



DEMOCRATIC AND POPULAR ALGERIAN REPUBLIC
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH
جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف
CHADLI BENDJEDID EL TARG UNIVERSITY
كلية علوم الطبيعة والحياة
FACULTY OF NATURE AND LIFE SCIENCES
قسم



Mémoire de Fin d'Études
Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master en
« Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité »

Thème

**Etude comparative de la qualité physicochimique,
microbiologique et organoleptique de trois flans
caramel (Soummam, Hodna et Edough).**

Présenté Par : **SAAD DJELLAL Oumaima**

Soutenue publiquement le : 14 /06/ 2026

devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Mme Bouanani S.	MCA	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Directeur de mémoire
Mme Bouchelaghem S.	Pr	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Examineur
Mme Mouissi S.	MCA	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Président

Année universitaire : 2025/2026

Remerciements

Tout d'abord, je remercie Dieu, grâce à Lui, de m'avoir donné la force, la volonté et le courage nécessaires pour mener à bien mes études.

Je tiens également à remercier ma superviseure **BOUANANI SAMIA** pour ses encouragements et ses conseils tout au long de la réalisation de ce projet.

Je tiens également à remercier tous les employés de la société Edough pour les informations qu'ils m'ont fournies et pour m'avoir permis d'utiliser les installations de la société.

Je tiens également à remercier le comité d'évaluation à **Pr.Bouchelaghem Sabrina** et **Dr. Mouissi Samia** pour avoir accepté d'évaluer ce projet.

Je remercie également tous les professeurs qui m'ont enseigné dans la section des sciences alimentaires.

Merci beaucoup à tous

Dédicaces

Je dédie ce travail à toutes les personnes qui m'ont soutenu dans mes études, ma famille, mes amis et surtout mon grand-père.

Merci à tous et que Dieu vous protège.

Oumaima

Résumé

Le flan est un dessert lacté très consommé en Algérie, apprécié pour sa valeur nutritionnelle et ses qualités sensorielles. Il est essentiel, pour le contrôle qualité et la santé publique, de garantir sa stabilité physico-chimique, sa sécurité microbiologique et son acceptabilité par les consommateurs. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'évolution des propriétés physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles d'un flan fabriqué par la laiterie Edough (Annaba) et de deux autres flans achetés sur le marché local (Soummam et Hodna). Les propriétés physico-chimiques des trois échantillons de flan ont été analysées, notamment l'acidité titrable, la matière sèche et la teneur en matières grasses, qui ont été déterminées. L'analyse microbiologique s'est concentrée sur la détection des entérobactéries, des staphylocoques coagulase-positifs et des germes aérobies totaux. L'évaluation sensorielle a été réalisée par un panel qui a évalué la couleur, la texture, l'arôme et le goût. L'analyse physico-chimique a révélé que l'acidité titrable, la matière sèche et la teneur en matières grasses de tous les échantillons se situaient dans les limites acceptables. De plus, les résultats microbiologiques ont montré l'absence d'entérobactéries, de staphylocoques coagulase-positifs et de bactéries aérobies dans tous les échantillons. L'évaluation sensorielle a révélé que le flan de Soummam était le plus apprécié en termes de couleur, de texture, d'arôme et de goût, suivi par ceux d'Edough et de Hodna. Au cours de notre étude, nous avons observé que la stabilité physico-chimique et microbiologique du flan est assurée par une surveillance continue des différentes étapes de production, ainsi que par le respect strict des normes de sécurité tout au long du processus de fabrication. Cependant, l'analyse sensorielle met en évidence une variabilité dans les préférences des consommateurs ; les trois flans ont été bien accueillis. Toutefois, le flan Soummam a été le plus apprécié par les membres du panel.

Mots-clés : Flan (Edough, Soummam et Hodna), Propriétés physico-chimiques, Analyse microbiologique, Propriétés sensorielles.

Abstract

Flan is a widely consumed dairy dessert in Algeria, appreciated for its nutritional value and Sensory qualities. Ensuring its physicochemical stability, microbiological safety, and Consumer acceptability is essential for quality control and public health. The aim of this study was to evaluate the changes in physicochemical, microbiological and sensory properties of a Flan manufactured within the Edough dairy (Annaba) and two other flan purchased from the Local market (Soummam and Hodna). Physicochemical properties of the three flan samples were analysed, including titratable acidity, dry matter, and fat content, which were Determined. Microbiological analysis focused on the detection of enterobacteria, coagulase-Positive staphylococci, and total aerobic germs. Sensory evaluation was conducted by a panel Assessing colour, texture, aroma, and taste. The physic-chemical analysis revealed that the titratable acidity, dry matter and fat content of all samples were within acceptable standards Limits. In addition the microbiological results showed the absence of Enterobacteriaceae, Coagulase-positive staphylococci, and aerobic bacteria in all samples. For the sensory Evaluation, it revealed that the Soummam flan was the most appreciated in terms of colour, Texture, aroma and taste, followed by Edough and Hodna. During our study, we observed that the physicochemical and microbiological stability of the flan is ensured through continuous Monitoring of the various stages of production, as well as strict adherence to safety standards throughout the production process. However, sensory analysis highlights variability in Consumer preference; all three flans were well received. However, the Soummam flan was the most appreciate by the panelists.

Keywords: Flan (Edough, Soummam and Hodna), physicochemical properties, Microbiological analysis, Sensory properties.

ملخص

الفلان هو حلوى ألبانية شائعة الاستهلاك في الجزائر، ويحظى بتقدير كبير بفضل قيمته الغذائية وخصائصه الحسية. ويعد ضمان استقراره الفيزيائي-الكيميائي وسلامته الميكروبيولوجية وقبوله لدى المستهلكين أمراً أساسياً لمراقبة الجودة والصحة العامة. وكان الهدف من هذه الدراسة هو تقييم التغيرات في الخصائص الفيزيائية-الكيميائية والميكروبيولوجية والحسية لفلان تم تصنيعه في مصنع إيدوغ للألبان (الأنابة) وفلانين آخرين تم شراؤهما من السوق المحلية (صومام وحضنة). تم تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينة الفلان الثلاث، بما في ذلك الحموضة القابلة للمعايرة والمواد الجافة ومحتوى الدهون، والتي تم تحديدها. ركز التحليل الميكروبيولوجي على الكشف عن البكتيريا المعوية والمكورات العنقودية الإيجابية للكواغولاز والجراثيم الهوائية الإجمالية. تم إجراء التقييم الحسي من قبل لجنة قامت بتقييم اللون والملس والرائحة والمذاق. أظهر التحليل الفيزيائي-الكيميائي أن الحموضة القابلة للمعايرة، والمادة الجافة، ومحتوى الدهون في جميع العينات كانت ضمن الحدود المعيارية المقبولة. بالإضافة إلى ذلك، أظهرت النتائج الميكروبيولوجية خلو جميع العينات من البكتيريا المعوية، والمكورات العنقودية إيجابية الكواغولاز، والبكتيريا الهوائية. أما بالنسبة للتقييم الحسي، فقد أظهر أن فطيرة الصومام كانت الأكثر تقديراً من حيث اللون والملس والرائحة والمذاق، تليها فطيرتا إيدوغ وحضنة. خلال دراستنا، لاحظنا أن الاستقرار الفيزيائي-الكيميائي والميكروبيولوجي للفطيرة يتم ضمانه من خلال المراقبة المستمرة لمختلف مراحل الإنتاج، فضلاً عن الالتزام الصارم بمعايير السلامة طوال عملية الإنتاج. ومع ذلك، يسلط التحليل الحسي الضوء على التباين في تفضيلات المستهلكين؛ فقد لاقت الفلان الثلاثة استحساناً. ومع ذلك، كان فلان صومام هو الأكثر تقديراً من قبل أعضاء لجنة التقييم.

الكلمات المفتاحية: فلان (إيدوغ، صومام، وحضنة)، الخصائص الفيزيائية الكيميائية، التحليل الميكروبيولوجي، الخصائص الحسية.

Liste des figures

N ° de figure	Titre	Page
Figure 1	Lait emprésuré aromatisé.	7
Figure 2	Dessert lacté sans œuf	8
Figure 3	Dessert lacté à base d'œufs.	9
Figure 4	Flan classique.	12
Figure 5	Flan philippin.	13
Figure 6	Flan mexicain au fromage.	13
Figure 7	Flan de Coco.	14
Figure 8	Digramme de fabrication du flan industriel.	16
Figure 9	Les trois échantillons des flans (Edough, Soummam et Hodna).	25
Figure 10	Procédé de fabrication de flan Edough.	26
Figure 11	Mélange des ingrédients.	28
Figure 12	La cuve de pasteurisation et cuisson du mélange.	28
Figure 13	Conditionnement du produit fini.	29
Figure 14	Stockage du produit fini dans la chambre froide.	30
Figure 15	Détermination de la densité du lait à l'aide d'un Lactodensimètre.	31
Figure 16	Mesure l'acidité du lait reconstitué	31
Figure 17	Mesure de la teneur en matière grasse du lait.	33
Figure 18	Mesure du pH des échantillons de flan.	33
Figure 19	Détermination du l'extrait sec des échantillons du flan.	34
Figure 20	Pesée des échantillons.	35
Figure 21	Préparation des dilutions.	35
Figure 22	Recherche des <i>staphylocoques à coagulase</i> .	36
Figure 23	Recherche des <i>enterobacteriaceae</i> .	37
Figure 24	Dénombrement de germes aérobies.	38
Figure 25	Valeur de pH des trois échantillons de flan.	41

Figure 26	Valeur de l'extrait Sec des trois échantillons de flan.	42
Figure 27	Profil sensoriel des trois flans.	44
Figure 28	Pourcentage des appréciations de la préférence globale des flans.	46

Liste de tableaux

N° Tableau	Titre	Page
Tableau 1	Composition chimique du flan caramel (pour une portion de 100g).	10
Tableau 2	Caractères organoleptiques de la crème dessert.	11
Tableau 3	Les constituants du flan Edough.	27
Tableau 4	Résultats des analyses physico-chimiques des trois échantillons du flan.	39
Tableau 5	Résultats des analyses microbiologiques des trois des échantillons du flan.	43

Liste des abréviations

°C: Degré Celsius.

°D : Degrés Dornic.

ES : Extrait sec.

EST : Extrait sec total.

FAO: Food and agriculture organization.

G: Gramme.

Mg: Milligramme.

G/L : Gramme par litre.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

MG : La teneur en matière grasse.

NAOH : Hydroxyde de sodium.

L : Litre.

PCA: Gélose Agar Plat-Count.

pH : Potentiel d'hydrogène.

UFC/ml : Unité formant colonies/millilitre.

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

Sommaire

Résumé.....	I
Abstract.....	II
III.....	ملخص
Liste des figures.....	IV
Liste des tableaux.....	VI
Liste des abréviations....	VII
Introduction générale.....	1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Lait.....	3
I.1.Produits laitiers.....	3
I.1.1.Dessert lactés.....	3
I.1.1.1.Historique.....	3
I.1.1.2.Définition	4
I.1.1.3. Qualité nutritionnelle.....	4
I.1.1.3.1.Apport en glucides	4
I.1.1.3.2.Apport en lipides.....	5
I.1.1.3.3.Apport en protéines.....	5
I.1.1.3.4.Apport minéral	5
I.1.1.3.5.Apport en vitamines.....	5
I.1.1.4.Additifs alimentaires dans les desserts lactés.....	5
I.1.1.4.1.Conservateurs.....	5
I.1.1.4.2.Stabilisants et épaississants	6
I.1.1.4.3.Émulsifiants.....	6
I.1.1.4.4.Colorants et arômes.....	6
I.1.1.4.5.Édulcorants.....	6
I.1.1.4.6.Pectine.....	6

I.1.1.4.7. Gélose modifié.....	7
I.1.1.6. Types des desserts lactés.....	7
I.1.1.6.1. Catégorie de desserts lactés frais	7
I.1.1.6.2. Catégorie des Desserts sans œufs.....	8
I.1.1.6.3. Catégorie des desserts à base d'œufs.....	8
II. Généralités sur flan.....	9
Définition du flan caramel.....	9
II.1. Composition chimique du flan.....	10
II.2. Caractéristiques nutritionnelles.....	10
II.2.1. glucides.....	10
II.2.2. protéines	11
II.2.3. Lipides.....	11
II.2.4. Calcium.....	11
II.2.5. Vitamines.....	11
II.3. Caractéristiques organoleptiques.....	11
II.4. Les types du flan.....	12
II.4.1. Crème caramel (flan classique)	12
II.4.2. Leche Flan (flan philippin)	12
II.4.3. Flan Napolitano (flan mexicain au fromage).....	13
II.4.4. Flan à la noix de coco (Flan de Coco)	13
II.4.5. Quesillo (flan vénézuélien)	13
II.5. Procédé de fabrication industrielle.....	14
II.5.1. Formulation et préparation des ingrédients.....	14
II.5.2. Mélange et homogénéisation.....	14
II.5.3. Cuisson et traitement thermique.....	14
II.5.4. Remplissage et dosage du caramel.....	14
II.5.5. Refroidissement.....	15
II.5.6. Emballage et scellage.....	15
III. Contrôle de la qualité du flan.....	17
III.1. Analyses physico-chimiques.....	17
III.1.1. pH.....	17
III.1.2. Teneur en eau.....	18
III.1.3. Matière sèche (Extrait sec total).....	18

