de 0,7% d'acide lactique. Cette valeur est respectée dans certains pays avec une variabilité allant de 0,6 à 1,5%. Certaines normes imposent un pH inférieur à 4,5 ou 4,6 (Luquet et Carreau, 2005). La réglementation

Algérienne exige que, lors de la mise en consommation, la quantité d'acide lactique libre contenu dans le yaourt ne doit pas être inférieure à 0,8g pour 100g de produit. Selon l'article (02) de l'arrêté interministériel du 07 Octobre 1998, qui apprécie les spécifications techniques des yaourts (JORA, n° 86).

b. Taux de matière grasse (MG)

Il doit être au minimum inférieur à 3% (m/m) dans le cas des yaourts (nature, sucré ou aromatisé), compris entre 0,5 et 3% dans le cas des yaourts partiellement écrémés et 0,5% dans les yaourts écrémés (Ozer et al., 1998).

c. Extrait sec total (EST)

La matière sèche est la fraction massique des substances restantes après dessiccation complète de l'échantillon. Elle est exprimée en pourcentage ou en g/l (Nongonierma et al., 2006).

2.4.2. Caractéristiques microbiologiques

a. Bactéries caractéristiques du yaourt

Les deux bactéries utilisées dans la préparation de yaourt, ont pour rôle principale d'abaisse le pH du lait au point isoélectrique de la caséine (pH 4,6) de façon à former un gel. Outre le goût acidulé qu'elles donnent au gel, elles assurent une saveur caractéristique due à la production des composés aromatiques et à la production de polysaccharides (Sodini et Beal, 2012). Leur rôle peut être résumé comme suit :

- *S. thermophilus*. Son rôle principal est la fermentation du lactose du lait en acide lactique et en plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de sa texture dans les laits fermentés. Elle augmente la viscosité du lait par production de polysaccharides (Bergamairer, 2002).
- *L. bulgaricus*. Cette bactérie possède un mécanisme strictement fermentaire avec production exclusive d'acide lactique à partir des hexoses. Sa température optimale de croissance est approximativement 42°C. Elle a un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptique et hygiénique du yaourt (Marty-Teyssset et Garel, 2000).

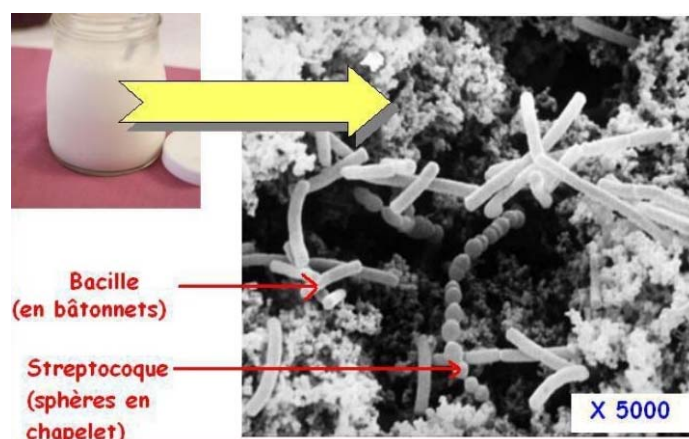


Figure 2. Observation microscopique électronique à balayage (x 5000) des ferments lactiques en association dans un yaourt (Guichard et al., 2012)

b. Critères

Suivant les normes internationales concernant le yaourt traditionnel, ce produit doit contenir un minimum de 10^7 UFC du ferment lactique par gramme présentés principalement par *L. de lbrueckii* et *S. Thermophilus* (Savaiano et Hutkins, 2021). Toutefois, d'autres espèces du genres *Lactobacillus* et *Bifidobacterium* peuvent être ajoutées pour avoir des propriétés probiotiques (Nyanzi et al., 2021).

Selon la norme nationale de 1998 ; n°35 parue au journal officiel, les yaourts ne doivent contenir aucun germe pathogène. Le traitement thermique appliqué sur le lait avant la fabrication du yaourt est suffisant pour détruire les microorganismes non sporulés pathogènes ou non. Leur présence dans le yaourt ne peut être que de manière accidentelle, le pH acide du yaourt le rend hostile aux germes indésirables.

Tableau 2. Critères microbiologiques du yaourt (JORA, 1998).

Yaourt	N	C	M
<i>Coliformes totaux</i>	5	2	10
<i>Coliformes fécaux</i>	5	2	1
<i>S. aureus</i>	5	2	10
<i>Levures</i>	5	2	$< 10^2$
<i>Moisissures</i>	5	0	Absence
<i>Salmonella</i>	5	0	Absence

N : Nombre d'unités composant l'échantillon. C : Nombre d'unités de l'échantillon donnant des valeurs situées entre m et M. m:le seuil au-dessous duquel le produit est considéré comme étant de qualité satisfaisante. M:seuil limite d'acceptabilité au-delà duquel les résultats ne sont plus considérés comme satisfaisants, sans pour autant que le produit soit considéré comme toxique. M = 10m : lors du dénombrement effectué en milieu solide. M : 30m : lors du dénombrement effectué en milieu liquides

2.4.3. Critères nutritionnels

A la base, le profil nutritionnel du yaourt a une composition similaire à celle du lait dont il est fabriqué. Cependant, le processus de la fermentation ainsi que certains ingrédients qui peuvent être ajoutés (fruits, céréales.), augmentent la biodisponibilité des nutriments dans le yaourt et le rend plus riche et plus bénéfique que le lait (Fazilah et al., 2018). Plusieurs études ont montré que la consommation du yaourt est associée à un meilleur profil nutritionnel, (Panahi et al. 2018).

Le yaourt est principalement riche en protéines de haute qualité provenant du lait, 80% d'entre eux sont des caséines et 20% sont des protéines de lactosérum (Fernandez et al.,2017).La teneur du yaourt en lipides est plus faible par rapport à celle de protéines et dépendante de type du yaourt. Plus de 95% de ces lipides sont des triglycérides saturés, mono insaturés ou polyinsaturés (Citta et al., 2017).En termes de glucides, le lactose constitue le sucre principal et peut couvrir jusqu'à 98 % des glucides d'un yaourt simple, mais souvent, d'autres édulcorants supplémentaires sont ajoutés. Le yaourt constitue également une excellente source de vitamines (vitamine B1, B2, B12, niacine...) et une source de valeur de plusieurs minéraux (calcium, magnésium, phosphore, zinc...) (Fernandez et al.,2017).

2.4.4. Critères organoleptiques

Les critères organoleptiques et rhéologiques varient selon le type de yaourt. Elles dépendent principalement de processus de fermentation, de type de lait, des souches de cultures, des additifs et de conditions de stockage (Nagaoka,2019).

Les propriétés texturants du yaourt comprennent la viscosité, la solidité et la synérèse. La viscosité peut être affectée par le traitement thermique et les stabilisateurs, mais elle fondamentalement liée au taux des exo-polysaccharides (EPS) produits par les microorganismes de culture (Sanlibaba et Çakmak, 2016).Les goûts et les arômes des yaourts sont majoritairement dépendantes des composants volatiles résultants de l'activité des ferments lactiques : alcools, aldéhydes, cétones, acides, esters, lactones, pyrazines et aussi des additifs industriels qui ont fait objet de multitude formulation(Chen et al., 2017).

2.5. Qualité du yaourt au cours de la conservation

Si le maintien de yaourt au froid empêche la multiplication bactérienne, il n'arrête pas complètement son activité métabolique. Le yaourt montre des modifications durant toute la durée de conservation, ce qui altère sa qualité (Dave et Shah, 1998).

2.5.1. Post-acidification

La post-acidification a un effet négatif sur la qualité du yaourt et diminue la durée de conservation. Elle est étroitement associée à l'activité métabolique persistante des lactobacilles pendant le stockage à 4°C (Béal et al., 1999). Le pH influe la saveur et la texture finale du produit et reflète donc la qualité du produit final. Si la valeur de post-acidification est très basse, nous aurons un yaourt très acide avec des problèmes de séparation d'eau (synérèse), et si elle est haute, la saveur sera affectée en raison d'un manque d'acidité (Tamime et Robinson, 1999).

La synérèse ou la séparation spontanée du petit lait sur la surface du yaourt est considérée comme un défaut. Ce problème peut être réduit ou éliminé par l'augmentation du niveau des solides du lait à 15% (Shah, 2003).

2.5.2. Viscosité

La viscosité du yaourt fait partie des critères de qualité de ce dernier, et ce, quel que soit le type (ferme ou brassé). La texture du yaourt est évaluée par la mesure de sa viscosité. La viscosité est définie comme étant la résistance à l'écoulement d'un système soumis à une contrainte tangentielle. Celle-ci dépend de 4 paramètres indépendants : la nature physico-chimique du produit ; la température du produit ; la pression ; le gradient de vitesse ; le temps (Scher, 2003).

La viscosité du yaourt diminue progressivement pendant le stockage. Elle se change en fonction du ferment utilisé grâce à leurs protéases ce qui implique le rôle des microorganismes en affectant la viscosité de yaourt (Olivera et al., 1996).

2.5.3. Effet des protéines

L'augmentation de niveau des protéines du lait est le facteur principal influençant la texture. Selon Xu et al., (2008), le procédé de la formation de gel d'un yaourt commence avec l'agrégation des protéines sériques liées aux caséines, particulièrement le b-lactoglobuline. Ainsi, la réticulation et les ponts formés par les protéines sériques dénaturées liés aux micelles de caséine ont comme conséquence une augmentation du nombre et de la force des liens entre

les particules de protéines. Le degré de dénaturation des protéines sériques est un paramètre très important qui affecte le comportement rhéologique des gels (Serra et al., 2009).

3. Édulcorants

3.1. Généralités

Un édulcorant est par définition une substance qui donne un goût sucré à un aliment quel qu'il soit, liquide ou solide. Le sucre de table est donc un édulcorant mais, habituellement, ce terme est plutôt réservé aux produits sucrants qui ne sont pas des sucres naturels. Ces édulcorants au goût sucré ont pour rôle de remplacer le sucre (Bousseboua, 2015). Les édulcorants sont utilisés pour (Marchand, 2009) :

- Garder le plaisir du goût sucré.
- Diminuer la charge énergétique.
- Remplacer le saccharose.
- Moduler l'index glycémique.
- Proposer des préparations culinaires appréciées.

3.2. Types d'édulcorants

3.2.1. Édulcorants synthétiques

Les édulcorants artificiels, également connus sous le nom d'édulcorants non nutritifs (ENN), sont devenus populaires pendant les guerres mondiales en réponse à la baisse de la production de sucre due à la crise agricole. À cette époque, la saccharine était largement acceptée comme alternative au sucre. Les propriétés édulcorantes de la saccharine ont été accidentellement découvertes en 1879 par Remsen et Fahlberg, lorsque Fahlberg a découvert que son pain de dîner était devenu très sucré après avoir oublié de se laver les mains après une journée entière au laboratoire (Bright, 1999). Au début des années 1950, on pensait que le remplacement du sucre par les édulcorants artificiels était souhaitable pour réduire la valeur calorifique des produits alimentaires : le développement rapide de l'industrie de la confiserie et de la restauration rapide s'accompagnait d'une augmentation de l'obésité. Bien que la demande de produits diététiques ait continué d'augmenter, la saccharine a progressivement perdu la faveur en raison de son arrière-goût amer. Il fallait trouver un édulcorant artificiel avec un nouveau goût amélioré.

