

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Alimentaires
Spécialité : Contrôle de qualité et analyse des aliments



Réf :

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

MASTER

Thème

**Suivi de la qualité physicochimique et bactériologique de la
préparation culinaire « LE MAITRE » pendant la DLC
(Tchin-Lait CANDIA)**

Présenté par :

YAHIAOUI MERIAMA & BABOUR Wafa

Soutenu le : 27/06/2024

Devant le jury composé de :

M. MOKRANI Abderrahmane	MCA	Président
Mme HAMRI-ZEGHICHI Sabrina	Prof	Encadrant
Mme FELLA Samira	MCA	Examineur

Année universitaire : 2023 / 2024

Remerciements

Nous exprimons notre profonde gratitude à ALLAH, le Clément et le Tout-Puissant, pour nous avoir accordé la patience, la force et le courage nécessaires à la réalisation de notre projet.

Nos sincères remerciements et notre reconnaissance infinie vont ensuite à :

Mr MOKRANI Abderrahmane, pour avoir accepté de présider le jury de notre soutenance de fin de cycle.

Mme FELLA Samira, pour avoir accepté d'évaluer notre travail avec rigueur.

Mme HAMRI-ZEGHICHI Sabrina, pour son encadrement, son soutien indéfectible et ses précieux conseils qui nous ont guidés vers l'excellence.

Mr BERKATI Faouzi, PDG de l'entreprise Tchén-lait/CANDIA, pour nous avoir ouvert les portes de son entreprise et mis à disposition les moyens nécessaires à la réalisation de notre étude.

Mr BOUCHENNOUA Farouk, pour son encadrement au sein de Tchén-lait/CANDIA, ses conseils avisés, son expertise pointue, ses encouragements et ses enseignements qui ont grandement contribué à la qualité de ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers l'ensemble des responsables et personnels de laboratoires qui ont contribué à la réalisation de ce travail. Leur disponibilité sans faille, leur coopération précieuse et leurs retours constructifs ont été essentiels à l'amélioration de notre mémoire. Nous remercions tout particulièrement :

Mme BRAHMI, M. RABHI NAIME, Mlle AMRANE LINA, Mlle ZIANI LEILA, M. IKHLEF KHERAZ, M. MEKHNACH ZAHIR, M. DJERMOUNI FARES, M. OUHENDI LAAZIZ, M. LYES HITOUCH, Mme BOUDERGI RADIA, Mme CHERFI NASSIMA, M. MOULOUD BELKACI, M. YACINE ZEGMOUT.

Ainsi que tous les autres membres du personnel qui nous ont apporté leur aide et leur expertise tout au long de ce projet. Votre soutien a été inestimable.

Enfin, nos remerciements les plus chaleureux vont à nos familles et amis pour leur soutien moral indéfectible tout au long de ce projet.

Dédicaces

À **moi-même**, source intarissable de persévérance et de confiance, dont l'ardeur au travail a permis l'aboutissement de ce mémoire, fruit de mes efforts soutenus.

À **mon père « YAHIAOUI ABDENASSER »**, pilier indéfectible, ta sagesse et tes encouragements ont été des phares guidant mes pas durant ce parcours académique. Ton amour et tes conseils avisés ont été une lumière constante.

À **ma mère « BELIYALI DJEMARA »**, ancre solide et rassurante, ton dévouement et ton amour inconditionnel ont été un refuge dans les moments d'incertitude. Du fond du cœur, merci maman.

À **mes grands-parents**, dont les bénédictions, l'affection et les valeurs transmises imprègnent chaque fibre de mon être. Votre présence résonne en moi comme un écho sacré.

À **mes frères et sœurs**, Yakoub, Nour El Houda, Amrane et Youcef, complices de tous les instants. Votre humour fraternel, votre complicité et votre affection sont des trésors inestimables. Vous êtes mon havre de paix, ma forteresse.

À **mes amies intimes**, Nadia et Wafa, nos fous rires, nos confidences et nos moments partagés ont tissé des liens indéfectibles. Votre présence est une source de joie perpétuelle.

À **mes amis de la résidence universitaire**, Kenza, Lydia, Sara, Maria, Assma, Souheyla, Aziza, Thiziri, ainsi qu'à mes chères voisines les 2 Amina, ces années resteront à jamais gravées dans ma mémoire. Souvenirs, découvertes, nuits blanches et amitiés sincères, autant de pierres précieuses ornant le chemin parcouru.

Que cette dédicace soit le reflet de ma profonde reconnaissance envers vous tous, artisans de la personne que je suis devenue. Merci du fond du cœur.

MERIAMA



Dédicaces

À l'aide de DIEU, le Tout-Puissant, ce travail est achevé

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A mes parents pour leurs patiences, leurs sacrifices, leurs tendresses, dévouement et intérêt constant envers ma réussite académique. Aucun hommage ne pourra être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leurs procure bonne santé et longue vie.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect :
mon cher père « **Babour houcin** »

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : chère maman

A mes très chères sœurs Nawel, Nadjima ,Nassima, Wardia, Amel , qui n'ont cessé de me conseiller , encourager et soutenir tout au long de mes études .que dieu les protège et leur offre la chance et le bonheur

A mes très chers frères Bobkeur , Idris ,Sedik. je leurs remercie d'être les plus merveilleux des frères que la vie puisse offrir

A mes adorables neveux et nièces

A tous mes très chers amis, avec une mention spéciale pour Meriem et Nadia, Kenza, Sarah, Thiziri, Maria, Asma, Souhila, Leurs conseils précieux et leur présence réconfortante ont rendu ce parcours plus agréable et enrichissant.

A toute la promotion **CQAA 2019-2024**, la meilleure promo !



Table des matières

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	1

Partie Bibliographique

I. Généralités sur le lait et les crèmes lactiques et végétales	3
1. Définition de lait.....	3
2. Composition de lait	3
3. Définition de la crème lactique	4
4. Définition de la crème végétale.....	4
5. Composition de la crème végétale.....	5
6. Classification des crèmes végétales	5
7. Propriétés physicochimiques et microbiologique	7
II. La préparation culinaire	8
1. Définition de la préparation culinaire.....	8
2. Composition	9
3. Système de chauffage indirecte (échangeurs tubulaires)	9
4. Matières premières utilisées.....	9
4.1. Eau de process.....	9
4.2. Poudre de lait	10
4.3. Matière grasse végétale (huile de coco).....	10
5. Avantages et inconvénients de la stérilisation UHT	10
III. Méthodes de vérification de la stérilité de la préparation culinaire	11
1. Méthode classique	11
1.1. Principe	11
1.2. Avantages et inconvénients.....	12
2. Cytométrie en flux.....	13
2.1. Principe de fonctionnement	13
IV. Processus technologique de la préparation culinaire	14

Partie Expérimentale

Matériel et méthodes	15
1. Echantillonnage	15
1.1. Poudre de lait 0% et 26 %	15

1.2.	L'eau de processus	16
1.3.	Produit semi fini.....	16
1.4.	Produit fini	16
2.	Analyse physicochimique	16
2.1.	Analyse physicochimique de la matière première	16
2.2.	Analyse de matière grasse végétale	25
3.	Test de stabilité physicochimique du produit fini	28
4.	Analyse bactériologique	29
4.1.	Analyse bactériologique des matières premières	29
4.2.	Analyse bactériologique du produit fini par deux méthodes	34
5.	Test de stabilité bactériologique.....	37
	Résultats et discussion.....	38
1.	Analyses physico-chimiques des matières premières	38
1.1.	La poudre de lait	38
2.	Analyses physico-chimiques de la préparation culinaire à l'état semi fini et fini.....	46
2.1.	Evaluation des paramètres physicochimiques de produit fini.....	46
3.	Test de stabilité Physico-chimique.....	49
4.	Résultats d'analyse bactériologique des matières premières	50
4.1.	Poudre de lait 0% et 26%	50
4.2.	Matière grasse végétale.....	51
4.3.	Eau de process.....	52
5.	Résultats d'analyse bactériologique de produit finis.....	53
5.1.	Méthode classique	53
5.2.	Par la cytométrie	54
6.	Résultats de test de stabilité bactériologique.....	57
	Conclusion.....	60
	Références bibliographiques	
	Annexe	
	Résumé	

Liste des abréviations

°C : Degrés Celsius

°D : Degré Dornic

°F : Degrés Fahrenheit

Abs : Absorbance

BSR : Bactéries Sulfito-Réductrices

CaCO₃ : Carbonate de Calcium

Cl : Centilitre

CL- : Ion Chlorure

CMF : Cytométrie en flux

DPD : Diéthyl-p-Phénylène Diamine

EAS : échantillon aléatoire simple

EDTA : Acide Éthylène Diamine Tétracétique

Eq : Équivalent

ESD : Extrait Sec Dégraissé

EST : Extrait Sec Total

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

FTAM : Flore Totale Aérobie Mésophile

FTAM : Flore Totale Aérobie Mésophile

H₂S : Sulfure d'Hydrogène

Ip : Indice de Peroxyde

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

J.O.R.A : Journal Officiel de la République Algérienne

L : Litre

Let M : Limite Maximale

méq de d'oxygéné : Milliéquivalents d'oxygène

mèq d'oxygène : Milliéquivalents d'oxygène

MG : Matière Grasse

MGV : Matière Grasse Végétale

Min : Minute

ml : Millilitre

NET : Noir Ériochrome T

NPP : Nombre le Plus Probable

NTU : Unités Néphélométries de Turbidité

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PCA : Plate Count Agar

pH : Potentiel Hydrogène

S : Seconde

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

TH : Titre Hydrotimétrique

TR : Tank de reconstitution

UFC : Unités Formant Colonies

VF : Viande-Foie

VRBG : Violet Red Bile Glucose

VRBL : Violet Red Bile Lactose

μL : Microlitre

μm : Micromètre

μS/cm : Microsiemens par centimètre

Liste des tableaux

Tableau I : Composition moyenne du lait entier

Tableau II : Ingrédients typiquement utilisés dans la formulation des crèmes végétales

Tableau III : Teneur en matière grasse végétale des crèmes analogues

Tableau IV : Les valeurs nutritionnelles pour 100 ml de la Préparation culinaire « **LE MAITRE** »

Tableau V : Avantages et Inconvénients de la Stérilisation UHT

Tableau VI : Contrôle des matières premières : tests et analyses pour la préparation culinaire « **LE MAITRE** »

Tableau VII : Méthode de mesure de TA et TAC

Tableau VII : les germes recherchés dans les matières premières de la préparation culinaire

Tableau IX : Résultats des analyses physico-chimiques de la poudre de lait 0% et 26 %

Tableau X : Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau de process

Tableau XI : Les résultats des analyses physico-chimiques de la matière grasse végétale

Tableau XII : Résultats d'analyse physicochimique de produits semi fini et fini

Tableau XIII : résultats de test d'étuvage pour contrôler la stabilité de produit fini

Tableau XIV : Résultats d'analyse microbiologique des matières premières de la préparation culinaire

Tableau XV : Résultat moyenne de dénombrement de la flore totale aérobie mésophile

Tableau XVI : Résultats des analyses microbiologique sur la préparation culinaire par la cryométrie en flux

Tableau XVII : Résultats d'analyse bactériologique des échantillons étuvés à 37°C / 15 jours et ceux étuvés à 55°C /7 jours.