III.1.4. Teneur en matières grasses.....	18
III.1.5. Viscosité.....	18
III.2. Contrôle microbiologique.....	18
III.2.1. Numération totale des bactéries vivantes (NTBV).....	19
III.2.2. <i>Escherichia coli</i> (<i>E.coli</i>).....	19
III.2.3. Levures et moisissures.....	19
III.2.4. Bactéries pathogènes.....	19
III.2.5. <i>Staphylococcus aureus</i>	20
III.2.6. Hygiène du stockage et du conditionnement.....	20
III.3. Analyses sensorielle (organoleptique).....	20
III.3.1. Couleur.....	20
III.3.2. Arôme.....	21
III.3.3. Goût et douceur.....	21
III.3.4. Texture et matité.....	21
III.3.5. Aspect.....	21
III.3.6. Acceptation globale.....	21
III.4. Contrôle qualité en cours de production.....	21
III.4.1. Température de cuisson.....	22
III.4.2. Temps de cuisson.....	22
III.4.3. Vitesse et durée du mélange.....	22
III.4.4. Contrôle du pH.....	22
III.4.5. Contrôle de la production.....	22
III.4.6. Hygiène du personnel et des équipements.....	23
III.4.7. Points critiques pour la maîtrise (CCP).....	23
III.4.8. Évaluation sensorielle en cours de fabrication.....	23

PARTIE EXPERIMENTALE

I. Matériel et méthodes.....	24
I.1 Matériel.....	24
I.2.a) Matériel biologiques.....	25
I.2.b) Appareillages et réactifs.....	25
2. Méthode	25
I.2.1 Procédé de fabrication du flan Edough	25

I.2.1.1.Réception des produits.....	27
I.2.1.2.Préparation du lait reconstitué.....	27
I.2.1.3.Mélange d'ingrédients.....	27
I.2.1.4.Malaxage.....	28
I.2.1.5.Pasteurisation et cuisson.....	28
I.2.1.6.Remplissage.....	29
I.2.1.7.Emballage.....	29
I.2.1.8.Stockage.....	29
I.3.Méthodes d'analyses de la qualité matière première (le lait) et le flan..	30
I.3.1.Les analyses physico-chimiques.....	30
I.3.1.1. Analyses physicochimiques de la matière première (lait).....	30
I.3.1.1. 1. Détermination la température et de la densité.....	30
I.3.1.1.2.Détermination d'acidité.....	31
I.3.1.1.3. Détermination de matières grasses.....	32
I.3.1.2. Les analyses physico chimiques du produit fini « flan ».....	33
I.3.1.2.1.Détermination du pH.....	33
I.3.1.2.2.Détermination de l'Extrait Sec (Matière sèche).....	34
I.3.2.Analyses microbiologiques.....	34
I.3.2.1.Préparation des échantillons.....	34
I.3.2.2.Préparation des dilutions.....	35
I.3.2.3. Recherche des <i>staphylocoques</i> à <i>coagulase</i>	36
I.3.2.4. Recherche et dénombrement des <i>enterobacteriaceae</i>	36
I.3.2.5.Recherche et dénombrement de germes aérobies.....	37
I.3.3 Analyse sensorielle.....	38
II. Résultats et discussions.....	39
II.1.Analyses physico-chimiques de matière première (lait) et produit fini « flan ».....	39
II.1.1. Les paramètre physicochimie du lait.....	39
II.1.1.1. densité.....	39
II.1.1.2.Acidité.....	40
II.1.1.3. Matières grasses.....	40
II.1.2. Produit fini « flan ».....	41
II.1.2.1.pH.....	41

II.1.2.2. Extrait Sec (matière sèche)	42
II.2. Analyse microbiologique.....	43
II.3. Analyse sensorielle.....	44
II.3.1. Couleur.....	44
II.3.2. Arôme.....	45
II.3.3. Le goût.....	45
II.3.4. Texture.....	45
II.3.5. viscosité.....	45
II.3.6. Préférence globale.....	46
Conclusion.....	47
Références bibliographiques.....	48
Annexes	51
Annexes I	51
Annexes II.....	54

Introduction

Au cours des dernières décennies, la production laitière mondiale a considérablement augmenté en raison de la croissance démographique, de la hausse des revenus et d'une demande accrue en aliments nutritifs. Selon des rapports internationaux, la production mondiale de lait a atteint environ 965 millions de tonnes en 2023, reflétant une augmentation continue de l'offre de produits laitiers à l'échelle mondiale. Cette croissance a favorisé le développement d'une large gamme de produits à base de lait, notamment les desserts laitiers transformés. Parmi ces produits, le flan est très apprécié pour sa texture onctueuse, son goût agréable et sa valeur nutritionnelle. Par conséquent, l'expansion de l'industrie laitière a contribué à l'augmentation de la production et de la consommation de flans et d'autres desserts à base de lait **(FAO, 2023)**.

Le flan est un dessert à base de produits laitiers qui joue un rôle important dans l'alimentation humaine en raison de la présence de lait et d'œufs dans sa composition. Ces ingrédients apportent des nutriments essentiels tels que des protéines de haute qualité, du calcium, des vitamines et des minéraux qui contribuent à la santé osseuse et au bon fonctionnement de l'organisme. De plus, le flan ce qui en fait un dessert très apprécié par toutes les tranches d'âge. Il constitue donc non seulement un dessert savoureux, mais aussi une source de nutriments précieux lorsqu'il est consommé dans le cadre d'une alimentation équilibrée **(FAO, 2013)**.

En Algérie, plusieurs entreprises agroalimentaires se consacrent à la production de desserts à base de produits laitiers, tels que le flan, afin de répondre à la demande croissante des consommateurs pour des produits pratiques et savoureux. Ces unités de production fabriquent différentes variétés de flan aux saveurs variées en recourant à des techniques de transformation industrielles et à des systèmes de contrôle qualité **(Fellows, 2017)**. Parmi ces unités de production figure l'usine EDOUGH située à Annaba, qui contribue à la fabrication et à la distribution de produits laitiers dans la région. Dans le cadre de notre formation universitaire, nous avons effectué un stage dans cette usine afin d'acquérir une compréhension approfondie de l'ensemble du processus de transformation du lait en flan. Cette formation a renforcé nos compétences pratiques et amélioré notre compréhension de l'importance de l'application des normes de qualité et de sécurité alimentaire dans la fabrication des desserts laitiers. Cela comprenait le contrôle la qualité physico-chimiques, microbiologiques et sensorielle du flan Edough au caramel et deux autres flans disponibles dans le commerce en

Introduction

Algérie (Soummam et Hodna). En outre, l'étude s'est concentrée sur l'évaluation de la qualité microbiologique et sensorielle de ces produits.

Partie bibliographique

(Généralités sur le flan)

I. Lait

Le lait est un liquide naturel riche en nutriments sécrété par les glandes mammaires des mammifères femelles pour nourrir leurs petits pendant les premières étapes de leur vie. Il est considéré comme un aliment complet car il contient une combinaison équilibrée de nutriments essentiels nécessaires à la croissance et au développement. Ces nutriments comprennent des protéines, des lipides, des glucides (principalement du lactose), des vitamines et des minéraux, en particulier du calcium et du phosphore. Le lait joue également un rôle important dans l'alimentation humaine, car il contribue au développement osseux, au soutien immunitaire et à l'équilibre nutritionnel global. Outre sa valeur nutritionnelle, le lait est largement utilisé comme matière première dans l'industrie alimentaire pour la production de divers produits laitiers tels que le fromage, le yaourt, le beurre, la crème et les desserts comme le flan (FAO, 2023).

I.1.Produits laitiers

Les produits laitiers sont des aliments obtenus à partir du lait, principalement de mammifères tels que les vaches, les chèvres ou les brebis, grâce à divers procédés de transformation. Ces produits comprennent le lait et ses dérivés tels que le fromage, le yaourt, le beurre, la crème et d'autres aliments à base de lait. Les produits laitiers sont des sources importantes de nutriments essentiels, notamment des protéines de haute qualité, des lipides, des vitamines (en particulier les vitamines A, D et B12) et des minéraux tels que le calcium et le phosphore, qui sont importants pour la santé osseuse et la nutrition en général.

Les produits laitiers sont largement consommés dans le monde entier et jouent un rôle important dans l'alimentation humaine. Ils sont fabriqués à partir du lait, auquel sont appliqués différents procédés technologiques tels que la fermentation, la coagulation, la pasteurisation et la concentration, afin d'améliorer sa conservation, son goût, sa texture et sa valeur nutritionnelle (FAO, 2023).

I.1.1.Dessert lactés

I.1.1.1.Historique

Les crèmes dites “dessert” sont apparues dans le commerce dans les années 1980. La multiplication des marques dénote une forte demande. À base de gélose lactée, caramélisée ou

chocolatée. Imitation des crèmes dessert pâtisseries, elles sont loin d'en avoir le raffinement et la valeur alimentaire. En 1970 la 1er saveur qui fut apparu est la crème dessert chocolat créée par Daniel Carasso fondateur de Danone et qui donna le nom de « Danette » à cette crème dessert, mais ne fut commercialisé qu'en France et en Belgique beaucoup plus, puis en 1978 deux nouvelles saveur voient le jour : caramel et vanille. C'est le début d'une longue liste qui s'allongera au fil des années.

En Algérie, C'est la crème renversée au caramel, dite crème dessert caramel, qui est la plus connue chez nous avant l'apparition des autres saveurs qui monopolisent les marchés aujourd'hui. Sa texture moelleuse, l'onctuosité si caractéristique à l'œuf coagulé, le goût du lait, l'arôme de la vanille et le parfum du jour (caramel, café) font de la crème dessert caramel un de ces desserts dont on redemande **(Benaïcha et Mahfoud, 2020)**.

I.1.1.2.Définition

Un dessert lacté est un dessert à base de lait, c'est-à-dire une préparation culinaire sucrée dont les ingrédients principaux sont le lait et/ou des produits laitiers. Ces desserts ont généralement une texture crémeuse ou onctueuse et sont prêts à être consommés après cuisson, refroidissement. Il s'agit par exemple des crèmes, des puddings, des flans, du riz au lait et d'autres desserts sucrés dans lesquels le lait joue un rôle central dans la recette **(Cambridge Dictionary, 2026)**.

I.1.1.3. Qualité nutritionnelle

La qualité nutritionnelle du dessert lacté repose sur la composition chimique de leurs composants essentiels : lait, amidon, édulcorants et matières grasses, qui leur confèrent une valeur nutritionnelle importante.

I.1.1.3.1.Apport en glucides

Les crèmes dessert contiennent une quantité considérable de glucides (25,8 %), principalement des polysaccharides et du lactose. Cette teneur élevée en glucides leur confère une valeur nutritionnelle importante et un apport énergétique élevé.

I.1.1.3.2. Apport en lipides

La matière grasse laitière anhydre (AMF) est la principale source de lipides. Elle contient la majorité des acides gras saturés, souvent impliqués dans le développement des maladies cardiovasculaires, mais reste l'une des graisses les plus faciles à digérer.

I.1.1.3.3. Apport en protéines

Les protéines présentes dans les crèmes dessert sont d'origine laitière. Le lait est riche en protéines et constitue un excellent complément à la plupart des protéines céréalières, soulignant l'avantage nutritionnel de la combinaison du lait et des céréales.

I.1.1.3.4. Apport minéral

La fraction minérale joue un rôle nutritionnel essentiel. Les crèmes dessert présentent un grand intérêt en raison de leur teneur élevée en calcium (provenant du lait) et en phosphore (provenant des matières grasses).

I.1.1.3.5. Apport en vitamines

Les vitamines proviennent principalement du lait en poudre, riche en vitamine A et en vitamines du groupe B (principalement B1, B2 et B12). Cependant, la teneur en vitamines des crèmes dessert diminue lors du traitement thermique (**Bouhaoya, 2013**).

I.1.1.4. Additifs alimentaires dans les desserts lactés

Les additifs alimentaires sont des substances ajoutées intentionnellement en petites quantités aux produits laitiers, y compris les desserts à base de lait, afin d'améliorer leur qualité, leur stabilité, leur texture, leur saveur et leur durée de conservation. Dans la transformation des produits laitiers, les additifs sont sélectionnés en fonction de la fonction souhaitée et du type de produit (**Codex Alimentarius Commission, 2019**). Les additifs alimentaires couramment utilisés dans les desserts laitiers et le flan comprennent :

I.1.1.4.1. Conservateurs

Ils contribuent à prolonger la durée de conservation en limitant la croissance microbienne (**Hamid et al, 2024**).

I.1.1.4.2. Stabilisants et épaississants

Aident à maintenir la consistance et à empêcher la séparation (**Hamid et al, 2024**). Tel que :

- **Carraghénane (E407)** : Agent gélifiant naturel extrait d'algues rouges. Utilisé pour épaissir et stabiliser la crème pâtissière, garantissant une texture onctueuse et crémeuse (**Matos, 2024**).
- **Gomme de caroube (E410)** : Agit comme stabilisant et épaississant dans le flan, empêchant la séparation des ingrédients pendant le stockage (**EFSA, 2026**).
- **Gomme de guar (E412)** : Ajoutée pour améliorer la viscosité et maintenir la consistance des flans industriels (**EFSA, 2026**).

I.1.1.4.3. Émulsifiants

Substances qui améliorent le mélange des phases grasseuse et aqueuse afin d'obtenir une texture onctueuse (**Hamid et al, 2024**).

I.1.1.4.4. Colorants et arômes

Utilisés pour améliorer l'attrait sensoriel (apparence et goût) (**Hamid et al, 2024**).