Un développement important a été l'apparition du cyclamate, qui ne donnait pas d'arrière-goût amer et pouvait être utilisé pour sucrer les boissons non alcoolisées. Malheureusement, en 1970, la Food and Drug Administration (FDA) a interdit son utilisation aux États-Unis en raison de soupçons de cancer. Suite à cela, l'invention de l'aspartame s'est avérée être une percée. Son

attractivité en tant qu'édulcorant réside dans le fait qu'il est environ 200 fois plus sucré que le sucre, alors que son pouvoir calorifique, aux concentrations donnant l'impression de douceur, est quasi nul. Cependant, le goût de l'aspartame n'est pas identique à celui du sucre ordinaire ; la saveur prend plus de temps à apparaître et a généralement un arrière-goût. Selon la FDA, la dose journalière acceptable d'aspartame pour l'homme est de 40 mg/kg de poids corporel en Europe et de 50 mg/kg de poids corporel aux États-Unis pour les adultes et les enfants (Hiroyuki, 1981). Comme de nombreux produits contiennent de l'aspartame, les enfants et les adultes peuvent consommer involontairement des quantités plus importantes que celles recommandées par la FDA, ce qui peut entraîner de graves complications pour la santé (Oyama et al., 2002). Les aliments contenant de l'aspartame doivent être étiquetés avec l'information : « contient de la phénylalanine ». De plus, l'étiquetage des aliments contenant de l'aspartame doit indiquer qu'ils ne sont pas recommandés pour la cuisson et la pâtisserie (Haighton et al., 2019). Bien que de nombreuses études aient été réalisées pour déterminer les effets de l'aspartame sur la santé, les résultats de son utilisation à long terme restent difficiles à prédire et son utilisation dans les produits pharmaceutiques et alimentaires reste controversée (Serra-Majem et al., 2018).

3.2.2. Édulcorants naturels

De nombreux édulcorants synthétiques, largement utilisés, se sont avérés cancérigènes et non nutritifs. D'où une forte augmentation de la demande pour les édulcorants naturels, en particulier pour les édulcorants non saccharifères, car ce sont des substituts de sucre très puissants, utiles, sûrs et hypocaloriques (Priya et al., 2011).

La recherche de substituts de sucre de sources naturelles a conduit à la découverte d'un certain nombre de substances qui possèdent un goût intensément sucré ou des propriétés de modification du goût. Plus d'une centaine de matières végétales ont un goût sucré car elles contiennent de grandes quantités de sucres et/ou de polyols ou d'autres constituants sucrés. Bien que ces édulcorants puissent avoir une certaine valeur calorique, leur contribution à l'apport énergétique est négligeable dans les quantités utilisées (Juliano, 2018).

Dans la catégorie des édulcorants naturels se trouvent l'érythritol (produit par la fermentation du glucose à l'aide de levures osmophiles ; le xylitol (obtenu par des procédés microbiens impliquant des bactéries, des champignons ou des levures et ayant comme substrat des hydrolysats de xylose ou d'hémicellulose), et la stévia (extraite des feuilles de *Stevia rebaudiana*

Bertoni). La *Stévia rebaudiana* entre parfaitement dans la définition des édulcorants intenses à l'exception du fait qu'elle est d'origine naturelle (Gao et al., 2017).

4. Stevia

4.1. C'est quoi le stevia

Le stévia ou *Stevia rebaudiana* est une plante appartenant à la famille des *Asteraceae*. Elle renferme des édulcorants naturels apportant un goût sucré qui dure plus longtemps en bouche par rapport à celui du saccharose. A l'origine, cette plante poussait seulement dans la partie sud de l'Amérique du Sud. Les indiens de la tribu des Guarani connaissent la stévia depuis des siècles pour sucrer leurs tisanes, d'adoucir l'amertume du maté et comme plante médicinale. Elle est souvent nommée « la plante sucrée du Paraguay » et on la décrit aussi souvent comme étant la plante la plus sucrée du monde

En 1931, des chimistes français ont isolé de cette plante des hétérosides ayant tous comme aglycone le stéviol donnant le goût sucré à cette plante. Ces molécules au pouvoir sucrant de 30 à 450 fois plus fort que celui du sucre sont : le stéviolside, les rébaudiosides, le rubusoside, le stéviolbioside et le dulcoside A (Bloino ,2009).

4.2. *Stevia rebaudiana*

Stevia rebaudiana est une plante qui atteint 40 à 60 cm, parfois jusqu'à 1 m de hauteur et fleurit en août-septembre. Elle prospère en plein soleil dans des sols relativement pauvres, mais craint la sécheresse, les racines poussant près de la surface. Les feuilles de stévia contiennent 11 molécules sucrantes identifiées, parmi lesquelles le Rébaudioside A qui présente la teneur la plus élevée et le meilleur profil sensoriel. Un hectare de culture de plante de stévia donne aujourd'hui 4 tonnes de feuilles qui elles-mêmes donnent 100 Kg de Rébaudioside A (Mahmoud,2015).



Figure 3.Plante (A) et Feuilles de stevia (B) (Hassan et Rabat,2009).

Les feuilles de *Stevia* sont pointues, en forme de lance avec une longueur de 5 cm et une largeur de 2 cm. La tige est annuelle, semi-ligneuse plus ou moins pubescente. Elle contient moins de stévioides que les feuilles et les fleurs. La hauteur de la plante se situe entre 50-70 cm dans son milieu naturel (Cercam,2014).

4.2.1. Constituants chimiques

Actuellement, plus de 100 photochimiques ont été découverts dans la Stevia, mais les constituants majeurs sont les terpènes et les flavonoïdes. Elle se compose de huit glycosides nommés stéviolbioside, rebaudiosides AE (1-2 %) et rebadulcoside A (0,4-0,7 %). Parmi ces huit glycosides, le stéviolbioside est 300 fois plus sucré que le sucre classique (Ranjan et al.2011).

Les composants minéraux sont également présents dans la poudre de feuilles séchées, Les feuilles de stévia sur une base de poids sec fournissent une énergie de 2,7 kcal/g et sont considérées comme un édulcorant hypocalorique. Les avantages liés à la feuille de stévia sont principalement dus à sa composition nutritionnelle car c'est une source importante de glucides, de protéines et de fibres brutes qui maintient le bien-être et diminue le risque de diverses maladies. La teneur en matières grasses de la poudre de stévia séchée peut atteindre 1,9 à 4,34 g/100 g, tandis que les teneurs en glucides et en protéines se situent respectivement entre 52 et 64,06 et entre 10,0 et 18,0. La composition approximative de la stévia est présentée dans le tableau 2. Dans les feuilles de stévia, la principale source d'énergie est les glucides en raison de

la présence de poly et fructo-oligosaccharides, qui régule le métabolisme des lipides et réduit le taux de sucre dans le sang(Fasiha et al,2020).

4.2.2. Profil nutritionnel

La stévia est enrichie d'une quantité substantielle de nombreux nutriments, comme 80 à 85% d'eau, d'acides aminés, de protéines, de fibres, de lipides, d'huiles essentielles, de sucres libres, de vitamines et d'acides organiques. La plante est considérée comme une bonne source de calcium, de magnésium, de potassium, de fer, de phosphore, de soufre, de sodium et d'oligo-éléments Plus de 100 produits naturels ont été isolés des espèces de Stevia, les composés naturels les plus connus ont été répertoriés dans le tableau 1. En particulier, les glycosides de stéviol sont responsables des propriétés édulcorantes de la plante (Khazina, 2017).

La forme la plus représentative des glycosides de stéviol dans les feuilles sont les stéviolosides suivis des rébaudiosides. Le reste des composés édulcorants sont présents en quantités très inférieures. Les constituants édulcorants de la stévia représentent 14 % des feuilles séchées en poids La stévia apporte 2,7 kcal g⁻¹d'énergie sur la base du poids sec. Des études toxicologiques ont révélé que les métabolites secondaires présents dans la stévia n'ont aucun effet mutagène, tératogène ou cancérigène et aucune réaction allergique n'a été observée après sa consommation comme édulcorant (Khazina,2017)

4.3. Production agricole et cultivation

La production agricole de la stévia était à l'origine localisée au Japon, historiquement le premier consommateur. Par la suite d'autres pays de l'Est et Sud-Est de l'Asie, Vietnam, Thaïlande, Corée du Sud et Chine, ont commencé à en produire également. Dès 2001, la majorité de la stévia consommée au Japon était cultivée en Chine. D'autres pays produisent des quantités significatives de stévia : l'Inde, la Corée du Sud, l'Indonésie, le Mexique, les Etats-Unis, le Canada, le Paraguay et l'Argentine. La culture de la stévia s'étend rapidement à de nouveaux pays comme la Turquie, le Kenya ou encore le Maroc (Bihan,2021).



Figure 4. Zones de production mondiales de stévia(Bihan,2021).

La stévia est une plante subtropicale semi-humide qui peut être cultivée facilement comme n'importe quelle autre culture légumière. Les agro technologues indiens sont activement impliqués dans la culture et l'étude de divers paramètres tels que la hauteur moyenne, le poids des feuilles, la croissance par jour, le rendement total en biomasse et la teneur en stéviolosides de la plante. La culture pourrait être repiquée en février ou en mars et les graines récoltées à la fin de l'été (Swati et al, 2009).

4.4. Utilisation dans l'alimentaire

La fonction la plus notable du saccharose dans les aliments est de fournir sa saveur sucrée unique, mais contribue également aux profils de texture et de couleur, affectant le point de congélation agissant comme agent de charge ou conservateur. Par conséquent, différentes propriétés doivent être prises en compte lors du remplacement du saccharose, qui peut entraîner de nombreux défauts liés à sa qualité, à savoir la réaction de Maillard et sa présence dans la formation de gel dans les confitures et gelées (Di-Monaco et al. 2018).

La reformulation d'un produit par substitution partielle ou totale du sucre est la stratégie la plus étudiée dans la plupart des catégories d'aliments. Cependant, une réduction progressive de la teneur en sucre sans influencer les différents aspects de la qualité du produit final et sa perception sensorielle est un défi auquel les fabricants de produits alimentaires doivent faire face. La stévia a été appliquée dans différents produits alimentaires en tant qu'édulcorant naturel, c'est-à-dire incorporés dans des boissons gazeuses, chocolats, confiserie, et d'autres. Cependant, les matrices alimentaires sur les quelles, portent les recherches les plus récentes

sont complexes du fait de leur substitution partielle ou totale du saccharose par la stévia(luis et al 2023).