Liste des figures

Figure 01 : Processus de fabrication des crèmes végétales

Figure 02 : Diagramme de fabrication de la préparation culinaire au niveau de Tchik-lait / CANDIA

Figure 03 : Image Méthode de filtration d'eau et d'écoulement de la membrane filtrante dans le milieu de culture

Figure 04 : Images illustrant quelques étapes clés du protocole de préparation des échantillons de préparations culinaires pour l'analyse par cytométrie en flux.

Figure 05 : schéma général de test de stabilité bactériologique effectuées sur la préparation culinaire UHT

Figure 06 : dénombrement des bactéries recherchées dans la matière grasse végétale

Figure 07 : dénombrement des bactéries recherchées dans l'eau de process.

Figure 08 : dénombrement de FTAM

Introduction

Les produits laitiers jouent un rôle crucial dans l'alimentation mondiale, fournissant des nutriments essentiels tels que le calcium, les protéines et les vitamines D et B12 (FAO, 2020). La demande croissante en produits laitiers met en évidence l'importance de l'industrie laitière pour répondre aux besoins nutritionnels de diverses populations (Górska-Warsewicz *et al.*, 2019). La crème, un produit dérivé du lait, se distingue par sa teneur en matière grasse, définie par des standards précis : la crème contient au moins 30 % de matière grasse laitière, tandis que la crème légère en contient entre 12 % et 30 % (Corzo *et al.*, 1996 ; GEM RCN, 2009).

Les crèmes se différencient par leur teneur en matière grasse, leur conservation et leur texture, avec des variétés comme fraîche, allégée, liquide, épaisse, pasteurisée, crue et UHT. Les crèmes UHT ont généralement une teneur en matière grasse allant de 10 % à 35 % (Rivière., 2018 ; Caillet *et al.*, 2020).

Ces dernières années, les crèmes à base végétale ont émergé comme une alternative applicable aux crèmes laitières traditionnelles, répondant aux exigences des consommateurs en matière de santé et de durabilité. Ces produits, fabriqués à partir de matières grasses végétales, offrent des fonctionnalités similaires à celles des crèmes laitières (Anihouvi *et al.*, 2012). Parallèlement, l'innovation dans le secteur agroalimentaire a permis le développement de produits reconstitués, combinant des matières premières de qualité pour offrir des options diversifiées aux consommateurs.

L'entreprise agroalimentaire Tchén-Lait CANDIA a introduit une alternative innovante à la crème fraîche traditionnelle avec sa préparation culinaire "*Le Maître Cuisinier*". Lancée en 2018, cette crème végétale est riche en matières grasses végétales, en poudre de lait écrémé et en protéines laitières, offrant une texture onctueuse et une saveur distinctive. Conçue pour les consommateurs soucieux de leur santé, cette préparation permet de créer des sauces crémeuses et des potages veloutés de manière saine et gourmande.

La qualité des crèmes culinaires est déterminée par plusieurs facteurs, dont la composition en matière grasse, la stabilité lors de la cuisson, et la capacité à émulsionner et à se mélanger avec d'autres ingrédients. Des études récentes soulignent l'importance de la composition des crèmes en acides gras et en protéines pour déterminer leur texture et leur performance culinaire (Lorenzo *et al.*, 2020 ; Tárrega *et al.*, 2021). Les crèmes UHT, par

exemple, sont particulièrement appréciées pour leur longue durée de conservation et leur capacité à maintenir une texture stable lors de l'utilisation dans diverses préparations culinaires (Caillet *et al.*, 2020).

Tchin-Lait s'engage à maintenir des standards de qualité élevés pour "**Le Maître Cuisinier**", en assurant un suivi rigoureux des propriétés physico-chimiques et bactériologiques tout au long de sa durée de conservation. Cet engagement souligne l'importance de garantir des produits sûrs et de haute qualité, conformes aux normes les plus strictes.

L'étude menée au sein de l'unité Tchin-Lait Candia a pour objectif de suivre la qualité physicochimique et bactériologique de la préparation culinaire "**Le Maître Cuisinier**". Elle se divise en deux parties distinctes : une synthèse bibliographique approfondie sur les matières premières utilisés dans la préparation de ce produit, tels que la poudres de lait, la matière grasse végétale et l'eau de process, suivie d'analyses physico-chimiques et bactériologiques rigoureuses sur les matières premières, les produits semi-finis et les produits finis. Ces analyses sont cruciales pour assurer la conformité aux normes en vigueur et la sécurité alimentaire du produit. En résumé, cette étude vise à produire une préparation culinaire "**Le Maître Cuisinier**" de haute qualité et sûr, tout en optimisant les processus de production grâce à une compréhension approfondie des ingrédients et des procédés impliqués.

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur le lait et les crèmes laitières et végétales

1. Définition de lait

En 1908, lors du Congrès international de la Répression des Fraudes à Paris, la première définition du lait a été établie. Selon cette définition, le lait est « le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière en bonne santé, correctement nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli de manière propre et ne pas contenir de colostrum » (**Noblet., 2012**).

Le lait est un fluide biologique d'une complexité extraordinaire, dans lequel coexistent de nombreuses molécules, certaines organisées en structures supramoléculaires parfaitement ordonnées. Ces structures sont à l'origine de composés bioactifs (**Léonil et al., 2013**).

2. Composition de lait

Indépendamment de leur origine, les laits se composent de trois phases distinctes : une phase lipidique sous forme de globules, une fraction protéique et minérale présentant un état colloïdal, et une phase aqueuse qui sert de dispersant et contient des glucides, principalement du lactose, ainsi que des protéines solubles, des minéraux et des vitamines. La composition et les propriétés de ces phases varient considérablement en raison de nombreux facteurs liés au type de l'espèce laitière, à son état physiologique (phase de lactation, période de gestation), à sa santé et aux méthodes de gestion du troupeau (**Agabriel et al., 2022**).

Selon **Noblet (2012)** le lait est essentiellement constitué des éléments suivants :

Eau (87 %), **Lactose** (4,8 %), **Protéines** (3,5 %, principalement des caséines et des protéines du lactosérum, facilement digestibles et bien équilibrées en acides aminés essentiels), **Minéraux et oligo-éléments** (0,5 %, dont 120 mg de calcium pour 100 g de lait), **Vitamines et lipides**, dont les teneurs varient entre 0,5 % et 3,5 % en fonction du type de lait.

La matière grasse du lait est constitué d'environ **65 % d'acides gras saturés** (dont 10 % d'acides gras à chaîne courte et moyenne ayant des effets physiologiques différents), **32 % d'acides gras mono-insaturés**, **3 % d'acides gras poly-insaturés** (**Noblet.,2012**).

En moyenne, le lait contribue à apporter **5 % des lipides totaux** et **7 % des acides saturés** chez l'enfant, et respectivement **1,7 % et 3 %** chez l'adulte.

Le tableau I représente la composition moyenne de lait entier

Tableau I : Composition moyenne du lait entier (**Institut de l'Élevage., 2011**).

Composants	Teneurs (%)
Eau	87
Protéines	3
Matière grasse	4
Lactose	5
Minéraux et vitamines	1

3. Définition de la crème laitière

Selon Codex Alimentaire la crème est un produit laitier fluide, plus ou moins riche en matière grasse, qui se présente sous forme d'une émulsion de type graisse-dans-lait écrémé. Elle est obtenue en séparant physiquement la crème du lait, soit par gravité, soit par force centrifuge. Les crèmes peuvent être acidifiées ou non, fouettées, et peuvent contenir ou non des additifs alimentaires (**Anihouvi et al., 2012 ; Deosarkar., 2016**).

Les crèmes laitières sont des produits contenant plus de 30 % de matière grasse (MG) (**Jeantet et al., 2008**).

Ces crèmes sont utilisées à diverses fins, que ce soit directement comme produit de consommation ou comme matière première dans l'industrie pour la fabrication du beurre, du fromage, de crèmes chantilly, de sauces, de crèmes glacées, ainsi que pour les nappages et la décoration de gâteaux (**Vanderghem et al., 2007**).

4. Définition de la crème végétale

Les alternatives à la crème portent différents noms tels que « crème analogue », « crème d'imitation », « crème végétale », « crème non laitière » ou encore « garniture ». Leur objectif commun est d'offrir certains avantages par rapport à la crème laitière. Souvent, ces produits

sont fabriqués par traitement UHT, conditionnés aseptiquement et conservés à température ambiante (Anihouvi *et al.*, 2012).

Selon le Codex Alimentarius, les crèmes végétales sont similaires aux crèmes lactiques, mais leur matière grasse lactique (MGL) est remplacée par de la matière grasse végétale (MGV) (Anihouvi *et al.*, 2012).

La crème analogue a une durée de conservation d'environ 6 mois et est généralement conservée à température ambiante avant d'être consommée (Shamsi, 2000).

5. Composition de la crème végétale

Les crèmes végétales sont élaborées à partir de matières grasses végétales, d'eau, d'émulsifiants, de stabilisants, de sucres, d'arômes et de protéines telles que le caséinate de sodium, le lait écrémé et les protéines de soja. Grâce à leur flexibilité de formulation, les crèmes d'imitation présentent souvent des propriétés supérieures en termes de fouettage, de stabilité de la mousse et de résistance au cycle de congélation-décongélation par rapport aux crèmes lactiques (Lundin, 2013).

Le tableau II représente les ingrédients utilisés dans la formulation des crèmes végétales

Tableau II : Ingrédients typiquement utilisés dans la formulation des crèmes végétales (Boukid *et al.*, 2021).