I.1.1.4.5. Édulcorants

Ajoutés pour contrôler le niveau de sérosité, ils peuvent inclure des sucres, des édulcorants naturels ou des édulcorants artificiels approuvés.

I.1.1.4.6. Pectine

Dans les systèmes laitiers, la pectine interagit avec les protéines du lait (en particulier la caséine) pour former des complexes protéine-polysaccharide, qui contribuent à la structure et à la stabilité du produit. Elle augmente la viscosité, améliore la texture et réduit la séparation des phases, ce qui donne un dessert plus onctueux et plus homogène. La pectine peut également améliorer la résistance du gel et les propriétés sensorielles telles que la fermeté et l'onctuosité. Sa fonctionnalité dépend de facteurs tels que le pH, la concentration en calcium et le degré d'estérification (**Sriamornsak, 2003**).

I.1.1.4.7. Gélose modifié

La gélose modifiée est un hydrocolloïde dérivé de l'agar-agar, un polysaccharide extrait d'algues rouges (Rhodophyta). Il est utilisé dans l'industrie alimentaire en raison de ses puissantes propriétés gélifiantes. Dans les desserts laitiers, l'agar modifié agit comme agent gélifiant, contribuant à la formation d'un réseau structuré qui retient l'eau et améliore la fermeté du produit. Il améliore la stabilité de la texture, réduit la synérèse (séparation de l'eau) et aide à maintenir la consistance des produits laitiers gélifiés pendant le stockage. Comparé à d'autres hydrocolloïdes, l'agar forme des gels thermoréversibles très résistants, ce qui le rend utile dans les desserts structurés, bien que son utilisation dans les systèmes laitiers soit moins courante que celle de la pectine ou de la carraghénane (Phillips & Williams, 2009).

I.1.1.6. Types des desserts lactés

Les desserts lactés sont consommés dans le monde entier et sont très appréciés, notamment en raison de leur grande variété de textures. Ils comprennent, entre autres, les desserts gélifiés (tels que les laits gélifiés et les flans), les desserts à la crème et les desserts aérés (mousses), qui se distinguent par les agents texturants utilisés, tels que les épaississants, les gélifiants et les émulsifiants. Il existe plusieurs types de desserts lactés, qui peuvent être classés en trois grands groupes : desserts lactés frais obtenus par la coagulation du lait, les desserts sans œufs et des desserts à base d'œufs (Benaïcha et Mahfoud, 2020).

I.1.1.6.1. Catégorie de desserts lactés frais obtenus par la coagulation du lait

Cette catégorie comprend les **laits dits emprésurés aromatisés** (laits entiers, demi-écrémés ou écrémés, pasteurisés ou stérilisés), dont la consistance est modifiée par l'action de la présure. Des arômes et du sucre sont ajoutés, et ils peuvent également contenir des ferments lactiques (Figure1) (Benaïcha et Mahfoud, 2020).



Figure 1 : Lait emprésuré aromatisé (<https://www.pexels.com>).

I.1.1.6.2. Catégorie des Desserts sans œufs

Cette catégorie comprend :

- **Les desserts gélifiés aromatisés (par exemple, les flans) :** préparés à partir de lait entier, demi-écrémé ou écrémé, pasteurisé ou stérilisé, avec ajout de sucre, d'épaississants et/ou d'agents gélifiants (jusqu'à 2 % du poids du produit fini), de lait en poudre et de colorants.
- **Desserts à la crème :** préparés à partir de lait entier, demi-écrémé ou écrémé, pasteurisé ou stérilisé, avec ajout d'édulcorants, d'épaississants, d'agents gélifiants et d'arômes, et parfois de crème (**Figure 2**).
- **Riz au lait :** le riz représente 8 % de la composition des desserts lactés traditionnels (5 % dans les autres types) et doit être cuit dans du lait pour être considéré comme un riz au lait traditionnel (**Benaicha et Mahfoud, 2020**).



Figure 2 : Dessert lacté sans œufs (<https://www.pexels.com>).

I.1.1.6.3. Catégorie des desserts à base d'œufs

Cette catégorie comprend :

- **Desserts aérés ou mousses :** Ces desserts sont élaborés à partir de lait mélangé à des édulcorants, des arômes, des œufs et de la crème. Leur texture légère caractéristique est obtenue grâce à l'utilisation d'agents texturants tels que des gélifiants et des épaississants, et parfois des agents moussants.
- **Puddings au riz (gâteaux au riz) :** ces produits sont principalement composés de riz et d'œufs. Le riz doit constituer au moins 10 % des produits traditionnels et 5 % des

autres types. Pour être considéré comme traditionnel, le riz doit être cuit directement dans le lait.

- **Puddings à la semoule (gâteaux à la semoule) :** ces desserts répondent aux mêmes exigences que les puddings au riz, mais la semoule est utilisée comme ingrédient céréalier principal. La teneur en semoule doit être d'au moins 7 % pour les produits traditionnels et de 5 % pour les autres variétés.
- **Crèmes au lait cuit au four (œufs au lait) :** dans ces desserts, les œufs doivent représenter au moins 15 % dans les formulations traditionnelles. Ils sont généralement cuits au four, et l'utilisation d'agents gélifiants n'est pas autorisée.
- **Flan aux œufs :** à l'instar des flans cuits au four, le lait reste l'ingrédient prédominant (au moins 50 %), tandis que les œufs doivent être présents à hauteur d'au moins 5 % (**Figure 3**) (Benaicha et Mahfoud, 2020).



Figure 3 : Dessert lacté à base d'œufs (<https://www.pexels.com>).

II. Généralités sur flan

Définition du flan caramel

Le flan est un dessert sucré à base d'un mélange d'œufs, de lait (ou de crème), de sucre et souvent de vanille, qui est cuit au four ou à la vapeur jusqu'à ce qu'il prenne, puis recouvert d'une couche de sauce au caramel. Il a une texture onctueuse et crémeuse et un riche goût de caramel. Il est populaire dans de nombreux pays, en particulier dans les cuisines d'Amérique latine et d'influence espagnole. Son nom et sa recette de base remontent à ses origines européennes, et il existe aujourd'hui de nombreuses variantes régionales (**Tung et Singh, 2019**).

II.1.Composition chimique du flan

Le flan est un dessert lacté préparé principalement à partir de lait, d'œufs et de sucre, qui fournissent des nutriments essentiels tels que des glucides, des protéines et des lipides. Sa composition nutritionnelle dépend des proportions de ces ingrédients utilisés dans la préparation. En plus des macronutriments, le flan contient également des minéraux importants tels que le calcium et le potassium provenant du lait et des œufs. Le tableau 1 présente la composition chimique (nutritionnelle) approximative du flan pour une portion de 100 g.

Tableau 1: Composition chimique du flan caramel (pour une portion de 100 g)

(<https://tools.myfooddata.com/nutrition-facts/168796/100g>).

Nutriments	Quantité pour 100 g (préparé avec du lait entier)
Calories	113 kcal
Matières grasses totales	3 g
Matières grasses saturées	1,8 g
Cholestérol	12 mg
Protéines	3 g
Glucides	18,7 g
Fer	0,06 mg
Potassium	160 mg
Sodium	112 mg

II.2.Caractéristiques nutritionnelles

II.2.1.glucides

Le flan contient une grande quantité de glucides provenant principalement du sucre ajouté et du lactose du lait, qui fournissent de l'énergie à l'organisme.

II.2.2. protéines

Il fournit des protéines provenant du lait et des œufs, qui contribuent à la formation de la structure de la crème et favorisent le maintien des tissus corporels.

II.2.3.Lipides

Le flan contient des lipides provenant principalement de la matière grasse du lait et du jaune d'œuf, qui améliorent la saveur et donnent au dessert sa texture onctueuse.

II.2.4.Calcium

Comme il est préparé avec du lait, le flan apporte du calcium, un minéral essentiel à la santé des os et des dents.

II.2.5.Vitamines

Le flan contient des vitamines telles que la vitamine A, la riboflavine (B2) et la vitamine B12, naturellement présentes dans les produits laitiers et les œufs. (USDA, 2024).

II.3.Caractéristiques organoleptiques

Les propriétés sensorielles désignent l'ensemble des caractéristiques d'un produit perceptibles par les sens. Elles comprennent l'aspect, l'arôme, le goût, la texture et la consistance, et déterminent la qualité sensorielle de la crème pâtissière. Le tableau 2 récapitule les principales propriétés sensorielles de la crème pâtissière (Benaicha et mahfoud, 2020).

Tableau 2: Caractères organoleptiques de la crème dessert (Benaicha et mahfoud, 2020).

Caractères organoleptiques	Description
Aspect	Un produit lisse et homogène, sans grumeaux.
Couleur	Du brun clair au brun foncé, selon le type de crème pâtissière.

Arôme	Arôme caractéristique de cacao cuit, de caramel ou de biscuit, selon le produit.
Texture	Liquide, crémeuse et onctueuse en bouche.
Goût	Chocolat au lait avec une légère amertume, caramel, ou chocolat au lait avec une douce note de biscuit.

II.4. Les types du flan

Il existe plusieurs variétés régionales de flan, notamment le crème caramel, le leche flan, le flan Napolitano, le flan à la noix de coco et le quesillo vénézuélien (<https://flavor365.com/flan-dessert-explained-from-history-to-your-kitchen/>).

II.4.1. Crème caramel (flan classique)

Le flan classique, également connu sous le nom de crème caramel, est une crème pâtissière onctueuse à base de lait, d'œufs, de sucre et de vanille, recouverte d'une couche de sauce caramel. La crème caramel est considérée comme la référence internationale en matière de desserts à base de flan (**Figure 4**).

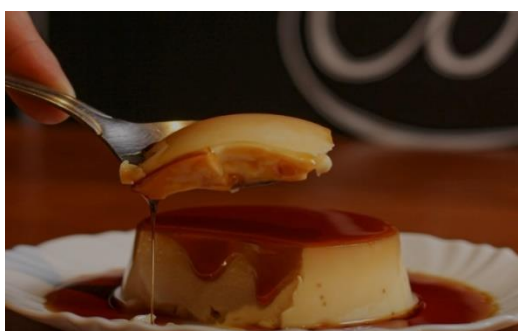


Figure 4 : Flan classique (<https://www.pexels.com>).

II.4.2. Leche Flan (flan philippin)

Le leche flan est une variante philippine préparée avec une plus grande proportion de jaunes d'œufs, de lait concentré sucré et de lait évaporé, ce qui lui confère une texture plus dense et plus riche que le flan classique (**Figure 5**).



Figure 5 : Flan philippin (<https://www.pexels.com>).

II.4.3. Flan Napolitano (flan mexicain au fromage)

Le Flan Napolitano est un flan à la mexicaine qui incorpore du fromage à la crème dans la Base de crème anglaise, ce qui lui donne une texture plus riche (**Figure 6**).



Figure 6: Flan mexicain au fromage (<https://www.pexels.com>).

II.4.4. Flan à la noix de coco (Flan de Coco)

Le flan à la noix de coco est populaire dans les régions tropicales et les Caraïbes, où du lait ou de la crème de noix de coco est ajoutée à la crème anglaise, ce qui lui donne une saveur tropicale unique.

II.4.5. Quesillo (flan vénézuélien)

Le quesillo est une version vénézuélienne du flan à base de lait, d'œufs et de lait concentré ; il a une texture légèrement plus ferme et est parfois recouvert d'un sirop de caramel (**Figure 7**).



Figure 7 : flan vénézuélien (<https://www.pexels.com>).

II.5.Procédé de fabrication industrielle

Dans la production industrielle le flan comprend plusieurs étapes:

II.5.1. Formulation et préparation des ingrédients

Dans la production industrielle, le flan est formulé à partir de lait ou d'une base laitière, de sucre, d'œufs (ou de substituts) et d'arômes. Les formulations industrielles peuvent inclure des stabilisants et des hydrocolloïdes afin d'obtenir une texture uniforme (Spena *et al*, 2025).

II.5.2. Mélange et homogénéisation

Tous les ingrédients sont pesés et mélangés dans des mélangeurs industriels afin d'obtenir un mélange homogène avant la cuisson. Les émulsifiants et les stabilisants améliorent la texture et la sensation en bouche (Spena *et al*, 2025).

II.5.3. Cuisson et traitement thermique

La crème est chauffée pour coaguler les protéines, gélifier le mélange et le pasteuriser. Les usines industrielles utilisent des échangeurs de chaleur continus ou des bouilloires chauffées à la vapeur pour une cuisson uniforme. Certains produits sont traités de manière aseptique pour assurer leur stabilité à la conservation (EP0209250A1, 1986 ; Spena *et al*, 2025).

II.5.4. Remplissage et dosage du caramel

La sauce caramel est versée dans des moules ou des coupelles, puis recouverte du mélange de crème anglaise. Des machines de dosage automatisées garantissent un portionnement régulier et un rendement de production élevé (Tamime & Robinson, 2000).

II.5.5. Refroidissement

Après le remplissage, les produits passent dans un tunnel de refroidissement afin que la crème prenne correctement. Le refroidissement contrôlé garantit une formation et une texture correctes du gel (**Tamime & Robinson, 2000**).

II.5.6. Emballage et scellage

Une fois pris, les produits sont scellés dans des conteneurs dans des conditions aseptiques ou réfrigérées, selon la formulation (**Tamime & Robinson, 2000**).