5. Glycosides steviol

L'acide ent-kaurénoïque hydroxylé, également appelé stéviol est le précurseur d'hétérosides présents essentiellement dans les feuilles de Stévia. On en retrouve également dans les tiges et les fleurs, mais en moindre quantité. Il n'y a aucune trace de ces hétérosides dans les racines de la plante. Parmi ces hétérosides on retrouve les glycosides de stéviol. Dans ces molécules, le stéviol représente la partie aglycone, c'est-à-dire non sucrée(Wagner,2012).

5.1. Structure chimique

Les glycosides de steviol les plus connus et les plus étudiés sont le stevioside et le rebaudioside A pour leur concentration élevée dans les feuilles de la plante. Ensuite viennent les rebaudiosides B, C, D, E, F et le du lcoside A. Les autres glycosides de steviol ont été découverts récemment ; ils présentent la même génine (stéviol) et diffèrent par les groupements en R et R1, correspondant à une ou deux parties osidiques. Il est à noter qu'une des parties sucrées R1 est fixée à la génine par une liaison éther alors que la seconde R est liée par une fonction ester. L'hétéroside majoritaire est le stevioside dont le radical R est un beta-D-glucose et le radical R1, un dimère de beta-D-glucose. Le radical R du rebaudioside A est aussi un beta-D-glucose tandis que le radical R1 possède trois molécules beta-D-glucose(Morin,2015).

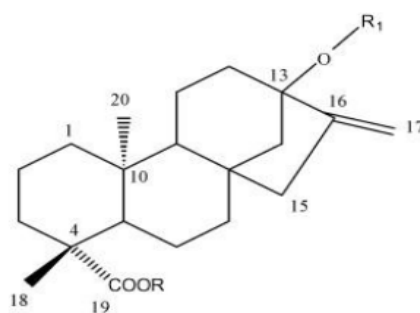


Figure 5. Structure chimique du steviol (Jaitak et al. 2008).

5.2. Pouvoir sucrant des glycosides stéviol

La propriété pour laquelle la stévia est utilisée dans le monde est bien sûr sa saveur très sucrée. Pour avoir une idée de l'intensité de celle-ci, il faut connaître son pouvoir sucrant. Les diverses saveurs sucrées des différents glycosides de stéviol sont données en comparaison à une solution de saccharose à 0,4% dont la saveur sucrée a été fixée à 1(Rengassemy, 2018).

Malgré leurs pouvoirs sucrants très élevés (tableau 3), les glycosides de stéviol n'apportent aucune calorie. Il en est de même pour les feuilles qui peuvent être utilisées telles quelles même si l'astévia a un petit goût de réglisse. Les glycosides de stéviol comme les feuilles peuvent être chauffés. Si l'on veut remplacer l'entièreté du sucre ajouté dans les préparations, on ne doit donc utiliser que d'infimes quantités de ces glycosides. Pour faciliter l'utilisation de ces édulcorants, on ajoute des agents de charge. Ceci permet de mesurer de plus grandes quantités (une cuillère à café arasée par exemple (Rengassemy, 2018).

Tableau 3. Pouvoir sucrant des glycosides de stéviol (Rengassemy, 2018).

Composé	Pouvoir sucrant	Composé	Pouvoir sucrant
Stévioside	250-300	Rébaudioside F	200
Rébaudioside A	300-450	Dulcoside A	50-120
Rébaudioside C	300-350	Stéviolbioside	100-125
Rébaudioside D	50-120	Rubusoside	200
Rébaudioside E	250-400		

5.3. Extraction des glycosides de stéviol

Tous les fabricants utilisent les mêmes étapes de base et la même méthodologie qui impliquent l'extraction, la purification et la séparation, pour extraire les glycosides de stéviol des feuilles, malgré le fait qu'il existe une sorte de variation dans les étapes ultérieures de purification et de séparation des glycosides. La plupart des produits commerciaux ont une teneur totale en glycosides de stéviol de plus de 90 %, les deux principaux glycosides de stéviol représentant environ 80 % du total. Les techniques classiques utilisées par les fabricants pour l'extraction des glycosides comprennent la macération et l'extraction thermique (Sheifali et al., 2017).

Afin d'augmenter le rendement et la qualité des produits extraits, plusieurs techniques d'intensification comme les ultrasons, les fluides supercritiques et les micro-ondes associées à l'extraction de composés végétaux ont été développées. De plus, un procédé membranaire à plusieurs étapes a été développé, capable de concentrer les édulcorants glycosides. Les composants au goût amer ont été éliminés du concentré d'édulcorant lors du processus de nanofiltration (Sheifali et al., 2017).

5.4. Métabolisation de la Stevia

Les feuilles de stévia contiennent un sans calorie, du stéviol et des rébaudiosides qui sont 300 fois plus sucrés que le saccharose avec plus de pouvoir dissolvant dans une solution aqueuse comme l'eau et un profil de goût positif qui sont métabolisés de manière significative par le corps humain sans causer de conséquences néfastes. Les glycosides de stéviol sont absorbés et excrétés par des voies similaires chez les humains et les animaux. Le processus de métabolisation du rébaudioside dans le tube digestif est lancé par les microbes du côlon qui le convertissent en stéviol qui se métabolise ensuite en stéviol et en glucose. Le glucose qui se forme dans ce processus est directement utilisé par les bactéries présentes dans le côlon plutôt qu'absorbé dans la circulation sanguine. L'avantage de l'utilisation des feuilles de stévia est qu'après le traitement, il n'y a aucune accumulation de sous-produit dans le corps humain car tous les composants en excès sont libérés par l'urine. De plus, des ressemblances qualitatives et quantitatives ont été identifiées parmi la microflore intestinale du corps humain et des rats. Une autre étude qui a été menée sur le tractus gastro-intestinal humain détermine que cette forme métabolisée de stévia n'est pas modifiée à des concentrations faibles et élevées comme observé par les fèces, l'étude a également indiqué qu'une grande partie des glycosides de stéviol sont absorbés et restent libérés par l'urine à travers reins à l'aide de la liaison glucuronide. Alors que des quantités infimes de glucuronide sont excrétées par la masse fécale (Faisha et al. 2020).

5.5. Effets sur la santé humaine

Actuellement, les effets des édulcorants non-nutritifs sur le métabolisme humain ne sont pas clairement démontrés. Il n'existe pas de lien de cause à effet clairement établi entre leur consommation et les risques pour la santé humaine. Depuis la découverte des glycosides de stéviol (GSs) dans la communauté scientifique, de nombreuses études *in vivo* et *in vitro* ont évalué les effets des GSs sur la santé humaine, nécessaires pour leur approbation par les autorités sanitaires. Il a été prouvé que les GSs ne sont pas carcinogènes, ni allergènes. De plus, la consommation quotidienne de GSs diminue les risques d'apparition d'une hyperglycémie diabétique induite par un régime riche en matière grasse (Diabète de type II) chez les souris. Des revues scientifiques font donc état de propriétés thérapeutiques des GSs et des extraits de Stévia : antioxydant, antihypertenseur, antidiabétique, anticancéreux. Les auteurs proposent même qu'ils soient considérés comme des traitements alternatifs aux syndromes métaboliques (Hastoy, 2018)

5.6. Législation

Au niveau international un avis négatif du JEFCA sur l'utilisation des stéviolosides en tant qu'édulcorants (données scientifiques insuffisantes) en 1999. En 2004, une dose journalière admissible a été fixée à 2 mg/kg/poids corporel/jour pour les stéviolosides, avec une demande études toxicologiques complémentaires). En 2008, un avis positif sur l'utilisation des glycosides de stéviol comme édulcorant d'usage courant avec dose journalière admissible de stévia fixée à 0 à 4 mg/kg/poids corporel/jour. Au niveau européen, actuellement ce sont les dispositions correspondant aux additifs et édulcorants qui s'appliquent à la stévia, c'est-à-dire qu'aucun stéviol glycoside n'est autorisé dans l'Union Européenne sauf le rébaudioside (Vidal,2011).

Chapitre II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Lieux de stage

Cette étude a été réalisée au niveau de laboratoire central de la qualité et de recherche et développement de la laiterie HODNA (M'SILA). HODNA-LAIT est une société privée à responsabilité limitée (SARL), créée en 1999 et située dans la zone industrielle de la wilaya de M'sila, elle s'étale sur une superficie de 6 hectares dont 4 sont construits en ateliers de production, en magasins de stockage des matières premières et emballages et le reste représente les chemins et passages utiles aux moyens de transport, implantation des bâches de stockage d'eau brute, générateurs d'énergies et autres.

2. Substance d'étude

La poudre de *Stevia rebaudiana* Bertonéa été procurée chez un fournisseur de matière première « Cargill d'origine » de la laiterie HODNA-LAIT sous la référence TRUVIA STEVIA RA95 GRAN. Ce dernier a été importé du Mexique présentant des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques.

3. Incorporation de la stevia dans le yaourt

3.1. Cibler les dosages de stévia dans les yaourts

Afin de se situer et de cibler la gamme des concentrations de Stevia à tester, une dégustation a été organisée pour dix personnes travaillant à la laiterie HODNA-LAIT pour des yaourts préparés à différentes proportions de poudre de Stevia. Sur la base des préférences de ces dégustateurs, il a été décidé de choisir une concentration de 0,3 g/l comme médiane des concentrations à tester. Les échantillons sont référenciés comme indiqué dans le tableau ci-dessous. À noter que l'ensemble des échantillons ont été préparés dans les conditions aseptiques. Des analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été réalisées pour vérifier la qualité de ces produits.

Tableau 4.Description des trois yaourt spréparés.

Référence	Caractéristiques
E1	Yaourt ferme témoin, contenant le sucre du saccharose au dosage de 9% ; similaire au produit commercialiser a par l'entreprise.
E2	Yaourt ferme préparé avec l'incorporation de 0,1g/l de la Stevia par rapport à la masse totale du yaourt préparé ; dosage inferieur à la concentration médiane.
E3	Yaourt ferme préparé avec l'incorporation de 0,3 g/l de la Stevia par rapport à la masse totale du yaourt préparé ; concentration médiane.
E4	Yaourt ferme préparé avec l'incorporation de 0,9 g/l de la Stevia par rapport à la masse totale du yaourt préparé ; dosage superieur à la concentration médiane.

3.2. Préparation des yaourts

Les différentes étapes de préparation des produits de yaourt sont schématisées dans la figure 6. L'échantillon E1 a été préparé comme suit : de la poudre de lait à 0 et 26 % de matière grasse ont été mélangé avec une quantité d'eau à 25°C. Par la suite, le sucre (saccharose) a été ajouté et laisser homogénéiser pendant 15 min. Ce mélange a été chauffé à une température de 93°C pendant 4 min puis refroidi jusqu'à 45°C ; qui est une température d'injection du ferment lactique. La maturation a été réaliser à l'aide d'un ferment congelés (introduit directement congelé) contenant deux types de bactéries (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*). Celle-ci a été réalisée dans une étuve à 45°C pendant 4 h.