Ingredient	Teneur (g/l)
Matière grasse végétale	20-35
Sucres	0-25
Protéines du lait	0,25- 0,5
Émulsifiants	0,2-1
Épaississants	0,1-0,4
Colorants et arômes	Facultatif

6. Classification des crèmes végétales

En ce qui concerne les crèmes végétales, elles sont généralement classées en fonction de leur **teneur en matière grasse**, du **traitement thermique** appliqué et de leur **utilisation finale**. Voici les différentes classifications :

- **Selon le traitement thermique (GSO standard.,2016) :**
 - **Crème végétale sans traitement thermique** : Préparée à température ambiante dans des conditionneurs aseptiques.
 - **Crème végétale pasteurisée** : Subit un traitement de pasteurisation.
 - **Crème végétale stérilisée** : Traité à la stérilisation dans l’emballage présenté au consommateur.
 - **Crème végétale UHT** : Traitée à très haute température et emballée dans des conditions stériles.

- **Selon la teneur en matière grasse :**

Le **tableau III** classe les différents types de crèmes analogues en fonction de leur teneur en matières grasses végétales.

Tableau III : Teneur en matière grasse végétale des crèmes analogues (GSO standard.,2016)

Nom de produit	Teneur en grasse végétale
Crème légère analogue	Un minimum de 10% à 18% limite supérieure
Crème analogue (crème de table)	Un minimum de 18%
Analogue de crème épaisse	Un minimum de 36%
Crème concentrée analogue	Un minimum de 45%
Crème à fouetter analogue ou destinée à être fouettée	Un minimum de 28%
Crème à fouetter analogue ou destinée à être fouettée très grasse	Un minimum de 35%

- Selon le procédé de fabrication

La figure 01 présente les étapes principales de fabrication des crèmes végétales (Ferioli *et al.*,2008).

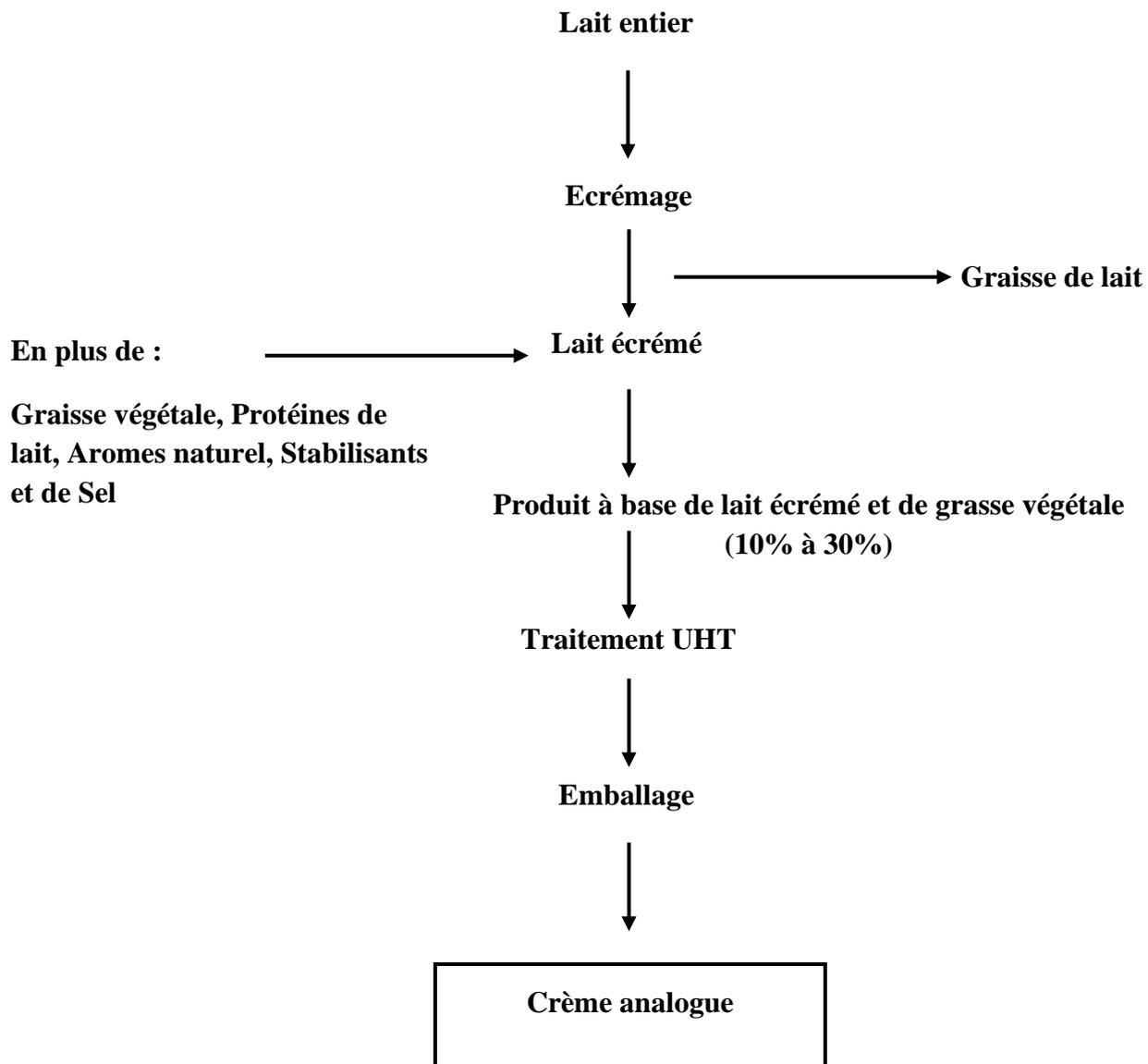


Figure 01 : Processus de fabrication des crèmes végétales (Ferioli*et al.*,2008).

7. Propriétés physicochimiques et microbiologique

- Propriétés physicochimiques
 - Stabilité à la chaleur :

Contrairement aux crèmes lactières, les crèmes végétales peuvent réagir différemment à la chaleur. Certaines crèmes végétales peuvent se séparer ou coaguler lorsqu'elles sont chauffées, tandis que d'autres maintiennent leur stabilité à des températures élevées (Anihouvi.,2012).

➤ Propriétés d'émulsion

Les crèmes végétales sont des émulsions, ce qui signifie qu'elles contiennent des molécules d'huile dispersées dans l'eau grâce à des émulsifiants. Les propriétés de ces émulsifiants peuvent influencer la stabilité, la texture et la capacité des crèmes végétales à se mélanger avec d'autres ingrédients (Anihouvi.,2012).

➤ Texture et viscosité

Les crèmes végétales peuvent présenter une texture crémeuse et une viscosité similaire à celles des crèmes lactières, mais ces caractéristiques peuvent varier en fonction de la source végétale utilisée (Harper.,2000).

• Propriétés microbiologiques

➤ Contamination microbienne

Les crèmes végétales, comme tous les aliments, peuvent être contaminées par des micro-organismes pathogènes tels que les bactéries (comme la Salmonelle et l'*E.coli*) ou des moisissures. Pour minimiser ces risques, il est crucial de mettre en place des procédures de fabrication rigoureuses, de respecter des bonnes pratiques d'hygiène et de prendre des mesures de contrôle de la qualité efficaces (Verdier.,2020).

➤ Stabilité microbiologique

Les crèmes végétales doivent rester stables du point de vue microbiologique, ce qui signifie qu'elles doivent être protégées contre une croissance excessive de micro-organismes indésirables. Pour prolonger leur durée de conservation et maintenir leur stabilité microbiologique, il est possible d'utiliser des conservateurs naturels ou de mettre en œuvre des traitements thermiques tels que la stérilisation (Verdier.,2012).

II. La préparation culinaire

1. Définition de la préparation culinaire

La préparation culinaire est un produit laitier contenant moins de 30% de matière grasse « dans notre cas 18% en moyenne de matière grasse ». Sa dénomination ne puisse pas être "crème" en raison de sa teneur en matière grasse inférieure à 30%, Bien que la préparation culinaire reste un produit laitier qui peut être utilisé de manière similaire à la crème culinaire traditionnelle dans de nombreuses recettes.

La préparation culinaire peut être utilisée dans la préparation de sauces, desserts et autres plats nécessitant de la crème.

2. Composition

Les valeurs nutritionnelles moyennes pour 100 ml de la préparation culinaire « **LE MAITRE** » sont exposées dans le **tableau IV**

Tableau IV : Les valeurs nutritionnelles pour 100 ml de la Préparation culinaire « **LE MAITRE** »

Valeur énergétique	182 kcal, 753 kJ
Protéines	1,9 g
Glucides	3,2 g
Lipides	18 g
Dont acides gras saturés	16 g
Sel	0,1 g

3. Système de chauffage indirecte (échangeurs tubulaires)

Le principe constructif des échangeurs thermiques est simple : ils sont des appareils conçus pour transférer de la chaleur entre deux fluides de températures différentes, ou plus rarement, entre un fluide et un milieu solide. Ces échangeurs sont utilisés dans de nombreuses applications, notamment dans les sous-stations de chauffage urbain, pour la production d'eau

chaude sanitaire et dans des processus industriels nécessitant des pressions élevées. Ils sont caractérisés par une surface d'échange importante et sont généralement utilisés pour des transferts de chaleur entre des liquides (Dott., 2018).

4. Matières premières utilisées

4.1. Eau de process

L'eau utilisée dans le processus de fabrication des produits laitiers reconstitués et recombinaison doit être exempte de micro-organismes pathogènes, avoir une dureté acceptable ($\text{CO}_3 < 100 \text{ mg/l}$) et respecter des normes strictes de qualité. Une eau trop dure ($> 100 \text{ mg/l}$ de carbonates) peut perturber l'équilibre des sels dans les produits laitiers et causer des problèmes lors du traitement. De plus, des niveaux élevés de métaux comme le cuivre et le fer peuvent entraîner une oxydation des matières grasses, affectant le goût des produits laitiers (World Health Organization., 2022).

4.2. Poudre de lait

La poudre de lait, obtenue par élimination de l'eau du lait par atomisation ou séchage sur cylindre, est utilisée pour la reconstitution du lait demi-écrémé. La poudre de lait entier contient au moins 26% de matière grasse, tandis que la poudre de lait écrémé ne doit pas dépasser 1,5% de matière grasse. Ces poudres sont également utilisées dans la préparation culinaire (Kalyankar., 2016).

4.3. Matière grasse végétale (huile de coco)

L'huile de coco, issue du cocotier, est riche en acides gras saturés à chaînes courtes et moyennes, lui conférant des propriétés uniques telles qu'un point de fusion élevé et une bonne résistance à l'oxydation. Ces caractéristiques en font un choix populaire pour diverses applications alimentaires telles que la friture, la fabrication de margarine et la confiserie (Boateng., 2016 ; Duranova *et al.*, 2024).