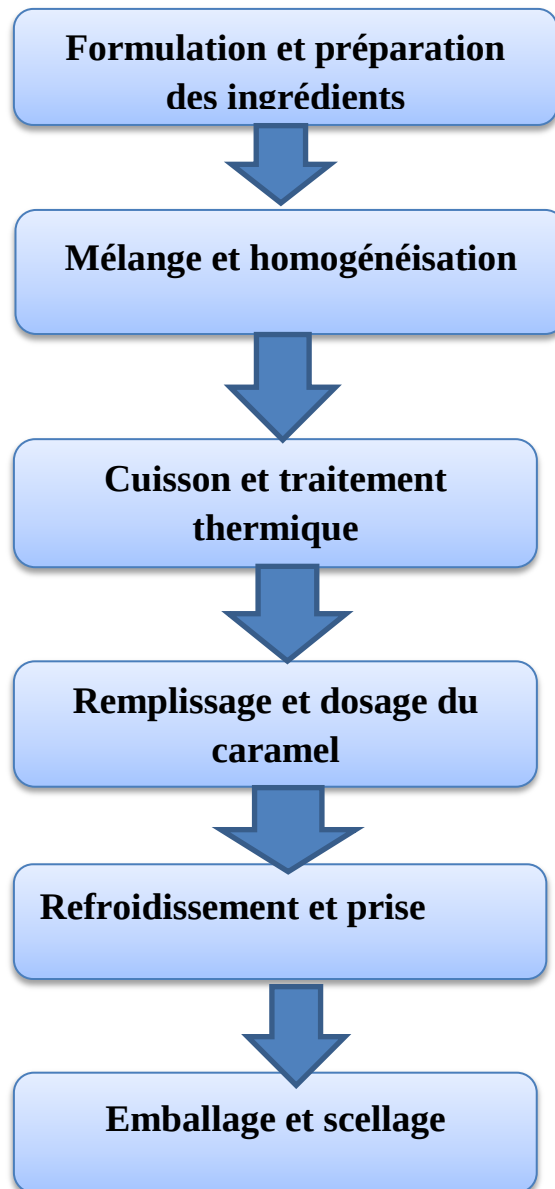


Figure 8: Diagramme de Fabrication du flan industriel.

III. Contrôle de la qualité du flan

Le contrôle qualité du flan englobe toutes les procédures appliquées lors de sa production afin de garantir que ce dessert lacté final réponde aux normes de sécurité alimentaire, de stabilité physico-chimique et d'acceptabilité organoleptique.

Le flan étant un produit laitier, il est très sensible à : la contamination microbienne, l'instabilité de sa texture et les modifications chimiques durant le stockage.

L'objectif principal est de garantir :

- ✓ La sécurité alimentaire pour les consommateurs
- ✓ La constance du produit
- ✓ La conformité à la réglementation alimentaire (**FAO, 2023**).

Le contrôle de qualité du flan effectue pendant **la matière première** (cette étape garantit la sécurité et la conformité de tous les ingrédients utilisés dans la production du flan aux normes en vigueur avant sa fabrication, Les principaux contrôles de matières premières portent sur : la fraîcheur et l'acidité du lait, l'absence d'antibiotiques dans le lait, la qualité du sucre et de l'amidon, la conformité des additifs à la réglementation et Les conditions de stockage (température et hygiène) (**Codex Alimentarius Commission, 2024**)).et **produit final** (le flan subit des contrôles finaux avant sa distribution. Les produits ne sont autorisés sur le marché que s'ils répondent à toutes les normes. Ces contrôles comprennent : analyse physico-chimique finale, analyse microbiologique, évaluation sensorielle finale, vérification de la sécurité et de la conformité de l'emballage aux normes (**Codex Alimentarius Commission, 2023**)).

III.1. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques déterminent les propriétés physiques et chimiques du flan. Ces propriétés influent directement sur sa texture, sa stabilité et sa durée de conservation. Elles garantissent également une qualité constante d'un lot de production à l'autre. Les principaux critères évalués sont :

III.1.1. pH

Le pH représente le niveau d'acidité du flan. Son ajustement est crucial car il influe sur la croissance microbienne et, par conséquent, sur la sécurité du produit. Le maintien d'un pH

adéquat contribue également à la stabilité physico-chimique du flan et aide à prévenir son altération pendant le stockage.

III.1.2. Teneur en eau

La teneur en eau correspond à la quantité d'eau libre et d'eau liée présente dans le produit. Elle influe considérablement sur la texture du flan, notamment sur son onctuosité et sa consistance. Elle joue également un rôle essentiel dans sa durée de conservation, car un taux d'humidité élevé peut favoriser la croissance microbienne et accélérer l'altération du produit.

III.1.3. Matière sèche (Extrait sec total)

La matière sèche comprend tous les composants du flan, à l'exception de l'eau, tels que les protéines, les sucres, les matières grasses et les minéraux. Elle constitue un indicateur important de la texture et de la fermeté du produit. En général, une teneur plus élevée en matière sèche confère une texture plus dense et plus ferme.

III.1.4. Teneur en matières grasses

La teneur en matières grasses contribue à la texture onctueuse et au toucher lisse du flan. Elle rehausse également sa saveur et augmente sa valeur nutritionnelle et énergétique. Un contrôle rigoureux de la teneur en matières grasses est essentiel pour garantir un équilibre des caractéristiques sensorielles et une qualité optimale du produit.

III.1.5. Viscosité

La viscosité désigne la résistance du flan à l'écoulement. Elle est étroitement liée à la structure du gel formé lors de sa fabrication. Ce critère est essentiel pour évaluer la consistance, l'homogénéité et la stabilité du produit final, garantissant ainsi une structure de gel lisse et uniforme (**ISO 22000:2018**).

III.2. Contrôle microbiologique

Le flan est un dessert à base de produits laitiers, caractérisé par sa forte teneur en eau et la présence de nutriments tels que les protéines de lait, les sucres et les matières grasses, créant ainsi un environnement idéal pour la prolifération microbienne. Par conséquent, les analyses microbiologiques constituent une étape cruciale de l'assurance qualité afin de garantir la sécurité du produit, de préserver sa durée de conservation et de prévenir les intoxications

alimentaires. Ces analyses sont réalisées pendant et après la production, conformément aux normes de sécurité alimentaire et aux réglementations d'hygiène. Les analyses microbiologiques du flan comprennent généralement les analyses suivantes :

III.2.1. Numération totale des bactéries vivantes (NTBV)

Cette analyse mesure le nombre total de micro-organismes aérobies présents dans le produit. Elle fournit une indication générale de la qualité microbiologique de la pâtisserie et de l'efficacité des pratiques d'hygiène lors de la fabrication, de la manipulation et du stockage.

III.2.2. *Escherichia coli* (*E.coli*)

La présence de bactéries *E. coli* est un indicateur d'hygiène et de conditions sanitaires adéquates en production. Elle peut révéler une contamination due à un nettoyage insuffisant, à de mauvaises pratiques de manipulation, à la contamination du matériel ou à des conditions de stockage inadéquates. Un nombre faible, voire nul, de bactéries *E. coli* témoigne de bonnes pratiques d'hygiène en production.

III.2.3. Levures et moisissures

Les levures et les moisissures sont des micro-organismes d'altération capables de se développer dans les produits laitiers pendant leur stockage. Leur prolifération peut entraîner des modifications indésirables, telles qu'une altération du goût, la formation de gaz, une décoloration, des défauts de texture et une réduction de la durée de conservation. La surveillance de ces micro-organismes contribue à préserver les qualités organoleptiques et commerciales de la tarte.

III.2.4. Bactéries pathogènes

Il est essentiel, pour la sécurité des consommateurs, de garantir l'absence de micro-organismes pathogènes dans les produits. Une attention particulière doit être portée aux points suivants :

- ❖ Les *salmonelles*, responsables d'infections à *Salmonella* pouvant entraîner de graves infections intestinales.
- ❖ *Listeria monocytogenes*, bactérie pathogène capable de survivre à des températures de réfrigération, responsable de la listériose et particulièrement dangereuse pour les femmes enceintes, les personnes âgées et les personnes immunodéprimées.

III.2.5. *Staphylococcus aureus*

Cette bactérie peut contaminer les aliments en raison d'une hygiène personnelle insuffisante lors de leur manipulation. Certaines souches sont capables de produire des toxines thermorésistantes responsables d'intoxications alimentaires.

III.2.6. Hygiène du stockage et du conditionnement

Une réfrigération adéquate, des conditions de conditionnement hygiéniques et une stérilisation rigoureuse des équipements de production sont essentielles pour minimiser la contamination microbienne et garantir la stabilité du produit pendant toute la durée de conservation.

Des analyses microbiologiques sont généralement réalisées selon des méthodes de laboratoire standardisées afin de vérifier la conformité aux réglementations en matière de sécurité alimentaire édictées par des organismes tels que l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA, 2024).

III.3. Analyses sensorielle (organoleptique)

L'analyse sensorielle, ou analyse organique, est une méthode importante pour évaluer la qualité du flan. Elle évalue les caractéristiques du produit par le biais des sens humains, notamment la vue, l'odorat, le goût et le toucher. Cette analyse joue un rôle essentiel dans l'acceptation du produit, la satisfaction du consommateur et la qualité globale du produit sur le marché. L'évaluation sensorielle est généralement réalisée par des évaluateurs formés ou par des consommateurs, selon les méthodes normalisées établies par l'Organisation internationale de normalisation (ISO, 2012). Plusieurs critères sensoriels sont évalués lors de l'analyse organique du flan :

III.3.1. Couleur

Le flan doit présenter une couleur uniforme, attrayante et caractéristique. Le flan au caramel est généralement d'un jaune crème avec un glaçage caramel brun doré. Toute décoloration, opacité ou présence de particules foncées peut indiquer de mauvaises conditions de fabrication ou une température de cuisson excessive.

III.3.2.Arôme

Le flan doit dégager un arôme frais et agréable, caractéristique du lait, de la vanille et du caramel. Il est essentiel qu'il soit exempt de toute odeur indésirable, telle qu'une odeur aigre, rance, de brûlé ou de fermentation, car ces défauts peuvent indiquer une altération microbienne ou une détérioration des ingrédients.

III.3.3.Goût et douceur

Un flan de qualité doit avoir une saveur sucrée équilibrée, ni trop sucrée ni trop amère. Il doit être onctueux, crémeux et délicieux, sans arrière-goût désagréable.

III.3.4.Texture

La texture est l'une des caractéristiques les plus importantes d'un flan de qualité. Elle doit être lisse, homogène, crémeuse et légèrement ferme. Elle ne doit présenter ni grumeaux, ni grains, ni fissures, ni rides, ni séparation de l'eau. Un flan idéal ne doit être ni trop ferme, ni trop caoutchouteux, ni trop liquide.

III.3.5.Aspect

L'extérieur de la tarte doit être brillant, ferme et visuellement attrayant. Sa surface doit rester intacte, sans bulles, fissures ni déformations, pendant le stockage et le service.

III.3.6.Acceptation globale

L'acceptation globale reflète la valeur accordée à un produit par les consommateurs après évaluation de l'ensemble de ses caractéristiques sensorielles. Ce critère est généralement mesuré à l'aide d'échelles de plaisir afin de déterminer les préférences des consommateurs et la qualité du produit.

L'analyse sensorielle est essentielle dans l'industrie laitière car elle aide les fabricants à détecter les défauts de qualité, à maintenir la constance du produit et à améliorer la satisfaction des consommateurs (ISO, 2012).

III.4. Contrôle qualité en cours de production

Le contrôle qualité lors de la production de flans est une étape cruciale pour garantir la sécurité, la consistance, le goût et la conformité aux normes de fabrication. Ce contrôle est

effectué en continu tout au long du processus de fabrication afin de détecter tout défaut ou écart avant la mise sur le marché du produit final. Plusieurs paramètres importants sont surveillés pendant la production, notamment :

III.4.1.Température de cuisson

La température de cuisson doit être contrôlée avec précision. Une chaleur excessive peut entraîner la coagulation des protéines, des brûlures ou des modifications indésirables de la texture, tandis qu'une cuisson insuffisante peut conduire à une mauvaise gélification et à une élimination incomplète des micro-organismes. Le maintien d'une température adéquate garantit une texture onctueuse et stable.

III.4.2.Temps de cuisson

Le temps de cuisson influe sur la texture, la viscosité et l'intégrité microbiologique du produit. Une cuisson excessive peut donner une texture dure ou caoutchouteuse, tandis qu'une cuisson insuffisante peut entraîner une gélification fragile et une durée de conservation réduite.

III.4.3.Vitesse et durée du mélange

Un mélange adéquat assure une répartition homogène des ingrédients tels que le lait, le sucre, l'amidon, les arômes et les stabilisants. Un mélange insuffisant peut provoquer des grumeaux, une séparation des ingrédients ou une texture irrégulière. Un mélange excessif peut introduire des bulles d'air indésirables dans le produit.

III.4.4.Contrôle du pH

Le contrôle du pH est important car l'acidité influe sur la stabilité des protéines, la saveur et la gélification. Des valeurs de pH anormales peuvent indiquer des erreurs de formulation ou une contamination microbienne.

III.4.5.Contrôle de la production

Le fabricant vérifie que le rendement du produit correspond à la quantité attendue de produit final. Cela permet de minimiser le gaspillage de matières premières et d'assurer une rentabilité optimale.

III.4.6. Hygiène du personnel et des équipements

Tous les équipements, ustensiles et surfaces de transformation doivent être soigneusement nettoyés et désinfectés afin de prévenir toute contamination microbienne et de garantir la sécurité alimentaire. De mauvaises conditions d'hygiène peuvent entraîner la détérioration du produit ou la présence de micro-organismes pathogènes.