Pour le reste des échantillons (E2, E3 et E4), le sucre a été substitué par de la poudre de Stevia à des dosages respectivement de 0,1 g/l, 0,3 g/l et 0,9 g/l dans le produit fini. Les préparations sont devisées en deux lots, un lot témoin et un lot contaminé par *Staphylococcus aureus* et des Entérobactéries à une concentration de 6 log UFC/ml de yaourt.

Les pH et l'acidité titrable ont été suivis pour tous les échantillons chaque demi-heure d'incubation. Le suivi du développement des bactéries lactiques a été suivi également chaque demi-heure d'incubation.

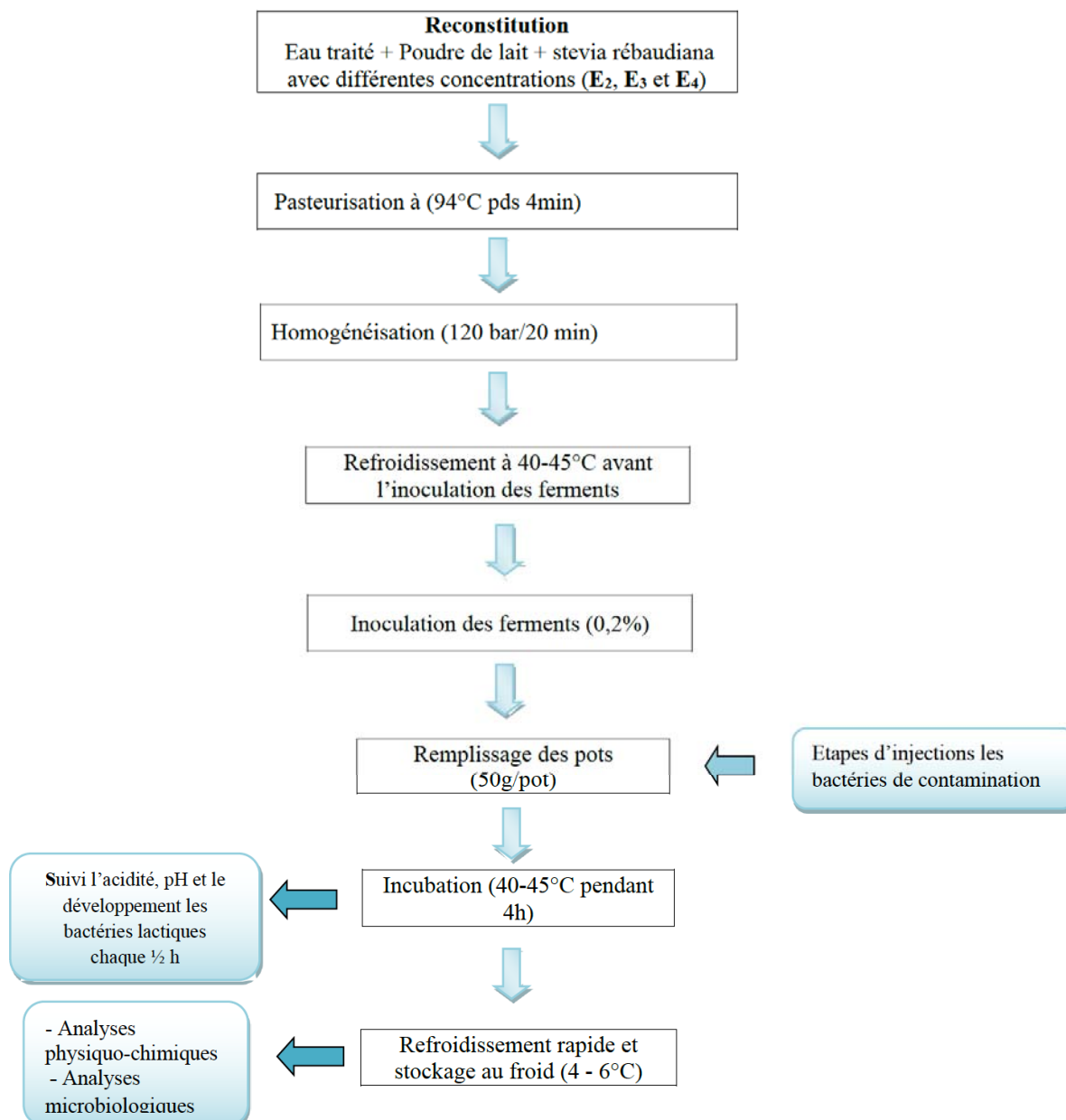


Figure 6. Diagramme de préparation des différents échantillons de yaourts

4. Analyses microbiologiques

Les échantillons sont prélevés juste après la préparation (T_0) et au cours de maturation avec un intervalle de temps d'une demi-heure passée dans l'étuve jusqu'à la 4^{ème} heure. Des échantillons sont prélevés après durant le stockage (4°C à 6°C) du produit fini.

4.1. Dénombrement de la flore lactique thermophile

4.1.1. *Streptococcus thermophilus*

Un ensemencement de 1 ml des dilutions allant de 10^{-1} jusqu'à 10^{-6} a été effectué en masse aseptiquement sur le milieu de Culture déshydraté la gélose M17 (Bouillon ou agar utilisé pour la culture de *Streptococcus*), l'inoculum a été mélangé soigneusement dans le milieu de culture et a été laissé solidifier. Les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 72h (Marchal *et al.* 1982). Le comptage des colonies a été fait sur les boîtes ayant un nombre de colonies compris entre 15 et 300.

4.1.2. *Lactobacillus bulgaricus*

Un ensemencement de 1ml des dilutions allant de 10^{-1} jusqu'au 10^{-6} a été effectué en masse aseptiquement sur milieu MRS (Man-Rogosa et Sharpe, 2008), l'inoculum a été mélangé soigneusement au milieu de culture et a été laissé solidifier. Les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 72 h (Nakasaki *et al.* 2008). Le comptage des colonies a été fait sur les boîtes ayant un nombre de colonies compris entre 15 et 300.

4.2. Analyses microbiologiques des produits finis

Avant d'entamer les analyses, il est primordial de nettoyer la surface du travail afin d'éliminer toute source de contamination. Ensuite, 10 g de produit à analyser sont pesés dans des conditions aseptiques et placé dans un sac stérile de Stomacher, puis 90 g de diluant tampon sel-eau (TSE) étaient ajoutés. Après homogénéisation dans un mélangeur de type « BAG MIXER », la suspension obtenue, constitue alors la solution mère correspondant à la dilution 10^{-1} . Des dilutions sont ensuite préparées selon l'analyse à effectuer.

4.3. Recherche et dénombrement des *Entérobactéries*

La recherche et le dénombrement des *Entérobactéries* se fait suite à l'introduction de 1ml la solution mère préparé précédemment correspondant à la dilution 10^{-1} à l'aide d'une micropipette dans une boîte de Pétri stérile ; ensuite environ 15ml de la gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBG) préalablement fondue et refroidie à 45°C était versée ; ainsi le contenu était soigneusement mélangé. Après solidification, les boîtes étaient incubées

dans à 37°C pendant 24-48h heures (Norme ISO 21528-2). Les colonies caractéristiques des *Entérobactéries* sont de couleur violet, et d'un diamètre de 0,5 mm ou plus et parfois entourer d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile. Le comptage des colonies se fait sur les boites ayant un nombre de colonies compris entre 15 et 300.

4.4. Recherche et dénombrement des Levures et Moisissures

Les levures et les moisissures sont responsables de certaines dégradations détectées par les odeurs d'alcool, par un gonflement d'emballage et des textures atypiques. La gélose YGC (Yeast-Glucose-Chloramphénicol) permet l'isolement des champignons après l'incubation à 25°C pendant 5 jours (journal officielle n°36-2017). Le milieu YGC a été remplacé par le milieu OGA (Oxytétracycline-Glucose-Agar) auquel 2 ml d'oxytétracycline ont été préalablement additionné pour un flacon de 200 ml. L'ensemencement se fait en surface suivait d'incubation à 25°C pendant 5 jours. Les levures se présentent sous forme de colonies arrondies, lisses, convexes, plates et parfois pigmentées en jaune, orange ou blanc. Cependant, les moisissures se présentent sous une forme plus grande et une couleur différente.

4.5. Recherche des Staphylococcus aureus

Les staphylocoques sont responsables de contaminations fréquentes dans l'industrie alimentaire (Leyralet *al.* 2007). L'ensemencement se fait en surface sur milieu « Baird Parker » auquel est additionné une émulsion de jaune d'œuf, une solution de tellurite de potassium et de sulfaméthazine. L'incubation est à 37°C pendant 24h à 48 heures (J.O n°14- 2015). Les colonies caractéristiques des staphylocoques à coagulase positive sont noires ou grises, brillantes et convexes avec un diamètre de 1,5 à 2,5 mm, et entourées d'une auréole claire due à la protéolyse des protéines de l'œuf.

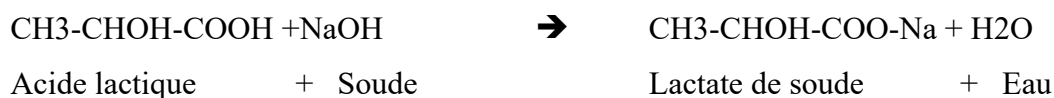
5. Analyses physico- chimique

5.1. Détermination du pH

Le Potentiel hydrogène est une mesure de l'activité des ions H⁺ dans une solution dont le but est de déterminer quantitativement l'acidité des produits analysés. On procède au préalable l'étalonnage de pH mètre. Le pH est déterminé directement en utilisant un pH-mètre électronique de type « INOLAB 730 », qui affiche la valeur sur l'écran après avoir plongé l'électrode dans un bécher contenant l'échantillon de yaourt à analyser. La mesure est effectuée à 20°C.

5.2. Détermination de l'acidité titrable

L'acidité exprime le nombre de grammes d'acide lactique présents dans un litre de lait. Elle consiste en une neutralisation par l'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0,1 N des composants acides du yaourt en présence d'un indicateur coloré qui est la phénolphthaléine. L'unité conventionnelle de l'acidité est le degré Dornic ou 1°D qui représente : 0,1g d'acide lactique par litre de lait (Gassi *et al.* 2008). Cette analyse est basée sur la réaction suivante :



La mesure se fait suite à l'introduction de 10g d'échantillon dans un bécher, suivait par l'ajout de 2 à 3 gouttes de phénolphthaléine, ainsi le mélange était neutralisé par l'hydroxyde de sodium (NAOH) à 0,1 N jusqu'à l'apparition d'une couleur rose pâle persistante

Pendant 10 secondes (AFNOR, 1999).

5.3. Extrait sec total (EST)

Habituellement on procède au séchage de produit dans une étuve à 105°C, pendant 5 heures. Dans notre cas la matière sèche est le produit résultant de la dessiccation du lait par évaporation de l'eau à l'aide d'un dessiccateur de type **KERN**, fonctionnant par infrarouge à une température de 120°C pendant 11mins Elle est exprimée en %. Une capsule en aluminium était placée sur la balance qui se trouve à l'intérieur de la chambre chaude du dessiccateur ; on remet le poids à zéro, on appuyant sur la touche TARE (pour tarer) ; on dépose 3g du produit et on l'étale bien à l'aide d'une spatule on ferme le couvercle et l'appareil démarre l'analyse. L'appareil s'arrêtera automatiquement à la fin de l'analyse et affichera le taux de l'EST.