5. Avantages et inconvénients de la stérilisation UHT

Le tableau V représente les avantages et les inconvénients de la stérilisation UHT

Tableau V : Avantages et Inconvénients de la Stérilisation UHT (Vignola., 2002 ; Recupido.,2023).

Avantages	Inconvénient
<ul style="list-style-type: none"> • Le traitement UHT vise à garantir la sécurité hygiénique du lait en éliminant les microorganismes pathogènes et en réduisant les risques de contamination • Évitant la photo dégradation • Les produits alimentaires peuvent être facilement distribués et stockés dans les conditions ambiantes, jusqu'à six mois ou plus 	<ul style="list-style-type: none"> • Les traitements UHT, peuvent modifier la composition du lait et sa valeur nutritive. Ces modifications sont influencées par la température et la durée du chauffage, affectant principalement les composants protéiques du lait • L'encrassement des surfaces d'échange thermique dans le cas des échangeurs à plaques. • Le chauffage accéléré peut provoquer la réaction de Maillard par formation d'un complexe entre la lysine et le lactose qui peut affecter le goût du lait

III. Méthodes de vérification de la stérilité de la préparation culinaire

1. Méthode classique

L'analyse microbiologique est une étape essentielle pour préserver les caractéristiques organoleptiques et sensorielles de la préparation culinaire, prolonger sa durée de conservation et prévenir les cas d'empoisonnement alimentaire liés à la présence de microorganismes pathogènes (Naimi.,2018).

1.1.Principe

Les méthodes microbiennes classiques sont des techniques traditionnelles utilisées pour l'identification, la caractérisation et le dénombrement des micro-organismes présents dans divers échantillons. Ces méthodes reposent principalement sur la culture des micro-organismes sur différents milieux nutritifs, suivie de leur observation directe ou indirecte (Snyder.,2011).

Ce dénombrement est un indicateur important de la qualité microbiologique d'un produit alimentaire et reflète son historique de contamination (**Louis, 2007**).

Les résultats obtenus sont ensuite comparés aux critères microbiologiques établis par des organismes tels que l'AFNOR, l'OMS, la FAO et le Codex Alimentarius. Ces normes définissent généralement les limites de conformité ainsi que les méthodes à utiliser pour garantir la sécurité alimentaire (**Wynands.,2022**).

En effet, il existe plusieurs méthodes classiques pour détecter les microorganismes dans la préparation culinaire. Voici quelques-unes des méthodes couramment utilisées, telles que décrites par (**Cerf& Bergere.,1968 ; Bintsis.,2018**).

- **Méthode de numération des colonies** : Cette méthode consiste à compter le nombre de colonies de microorganismes qui se développent sur un milieu de culture spécifique. Elle permet de déterminer la quantité de microorganismes présents dans un échantillon.
- **Méthode de filtration** : Dans cette méthode, un échantillon de produit est filtré à travers une membrane pour concentrer les microorganismes. La membrane est ensuite transférée sur un milieu de culture où les microorganismes peuvent croître et être identifiés.
- **Méthode d'ensemencement direct** : Cette méthode implique d'ensemencer directement un échantillon de la préparation culinaire sur un milieu de culture spécifique. Elle permet également de détecter et d'identifier les microorganismes présents

1.2. Avantages et inconvénients

1.2.1. Avantages

Les méthodes classiques de détection des micro-organismes présentent plusieurs avantages tel que (**Mebrouk.,2015**) :

- **La Simplicité** : Ces méthodes sont simples à mettre en œuvre et ne nécessitent pas de matériel complexe.
- **Facilité d'utilisation** : Les procédures sont généralement bien documentées et peuvent être appliquées par des techniciens sans expertise avancée.
- **Coût relativement faible** : Comparées à certaines méthodes plus sophistiquées, les méthodes classiques sont économiques.

- **Résultats quantitatifs précis** : Elles permettent d'obtenir des mesures quantitatives précises du nombre de micro-organismes présents dans un échantillon.
- **Surveillance de la contamination** : Ces méthodes sont utiles pour surveiller les niveaux de contamination dans les produits laitiers, ce qui contribue à garantir leur sécurité et leur qualité

1.2.2. Inconvénients

Selon **Vernozy-Rozand. (2015)** les inconvénients résident principalement dans :

- **Faible précision du mode de détection** : Malgré l'utilisation d'appareils automatiques pour étaler et dénombrer les colonies à la surface d'une boîte de Pétri, la méthode reste encore tributaire de l'observation humaine. Le bras et l'œil humains demeurent le dispositif le plus fiable
- **Difficulté de recherche d'un groupe spécifique de bactéries** : Identifier un groupe particulier de bactéries parmi d'autres peut s'avérer extrêmement complexe

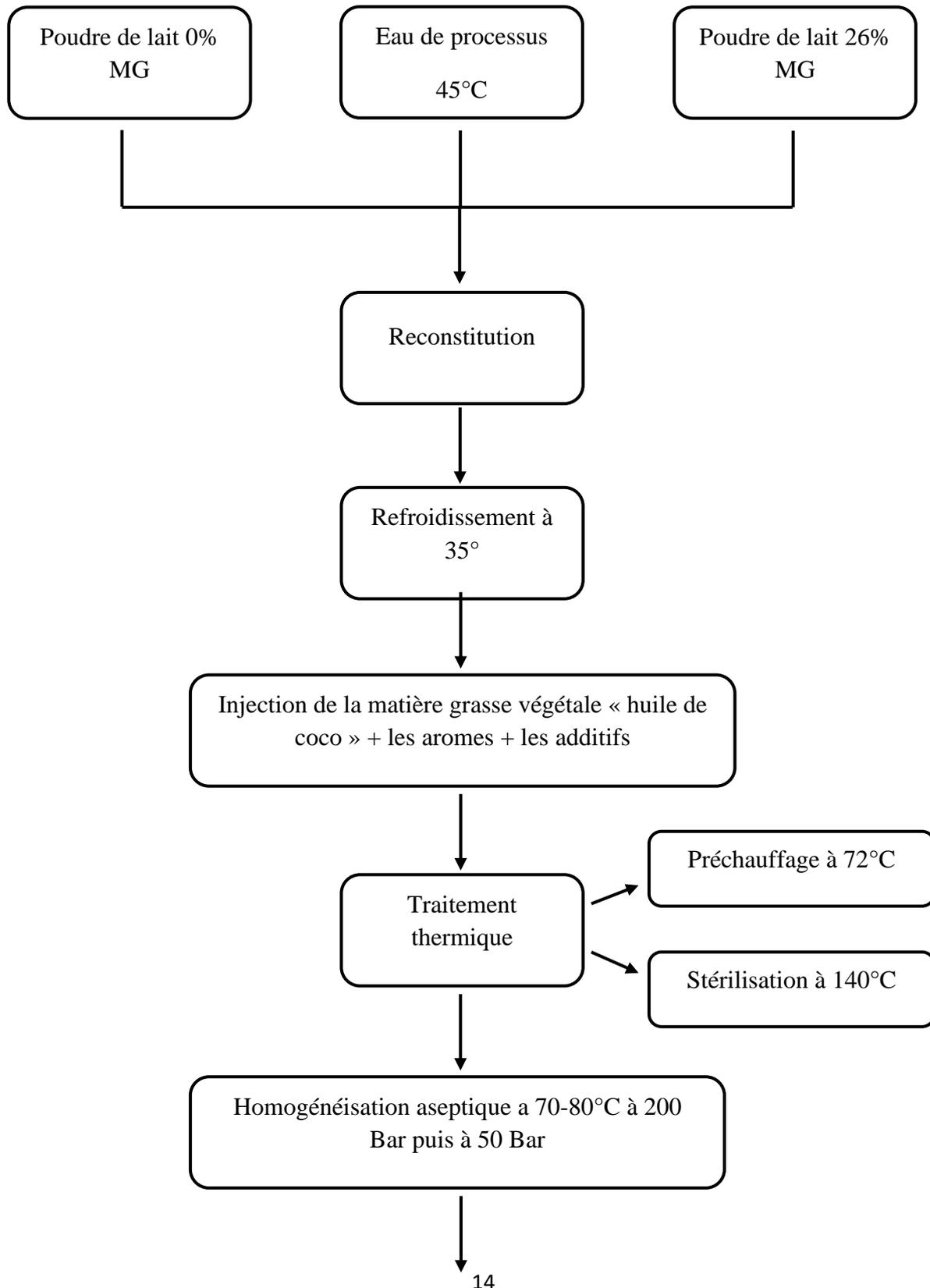
2. Cytométrie en flux

2.1.Principe de fonctionnement

La cytométrie en flux (CMF) est une méthode d'analyse qui permet de caractériser et compter des cellules ou des particules en suspension dans un liquide. Elle utilise des lasers pour détecter les signaux optiques ou physiques émis par ces cellules ou particules lors du passage devant le faisceau lumineux. La CMF permet de mesurer individuellement et simultanément plusieurs paramètres sur chaque cellule au sein d'une population hétérogène. Les éléments cellulaires doivent être en suspension pour être analysés par CMF, et l'analyse de tissus cellulaires est possible après dissociation préalable. Les applications de la CMF incluent le diagnostic des leucémies aiguës, les lymphomes, l'immunophénotypage, la cancérologie, l'immunologie, la pharmacologie et l'océanologie (**Zafrani & Monneret., 2017**).

Travail expérimental

I. Processus technologique de la préparation culinaire



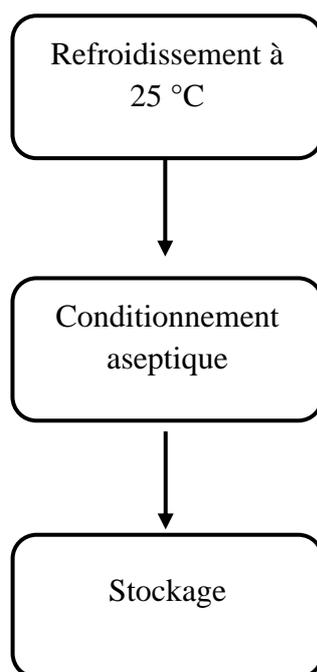


Figure 02 : Diagramme de fabrication de la préparation culinaire au niveau de (Tchin-lait / CANDIA)

II. Matériel et méthodes

1. Echantillonnage

➤ Techniques de prélèvement et d'échantillonnages

Données techniques du produit à analyser

Pour cette étude, des briques de 20 cl et de 1 L de la préparation culinaire stérilisée UHT "MAITRE" ont été sélectionnées. Elles provenaient de la même production et ont été prélevées à la conditionneuse. Des analyses ont aussi été faites sur les matières premières (eau de process, poudres de lait à 0 % et 26 % de MG, et matière grasse végétale) pour évaluer leur qualité et leur impact sur le produit final. Les briques, fabriquées le 20 avril 2023, avaient une date limite de consommation fixée au 23 septembre 2023.