III.4.7. Points critiques pour la maîtrise (CCP)

Les points critiques pour la maîtrise, identifiés par le système d'analyse des dangers et points critiques pour leur maîtrise (HACCP), font l'objet d'un suivi régulier. Ces points comprennent les conditions de pasteurisation, les températures de réfrigération, les conditions de stockage et les procédés de conditionnement, afin de minimiser les risques pour la sécurité alimentaire.

III.4.8. Évaluation sensorielle en cours de fabrication

Les opérateurs peuvent également évaluer l'aspect, la couleur, l'odeur et la texture du flan pendant sa production afin de détecter tout défaut au plus tôt.

Un contrôle qualité efficace en cours de fabrication contribue à garantir un flan sûr, stable et de haute qualité, conforme aux attentes des consommateurs et aux exigences réglementaires (FAO, 2022).

Partie expérimentale

I. Matériel et méthodes

L'objectif de notre travail consiste à :

- ✓ Le suivi des étapes du processus de la fabrication du flan au sein de la laiterie EDOUGH.
- ✓ Evaluation de la qualité de trois flans (Soummam, Hodna et Edough) réalisées au niveau du laboratoire d'autocontrôle de la laiterie Edough (Annaba) :
- ❑ Qualité physico chimique de matière primaire et produit fini (Température, Densité, Acidité, Matières grasses, pH et extrait sec).
- ❑ Qualité microbiologique (*Staphylocoques à coagulase*, *enterobacteriaceae* et germes aérobies).
- ❑ Qualité organoleptique par analyse de quelque attribut sensoriel

Le contrôle de la qualité doit vérifier la conformité des produits à des normes spécifiques. Ses objectifs principaux sont :

- ✓ Assurer une qualité hygiénique et commerciale optimale du produit fabriqué.
- ✓ Optimiser le rendement et renforcer l'image de l'unité.

I.1 Matériel

a) Matériel biologiques

Dans notre étude, nous avons utilisés le matériel biologique suivants :

-**Le lait** utilisé dans cette étude est du lait en poudre. Il constitue l'ingrédient principal du flan caramel, apportant protéines, lipides, sucres (principalement lactose) et minéraux essentiels, et contribue à la texture crémeuse et à la valeur nutritive du dessert.

- **Trois échantillons du flan caramel** (Soummam, Hodna et Edough) (**Figure 9**) achetées du commerce de la wilaya d'El Tarf. Les échantillons sont choisis d'une manière aléatoire (même mois de production).



Figure 9: Les trois échantillons des flans (Edough, Soummam, Hodna) (Saasd Djellal O, 2026).

b) Appareillages et réactifs : voir tableau en « Annexe 1 »

I.2.Méthodes

Dans cette étude, une approche expérimentale a été adoptée pour évaluer la qualité du flan. Ce travail s'appuie sur une stratégie globale visant à analyser le produit sous différents angles. La fabrication du flan caramel Edough à partir de lait en poudre. Elle comprend également les analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles ont ensuite été réalisées afin de déterminer ses caractéristiques et d'évaluer sa conformité aux normes de qualité. Chaque analyse a été menée à l'aide de méthodes appropriées et de protocoles bien établis, garantissant la fiabilité et la reproductibilité des résultats obtenus.

I.2.1 Procédé de fabrication du flan Edough

Le processus de fabrication correspond à l'ensemble des opérations technologiques organisées qui transforment les matières premières en un produit fini, tout en garantissant la qualité, la sécurité et la conformité réglementaire du produit obtenu (**figure 26**). Les étapes de fabrication du flan sont :

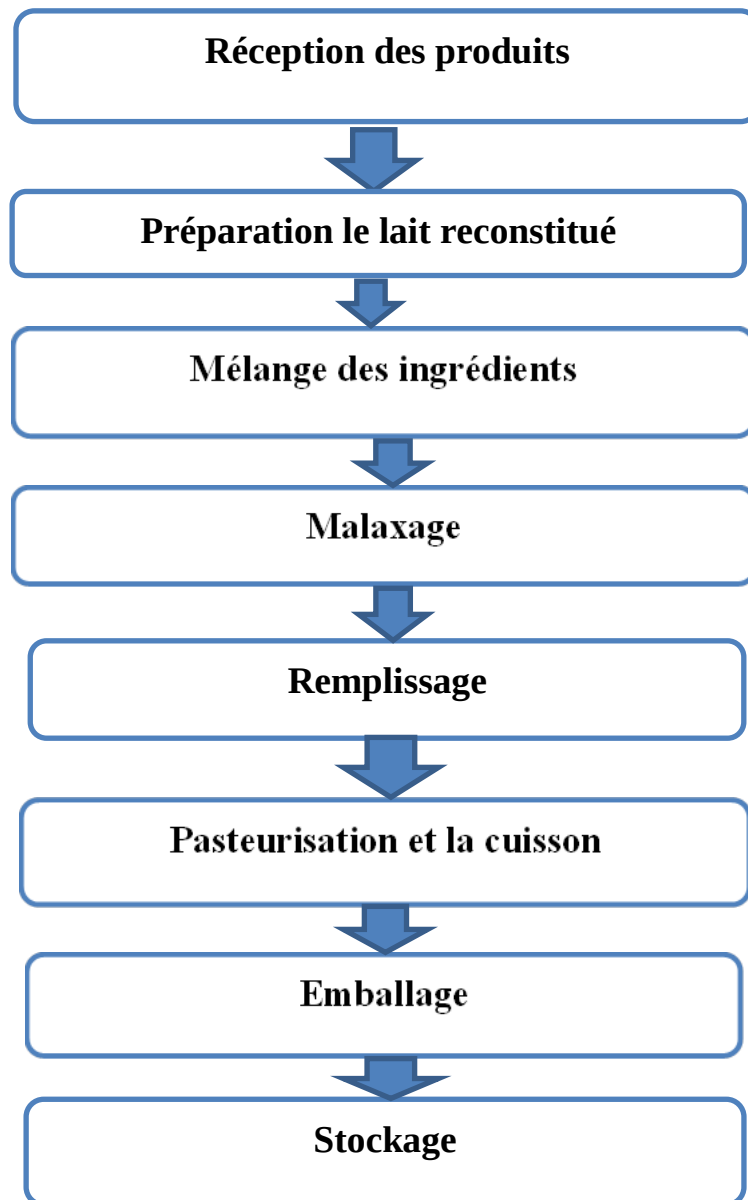


Figure 10 : Procédé de fabrication de flan Edough.

I.2.1.1. Réception des produits

La fabrication du flan commence par la réception de divers ingrédients tels que la poudre de lait, l'amidon, le sucre et les arômes. Ces produits sont ensuite stockés dans des zones et des chambres dédiées, dans des conditions de conservation optimales (température, humidité, etc.).

Les matières sèches, notamment l'amidon, le sucre et le lait en poudre, sont conservées dans des zones ventilées à température ambiante, tandis que le lait est stocké dans des cuves placées dans des chambres froides à une température de 4 °C.

I.2.1.2. Préparation du lait reconstitué

La société Edough a une capacité de production de flan d'environ 450 pots de 200 g par jour, ce qui nécessite environ 800 litres de lait. Le lait en poudre est placé dans des récipients et de l'eau tiède est ajoutée pour le dissoudre. Le lait est ensuite soumis à une analyse physico-chimique afin de garantir sa qualité sanitaire. Il s'agit d'un lait demi écrémé contenant 15 g de matières grasses.

I.2.1.3. Mélange d'ingrédients

Cette étape commence par l'ajout de lait reconstitué, qui contribue à une meilleure saveur et texture du flan. Viennent ensuite l'ajout d'amidon modifié, de sucre, d'arôme caramel et carraghénane (un gélifiant qui rend le flan crémeux, homogène et stable après refroidissement) (**tableau 3, figure 11**).

Tableau 3 : Les constituants du flan Edough. **Edough. 2025**

Les constituants	La quantité (g /l)
lait reconstitué	/
L' amidon modifié	36
Le sucre	100
Caramel	2
Carraghénane	/



Figure 11: Mélange des ingrédients (Saad Djellal, 2026)

I.2.1.4.Malaxage

Cette étape est très nécessaire pour assurer la qualité du flan final. Elle consiste à mélanger soigneusement tous les ingrédients mentionnés précédemment, en accordant une attention particulière au temps de mélange, d'environ 10 minutes. Ce temps permet d'éviter la formation de grumeaux, qui peuvent apparaître si l'amidon n'est pas complètement dissous dans le lait froid, et assure une texture lisse et homogène ainsi qu'un produit final à la consistance uniforme, répondant parfaitement aux attentes des consommateurs.

I.2.1.5.Pasteurisation et cuisson

La cuisson et la pasteurisation se déroulent simultanément, le mélange étant chauffé à 72 °C pendant 3 à 5 minutes (**figure 12**). Durant cette étape, la température est contrôlée avec précision à l'aide d'un thermomètre afin de garantir une cuisson homogène et une pasteurisation efficace. Cette phase est cruciale pour la cuisson optimale du flan et pour assurer son hygiène en éliminant les bactéries et micro-organismes potentiellement dangereux. Au terme de cette étape, le flan acquiert sa texture crémeuse caractéristique et est prêt à être mis en pots.



Figure 12 : La cuve de pasteurisation et cuisson du mélange (Saad Djellal, 2026)

I.2.1.6. Remplissage

Le mélange est acheminé par des tuyaux en fer stérilisés et maintenu à haute température jusqu'à la remplisseuse. Le flan est alors conditionné dans des pots en plastique de 200 g (**Figure 13**). Ces pots ne nécessitent aucune stérilisation préalable, la chaleur du mélange assurant une stérilisation automatique. À l'intérieur de la remplisseuse, des tubes à vapeur stérilisent l'ouverture des pots avant leur fermeture. Après remplissage et fermeture, les pots sont acheminés vers une machine d'étiquetage qui imprime la date de fabrication (F), la date limite de consommation (E) et le numéro de lot.



Figure 13: Conditionnement du produit fini (Saad Djellal, 2026)

I.2.1.7. Emballage

Les pots sont regroupés par lots de 12 et placés dans des cartons spécialement conçus. Ces cartons sont ensuite acheminés vers la machine d'emballage. À ce stade, les pots sont soigneusement emballés sous film plastique par un procédé thermique, assurant ainsi une protection optimale du produit. Cette étape permet de préserver l'intégrité du flan et d'éviter tout dommage mécanique lors de la manutention.

I.2.1.8. Stockage

Après la récolte, les pots sont soigneusement conservés en chambre froide à une température maintenue entre 4 et 5 °C. Cette mesure garantit une conservation optimale du produit jusqu'à son expédition au consommateur final. Le maintien des pots à cette basse température préserve la fraîcheur et la qualité du flan (**Figure 14**).



Figure14 : Stockage du produit fini dans la chambre froide (Saad Djellal, 2026)

I.3.Méthodes d’analyses de la qualité de la matière première (le lait) et le flan

I.3.1.Les analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques sont effectuées dans le but du contrôle de la qualité de la matière première produit fini : température, densité, acidité, pH, matières grasses, extrait sec.

I.3.1.1. Analyses physicochimiques de la matière première (lait)

I.3.1.1. 1. Détermination la température et de la densité

A) Principe

La température mesure le degré d'agitation des particules dans une substance. Pour la mesurer, il faut utiliser un thermomètre et la densité d'un liquide est le rapport entre la masse volumique de ce liquide et celle d'un même volume d'eau à 23° C.

B) Mode opératoire

Dans une éprouvette, on met 250ml de lait à analyser tout en évitant de former une mousse, puis on plonge le thermo-lactodensimètre avec précaution (**Figure 15**).Le calcul se fait par la formule suivante :

$$DT= D1+(T-20) \times 0,2$$

Où :

D1 : densité corrigée

DT: densité brute

T : température du lait



Figure 15: Détermination de la densité du lait à l'aide d'un Lactodensimètre (Saad Djellal, 2026)

I.3.1.1.2.Détermination de l'acidité

A) Principe

L'acidité du lait est basée sur la mesure de la quantité de base nécessaire pour neutraliser les acides naturels du lait, ce qui reflète son degré d'altération et son aptitude à la consommation.

B) Mode opératoire

Dans un bécher, on met 10ml de lait avec la pipette et on ajoute 2-3 gouttes de la solution phénophtaléine, puis titrer avec la solution d'hydroxyde de sodium (9 N) .On continue la trituration avec la solution de NaOH jusqu'au début du virage au rose (**Figure 16**).



Figure 16: Mesure l'acidité du lait reconstitué (Saad Djellal, 2026)

C) Expression des résultats

$$AT = V_b \times C_b = V_a \times C_a$$

$$Ca = (V_b \times C_b / V_a) \times 90$$

Où :

Vb: Volume de la base (NaOH).

Cb: la concentration de la solution NaOH (0.1N).

90: Le poids moléculaire de l'acide lactique.

I.3.1.1.3. Détermination de la teneur des matières grasses

A) Principe

Le principe de la méthode de **GERBER** est basé sur la séparation de la matière grasse du lait par centrifugation dans un butyromètre après attaque acide des éléments du lait, excepté la matière grasse. La séparation de cette dernière en une couche claire et transparente est favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool isométrique.