5.4. Détermination de la teneur en matières grasses

La méthode de GERBER est une technique de référence, son principe est basé sur la séparation de la matière grasse du lait par centrifugation dans un butyromètre. Où l'acide sulfurique dissout tous les constituants du yaourt à l'exception des matières grasses. L'alcool iso amylique agit comme séparateur de phase. La mesure était réalisée selon la norme (ISO1211, 2010), suite à l'introduction dans un butyromètre 10 ml d'acide sulfurique (91%) et 11ml d'échantillon à analyser à l'aide d'une pipette spéciale et 1ml d'alcool iso amylique. Après, le butyromètre une fois fermé était agité en faisant des mouvements de rotation jusqu'à la dissolution complète du contenu. Ensuite les échantillons étaient centrifugés à l'aide d'une centrifugeuse "GERBER" sous une vitesse de 5000 tours/min pendant 5min à 60°C. Les résultats sont exprimés en g/l.

Chapitre III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Contrôle de qualité de la matière première

L'analyse microbiologique des matières premières est nécessaire pour vérifier la qualité hygiénique des produits préparés. Les résultats de cette analyse microbiologique des produits juste avant l'inoculation du ferment lactique, nommé T₀, sont présentés dans le tableau 5. Ces résultats ont démontré que la matière première utilisée dans les essais de la présente étude, ont révélé l'absence des Entérobactéries des Staphylocoques ainsi que les levures et les moisissures. Cela témoigne de l'innocuité de la matière première, de l'efficacité de traitement thermique et que les bonnes pratiques de préparation et d'hygiène sont respectées.

Tableau 5. Résultats de l'analyse microbiologique des produits après inoculation du ferment lactique.

	E1	E2	E3	E4
Entérobactéries	Absence	Absence	Absence	Absence
Staphylococcus à coagulases +	Absence	Absence	Absence	Absence
Levures	Absence	Absence	Absence	Absence
Moisissures	Absence	Absence	Absence	Absence

L'analyse de quelques paramètres physico-chimiques des produits juste après l'inoculation du ferment tels que l'acidité titrable, pH matière grasse et l'extrait sec total (EST) ont été mesurés afin de vérifier la conformité de la matière première d'essai aux normes du procédé de fabrication des yaourts de l'entreprise. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le tableau 6. Ces résultats ont démontré que la matière première utilisée dans les essais de la présente étude sont conformes aux normes de fabrication d'un yaourt ferme de l'entreprise.

Tableau 6. Résultats de l'analyse physico-chimique des produits après inoculation du ferment lactique.

	E1	E2	E3	E4
Acidité titrable	15	15	15	16
pH	6.52	6.52	6.53	6.56
Matière grasse	1.6	1.6	1.6	1.6
EST	21.6	12.6	12.7	12.9

2. Effet de l'incorporation de la Stevia sur qualité des yaourts

2.1. Effet sur la cinétique de croissance de la flore lactique thermophile

Le but de cette étape est de mettre en évidence l'effet de la substitution du saccharose dans les yaourts par la Stevia sur la croissance des bactéries lactiques d'intérêt (*L. bulgaricus* + *S. thermophilus*). Les résultats du suivi de la croissance de *L. bulgaricus* et *S. thermophilus* au cours de la maturation des yaourts sont présentés dans la figure 7.

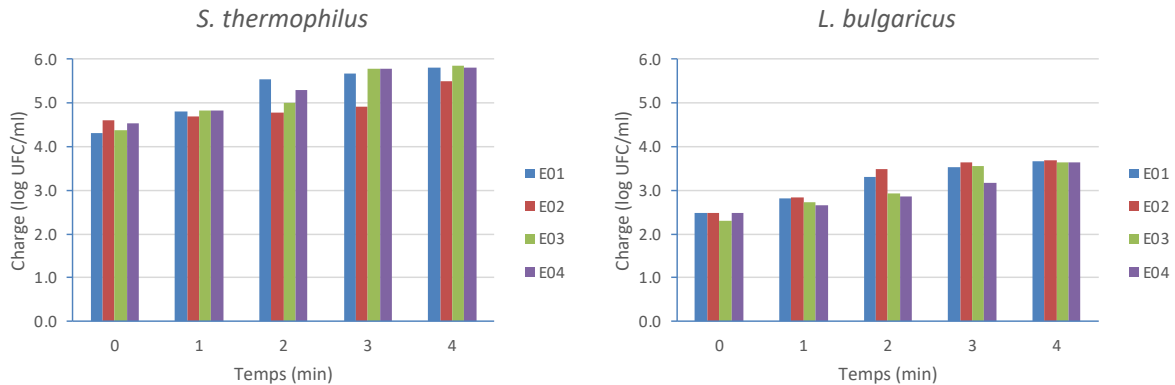


Figure 7. Effet de différentes concentrations de la Stevia sur la cinétique de croissance de la flore lactique thermophile au cours de la maturation. E01, E02, E03 et E04 représentent des proportions de stevia de 0,1, 0,3 et 0,9 %, respectivement.

La cinétique de la croissance de *S. thermophilus* a évolué de 4.3, 4.5, 4.4 et 4.4 log UFC/ml à 5.8, 4.9, 4.9 et 5 log UFC/ml pour les échantillons E01, E02, E03 et E04 respectivement. Comparé à la croissance du témoin E01 (yaourt normal avec du saccharose), la présence de la stévia avec les différentes proportions n'a pas affecté significativement la cinétique de croissance de ces deux bactéries lactiques ; résultat confirmé par une ANOVA avec une p-value inférieur à 0.05. Cependant, on peut noter un développement plus marqué pour *S. Thermophilus* dans les conditions normales de croissance (témoin). Cette différence est vite réduite en augmentant la concentration en Stevia. La fabrication du yaourt repose sur les interactions entre ces deux espèces lactiques *L. bulgaricus* et *S. thermophilus* ; celle-ci est bénéfique mais pas indispensable à la croissance de chaque espèce (Tamine et al., 1999). En effet, *L. bulgaricus* libère des acides aminés (valine, l'histidine, la glycine, la leucine, l'isoleucine, la méthionine) et des dipeptides qui stimulent la croissance de *S. thermophilus* (Courtinet Rul, 2004). Cette dernière stimule la croissance de *L. bulgaricus* par la production de certains acides (formique, pyruvique et folique) (Perez et De Antoni, 1991). Cette croissance est caractérisée par deux paramètres technologiques à savoir le pouvoir acidifiant et le pH, qui seront abordés prochainement dans cette étude.

2.2. Effet sur l'évolution du pH et de l'acidité titrable

Le but de cette étape est de mettre en évidence l'effet de la substitution du saccharose dans les yaourts par la Stevia sur le pH et le pouvoir acidifiant. Les résultats du suivi du pH et de l'acidité titrable au cours de la maturation des yaourts sont présentés dans la figure 8.

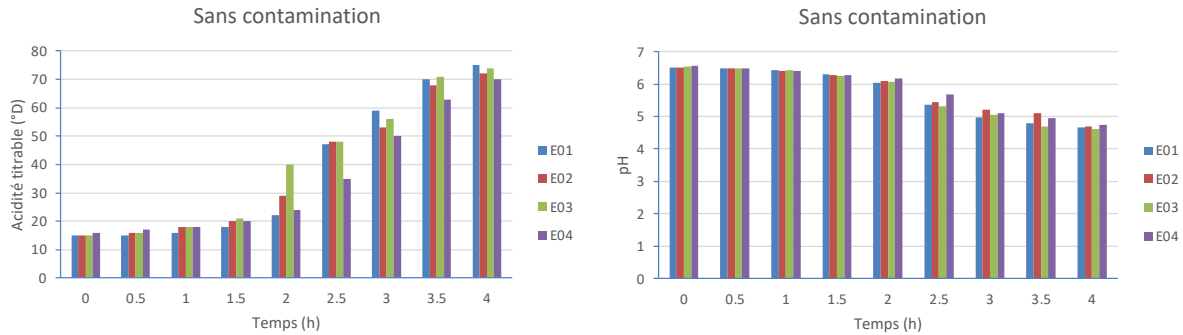


Figure 8. Effet de différentes concentrations de la Stevia sur l'évolution du pH et de l'acidité titrable E01, E02, E03 et E04 représentent des proportions de stevia de 0,1, 0,3 et 0,9 %, respectivement.

Comparé aux résultats rapportés pour le témoin E01 (yaourt normal avec du saccharose), la présence de la stévia avec les différentes proportions n'a pas affecté significativement la cinétique d'évolution du pH et de l'acidité titrable ; résultat confirmé par une ANOVA avec une p -value inférieur à 0.05. Ces observations peuvent être expliqués par la croissance des deux bactéries lactiques, résultat rapporté précédemment, car la diminution du pH et l'augmentation de l'acidité sont dues à *L. bulgaricus* et *S. thermophilus* qui ont la fonction d'acidification du milieu par la production d'acide lactique, ce dernier joue un rôle d'agent conservateur coagulant et antimicrobien dans le yaourt (Schmidt et al ;1994). Il est à noter que tous les échantillons préparés ont atteint l'objectif qui celui de l'opération de maturation dans un procédé de fabrication des yaourts : d'atteindre une acidité de 70-80 °D et un pH avoisinant les 4,5 (Mahaut et al., 2000). Cependant, après un temps de maturation de 2 h, on peut noter un ralentissement de l'abaissement du pH pour le yaourt à la proportion de 0.9 g/l de Stevia.

3. Effet de l'incorporation de la Stevia sur qualité des yaourts en présence d'une contamination

3.1. Contamination par des *Entérobactéries*

L'objectif de cette partie est de mettre en évidence l'effet de la substitution du saccharose dans les yaourts par la Stevia sur la croissance de *L. bulgaricus* et *S. thermophilus*, ainsi que l'évolution du pH et de l'acidité titrable en présence d'une contamination par des

entérobactéries. Les résultats sont présentés dans la figure 9. L'acidité titrable évolue progressivement et inversement avec le pH durant toute la période de maturation.

La présence de la stévia avec les différentes proportions n'a pas affecté significativement la cinétique de croissance de ces deux bactéries lactiques ainsi que l'évolution du pH et de l'acidité titrable en présence d'entérobactéries, comparativement au témoin E01 contaminé. Ce constat est confirmé par une ANOVA avec une p-value inférieur à 0.05. Cependant lorsque ces résultats sont comparés à ceux « sans contamination », de légères différences sont constatées : le développement est moins important des bactéries lactiques *L. bulgaricus* et *S thermophilusen* présence entérobactéries avec un écart atteignant les 0,9 log. Même constat pour le pH et l'acidité titrable avec un des écarts atteignant respectivement 13°C et 0,4.