1.1.Poudre de lait 0% et 26 %

Après chaque livraison de poudre de lait (26 % et 0 % de matières grasses), les sacs sont divisés en lots. Quatre lots sont choisis pour les prélèvements : 2 de poudre à 26 % et 2 à 0 %. Chaque lot subit des analyses physico-chimiques et microbiologiques, avec cinq sacs prélevés par lot. Au laboratoire bactériologique, un sac est ouvert, un échantillon est prélevé au fond avec une louche stérile, et utilisé pour toutes les analyses.

1.2.La matière grasse végétale « huile de coco »

Après chaque livraison de matière première, les fûts sont répartis en lots. Lors des prélèvements, il est crucial de protéger l'huile de coco de la lumière, de les maintenir au froid, et de les placer dans des récipients en verre hermétiquement fermés. Une seringue stérilisée est utilisée pour prélever l'échantillon directement dans le récipient. Ces précautions limitent les altérations physico-chimiques et microbiologiques avant l'analyse.

1.3.L'eau de processus

Pour l'analyse physicochimique, l'écoulement de l'eau a duré entre une et deux minutes. Ensuite, des flacons en verre de 250 millilitres ont été remplis puis étiquetés. Pour l'analyse bactériologique, l'orifice des flacons a été désinfecté avec de l'éthanol à 70 % avant d'être remplis avec le contenu stérile requis et étiquetés de façon lisible. L'utilisation d'éthanol à 70 % est une méthode efficace pour inactiver les microorganismes et assurer l'intégrité du produit.

1.4.Produit semi fini

Le produit semi-fini est analysé au cours du processus de fabrication. À partir de chaque lot un seul échantillon est analysé, à partir du tank de reconstitution.

1.5.Produit fini

Pour garantir la qualité du produit fini, il est crucial de prélever une brique au début, au milieu et à la fin du conditionnement, assurant ainsi la cohérence de la production tout au long du processus. Pour les analyses physico-chimiques, on prélève une brique à ces trois étapes. Pour les analyses microbiologiques, un contrôle qualité représentatif du lot de briques conditionnées est réalisé en prélevant cinq échantillons à différents moments du conditionnement.

2. Analyse physicochimique

2.1.Analyse physicochimique de la matière première

Le tableau VI représente les analyses réalisées pour contrôler la qualité des matières premières de la préparation culinaire.

Tableau VI : Contrôle des matières premières : tests et analyses pour la préparation culinaire « LE MAITRE »

Produits à analyser		Analyses réalisées
Matières Premières	Poudre de lait	<ul style="list-style-type: none"> - pH (20 °C) - Humidité (%) - Acidité titrable (°D) - Matière protéiques (%) - Lactose (g/L) -ESD - Taux Matière grasse (%) - Turbidité
		<p>Tests de stabilité :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bain d'huile (min) - Test filtration - Test Ramsdell (ml)
	Eau de procès	<ul style="list-style-type: none"> - PH (25 °C) - Titre Hydrométriques (ml) / dureté - Chlorures (mg/l) - TA / TAC - TH calcique - Conductivité(µS/cm)
	MGV	Indice de peroxyde (méq de d'oxygéné/kg de MG)

2.1.1. Poudre de lait 0% et 26%

D'abord on fait une reconstitution de 10%, C'est-à-dire on pèse 25g de poudre à l'aide d'une éprouvette on met jusqu'à 210 ml d'eau on ajuste avec une fiole.

A. pH (potentiel Hydrogène)

Principe

Le pH est mesuré de manière électrochimique à l'aide d'une électrode de verre et d'une électrode de référence. Le potentiel mesuré entre ces deux électrodes est proportionnel au pH (ISO 31-11., 2008).

Mode opératoire

Pour analyser le pH d'un échantillon, il est nécessaire d'étalonner le pH-mètre, préparer l'échantillon à 20°C, rincer et sécher la sonde, puis plonger la sonde et l'électrode dans l'échantillon pour mesurer le pH.

Expression des résultats

La valeur du pH de la solution analysée est :

Directement lue sur le cadran du pH mètre et exprimé par
10-2

B. Taux d'humidité

Principe

Le principe de mesure du taux d'humidité par un dessiccateur halogène est basé sur la méthode de référence de l'étuve **ISO9000**, qui utilise un courant d'air chaud pour sécher l'échantillon. Cette méthode est considérée comme de référence car elle fournit des résultats précis et répétables (Mettler Toledo., 2002).

Mode opératoire

Commencez par placer une coupelle dans le dessiccateur et la tarer pour éviter tout mouvement pendant le processus. Ensuite, ajoutez 5 grammes de poudre de lait dans la

coupelle. Finalement, utilisez une spatule ou un outil approprié pour étaler la poudre sur la surface de la coupelle jusqu'à ce qu'elle soit plane et homogène.

Expression des résultats

Le taux d'humidité s'exprime par la formule suivante

$$\text{Humidité (\%)} = 100 - X$$

C. Acidité titrable

Principe

L'acidité est mesurée en utilisant une méthode de titration avec un titrant basique, comme la solution de sodium hydroxide (NaOH). L'acidité est exprimée en °D, qui est une unité de mesure de l'acidité (AFNOR V-08-01., 2020).

Mode opératoire

Une titration est réalisée avec de l'hydroxyde de sodium (NaOH) 0.111N pour déterminer la quantité de lactose dans un échantillon de lait reconstitué à 10%. Le pH est ajusté jusqu'à 8,30, marquant le début du virage au Rose. Le volume de NaOH utilisé est mesuré pour calculer la quantité de lactose présente.

Expression des résultats

L'acidité est exprimée en degré Doronic (°D), elle est donnée par formule suivante

$$\text{Acidité titrable (°D)} = V * Fc * 100$$

Où :

V : Volume de la soude Doronic ou la chute de la burette.

Fc : Facteur de correction (Fc = 1,015).

D. Taux de matières grasses :

Principe

Le principe de test GERBER de MG (méthode de Gerber) est une méthode analytique utilisée pour déterminer la teneur en lipides dans des échantillons de lait (ISO 19662.,2018).

Mode opératoire

Versez 10ml d'acide sulfurique à 91% dans un butyromètre, puis ajoutez 10ml d'eau distillée. Ajoutez 2,5g de poudre de lait et homogénéisez le mélange. Ajoutez ensuite 1ml d'alcool iso-amylque et mettez le mélange au bain-marie à 65°C pendant 5 minutes. Centrifugez pendant 5 minutes et lisez directement le résultat sur le butyromètre.

Expression des résultats :

Après centrifugation, on fait la lecture directement sur le butyromètre.

$$MG (g/l) = (B - A) * 100$$

Où :

A : la valeur correspondant au niveau inférieur de la colonne grasse

B : la valeur correspondant au niveau supérieur de la colonne grasset

E. Turbidité

Principe

La mesure de la turbidité se base sur la diffusion de la lumière par les particules en suspension dans l'échantillon. Un volume précis de poudre de lait est dispersé dans de l'eau distillée, puis placé dans un turbidimètre qui mesure l'intensité de la lumière diffusée à un angle de 90° par rapport au faisceau incident. La turbidité est exprimée en unités néphélométriques de turbidité (NTU) (ISO 17758., 2014).

Mode opératoire

Peser 10 g de poudre de lait et les introduire dans un bécher de 250 ml. Ensuite, ajouter 100mL d'eau distillée à 20°C et agiter pendant 1 minute afin d'obtenir une suspension homogène. Enfin, transvaser la solution dans une cellule de mesure adaptée au turbidimètre, puis placer la cellule dans l'appareil pour effectuer la mesure de turbidité

F. Les Tests de stabilité

- **Test bain d'huile**

Principe

L'échantillon à tester est placé dans un bain d'huile chauffée et maintenue à une température spécifique. Une charge de flexion ou de pénétration est appliquée sur l'échantillon, et la température à laquelle le matériau se déforme ou se ramollit est enregistrée.

Mode opératoire

Introduit 4 ml du lait à examiner dans un tube à essai. Le tube est ensuite placé dans un bain d'huile chauffé à 140°C. Dès que le lait commence à coaguler, on récupère le tube et on note le temps écoulé depuis le début de la coagulation.

Expression des résultats

La lecture et l'expression des résultats se font directement, en constatant le temps où la Coagulation commence. Il est fortement recommandé qu'il soit supérieur à 20 min.

- **Test de Ramsdell**

Principe

Le test de Ramsdell évalue la stabilité du lait au traitement thermique en mesurant le volume minimal de solution de phosphate nécessaire pour faire coaguler le lait, conformément aux normes établies. Plus ce volume est faible, plus le lait est considéré comme stable (**Hachanaet al., 2020**).

Mode opératoire

Une série de tubes contenant des quantités croissantes de solution phosphate monopotassique à 0,02 N (1,3 ; 1,4 ; 1,5 ; 1,6 ; 1,8 ; 2,0 ; 2,3 ml) est préparée. Ensuite, 10 ml de lait à analyser sont ajoutés à chaque tube et les tubes sont agités. Après cela, les tubes sont portés à ébullition pendant 5 minutes pour permettre une réaction chimique appropriée.

Expression des résultats

Afin d'exprimer les résultats, on détermine la quantité de phosphate exprimée en ml de solution dans le premier tube de la série coagulée.

- **Test de filtration**

Le test de filtration est une méthode d'analyse couramment utilisée pour évaluer la qualité des poudres de lait. Il permet de détecter la présence de particules étrangères, d'impuretés ou de grumeaux dans l'échantillon analysé (**Tourette., 2002**).

Principe

Le principe du test de filtration repose sur le passage d'une quantité définie de poudre de lait reconstitué à travers un filtre à membrane (**Tourette., 2002**).

Mode opératoire

La reconstitution de la poudre de lait implique plusieurs étapes pour garantir une qualité optimale. Tout d'abord, la poudre est mélangée avec de l'eau distillée selon un ratio spécifique défini par la norme. Ensuite, un volume précis de la solution reconstituée est filtré à travers un filtre à membrane de porosité définie, généralement de 0,8 microns. Le filtre est ensuite rincé et séché suivant un protocole normalisé pour éliminer tout résidu de solution. Enfin, un examen visuel du filtre est effectué pour détecter la présence de particules, grumeaux ou impuretés retenues.