B) Mode opératoire

On introduit 10 ml d'acide sulfurique dans le butyromètre en évitant de mouiller le col. Ensuite, on ajoute successivement 11 ml de lait puis 1 ml d'alcool isoamylique, avant de boucher le butyromètre. Le mélange est agité soigneusement jusqu'à la disparition complète des caséines, qui coagulent sous l'action de l'acide. Sans phase de refroidissement, l'appareil est ensuite soumis à une centrifugation pendant 5 minutes à 1200 tours par minute (**Figure 17**).

A la sortie de la centrifugeuse, on obtient dans la partie graduée de butyromètre une colonne claire et transparente de matière grasse dont on lit la hauteur. La teneur de matière grasse du lait exprimée en gramme par litre, est égale à :

$$MG = N' - N$$

Avec :

- N' : la valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne.
- N : La valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne



Figure 17 : Mesure de la teneur en matière grasse du lait (Saad Djellal, 2026)

I.3.1.2. Les analyses physico chimiques du produit fini « flan »

I.3.1.2.1.Détermination du pH

A) Principe

Cette méthode décrit la mesure du pH s'applique aux échantillons. Son principe repose sur la mesure directe du pH.

B) Mode opératoire

L'opération consiste à introduire directement l'électrode déjà calibrée dans le produit fini, à régler le correcteur de température du pH-mètre sur celui du produit, et à lire directement la valeur de pH données sur l'échelle du galvanomètre.

C) Lecture

Lecture directe de la valeur pH sur le pH-mètre (**Figure 18**).



Figure 18 : Mesure du pH des échantillons de flan (Saad Djellal, 2026).

I.3.1.2.2.Détermination de l'Extrait Sec (Matière sèche)

A) Principe

Le principe de cette méthode repose sur l'élimination de l'eau d'un échantillon précis de flan par évaporation à 120 °C. La matière sèche ainsi obtenue est calculée et exprimée en pourcentage massique.

B) Mode opérateur

À l'aide d'une spatule, 2 g de chaque échantillon sont déposés sur une feuille d'aluminium, puis l'ensemble est placé dans le dessiccateur infrarouge pour évaporation pendant 15 à 20 minutes.

La lecture se fait directement par affichage sur l'écran du dessiccateur (**Figure 19**).



Figure 19: Détermination du l'extrait sec des échantillons du flan (Saad Djellal, 2026).

I.3.2.Analyses microbiologiques

Des analyses microbiologiques sont effectuées afin d'identifier :

- Les micro-organismes susceptibles d'affecter la qualité commerciale des aliments sans nécessairement être pathogènes,
- Les micro-organismes pouvant présenter un risque potentiel pour les consommateurs, tels que les staphylocoques à coagulase positive.

Ces analyses permettent d'évaluer la sécurité et la qualité hygiénique du produit.

I.3.2.1.Préparation des échantillons

À l'aide d'une spatule stérile, 1g de flan ont été pesé (**Figure 20**). On ajoute 90 ml d'eau distillée, ce mélange est bien agité afin d'obtenir une solution homogène. Des dilutions

Partie expérimentale

conformément au protocole expérimental ont été préparées pour les analyses microbiologiques suivantes (*staphylocoques* à *coagulase*, *enterobacteriaceae* et germes aérobies).



Figure 20: Pesée des échantillons (Saad Djellal, 2026).

I.3.2.2. Préparation des dilutions

-À température ambiante, prélever de manière aseptique 9 ml d'eau physiologique dans des tubes stériles.

-Première dilution (10^{-1}) : à l'aide d'une pipette stérile, transférer 1 ml de la solution initiale dans un tube contenant 9 ml de diluant (**Figure 21**).

-Dilutions suivantes (10^{-2} et 10^{-3}) : prélever 1 ml de la dilution précédente à l'aide d'une nouvelle pipette stérile et le transférer dans un autre tube contenant 9 ml de diluant.

-Répéter cette procédure séquentielle pour obtenir les dilutions requises, en utilisant une nouvelle pipette stérile à chaque étape afin de garantir la stérilité.



Figure 21 : Préparation des dilutions (Saad Djellal, 2026)

I.3.2.3. Recherche des *staphylocoques à coagulase*

I.3.2.3.1. Principe

La détection des staphylocoques à coagulase positive repose sur la capacité de ces bactéries, en particulier *Staphylococcus aureus*, à se développer sur la gélose Baird-Parker et à produire l'enzyme coagulase. Cette enzyme provoque la coagulation du plasma en transformant le fibrinogène en fibrine. Après incubation sur la gélose Baird-Parker, les colonies typiques sont comptées puis confirmées par le test de coagulase. La formation d'un caillot dans le plasma indique la présence de staphylocoques à coagulase positive.

I.3.2.3.2. Mode opératoire

Une quantité des dilutions décimales sont étalées sur de la gélose Baird-Parker, un milieu sélectif pour les staphylocoques (**Figure 22**).ensuite les plaques sont incubées à 37 °C pendant 24 heures.



Figure 22: Recherche des *staphylocoques à coagulase*. (Saad Djellal, 2026).

I.3.2.4. Recherche et dénombrement des *enterobacteriaceae*

I.3.2.4.1.Principe

Les entérobactéries sont détectées et comptées en cultivant des échantillons sur une gélose VRBL sélective, où des colonies typiques peuvent être observées.

I.3.2.4.2. Mode opératoire

A été inoculé les dilutions sur des plaques de gélose VRBL. Les plaques ont ensuite été incubées à 37 °C pendant 24 h.

I.3.2.4.3. Lecture

Après incubation sur la gélose VRBL, les colonies typiques sont observées pour leur couleur, leur forme (**Figure 23**). La charge bactérienne est ensuite calculée en UFC/g.

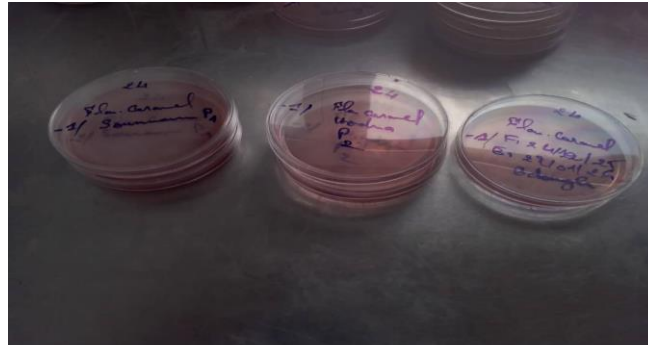


Figure 23: Recherche des *enterobacteriaceae*. (Saad Djellal, 2026).

I.3.2.5. Recherche et dénombrement de germes aérobies

I.3.2.5.1. Principe

Le principe de la recherche et du dénombrement des germes aérobies dans le flan repose sur le fait que ces micro-organismes ont besoin d'oxygène pour se développer. Des échantillons de flan sont placés sur une gélose PCA (Plate Count Agar), qui favorise la croissance d'un large éventail de bactéries aérobies. Après incubation dans des conditions aérobies, des colonies se développent à la surface de la gélose. Ces colonies sont ensuite observées, caractérisées et comptées afin de déterminer la charge microbienne, exprimée en unités formant colonie par gramme (UFC/g). Cette méthode permet d'estimer la population bactérienne aérobie totale dans le flan, ce qui est essentiel pour évaluer sa qualité microbiologique et sa sécurité.

I.3.2.5.2. Mode opératoire

Ensemencer les dilutions sur PCA (Plate Count Agar) à l'aide de la technique de l'étalement. Les plaques ont ensuite été incubées à 30°C pendant 48 h. Après incubation, les colonies ont été comptées (**Figure 24**).

I.3.2.5.3. Lecture

Les colonies sont comptées pour calculer la charge microbienne totale (CFU/g) (**Figure 20**).

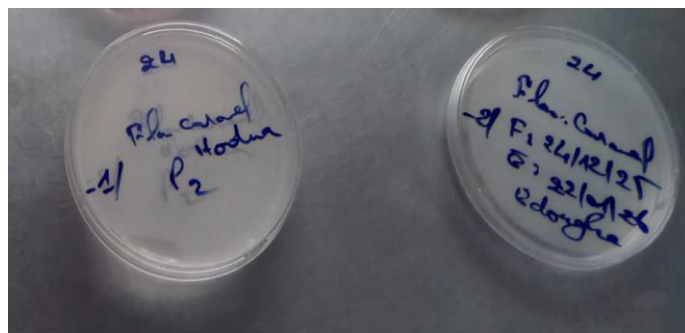


Figure 24 : Dénombrement de germes aérobies (Saad Djellal, 2026)

I.3.3 Analyse sensorielle

Pour évaluer les caractéristiques sensorielles des trois types de flans (Soummam, Hodna et Edough), nous avons utilisé un test hédonique, choisi pour identifier les préférences des consommateurs finaux. Ce test est simple à réaliser et relativement économique. Il permet également de mesurer le niveau d'appréciation des différentes préparations par les utilisateurs. Les trois échantillons ont été évalués simultanément et l'expérience a été menée en deux sessions distinctes. Le panel de dégustation était constitué de 20 participants (certains stagiaires et certains travailleurs).

Pour évaluer les qualités sensorielles des différentes de flan, nous avons utilisé des échelles d'intensité. Le test hédonique consiste à demander aux participants d'évaluer leur niveau d'appréciation de flan, en particulier celle d'Edough, sur une échelle.

Allant de 1 (je n'aime pas du tout) à 5 (j'aime). Les évaluations portent sur six descripteurs spécifiques : couleur, texture, goût, arôme, viscosité et préférence.

➤ **Les volontaires pour le test sensoriel doivent remplir certaines conditions préalables :**

- ✓ Être en bonne santé (ne pas être enrhumé ni suivre de traitement médical).
- ✓ Éviter d'utiliser des cosmétiques fortement parfumés.
- ✓ Ne pas fumer pendant au moins une à deux heures avant le test.
- ✓ Ne pas être trop rassasié ni trop affamé au moment de l'évaluation.
- ✓ Être calme, attentif et motivé pour participer au test.

II. Résultats et discussions

II.1. Analyses physico-chimiques de matière première (lait) et produit fini « flan »

II.1.1. Les paramètres physicochimie du lait

Les résultats des paramètres physico-chimiques analysés de trois échantillons du flan sont regroupés dans le tableau 04.

Les résultats attestent de la bonne qualité physique chimique des produits respectant ainsi les recommandations *Codex Alimentarius* de la préparation du flan. En général, les paramètres physico-chimiques analysés ont été conformes aux normes de l'industrie et CODEX ALIMENTARIUS, CODEX STAN 207-1999.

Tableau 4 : Résultats des analyses physico-chimiques des trois échantillons du flan.

Nom de produit	Acidité	Densité	Matière grasse	pH	Extrait sec
Lait reconstitué	18	1035	16	/	/
Edough	/	/	/	6,88	24,61
Soummam	/	/	/	6,68	26,52
Hodna	/	/	/	6,70	29,57
Normes Codex et industrie	16 -18 °D	1028-1034	15 g	6,50 – 6,90	26,77- 27,66

II.1.1.1. densité

Il est important de mesurer la densité du lait, car cela permet d'évaluer sa qualité et sa composition. La mesure de la densité peut révéler une éventuelle falsification, telle que l'ajout d'eau ou l'élimination de la crème. Elle fournit également des informations sur la teneur totale en matières solides du lait et est couramment utilisée comme paramètre de contrôle qualité rapide dans l'industrie laitière (FAO, 2011).

La densité de lait reconstitué est 1035. Cette valeur se situe dans l'intervalle de la norme **(CODEX ALIMENTARIUS, 1999)**. Ce résultat montre que la reconstitution de la poudre de lait a été réalisée correctement et que la composition du produit, notamment en matière sèche, en matières grasses et en eau, est équilibrée **(Walstra et al, 2006)**.

II.1.1.2. Acidité

Il est important de mesurer l'acidité du lait, car cela permet d'évaluer sa fraîcheur et sa qualité globale. Le niveau d'acidité reflète la quantité d'acide lactique formée par l'activité des bactéries lactiques lors de la fermentation du lactose. La mesure de l'acidité est couramment utilisée comme paramètre de contrôle qualité dans la transformation des produits laitiers et contribue à garantir la sécurité et la stabilité de ces derniers **(Walstra et al, 2006)**.

L'acidité de lait reconstitué est 18°D, Cette valeur se situe dans l'intervalle des normes **(CODEX ALIMENTARIUS, 1999)**. Ce résultat montre que le lait reconstitué présente une qualité physico-chimique satisfaisante, sans signe de fermentation excessive ni de détérioration **(Walstra et al, 2006)**.

II.1.1.3. Matières grasses

La mesure de la teneur en matière grasse du lait est essentielle pour évaluer sa valeur nutritionnelle et sa qualité globale. La matière grasse du lait est un composant important qui influence le goût, la texture et la valeur énergétique des produits laitiers. La détermination de la teneur en matière grasse contribue également à la normalisation du lait et des produits laitiers pendant la transformation et garantit le respect des normes de qualité dans l'industrie laitière **(Walstra et al, 2006)**.

La teneur en Matière grasse du lait reconstitué est 16 g. Cette valeur est conforme à la norme **(tableau 4)**. Ce résultat montre que le produit présente des caractéristiques nutritionnelles satisfaisantes **(Guetouache, 2014)**.

II.1.2. Produit fini « flan »

II.1.2.1.pH

Les valeurs du pH des trois échantillons sont présentées dans la figure 25.