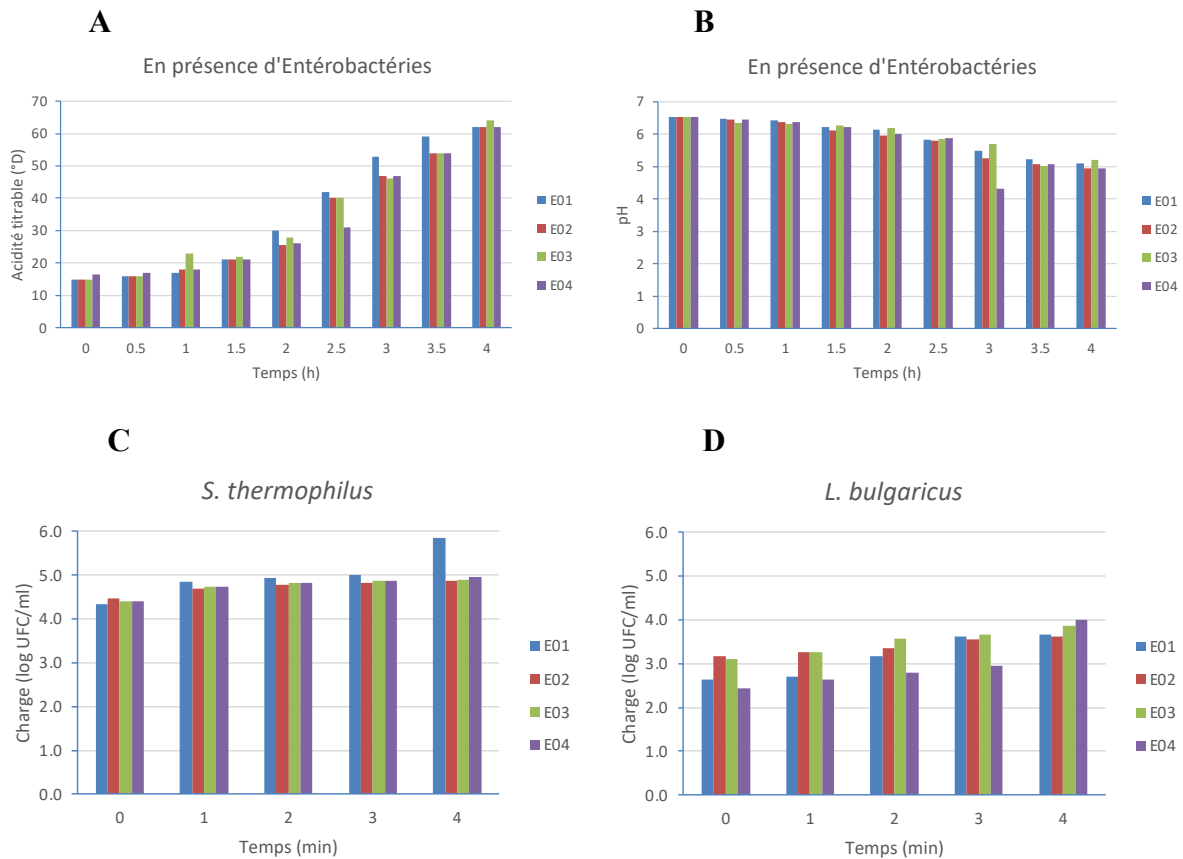


Figure 9. Effet de différentes concentrations de la Stevia sur l'évolution du pH et de l'acidité titrable (A et B)ainsi que sur la cinétique de croissance de la flore lactique thermophile (C et D)en présence d'entérobactéries. E01, E02, E03 et E04 représentent des proportions de stevia de 0,1, 0,3 et 0,9 %, respectivement.

3.2. Contamination par *S. aureus*

Pour mettre en évidence l'effet de la substitution du saccharose dans les yaourts par la Stevia sur la croissance de *L. bulgaricus* et *S thermophilus*, ainsi que l'évolution du pH et de l'acidité titrable en présence d'une contamination par un *S. aureus*. Les résultats sont présentés dans la figure 10. L'acidité titrable évolue progressivement et inversement avec le pH durant toute la période de maturation.

La présence de la stévia avec les différentes proportions n'a pas affecté significativement la cinétique de croissance de ces deux bactéries lactiques ainsi que l'évolution du pH et de l'acidité titrable en présence de *S. aureus*, comparativement au témoin E01 contaminé. Ce constat est confirmé par une ANOVA avec une p-value inférieur à 0.05. Cependant lorsque ces résultats sont comparés à ceux « sans contamination », de légères différences sont constatées : le développement est moins important des bactéries lactiques *L. bulgaricus* et *S thermophilus* en présence *S. Aureus* avec un écart atteignant environ 1 log. Même constat pour le pH et l'acidité titrable avec un des écarts atteignant respectivement 12°C et 0,5.

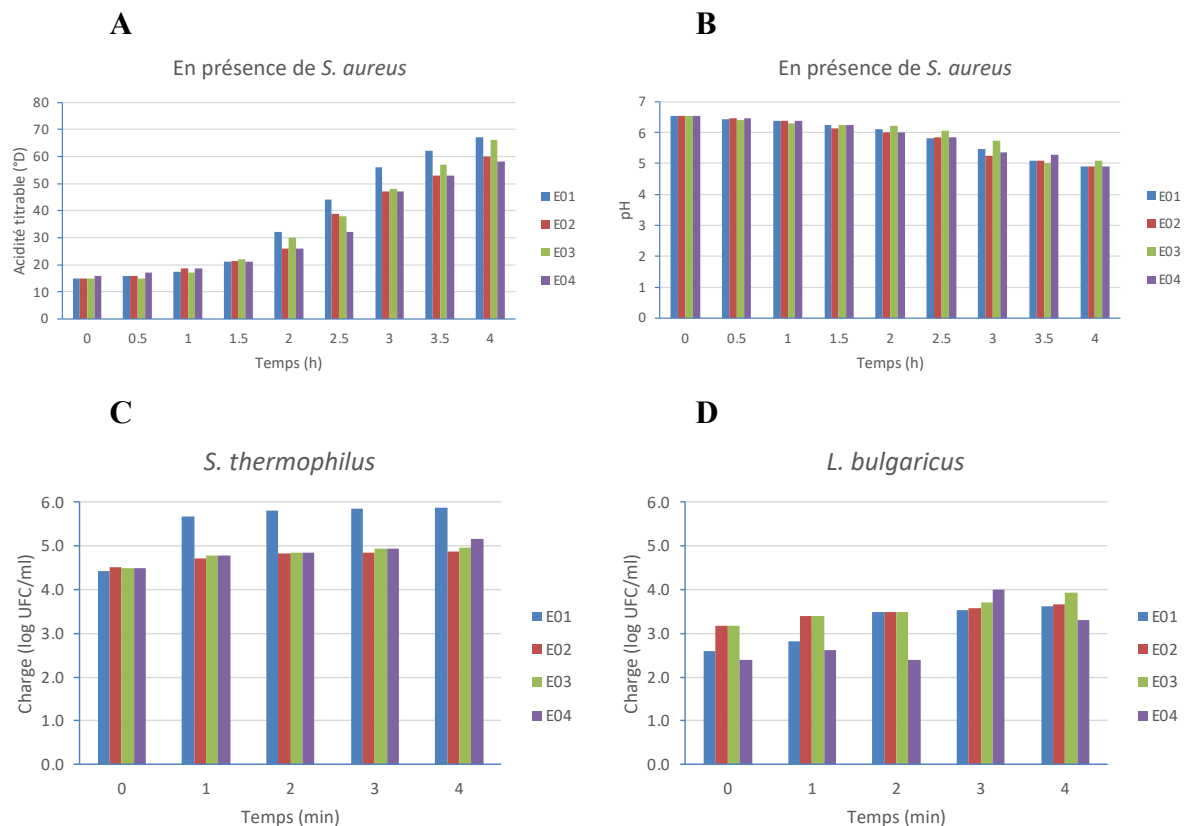


Figure 10. Effet de différentes concentrations de la Stevia sur l'évolution du pH et de l'acidité titrable (A et B) ainsi que sur la cinétique de croissance de la flore lactique thermophile (C et D) en présence *S. aureus*. E01, E02, E03 et E04 représentent des proportions de stevia de 0,1, 0,3 et 0,9 %, respectivement.

Les résultats obtenus en présence de *S. aureus* comme contaminant ne diffèrent pas de ceux obtenus en présence d'entérobactéries. De même pour l'évolution du pH et de l'acidité titrable. C'est un constat attendu car l'évolution du pH et de l'acidité titrable suit le développement des deux bactéries lactiques qui ont accompli leur travail de pouvoir acidifiant par la production d'acide lactique.

Ce pouvoir acidifiant est à l'origine du rôle de conservation des yaourts par *L. bulgaricus* et *S thermophilus*. Donc, il peut être conclu que le développement de ces deux bactéries était si rapide avec une production d'acide lactique en grande quantité, que les deux contaminants n'ont pas pu se développer.

4. Contrôle de qualité du produit fini

L'analyse microbiologique des produits finis est nécessaire pour vérifier la qualité hygiénique des produits préparés. Les résultats de cette analyse microbiologique sont présentés dans le tableau 7. Ces résultats ont révélé l'absence des Entérobactéries des Staphylocoques ainsi que les levures et les moisissures dans les yaourts préparés. Cela témoigne de l'innocuité de la matière première utilisée, de l'efficacité de traitement thermique et que les bonnes pratiques de préparation et d'hygiène sont respectées.

Tableau 7. Résultats de l'analyse microbiologique des yaourts (produit fini) sans contamination.

	E1	E2	E3	E4
Entérobactéries	Absence	Absence	Absence	Absence
Staphylococcus à coagulases (+)	Absence	Absence	Absence	Absence
Levures	Absence	Absence	Absence	Absence
Moisissures	Absence	Absence	Absence	Absence

CONCLUSION

La stévia ou *Stevia rebaudiana* renferme des édulcorants naturels apportant un goût sucré qui dure plus longtemps en bouche par rapport à celui du saccharose. Des études toxicologiques ont révélé ces composés n'ont aucun effet mutagène, tératogène ou cancérigène et aucune réaction allergique observée après leur consommation comme édulcorant. Avec ces fonctions remarquables, la stévia est le meilleur candidat pour remplacer le saccharose dans les aliments en fournissant une saveur sucrée unique. La présente étude a démontré que la substitution du saccharose par la stévia en poudre à différentes proportions n'affecte pas le procédé de maturation des yaourts. Le développement des bactéries lactiques *L. bulgaricus* et *S. thermophilus* dans des échantillons contenant de la stévia étaient similaires au témoin (yaourt avec saccharose), avec une légère différence qui n'est pas statistiquement significative. La contamination des échantillons par des *Entérobactéries* et *S. aureus* n'a pas affecté le procédé de maturation des yaourts témoins : le pouvoir acidifiant a été rapidement efficace et a empêché le développement de ces contaminants. Ce constat a été rapporté également pour les échantillons avec la stévia. Cette étude est un premier argument pour la démonstration de l'efficacité de la stévia comme substituant du saccharose et qui nécessite bien évidemment des essais plus poussés, ainsi qu'une étude sensorielle de pointe.