Les résultats de ce test peuvent être classés en trois catégories :

A : Bonne qualité : Aucune impureté n'est détectée, indiquant une excellente qualité hygiénique du produit.

B : Qualité moyenne : Quelques traces d'impuretés sont présentes, mais restent dans des limites acceptables.

C : Qualité médiocre : La présence significative d'impuretés indique que la poudre est de mauvaise qualité hygiénique et ne satisfait pas aux exigences.

2.1.2. Eau de processus

A. pH

Principe décrit précédemment.

B. TH (titre hydrométrique)

Principe

Cette méthode est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide minéral dilué, généralement utilisant un chélatant comme l'EDTA (ISO7888., 1995).

Mode opératoire

100 ml de l'eau à analyser sont versés dans un bécher de 250 ml. Ensuite, 4 ml d'une solution tampon ammoniacale et une petite quantité d'indicateur coloré NET (Noir Eriochrome T) sont ajoutés. Le titrage est réalisé avec une solution d'EDTA (0,02 N) jusqu'à l'apparition d'une couleur bleue franche persistante, indiquant la transition de la couleur initiale, violet, vers le bleu. Cette méthode permet de mesurer la quantité d'EDTA nécessaire pour neutraliser les ions calcium, permettant ainsi de déterminer la concentration de calcium dans la solution d'eau.

Expression des résultats

Le titre hydrotimétrique est déterminé en utilisant la formule suivante :

$$\text{TH (mg/l en CaCO}_3\text{)} = V \times 2$$

Où :

V1 : la chute de volume d'EDTA (0,02N) mesurée à la burette.

C. Les chlorures [CL⁻]

Principe

La méthode de Mohr utilise un titrage argent métrique pour doser les chlorures. Elle consiste à titrer les ions chlorure avec une solution étalon de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium comme indicateur coloré. Le point final est marqué par un précipité rouge brique de chromate d'argent, qui persiste après la réaction. Cette méthode est utilisée pour déterminer la concentration des ions chlorure dans les eaux minérales et les solutions chimiques (Labidi., 2020).

Mode opératoire

Remplir un tube à essais avec 5 ml d'échantillon. Ajoutez ensuite une pilule de diéthyl-p-phénylène diamine (DPD) dans le tube. Ensuite, agitez le tube pendant 2 minutes pour permettre une réaction complète entre le chlore et la pilule DPD. Après cette étape, l'échantillon est prêt à être analysé pour déterminer la concentration de chlore.

Expression des résultats

La lecture est effectuée à l'aide d'un comparateur en ajustant la position de la plaquette pour correspondre aux couleurs. La teneur en chlore libre est exprimée en mg/L et est obtenue à partir de la valeur lue sur la plaquette colorimétrique.

D. Alcalinité « Titre Alcalimétrique (TA) / Titre Alcalimétrique Complet (TAC) »

Le TA et le TAC étant mesurés successivement sur un même échantillon, les deux méthodes de dosage seront présentées en même temps (**Tableau VII**).

Tableau VII : Méthode de mesure de TA et TAC

Type d'analyse	Principe	Mode opératoire	Expression des résultats
TA	Le TA, également appelé alcalinité p, est le volume d'acide fort nécessaire pour faire virer la couleur de l'indicateur phénolphthaléine jusqu'au virage à pH=8,2, Il représente la concentration en ions hydroxyde (OH-) et en carbonates CO_3^{2-} (NF EN ISO 9963-1).	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Un échantillon d'eau de 10 ml est prélevé et ajusté à un volume de 100 ml en utilisant de l'eau distillée. ✓ 2 à 3 gouttes de l'indicateur coloré phénolphthaléine (1%) sont ajoutées. 	<p>Le résultat obtenu est interprété comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ L'absence de coloration rose due à la phénolphthaléine indique un titre alcalimétrique nul.

TAC	Le TAC est le volume d'acide fort requis pour faire virer l'indicateur hélianthine jusqu'au virage à pH=4,5, Il mesure la teneur totale en alcalins, incluant les bicarbonates (HCO ₃ ⁻) en plus des OH ⁻ et CO ₃ ²⁻ (NF EN ISO 9963-1).	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Quelques gouttes de Méthylorange sont ajoutées, ✓ Titrage avec de l'acide sulfurique (H₂SO₄) à 0,02 N jusqu'à obtenir une coloration jaune ou jaune orangé. 	Le TAC est calculé en utilisant la formule : <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $\text{TAC } (^\circ\text{F}) = V \times 2$ </div> <p>Où :</p> <p>V : la chute de volume d'acide sulfurique (H₂SO₄) mesurée à la burette.</p>
------------	---	--	--

E. Conductivité

Principe

La méthode consiste à placer deux électrodes dans l'échantillon d'eau et à mesurer la conductance entre ces électrodes, La conductivité est ensuite calculée en tenant compte de la géométrie de la cellule de mesure et de la distance entre les électrodes (**ISO 7888., 1985**).

Mode opératoire

Verser un volume suffisant de l'échantillon dans un récipient propre, agiter doucement pour l'homogénéiser, puis plonger la cellule conductimétrique dans la solution. Une fois immergée, il faut presser le bouton "mesure" et attendre une valeur stable. Enfin, il faut retirer l'électrode et la rincer à l'eau distillée ou déminéralisée.

2.2. Analyse de matière grasse végétale

2.2.1. Mesure de l'indice peroxyde :

Principe

Traitement d'une prise d'essai en solution dans de l'acide acétique et du chloroforme, par une solution d'iodure de potassium. Titration de l'iode libéré par une solution titrée du thiosulfate de sodium

Mode opératoire

L'essai doit être effectué à la lumière du jour diffuse ou en lumière artificielle.

Une masse d'échantillon conforme au tableau est ajoutée dans un flacon. Ensuite, 10 ml de chloroforme sont ajoutés pour dissoudre rapidement la prise d'essai. Le flacon est agité pendant une minute, puis laissé pendant cinq minutes à l'abri de la lumière et à une température comprise entre 15 et 25°C. Enfin, l'iode libéré est titré avec une solution de thiosulfate de sodium, utilisant une solution de 0.002 N pour les indices présumés supérieurs à 12. Deux déterminations sont effectuées sur le même échantillon pour essai.

Indice de peroxyde présumé (meq /kg)	Prise d'essai (g)
2 à 12	2.0 à 5.0
12 à 20	1.2 à 2.0
20 à 30	0.8 à 1.2
30 à 50	0.5 à 0.8
50 à 90	0.3 à 0.5

Expression des résultats

L'indice de peroxyde est exprimé en milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme d'échantillon

$$I_p = [N (V_1 - V_0) / m * 1000]$$

Où

V_1 : est le volume en millilitres, de la solution de thiosulfate de sodium, utilisé pour l'essai à blanc

V_0 : est le volume trouvé

2.3. Analyse physicochimique de produit semi fini et fini

2.3.1. pH

Principe précédemment écrite

2.3.2. Densité

Principe

La densité est le rapport de masse à 20°C d'un même volume d'eau et de lait. Elle est mesurée par un lactodensimètre, appareil destiné à la mesure de la densité des liquides. Celui-ci est constitué par un cylindre lesté, surmonté d'une tige cylindrique graduée plongée dans un liquide (AFNOR., 1980)

Mode opératoire

Le processus commence par l'enregistrement de la masse initiale du pycnomètre vide (m_1) sur une balance analytique. Ensuite, le pycnomètre est rempli du liquide à mesurer en éliminant soigneusement les bulles d'air pour obtenir des mesures précises. La masse finale du pycnomètre rempli (m_2) est enregistrée en maintenant le pycnomètre sec à l'extérieur. Ces étapes garantissent des mesures précises et fiables de la masse volumique du liquide.

Expression des résultats :

Calcul de la masse volumique : La formule utilisée pour calculer la masse volumique est la suivante :

$$\text{Masse volumique} = \frac{m}{V}$$

Où :

- m : est la masse volumique de produit
- V : est le volume précis du pycnomètre.

2.3.3. L'extrait sec totale « EST »

Principe

L'extrait sec total est un indicateur clé de la qualité du lait. Un pourcentage élevé d'extrait sec total indique une teneur plus importante en nutriments tels que les protéines, les matières grasses, les glucides et les minéraux (H'Sischoet al., 2016).

Mode opératoire

Placez une coupelle dans le dessiccateur et tarez-la. Ensuite, ajoutez 11 g de sable dans la coupelle et tarez-la à nouveau. Prélevez 3 g du volume de la préparation culinaire à l'aide d'une pipette, puis mélangez-le soigneusement avec le sable à l'aide d'un bâtonnet, en étalant le mélange sur toute la surface de la coupelle. Fermez ensuite l'ouverture du dessiccateur. La fin de l'analyse sera indiquée par une sonnerie, après quoi vous pourrez lire le résultat affiché en pourcentage.

Expression des résultats

$$\text{EST (g /l)} = L * 10 * d$$

Où :

EST : extrait sec total.

L : lecture en pourcentage.

d : la densité du lait.

2.3.4. MG (test Gerber)

Principe et mode opératoire décrit précédemment.

3. Test de stabilité physicochimique du produit fini

Les chambres de 37°C/15 jours et de 55°C/7 jours sont utilisées pour évaluer la stabilité de la préparation culinaire dans des conditions de température défavorables en fonction du temps, en mesurant le pH.

Mode opératoire

Neuf briques ont été sélectionnées, trois par lot, et réparties en trois groupes. Le premier groupe a été conservé à température ambiante, le deuxième a été placé en chambre d'étuvage à 37°C pendant 15 jours, et le troisième à 55°C pendant 7 jours. Après l'étuvage, le pH de chaque brique a été mesuré.

- Un pH instable et hors normes indique que le produit ne résiste pas aux mauvaises conditions et sera donc instable à température ambiante,
- Un pH stable témoigne de la résistance du produit et de sa stabilité à température ambiante.

4. Analyse bactériologique

L'unité "tchin-lait" utilise diverses méthodes pour détecter les micro-organismes dans le lait UHT et les produits laitiers, notamment la méthode de référence bactériologique et la cytométrie en flux. Ces méthodes sont employées pour garantir la qualité microbiologique des produits laitiers, en particulier pour le lait UHT et les préparations culinaires à base de lait.

La méthode de référence bactériologique est une approche standardisée pour dénombrer les micro-organismes dans les échantillons de lait. Elle implique l'utilisation de milieux de culture spécifiques et la mise en évidence des colonies microbiennes après incubation. Cette méthode est considérée comme une référence pour la détection des micro-organismes dans les produits laitiers (Capuccino et Sherman., 1998).