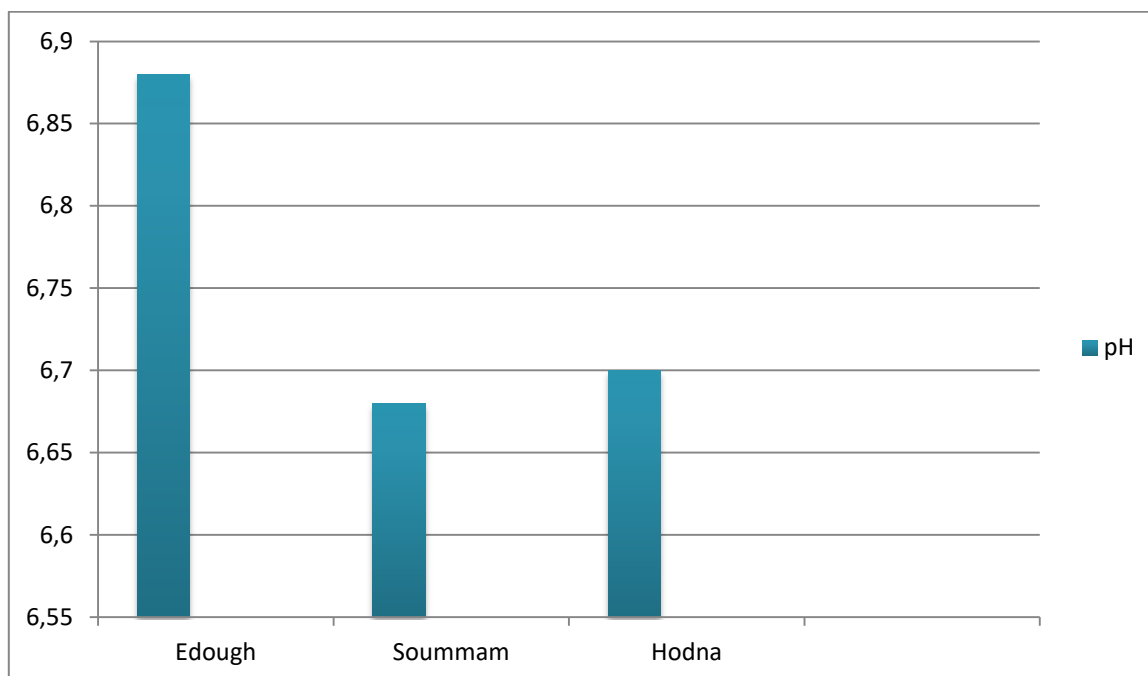


Figure 25: Valeurs de pH des trois échantillons de flan.

La mesure du pH des desserts lactés tels que le flan est essentielle pour le contrôle qualité, la sécurité alimentaire et la stabilité de la durée de conservation. Le niveau de pH influence la croissance microbienne et l'acidité, qui affectent directement la saveur, la texture et le risque de détérioration. Une surveillance régulière du pH pendant la transformation et le stockage aide les fabricants à détecter les changements indésirables et à garantir que le produit reste sûr et propre à la consommation (Aydogdu, *et al*, 2023).

Les valeurs du pH des produits Edough, Hodna et Soummam sont respectivement 6,88, 6,70 et 6,68. Ces valeurs se situent dans l'intervalle des normes (**tableau 4**), ce qui atteste de la bonne qualité des trois échantillons mais aussi de la stabilité du flan stockées aseptiques.

II.1.2.2. Extrait Sec (matière sèche)

Les valeurs de l'extrait Sec, des trois échantillons de flan sont présentées dans la figure 26.

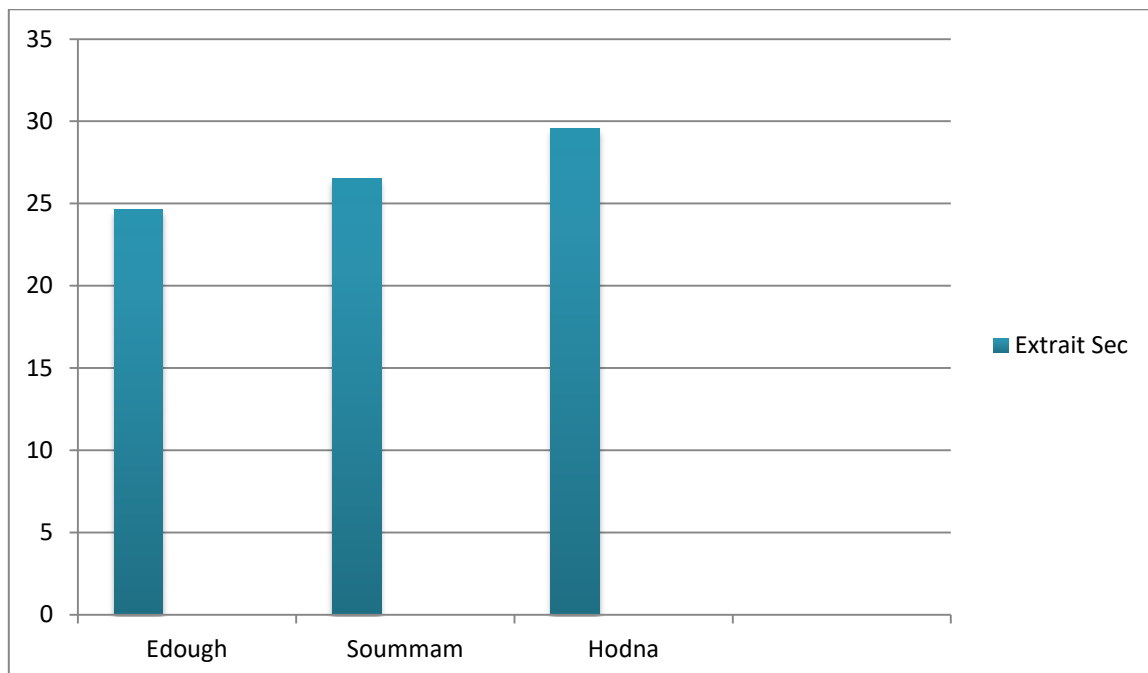


Figure 26: Valeurs de l'extrait Sec des trois échantillons de flan.

La mesure de l'extrait sec, ou teneur totale en solides, dans le flan est essentielle pour évaluer la qualité, la composition et la stabilité de conservation du produit. L'extrait sec représente tous les composants de l'aliment à l'exception de l'eau, tels que les protéines, les lipides, les sucres et les minéraux. Un taux d'extrait sec adéquat garantit une texture, une saveur et une valeur nutritionnelle constantes, et permet de détecter un excès d'humidité susceptible d'entraîner une altération microbienne ou de rendre les produits dangereux **(Nielsen, 2017)**.

Les résultats obtenus montrent que les teneurs en extrait sec des flans analysés varient entre 24,61 et 29,57 avec des valeurs respectives de 24,67 pour Edough, 26,34 pour Soummam et 29,56 pour Hodna. Ces valeurs s'inscrivent globalement dans les plages rapportées pour les desserts lactés gélifiés : La teneur en matière sèche des desserts lactés de type flan se situe généralement entre 25 et 40, en fonction de la formulation et de la texture recherchée. L'augmentation de l'extrait sec entraîne une augmentation significative de la fermeté et de la viscosité ce qui explique la consistance ferme observée pour le flan Hodna et Soummam. Enfin une teneur en matière sèche inférieure à 25 peut entraîner à une texture plus faible et un risque accru de synérèse (rejet d'eau) **(Walstra et al, 2006)**.

II.2. Analyse microbiologique

Les résultats des analyses microbiologiques (recherche des Enterobacteriaceae, des staphylocoques à coagulase, ainsi que des germes aérobies) réalisées sur les trois échantillons de flan commercial (Soummam, Hodna et Edough sont regroupés dans le **tableau 5**.

Tableau 5: Résultats des analyses microbiologiques des trois des échantillons du flan.

Nom de produit	Germes recherches	Résultats	Normes (JORA 2017)
Soummam	<i>Entérobacteriaceae</i>	0	10
	<i>Staphylocoques à coagulase</i>	0	10
	Germes aérobies	2×10^2	10^5
Hodna	<i>Entérobacteriaceae</i>	0	10
	<i>Staphylocoques à coagulase</i>	0	10
	Germes aérobies	14×10^2	10^5
Edough	<i>Entérobacteriaceae</i>	0	10
	<i>Staphylocoques à coagulase</i>	0	10
	Germes aérobies	0	10^5

Les résultats ont montré une absence totale d'entérobactéries dans tous les échantillons analysés (0 UFC/g), ce qui reflète le respect des normes d'hygiène tout au long du processus de fabrication, y compris la qualité des matières premières, la propreté des équipements et le contrôle de la contamination environnementale ou fécale.

De même, aucun *staphylocoque à coagulase* positive n'a été détecté dans les trois échantillons, ce qui indique l'absence de contamination due à la manipulation humaine ou à de mauvaises pratiques d'hygiène pendant la transformation et le conditionnement. Ces résultats démontrent le respect des bonnes pratiques d'hygiène (BPH).

En ce qui concerne les germes aérobies, les valeurs enregistrées sont restées faibles, avec 2×10^2 UFC/g pour l'échantillon de Soummam et 14×10^2 UFC/g pour l'échantillon de Hodna,

tandis qu'aucune croissance n'a été observée dans l'échantillon d'Edough. Ces valeurs sont bien inférieures à la limite maximale admissible fixée par la norme JORA 2017, qui est de 10^5 UFC/g.

Dans l'ensemble, les résultats indiquent que les échantillons de flan analysés sont conformes aux exigences microbiologiques réglementaires, présentent une qualité sanitaire satisfaisante et ne présentent pas de risque microbiologique pour les consommateurs (JORA, 2017).

II.3. Analyse sensorielle

Les scores moyens attribués aux caractéristiques sensorielles étudiées représentent les moyennes calculées à partir des évaluations fournies par les dégustateurs. Les résultats de l'analyse sensorielle des trois échantillons de flan sont résumés dans la figure 27.

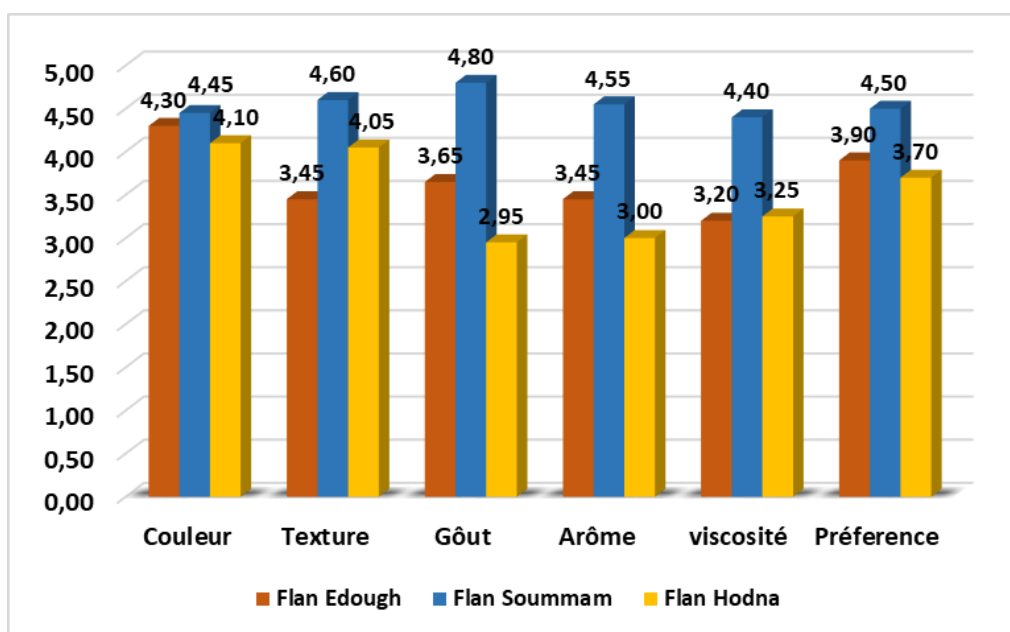


Figure 27: Profil sensoriel des trois flans (Saad Djellal, 2026).

II.3.1. Couleur

La couleur est la propriété visuelle perceptive correspondant chez l'être humain aux catégories appelées rouge, vert, bleu et autres, qui sont déterminées par la longueur d'onde de la lumière réfléchie, transmise ou émise par un objet. En science alimentaire, la couleur est un attribut qualitatif essentiel qui influence l'acceptation par le consommateur et sa perception de la fraîcheur et de la saveur (McGuire, 1992).

En termes de couleur, le flan Soummam qui a reçu le meilleur score, suivie d'Edough et enfin de Hodna. La couleur varie du jaune clair au jaune foncé, dû à la présence du jaune d'œuf et de la caramélisation du sucre lors du chauffage.

II.3.2. Arôme

Odeur caractéristique, généralement agréable, provenant d'aliments, de boissons, d'épices ou de plantes ; peut également désigner l'odeur caractéristique qui contribue à la perception du goût (**Cambridge University Press, 2026**).

En ce qui concerne les arômes, le flan Soummam a obtenu le score le plus élevé, suivi par Edough et on fin Hodna, vu que le flan Soummam a présenté un arôme caramel prononcé par rapport Hodna et Edough.

II.3.3. Le goût

Saveur d'un aliment ou capacité à reconnaître différents saveurs lorsque la nourriture ou la boisson touche la bouche ; il s'agit de l'un des principaux sens qui permet de percevoir les sensations sucrées, acides, amères, salées ou umami (**Cambridge University Press, 2026**).