REFERENCES

- **AFNOR, (1999).** Lait et produits laitiers. Lait 5eme édition du recueil (Edition PARAGRAPHIC. France):1.622p.
- **Alais C. (1984).** Sciences du lait. Principes de techniques laitières. 3ème édition, édition Publicité France.
- **Alais, c, Linden, G. (1997).** Abrégé de biochimie alimentaire. 4ème Edition Masson. Paris,(119-123)
- **Amiot J., Fournier S, Lebeufy., Paquin, P., Simpson R et Turgeon, H.(2002).**Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et technique d'analyse de lait.
- **Aziz Homayouni Rad, Zohre Delshadian , Seyed Rafi Arefhosseini, Beitollah Ali-pour, Mohammad Asghari Jafaraba, (2012),**Effect of Inulin and Stevia on Some Physical Properties of Chocolate Milk, University of Medical Sciences, Tabriz, Iran, Health Promotion Perspectives, Vol. 2, No. 1, 2012; P: 42-47
- **Béal C., Skokanova J., Latrille E., Martin N. et Corrieu G, (1999).** Combined effects of culture conditions and storage time on acidification and viscosity of stirred yogurt. Journal of Dairy Science. 82, 673–681
- **Belfodil et Ammar Aouchiche (2018),** Caractérisation physico- chimique et microbiologique des yaourts industriels collectés dans la willaya de Bordj Bou Arreridj : Évaluation In vitro des effets relatifs aux levains thermophile, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A, Master, biotechnologie et protection des végétaux, p4.
- **Bergamaier, D. (2002).** Production d'exo-polysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de *Lb. rhamnosus* rw 9595m d'un milieu à base de perméat de lactosérum. Thèse doctorat, université de Laval, Canada. Pp149.
- **Bihan .Zoé , 2021 .** Docteur de l'université de bourdoux, école doctorat Sciences de la Vie et de la Santé, Vers l'architecture génétique des caractères de rendement en glycosides de stéviol chez *Stévia rebaudiana* : caractérisation fine des ressources génétiques, p37.
- **BLOINO Laura, (2009) .** thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie universités de Nantes Les édulcorants de synthèse Intérêt du sucralose par rapport aux autre sédulcorants existants N°59 P32.
- **Bouchahda Z. Sahnoun A, (2016).** Effet d'ajout du sirop de datte sur la qualité d'un lait fermenté type yaourt étuvé, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, master en agnomie, p9
- **Boudier J. (1985).** Les biocatalyseurs. laits et produits laitiers Ed Eck:45-74.
- **Bourgeois C.M., Mescle J.F.et ZuccaJ,(1988).** Microbiologie Alimentaire Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments Tome 1. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris. 32p.
- **Bourlioux, P., Braesco, V., Mater, D. D. (2011).**Yaourts et autres laits fermentés. Cahiers de Nutrition et de Diététique. 46(6), 305-314.
- **Bousseboua,h, (2015) ,**biotech.dz Bulletin trimestriel d'information de l'ENSB.Directeur de publication ISSN 2392-5205 Numéro 3, p4
- **Bright, G, (1999).** Low-calorie sweeteners—from molecules to mass markets. World Rev. Nutr. Diet, 85, 3–9.
- **Brisabois A, Lafarge V, Brouillard A, de Buyser ML, Collette C, Garin-Bastuji B et ThorelMF, (1997)**Les germes pathogènes dans le lait et les produits laitiers: situation en France et en Europe. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 16 (1). pp: 452-471.

- **Caghanier B, (1998).** Moisissures des aliments peu hydratés collection Sciences et techniques agro-alimentaires. Lavoisier Tec et Doc. pp : 39
- **Cécile Hastoy,(2018)** , DOCTEUR DEL'UNIVERSITE DE BORDEAUX, Caractérisation de la variabilité phénotypique de ressources génétiques de *Stevia rebaudiana* (Bertoni) :analyse des composantes du rendement et critères de sélection en condition de production ,p41.
- **CERCAM.2014,** STEVIA Une plante d'avenir pour la filière sucrièreet la santé nutritionnelle au Maroc p3.
- **Chen, C., Zhao, S., Hao, G., Yu, H., Tian, H., & Zhao, G. (2017).** Role of lactic acid bacteria on the yogurt flavour: A review. *International Journal of Food Properties.* (20(1),316-330
- **Citta, A., Folda, A., Scalcon, V., Scutari, G., Bindoli, A., Bellamio, M., ... & Rigobello, M.P. (2017).** Oxidative changes in lipids, proteins, and antioxidants in yogurt during the shelflife. *Food science & nutrition.* 5(6), 1079-1087
- **Codex. Alimentarius. (2007).** Lait et produits laitiers. Organisation des nations Unines pour l'alimentation et l'agriculture (Viale delle Terme Di Caracalla. Italien) :258p.
- **Corvi A, (1997).** Evénement, le yaourt, les laits fermentent. Tech-doc. Sepiac. Paris P14-17.
- **Cuq JL, (2007).** Microbiologie Alimentaire. Edition Sciences et Techniques du Languedoc. Université de Montpellier. pp: 20-25
- **Das, K., Choudhary, R., & Thompson-Witrick, K. A. (2019).** Effects of new technology on the current manufacturing process of yogurt-to increase the overall marketability of yogurt. *Lwt.* 108, 69-80.
- **Dave R. I. et Shah N.P., (1998).** Ingredient supplementation effects on viability of probioticbacteria in yogurt. *Journal of Dairy Science,* 81, 2804–2816
- **Derby, (2001).** Lait, nutrition et santé, Edition : Tec et Doc, Lavoisier, Paris.556p
- **DGCCRF (Destinataire : Direction Générale de la Consommation de la Concurrence et de la Répression des Fraudes ,(2006)** ,p12-13.
- **di Monaco R, Miele NA, Cabisidan EK, Cavella S, (2018).**Strategies to reduce sugars in food. *Curr Opin Food Sci*19:92–97
[https:// doi.org/10.1016/J.COFS.2018.03.008](https://doi.org/10.1016/J.COFS.2018.03.008)
- **Eck A. (1975).** Le lait et l'industrie laitière : FeniXX.
- **Essalhi M, (2002).** Relation entre les systèmes de production bovine et les caractéristiques du lait Mémoire d'ingénieurs. Institut Agronomique et vétérinaire, Hasan II, Rabat .104p
- **FAO, 2007.** Lait et produits laitiers. Rome. 1ère édition. Pp. 14
- **Fasiha Ahsan*, Shahid Bashir and Faiz-ul-Hassan Shah,(2020),**diabetes et obesity journals , Nutritional and Medicinal Properties of *Stevia Rebaudiana* ,University Institute of Diet and Nutritional Sciences, The University of Lahore, Pakistan, Volume 13 Issue 2476-1435,13(4): 555867 . p48.
- **Fazilah, N. F., Ariff, A. B., Khayat, M. E., Rios-Solis, L., & Halim, M. (2018).** Influence of probiotics, prebiotics, synbiotics and bioactive phytochemicals on the formulation offunctional yogurt. *Journal of Functional Foods.* 48, 387-399
- **Fredot E. (2005).** Connaissance des aliments : bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique : Tec et Doc Lavoisier : 25(397 pages).
- **Gao, J., Brennan, M. A., Mason, S. L., & Brennan, C. (2017).** Effects of sugar substitution with “stevianna” on the sensory characteristics of muffins. *Journal of Food Quality,* 1, 1–11.
- **Gassi J-Y, Famelart M-H, Lopez C, (2008).** Heat treatment of cream affects the physicochemical properties of sweet buttermilk. 369-385 p

- **Gosta B. (1995).** Lait longue conservation, un manuel transformation de lait. Edition: SwedenParis P 215.
- **Guiraud J. et Galzy P. (1980).** Analyse microbiologique dans l'industrie agroalimentaire. Ed. Lusine nouvelle. pp 43-76.
- **Guiraud JP., (2003).** Microbiologie Alimentaire. Edition Dunod. Paris. pp : 136-139
- **Guyot P, (1992).** Les yaourts D.L.G. foods. Tec. P4-8-10-11
- **Haighton, L.; Roberts, A.;Walters, B.; Lynch, B,(2019).** Systematic review and evaluation of aspartame carcinogenicity bioassays using quality criteria. Regul. Toxicol. Pharmacol, 103, 332–344.
- **Hassan, Rabat, (2009)** Une nouvelle plante sucrée au Maroc Stevia rebaudiana Exigences, techniques culturales et potentialités ,Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime. - Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA), ISSN: 1114-0852 n°174 p1-2 , www.vulgarisation.net .
- **Hiroyuki, I,(1981).** Incidence of brain tumors in rats fed aspartame. Toxicol. Lett, 7, 433–437.
- **Isabella. Paola. Schiatti Siso, Somaris E, Quintana. Luis, Alberto. Garcia, Zapateiro. (2022),** Stevia (Stevia rebaudiana) as a common sugar substitute and its application in food matrices: an updated review, Food Sci Technol
- **Isabella Paola SchiattiSiso-Somaris E. Quintana • Luis Alberto Garcia Zapateiro, (2022),** Association of Food Scientists & Technologists (India), Stevia (Stevia rebaudiana) as a common sugar substitute and its application in food matrices: an updated review, <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05396-2>.
- **ISO1211, (2010).** 1211 (ČSN 570534) (2010): Milk–Determination of fat content-Gravimetric method (Reference method). European standard EN ISO 1211.
- **J.O n°14- 2015.**
- **J.O.R.A. n°69, (1993).** Arrêté interministériel du 29 Safar 1414 correspondant au 18 août 1993 relatif aux spécifications et à la représentation de certains laits de consommation. P. 16.
- **J.O.R.A. N°86 du 18 Novembre 1998 (Article 2 Page 22)** Arrêté interministériel du 16 jomada-ethania 1419 correspondant au 7 octobre 1998 relatif aux spécifications techniques des yaourts et aux modalités de leurs mises à la consommation.
- **Jaitak , v, Gupta , a.p., Kaul, v.k et Ahuja, p,s.(2008).**Validated high-performance thin-layer chromatography method forsteviol glycosides in Stevia rebaudiana. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis.47, 790-794.
- **JOURNAL officielle °36-2017.**
- **Kaur, R., Kaur, G., Mishra, S. K., Panwar, H., Mishra, K. K., & Brar, G. S.(2017).** Yogurt: A nature's wonder for mankind. International Journal of Fermented Foods. 6(1), 57 -69.
- **Keddar.F, Koubich. S, (2009).**Etude de l'effet antagoniste entre les deux bactéries du yaourt(Streptococcus thermophilus et Lactobacillus bulgaricus) et les germes pathogènes Escherichia coli et Staphylococcus aureus).
- **Khazina Amin, Senay Ozgen, and Zeliha Selamoglu, Ömer Halisdemir ,(2017),** University, Turkey, SM Journal of Medicinal Plant Studies ,Stevia Rebaudiana: A Potential Boon forHuman Health. Department of Plant Production and Technologies.
- **Labioui H, Elmoualdi L, Benzakour A, El yachioui M, Berny E et Ouhssine M (2009).** "Etude physicochimique et microbiologique de laitscrus." Bull. Soc. Pharm. Bordeaux 148: 7-16.
- **Leroy, (1965).** Le producteur du lait « guide du contrôle laitier et beurrier agrude.