4.1. Analyse bactériologique des matières premières

Le tableau VIII représente l'ensemble des germes recherchés dans les matières premières.

Tableau VIII : les germes recherchés dans les matières premières de la préparation culinaire (J.O.R.A., 2014 ; J.O.R.A., 2017).

	Poudre de lait	Eau de processus	MGV
Entérobactéries	✓		
Coliformes fécaux		✓	
E. Coli		✓	✓
Coliformes totaux		✓	
F. Aérobies 30 C°			✓
L et M			✓
Spores ASR		✓	

4.1.1. Poudre de lait 0% et 26%

Le processus d'analyse de la poudre de lait, qu'elle contienne 0 % de matières grasses ou 26 % de matière grasse, suit le même protocole. Cela signifie que les étapes et les méthodes utilisées pour analyser les échantillons de ces deux types de poudre sont identiques.

A. Recherche des Entérobactéries

Sont des bacilles Gram négatifs, aérobies-anaérobies facultatifs, attaquant le glucose par voie fermentaire, dépourvus d'oxydase et réduisant les nitrates (**Riedel et al., 2019**).

Principe

Le dénombrement des entérobactéries repose sur le calcul du nombre de ces bactéries par millilitre ou par gramme d'échantillon lors des essais. Cette méthode implique l'utilisation de diluants, de milieux de culture et de réactifs conformes aux pratiques standard en laboratoire pour assurer des résultats précis et fiables (**ISO 21528-2., 2004**).

Mode opératoire

Pour analyser les échantillons, réalisez des dilutions décimales successives jusqu'à 10^{-2} . Prélevez 1 mL de l'échantillon et ajoutez-le à 9 mL de diluant stérile pour obtenir une dilution à 10^{-1} . Transférez aseptiquement 1 mL de cette dilution dans une boîte de Pétri et ajoutez environ 15 ml de milieu gélosé VRBG. Incubez à 37°C pendant 24 heures pour permettre le développement des colonies de bactéries coliformes. Comptez les colonies caractéristiques sur les boîtes contenant entre 15 et 150 colonies, en prenant en compte les facteurs de dilution. La présence d'Enterobacteriaceae est confirmée par l'observation de colonies roses d'au moins 0,5 mm de diamètre.

Le nombre d'Enterobacteriaceae par gramme de produit est calculé en utilisant l'équation suivant

$$N = \frac{\sum \text{Colonies}}{V (n1 + 0.1n2) d}.$$

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

$\sum \text{Colonies}$: sommes des colonies de toutes les boîtes retenues.

V : volume d'échantillon déposé (1ml).

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

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

d: facteur de la première dilution retenue.

4.1.2. Matière grasse végétale

Pour préparer la solution mère de MGV, 25 g de matière grasse végétale sont dilués dans 75 ml d'eau physiologique et mélangés jusqu'à obtenir une solution homogène.

A. Recherche d'*Escherichia coli*

Principe

Le dénombrement d'*Escherichia coli* dans les graisses végétales repose sur une méthode standardisée qui implique la préparation de suspensions mères et de dilutions décimales de l'échantillon, suivie de l'ensemencement dans un milieu gélosé sélectif VRBL et la culture à une température de 44°C pendant 24 heures. Après incubation, les colonies caractéristiques d'*E. coli* sont comptées sur des boîtes de Pétri, et le nombre d'*E. coli* par gramme ou millilitre est calculé en fonction du nombre de colonies et du facteur de dilution (J.O.R.A., 2017)

Mode opératoire

Prélever 1 ml de la solution mère à l'aide d'une micropipette stérile. Ensuite, répartissez ce prélèvement de manière égale sur 4 boîtes de Pétri, soit 0,25 ml par boîte. Dans chaque boîte, ajoutez 0,25 ml de la solution à environ 20 ml de milieu VRBL préalablement coulé. Homogénéisez délicatement le mélange échantillon/milieu dans chaque boîte par des mouvements en 8. Enfin, incubez les boîtes à 44°C pendant 24 heures. Incubez également une boîte témoin contenant uniquement le milieu VRBL.

B. Recherche des levures et moisissures

Principe

Le dénombrement repose sur la préparation de suspensions mères et de dilutions décimales de l'échantillon, suivie de l'ensemencement dans un milieu gélosé approprié tel que le milieu Sabouraud. Les boîtes de Pétriensemencées sont incubées à une température contrôlée de 25°C pendant une période de 3 jours. Après l'incubation, les colonies caractéristiques de

levures et moisissures sont comptées sur les boîtes présentant un nombre de colonies compris entre 15 et 150 (J.O.R.A.,2017).

Mode opératoire

Prélever 1 ml de la solution mère à l'aide d'une micropipette stérile, répartir ce prélèvement en 4 parties égales dans des boîtes de Pétri, ajouter 0,25 ml de la solution à environ 20 ml de milieu Sabouraud dans chaque boîte, homogénéiser parfaitement le mélange échantillon/milieu pour éviter l'incorporation d'air, incuber toutes les boîtes à 25°C pendant 72 heures, et incuber également une boîte témoin contenant uniquement le milieu Sabouraud pour servir de référence. Ces étapes garantissent une préparation précise et stérile des milieux de culture pour les expériences microbiologiques.

C. Recherche des germes totaux

Principe

Les micro-organismes aérobies et aéro-anaérobies facultatifs, peuvent se développer dans un milieu nutritif non sélectif. Incubés à 30°C pendant 72h. Apparaissent sous forme de colonies de taille et de formes différentes (Lapied et al., 1981).

Mode opératoire

Prélever 1 ml de la solution mère à l'aide d'une micropipette stérile, puis répartir le prélèvement de manière égale sur 4 boîtes de Pétri, soit 0,25 ml par boîte. Dans chaque boîte, ajouter 0,25 ml de la solution à environ 20 ml de milieu Plate Count Agar (PCA) préalablement coulé, puis homogénéiser délicatement le mélange échantillon/milieu. Incuber les boîtes à 30°C pendant 72 heures, ainsi qu'une boîte témoin contenant uniquement le milieu PCA

4.1.3. Eau de processus

A. Coliformes totaux et fécaux

Principe

La recherche et le dénombrement des coliformes thermotolérants et *Escherichia coli* dans un échantillon implique plusieurs étapes. L'échantillon estensemencé dans des tubes contenant un milieu de culture sélectif lactosé, puis incubé à 37°C. Les tubes positifs sont identifiés et repiqués sur deux milieux de confirmation plus sélectifs incubés à 44°C. Les résultats sont interprétés en fonction de la présence de gaz et d'indole, et le Nombre le Plus

Probable (NPP) est calculé à partir du nombre de tubes positifs pour 100 millilitres d'échantillon (J.O.R.A., 2017).

Mode opératoire

La technique en milieu liquide pour la recherche des coliformes totaux et fécaux comprend deux tests :

Test de Présomption : Prélever et inoculer le milieu BCPL, puis incubation à 37°C. Les tubes sont positifs s'ils présentent un trouble microbien et un dégagement gazeux.

Test de Confirmation (Test de Mac Kenzie) : Repiquer les tubes positifs dans le milieu Schubert, puis incubation à 44°C. Les tubes sont positifs s'ils présentent un trouble et un dégagement gazeux.

La lecture finale permet de déterminer la présence de coliformes NPP par 100 ml d'eau à analyser.

B. Les entérocoques

Principe

Filtrer un échantillon d'eau de processus à travers une membrane en acétate de cellulose ou en polycarbonate de porosité 0,45 µm, puis incubation à 36 ± 2 °C pendant 44 ± 4 heures sur un milieu de culture sélectif. Compter les colonies d'entérocoques de couleur rouge ou rose et exprimer le résultat en nombre d'entérocoques par 100 ml d'échantillon. Cette méthode est adaptée pour les eaux de boisson, piscines et eaux désinfectées, mais pas en présence de matières en suspension ou germes interférents abondants (ISO 7899-2., 2000).

Mode opératoire

Pour prélever un échantillon d'eau de 100 ml, on peut utiliser une pelle de prélèvement en plastique de 100 ml. Après avoir prélevé l'échantillon, il faut le filtrer à travers une membrane stérile de porosité 0,45 µm. Ensuite, on transfère la membrane filtrante à l'aide d'une pince stérile sur un milieu M-Enterococcus solidifié dans une boîte de Pétri. L'échantillon est alors incubé sur ce milieu sélectif à 37°C pendant 24 à 48 heures. Après incubation, on examine la présence de colonies brun foncé caractéristiques sur la membrane filtrante. Si de telles colonies sont observées, cela confirme la présence d'entérocoques avec une probabilité de 90%.



Figure 03 : image Méthode de filtration d'eau et d'écoulement de la membrane filtrante dans le milieu de culture

C. Bactéries sulfite réductrices y compris les spores

Principe

Leur mise en évidence est basée sur le pouvoir des clostridiiums à réduire le sulfite dans un milieu contenant des sulfites et un sel métallique et leur production d'H₂S

A. Recherche des formes végétatives

20 ml d'échantillon sont prélevés et répartis de manière égale dans 4 tubes stériles, soit 5 ml par tube. Ensuite, 5 ml de gélose Viande-Foie (VF) additionnée d'alun de fer et de sulfite de sodium sont ajoutés à chaque tube et homogénéisés délicatement. Les tubes sont laissés à solidifier avant d'être incubés à 37°C pendant 48 heures. Après l'incubation, la présence ou l'absence de colonies noires caractéristiques est examinée dans chaque tube.

B. Recherche des formes sporulées

20 ml de l'échantillon est d'abord est chauffé à 80°C pendant 10 minutes pour éliminer les formes végétatives et activer les spores éventuellement présentes. L'échantillon est ensuite refroidi rapidement sous un filet d'eau froide avant d'être réparti dans des tubes contenant la gélose Viande-Foie. Les tubes sont ensuite incubés à 37°C pendant 48 heures, puis examinés pour la présence de colonies noires caractéristiques. Les résultats sont interprétés selon un plan à deux classes : présence ou absence de formes végétatives ou de formes sporulées.

4.2. Analyse bactériologique du produit fini par deux méthodes

L'objectif principal du contrôle microbiologique dans l'industrie agroalimentaire est de garantir la sécurité sanitaire des aliments pour le consommateur et d'assurer une durée de conservation optimale des produits.