Le flan Soummam a été le plus apprécié, suivi d'Edough, tandis que Hodna a présenté le score le plus bas. Le flan Soummam présenté un goût meilleure, avec goût sucré équilibré et agréable.

II.3.4. Texture

La texture désigne la qualité perçue de la surface ou le toucher d'un produit alimentaire, y compris des attributs tels que la douceur, le grain, la dureté ou la masticabilité, qui peuvent être perçus au toucher ou en bouche (**FAO, 2004**).

Le flan Soummam obtenue à nouveau le meilleur score, suivi de Hodna puis d'Edough, car le produit Soummam présenté une texture tendre et légèrement élastique.

II.3.5. viscosité

La viscosité est la mesure de la résistance d'un fluide à l'écoulement. Elle décrit l'épaisseur ou la fluidité d'un liquide et son comportement sous l'effet d'une force appliquée (**Bird et al, 2007**).

Partie expérimentale

Le flan Soummam a reçu le meilleur score, suivi de Hodna puis d'Edough. En effet, le produit Soummam a présenté une consistance plus ferme et plus cohérente, offrant une sensation plus agréable lors de la dégustation.

II.3.6. Préférence globale

En ce qui concerne la préférence globale, le flan Soummam (37%) a été la plus appréciée, suivie le flan carmel Edough (32%) et enfin Hodna (31%).

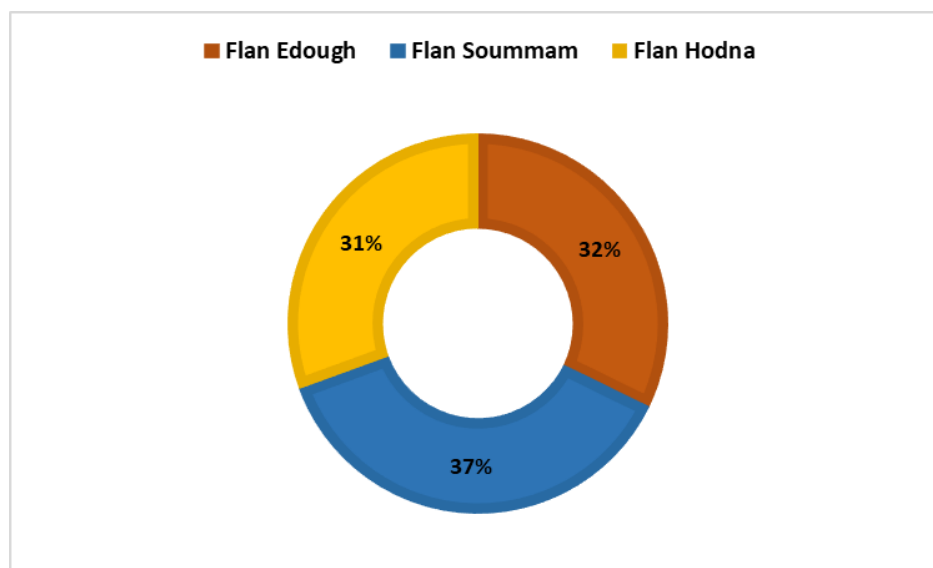


Figure 28: Pourcentage des appréciations de la préférence globale des flans (Saad Djellal, 2026).

Conclusion générale

Conclusion

Pour garantir aux consommateurs de flan de qualité optimale et sans danger pour la santé, il est nécessaire de contrôler régulièrement les matières premières et les produits finis, ainsi que de gérer rigoureusement le processus de fabrication. Notre formation chez Edough nous a permis de confirmer cette nécessité et d'approfondir nos connaissances, tant sur le plan théorique que pratique, en matière de contrôle de la qualité physique et chimique (température, densité, acidité, matières grasses, extrait sec et pH) et le contrôle de la qualité microbiologique (*Entérobacteriaceae*, *Staphylocoques à coagulase* et germes aérobies) ainsi que l'évaluation sensorielle de flan (Edough, Soumam, Hodna).

Les résultats obtenus au cours de cette recherche nous ont permis de tirer les conclusions suivantes:

- ✓ Les analyses physico-chimiques de trois flans (Soumam, Hodna et Edough) ont montré que leurs valeurs d'acidité, de densité, de teneur en matières grasses, d'extrait sec et de pH sont acceptables pour le flan propre à la consommation.
- ✓ Les analyses microbiologiques ont révélé l'absence totale *Entérobacteriaceae*, *Staphylocoques à coagulase*, Germes aérobies, confirmant qualité hygiénique des trois flans et indiquant qu'ils ne présentent aucun risque pour la santé des consommateurs.
- ✓ Les propriétés sensorielles étudiées (couleur, texture, goût, arôme et viscosité) ont été appréciées pour les trois flans. Cependant, le flan Soumam a été le plus apprécié.

Lors de notre formation, nous avons constaté que la stabilité physique, chimique et microbiologique du flan est assurée par un contrôle continu des différentes étapes de fabrication, ainsi que par le strict respect des normes d'hygiène et de sécurité tout au long de la production. Cette approche garantit la production de produits finis de haute qualité pour les consommateurs.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Aydogdu, A., Koca, N., & Özer, B., (2023). pH in dairy processing and its effects on quality and safety. Dairy, 4(3), 10pp.

Benaicha katia et mahfoud nadjat., (2020).Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique d'une crème dessert « flan nappée » au sein de la laiterie SARL RAMDY. Master académique université mira, bejaia. Spécialité Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire, 5-6 -7pp.

Bird, R. B., Stewart, W. E., & Lightfoot, E. N., (2007). Transport Phenomena (2nd ed.). John Wiley & Sons, 21-25 pp.

Bouhaoya khalid., (2013).Elaboration et contrôle de qualité d'une crème dessert lactée light. Master académique université saad dahlab, blida, Spécialité Nutrition et Contrôle des Aliments, 4 pp.

Cambridge Dictionary. (2026). In Cambridge French–English Dictionary. Consulté mars 12, 2026.

Cambridge University Press. (2026). In Cambridge English Dictionary. Consulté mars 12, 2026.

Codex Alimentarius Commission. (1999). « Norme pour les laits en poudre et la crème en poudre (CODEX STAN 207-1999). FAO/OMS »100pp.

Commission Codex Alimentarius., (2019). «Norme générale pour les additifs alimentaires (CODEX STAN 192-1995). FAO/OMS.»; 1pp.

Commission du Codex Alimentarius. (2023). «Norme générale pour l'étiquetage des denrées alimentaires préemballées (CODEX STAN 1-1985, révision 2023). FAO/OMS. » ; 5pp.

Commission du Codex Alimentarius. (2024). « Principes généraux d'hygiène alimentaire (CXC 1-1969). FAO/OMS. »; 5-15pp.

European Food Safety Authority. (2024). Microbiological risk assessment.50pp.

European Food Safety Authority. (2026). Food additives – stabilizers, thickeners, emulsifiers.5pp.

European Patent Office. (1986). Process for manufacturing industrial flan (European Patent No.EP0209250A1), 25pp.

Guetouache, M., Guessas, B., & Medjekal, S., (2014). Composition and nutritional value of raw milk. Issues in Biological Sciences and Pharmaceutical Research, 2(10), 115–122pp.

FAO., (2004). « Texture des aliments : Mesure et perception. Organisation des nations unies pour l'alimentation et agriculture. »; 1pp.

FAO., (2011). « Guide des bonnes pratiques d'élevage laitier .Organisation des nations unies pour l'alimentation et agriculture.»; 40pp

Référence bibliographique

FAO., (2013). « Le lait et les produits laitiers dans l'alimentation humaine. Organisation des nations unies pour l'alimentation et agriculture.»; 5-15pp.

FAO., (2022). « Gestion de la sécurité sanitaire des aliments. Organisation des nations unies pour l'alimentation et agriculture.» ; 1-5pp.

FAO., (2023). « Lait et produits laitiers. Organisation des nations unies pour l'alimentation et agriculture.»; 10pp.

FAO.,(2023). « Sécurité et qualité des aliments. Organisation des nations unies pour l'alimentation et agriculture. »; 2pp.

Fellows, P. J.,(2017). Food processing technology: Principles and practice. Wood head publishing, 1100pp.

Hamid, R. A., Sadallah, M. W., Lafy, R. F., & Saadi, A. M., (2024). Exploring the types of additives in dairy products: A review. International Academic Journal of Nutrition & Food Sciences, 2-3pp.

ISO. (2012). «Analyse sensorielle — Lignes directrices générales pour la sélection, la formation et le contrôle des évaluateurs sélectionnés (ISO 8586:2012). Organisation internationale de normalisation.»; 10-15pp.

ISO. (2018). «Systèmes de management de la sécurité des denrées alimentaires — Exigences pour tout organisme de la chaîne alimentaire (ISO 22000:2018). Organisation internationale de normalisation.»; 10pp.

JORA., (2017). Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire, N°39, du 2 juillet 2017, Arrêté interministériel du 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires, 11-32 pp.

McGuire, R. G., (1992).Reporting of objective color measurements. HortScience, 27(12), 1254–1255pp.

Nielsen, S. S., (2017). Food Analysis (5th ed.). Springer, 105pp.

Phillips, G. O., & Williams, P. A., (2009). Handbook of hydrocolloids (2nd ed.). Wood head publishing, 173-195 pp.

Spena, S. R., Rossi, F., & Martinez, L., (2025). The art of confectionery creams: Rheological insight across formulations. International Journal of Gastronomy and Food Science, 41pp.

Sriamornsak, P., (2003). Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: A review. Silpakorn University International Journal, 3(1–2), 206–214 pp.

U.S. Department of Agriculture (USDA). (2024). Food Data Central :Caramel custard (flan) nutrition data.

Tamime, A. Y., & Robinson, R. K., (2000). Dairy Science and Technology. Springer, 200pp.

Tung, M. A., & Singh, R. K., (2019). Custard desserts: composition, processing and textural properties. Journal of Food Science and Technology, 56(4), 12pp.

Référence bibliographique

Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J.,(2006). Dairy Science and Technology (2nd ed.). CRC Press, 720 pp.

Webographie:

<https://www.pexels.com>. Consulté le 14 / 04/ 2026

<https://tools.myfooddata.com/nutrition-facts/168796/100g>. Consulté 18/04/ 2026

<https://flavor365.com/flan-dessert-explained-from-history-to-your-kitchen/>. Consulté 12/03/ 2026

Annexes

Annexes

Annexes I : Appareillages et milieux de cultures

Tableau 01: Appareillages

Appareillages	Illustrations
Lactodensimètre	
pH mètre	
Centrifugeuse	
Butyromètre	
Etuve d'incubation 37°C, 44°C	

Annexes

	
Etuve d'incubation 37°C, 35°C	
Compteur de colonies numérique	

Annexes

Tableau 02: Milieux de cultures

Milieu de culture	Illustration
Gélose VRBL, gélose PCA et gélose Baird	 A photograph showing three glass bottles of culture media on a laboratory bench. The bottle on the left contains a red liquid, the middle one contains a dark red liquid, and the one on the right contains a yellow liquid. In the background, a digital scale and other lab equipment are visible.

**Annexes II : Journal officiel de la République algérienne N° 39
corresponde au 2 juillet 2017**

8 Chaoual 1438
2 juillet 2017

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 39

13

ANNEXE I

Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires

1- Lait et produits laitiers

Catégories des denrées alimentaires	Micro-organismes/ métabolites	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques (ufc (1)/g ou ufc/ml)	
		n	c	m	M
Lait cru	Germes aérobies à 30 °C	5	2	3.10 ⁵	3.10 ⁶
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ²	10 ³
	Coliformes thermotolérants	5	2	5.10 ²	5.10 ³
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 ml	
	Antibiotiques	1	—	Absence dans 1 ml	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100	
Lait pasteurisé et autres produits laitiers liquides pasteurisés	Germes aérobies à 30 °C	5	2	10 ⁴	10 ⁵
	Enterobacteriaceae	5	0	10	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 ml	
Lait UHT et lait stérilisé	Germes aérobies à 30 °C	5	0	10/0.1ml	
Lait en poudre et lactosérum en poudre	Enterobacteriaceae	5	2	10	10 ²
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10	10 ²
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
Fromages au lait cru	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 ⁴	10 ⁵
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ³	10 ⁴
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100	
Fromages à base de lait ayant subi un traitement thermique moins fort que la pasteurisation et fromages affinés à base de lait ou de lactosérum pasteurisés ou ayant subi un traitement thermique plus fort que la pasteurisation	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 ²	10 ³
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100	
Fromages à pâte molle non affinés (fromages frais) à base de lait ou de lactosérum pasteurisés ou ayant subi un traitement thermique plus fort que la pasteurisation	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 ²	10 ³
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10	10 ²
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100	
Crème au lait cru	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 ²	10 ³
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ³	10 ⁴
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100	

Une fiche d'évaluation sensorielle du flan

N° Jury :

Date :

Âge :

Sexe : Masculin ☐ Féminin ☐

Niveau d'étude ou profession :

Souffrez-vous de maladie : Oui ☐ Non ☐

Présentez-vous une allergie à l'un des composants du flan : Oui ☐ Non ☐

Consommez-vous du tabac : Oui ☐ Non ☐

Produit	Couleur	Texture	Goût	Arome	Viscosité	Préférence
Flan Edough						
Flan Soummam						
Flan Hodna						

L'échelle d'intensité des attributs étudiés (couleur – texture – goût – arôme – viscosité – préférence)

1 : N'aime pas du tout

2 : N'aime pas beaucoup

3 : un déferent

4 : Aime un peu

5 : Aime beaucoup