- **Leyral, Guy, Vierling, Elisabeth, (2007).** Microbiologie et toxicologie des aliments : hygiène et sécurité alimentaires : Wolters Kluwer France.
- **Luquet FM. (1985).** Laits et produits laitiers ; vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits De la mamelle a la laiterie. Société Scientifique d'hygiène Alimentaire. Edition : Technologie et documentation- Lavoisier. Paris, 139p.
- **Luquet, F. M., Carrieu, G. (2005).** Bactéries lactiques et probiotiques. Collection sciences et techniques agroalimentaires, Ed lavoisier tec et Doc, Paris, Pp 307.
- **Luquet, F.M, (1990).** Les produits Laitiers Transformation et technologie. 2e édition lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Tech-doc Apria Lavoisier. P2-85-206
- **M. Angela A. Meireles, Gui-Min Wang, Zai-Bin Hao, Kasumi Shima Jaime A. Teixeira da Silva, (2006),** Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni): Futuristic View of the Sweeter Side of Life,p421.
- **Mahmoud el abed, 2015** all sweetener solutions, tunisie p10 www.sucre-abad.com
- **Marty-Teyssset, C. et Garel, J.R ,(2000).** Increased production of hydrogen peroxide by Lactobacillus Delbrueckiissp Bulgaricus up on aeration. In: Involvement. Applied environmental Microbiology, 66: 262-267
- **Maxime, VIDAL, (2011) :** Université de Lille 2, le mémoire de thèse de Pharmacie « Les extraits de Stevia rebaudiana Bertoni : nouveaux édulcorants d'origine naturelle. Document rédigé par l'APPA – décembre 2013
- **Mechtoun.A, (2014).** Essai de fabrication d'un yaourt natural aromatisé par un sirop de romarin.
- **Meydani, S. N., & Ha, W. K. (2000).** Immunologic effects of yogurt. The American journal of clinical nutrition.71(4), 861-872.
- **Monique CARNOEL BELTRAMO, Thiago DÓRONG, Juliano DE DEA LONDNER,(2018),** Sweeteners and swet taste enchancers in food industry Food science and technologie p181-187 SSN 1678-457X (Online) : <https://doi.org/10.1590/fst.31117>
- **Morin,(2015),** Thèse pour le Diplôme d'État de Docteur en Pharmaciele point sur les édulcorants à base de stevia ,université anges p14.
- **Nagaoka, S. (2019).** Yogurt production. In Lactic acid bacteria. Humana Press, New .York,NY. 45-54
- **Nakasaki K, Yanagisawa M, Kobayashi K ,(2008).** Microbiological quality of fermente de milk produced by repeated-batch culture. Journal of Bioscience and bioengineering, :105(101): 173, 176.
- **Narayana, NK, Govinda, G., Kumari, AV et Palliyaguru, (2022) ,** Effect of sugar replacement with stevia on quality of vanilla flavoured cow milk set yoghurt , University of Ruhuna, Mapalana, Kamburupitiya, 81100, Sri Lanka , Food Research 6 (5) : 174 – 182
<https://www.myfoodresearch.com>
- **Nongonierma, A.B., Springett, M., Le Quéré, J.L., Cayot, P., et Voilley A. (2006).** Flavour release at gas/matrix interfases of stirred yoghurt models. International Dairy Journal, 16,102-110.
- **Nyanzi, R., Jooste, P. J., & Buys, E. M,(2021).** Invited review: Probiotic yogurt qualitycriteria, regulatory framework, clinical evidence, and analytical aspects. Journal of DairyScience.104(1), 1-19). Paris- France: Pp16
- **Olivera M., Caric M., Bozanic R. et Tratnik L, (1996).** The influence of whey proteinconcentrates on the viscosity of yogurt, acidophilus and acidophilus yogurt. Mljekarstvo,46, 91-100

- **Oyama, Y.; Sakai, H.; Arata, T.; Okano, Y.; Akaike, N.; Sakai, K.; Noda, K.,(2002).** Cytotoxic effects of methanol, formaldehyde, and formate on dissociated rat thymocytes: A possibility of aspartame toxicity. *Cell Biol. Toxicol.* 18, 43–50.
- **Ozer, B.H., Robinson, R.K., Grandison, A.S., Bell A.E. (1998).** Gelation properties of milk concentrated by different techniques. *International Dairy Journal*, 8, 793-799.
- **Panahi, S., Doyon, C. Y., Després, J. P., Pérusse, L., Vohl, M. C., Drapeau, V., & Fernandez, M. A., Picard-Deland, É., Le Barz, M., Daniel, N., & Marette, A. (2017).** Yogurt and health. In *Fermented foods in health and disease prevention*. Academic Press. pp. 305-338
- **Perez P. F. and De Antoni G. L.1991** –Formate production by *Streptococcus thermophilus* cultures. *J.Dairy Sci.*, 74, (9): 2850 - 2854.
- **Priya, K., Gupta, V. R. M., & Srikanth, K. (2011).** Natural sweeteners: A complete review. *Journal of Pharmacy Research*, 4(7), 2034-2039.
- **Purwaningsih, I N Rosida, T F Djaafar, T Marwati, R Wikandari and E S Rahayu ,(2021)** Organoleptic, chemical, and microbiological characteristics of goat milk yogurt using *Lactobacillus plantarum* T14 and T35 with the addition of stevia sweetener , *Earth and Environmental Science*
- **Rabie BENYAHOUB (2019),** L'étiquetage et la traçabilité des quelques denrées alimentaires édulcorés , mémoires Master ,universités de Biskra commercialisées dans la commune de Biskra p4.
- **RanjanR., J. Jaiswal and Jitendra Jena,2011** , international journal of search in pharmacy and chemistry ,*STEVIA AS A Natural SWEETENER* ISSN: 2231–2781 p1200 ,www.ijrpc.com.
- **Rengassemy cynyha , (2015)** . thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie Université de poitiers La stévia (*Stevia rebaudiana*), sa place au sein des édulcorants et son avenir thérapeutique ,p56 .
- **Sanalibaba, P., &Çakmak, G. A. (2016).** Exopolysaccharides production by lactic acid bacteria. *Appl. Microbiol. Open Access.* 2(115), 10-4172
- **Savaiano, D. A., &Hutkins, R. W. (2021).** Yogurt, cultured fermented milk, and health: A
- **Scher J. (2003).** Rhéologie, texture et texturation des produits alimentaires. In *Technique de l'ingénieur, traité Agroalimentaire*, f3300. Pp 2-15
- **Schmidt, JL. Tourneur, C et Lenoir, J.(1994)** . Fonction et choix des bactéries lactiques en technologie laitière. In : De Roissart H et Luquet FM. *Bactéries lactiques* Tomes II. Edition : Loriga, Paris.
- **Serra M., Trujillo A.J., Guamis B. et Ferragut V. (2009).** Evaluation of physical properties during storage of set and stirred yogurts made from ultra-high pressure homogenization-treated milk. *Food Hydrocolloids.* 23, 82–91
- **Serra-Majem, L.; Raposo, A.; Aranceta-Bartrina, J.; Varela-Moreiras, G.; Logue, C.; Laviada, H.; Socolovsky, S.; Pérez-Rodrigo, C.; Aldrete-Velasco, J.A.; Meneses Sierra, E.; et al. (2018).**Ibero–American Consensus on Low- and No-Calorie Sweeteners: Safety, Nutritional Aspects and Benefits in Food and Beverages. *Nutrients*, 10, 818.
- **Shah N. P., (2003).** Yogurt: The product and its manufacture. In: *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*, Vol. 10, 2nd Edition (Caballero B, Trugo L. C. et Finglas P. M.),Academic Press, London, England
- **Shaifali Mathur, Neha Bulchandani, Suman Parihar and Gyan Singh Shekhawat, (2017).** Department of Botany, Centre of Advance Studies, Jai Narain Vyas University, 342005 Jodhpur, Rajasthan, India, *International Journal of Pharmacology Pharmacological, Toxicological and Therapeutic Aspects of High Potency ZeroCaloric Sweetener*, ISSN 1811-7775 p922.

- **Shakeel H-M, Zahoorl T, Iqbal Z, Ihsan H, Arif M. (2012).** Effect of storage on rheological and sensory characteristics of cow and buffalo milk yogurt. *Journal of Food Sciences*, 22 (3):61-70.
 - **Sodini, I. et Beal, C,(2012).** Fabrication des yaourts et laits fermentés. *Techniques de l'Ingénieur (F 6315 Paris- France) , Pp16*
 - **Swati Madan1, Sayeed Ahmad, G N Singh, Kanchan Kohli, Yatendra Kumar Raman Singh and Madhukar Garg,(2009),**Central Indian Pharmacopoeial Laboratory, Ministry of Health and Family welfare, Sector-23, Raj Nagar,Ghaziabad-201 002, Uttar Pradesh, India , *Stevia rebaudiana (Bert.) Bertoni A Review ,Indian Journal of Natural Products and Resources ,Vol. 1 (3), September 2010, pp. 267-286.*
 - *systematic review. Nutrition reviews. 79(5), 599-614*
 - **Tamime A. Y. et Robinson R. K., (1999).** *Yogurt science and technology, 2eme Edition Cambridge, Woodhead Publishing, England.*
 - **Tamime, Y A, Robinson, Kenneth R. (1999).** *Yoghurt: science and technology: Woodhead Publishing.*
 - **Thieulin G. Vuillaume R. (1967).** *Eléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait de produits laitiers et des œufs-revue générale des questions laitières 48 avenue, Président Wilson, Paris. pp. 71-73.*
 - **VIDAL Maxime, (2011) ,**« Les extraits de Stevia rebaudiana Bertoni : nouveaux édulcorants d'origine naturelle. » , mémoire de thèse de Pharmacie , Université de Lille 2, par APPA – décembre 2013
 - **Vierling E. (2003 a).** *Les corps gras. Aliments et boissons (Filières et produits). Ed. Doin, 3ème édition. Paris. p. 191- 192*
 - **Vignola Carole L. (2002).** *Science et technologie du lait transformation du lait.*
 - **Weerathilake, W. A. D. V., Rasika, D. M. D., Ruwanmali, J. K. U., & Munasinghe, M. A.D. D. (2014).** *The evolution, processing, varieties and health benefits of yogurt. International Journal of Scientific and Research Publications. 4(4), 1-10.*
- Xu Z.M., Emmanouelidou D.G., Raphaelides S.N. et Antoniou K.D. (2008).** Effects of heating temperature and fat content on the structure development of set yogurt. *Journal of Food Engineering. 85, 590-597*

-