Les industriels ont la possibilité de définir leurs propres critères microbiologiques internes, en plus des normes réglementaires existantes. Dans le cas de l'unité Tchén lait, après un traitement UHT, les mêmes critères microbiologiques appliqués au lait UHT sont utilisés pour la préparation culinaire. Selon la réglementation algérienne (**JORA., 2017**), la recherche de la Flore Totale Aérobie Mésophile (**FTAM**) est un critère microbiologique à surveiller dans le lait UHT ainsi que la préparation culinaire UHT

4.2.1. Par la méthode classique

A. Recherche de la flore totale aérobies mésophile

Principe

Est un indicateur sanitaire permettant de quantifier le nombre d'UFC (unité formant une colonie). Cette analyse microbiologique est réalisée selon la norme ISO 4833 sur un milieu gélosé nutritif (PCA - plat count agar) après incubation à 30°C pendant 72 heures. (**Guiraud., 2003**).

Mode opératoire

Les briques doivent être incubées à 35°C pendant 48 heures pour permettre une croissance optimale des microorganismes. Ensuite, il est essentiel de les homogénéiser par agitation pour répartir uniformément les échantillons. Les ouvertures doivent être aseptisées à l'aide d'un papier absorbant imbibé d'alcool pour éviter tout risque de contamination. Les échantillons doivent être prélevés etensemencés dans des boîtes de Pétri avec de la gélose PCA. Finalement, les boîtes doivent être incubées à 30°C pendant 72 heures pour permettre une croissance complète des microorganismes.

Expression des résultats

Le dénombrement des colonies bactériennes sur gélose PCA consiste à compter visuellement toutes les colonies présentes à la surface du milieu de culture, sans distinction de taille.

4.2.2. Par la cytométrie

Principe

Après une période d'incubation de 48 heures, les échantillons de produits UHT sont soumis à un traitement avec des réactifs qui ont pour effet de rendre fluorescents les microorganismes viables présents.

Les échantillons ainsi marqués sont ensuite injectés dans une cellule de mesure dédiée. Lors du passage de l'échantillon marqué devant un faisceau laser, les microorganismes viables fluorescents sont détectés individuellement grâce à l'utilisation de récepteurs ultra-sensibles à la fluorescence (Guillet et al., 2002).

Mode opératoire

A. Préparation des échantillons

Pour favoriser la croissance des microorganismes, les briques sont incubés pendant 48 heures à une température de $30 \pm 2^\circ\text{C}$. Avant de commencer l'analyse, les mains sont désinfectées à l'alcool et 50 tubes sont numérotés, incluant 2 témoins. Les briques à analyser sont homogénéisées vigoureusement après avoir été perforées pour éviter toute contamination. Ensuite, 500 μL de produit fini sont prélevés de chaque brique à l'aide d'une pipette graduée.

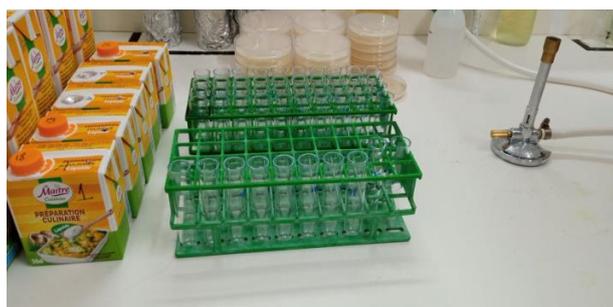


Figure 04 : Images illustrant quelques étapes clés du protocole de préparation des échantillons de préparations culinaires pour l'analyse par cytométrie en flux.

B. Préparation des témoins

Un tube vide est utilisé comme témoin négatif en première position. Par ailleurs, 1 ml de culture de levure fraîche ou de bactérie est prélevé dans le tube n°50 pour servir de témoin positif.

C. Analyse des échantillons

Les 48 tubes sont chargés sur le portoir d'incubation à $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. L'appareil est nettoyé, les réactifs sont mis en place, et l'analyse est lancée. Les résultats s'affichent après 95 minutes, suivis d'un nettoyage final pour assurer la propreté de l'appareil.

Expression des résultats

L'interprétation des résultats est réalisée en faisant une lecture des informations affichées sur l'écran dans la colonne « résultats », ainsi le résultat peut être négatif ou positif selon un code couleur : Une pastille rouge ● : Résultat positif Une pastille verte ● : Résultat négatif

5. Test de stabilité bactériologique

Seule la flore totale aérobie mésophile est recherchée dans la préparation culinaire UHT

Le principe et mode opératoire est expliqué par le schéma suivant.

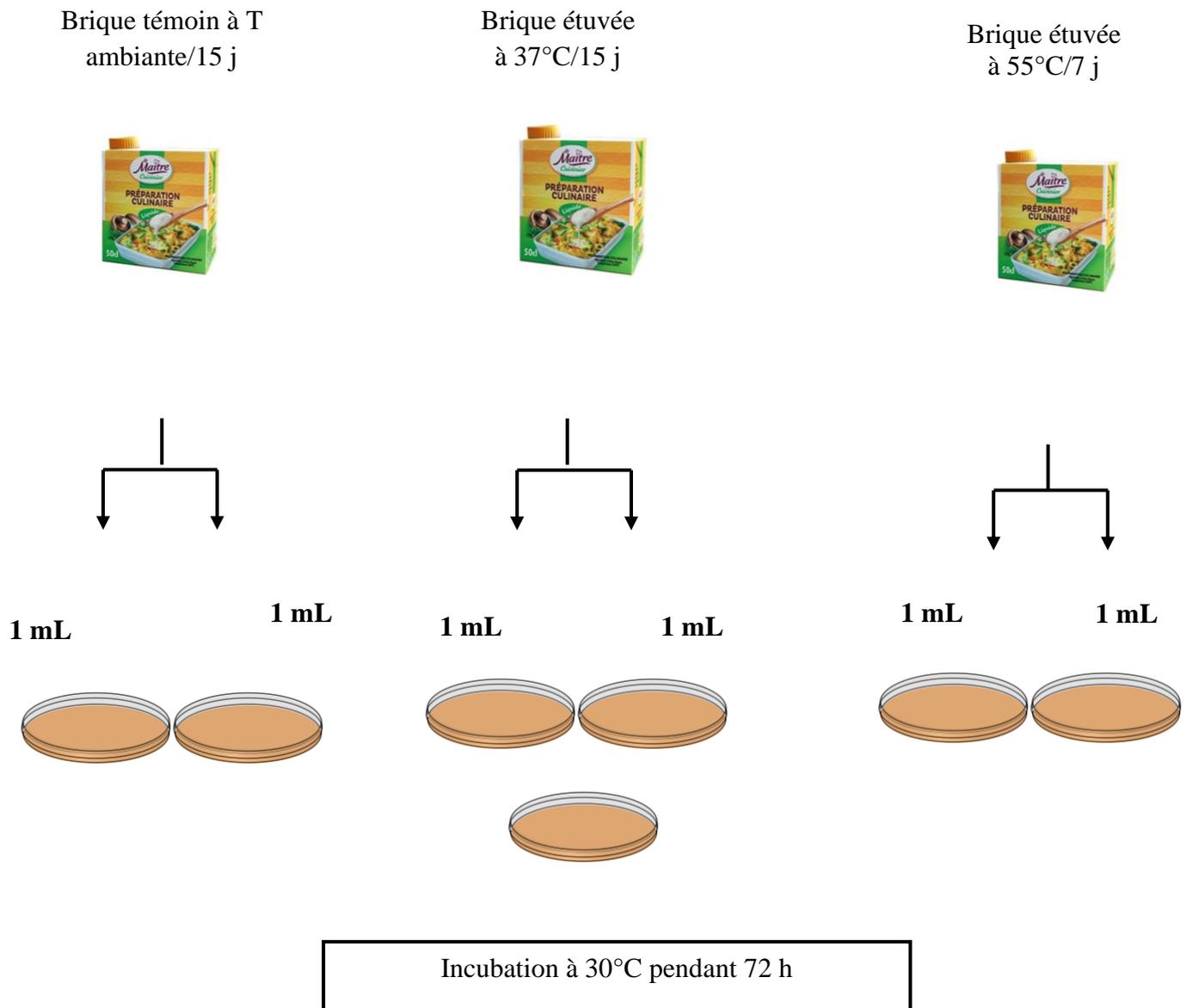


Figure 05 : schéma général de test de stabilité bactériologique effectuées sur la préparation culinaire UHT

Résultats et discussion

1. Analyses physico-chimiques des matières premières

1.1. La poudre de lait

Les résultats des analyses physico-chimiques de la poudre de lait 0% sont représentés dans le tableau IX

Tableau IX : Résultats des analyses physico-chimiques de la poudre de lait 0% et 26 %

Paramètre Physico-chimique analysé	Poudre du lait (À 0 % de MG)	Poudre du lait (À 26 % de MG)	Normes
Humidité	3,14 ± 0.08	2,95 ± 0.01	Max 4
pH (à 20 C°)	6,61 ± 0,01	6,67 ± 0,01	6,60-6,80
Acidité (D°)	16,13± 0,2	15,1± 0,1	Max 18
Test de Ramessdel	1,5 ± 0	1,3 ± 0	≥ 1,3
Test de bain d'huile	19 ± 1	14± 1	>12
Turbidité	Trouble	Trouble	Trouble
Test de propreté	Catégorie A	Catégorie A	A max B

1.1.1. pH des poudres de lait

Les résultats obtenus montrent que les valeurs moyennes du pH des poudres de lait écrémé (0% de matière grasse) et entier (26% de matière grasse) sont respectivement de 6,61 et 6,67. Ces valeurs sont conformes aux normes internes de l'entreprise, qui fixent une plage acceptable de 6,60 à 6,80, ainsi qu'aux valeurs rapportées dans la littérature scientifique récente.

En effet, **Abdullah et al. (2020)** indiquent que le pH des poudres de lait doit se situer entre 6,60 et 6,80, ce qui correspond parfaitement aux résultats obtenus dans cette étude. De plus, selon les recommandations de l'Organisation Internationale de Normalisation (**ISO**

14501.,2021), la plage de pH acceptable pour les poudres de lait est de 6 à 8, englobant ainsi les valeurs mesurées.

Ces résultats garantissant une qualité conforme aux exigences réglementaires et aux attentes des consommateurs. Des études récentes, comme celle de **Smith et al. (2023)**, ont également souligné l'importance de maintenir un pH stable pour assurer la qualité et la sécurité des poudres de lait. Smith et al. Notent que des variations de pH peuvent influencer la solubilité et la stabilité des protéines du lait, impactant ainsi la qualité finale du produit.

Cependant, il est important de noter que le pH peut varier légèrement en fonction de plusieurs facteurs, tels que la composition initiale du lait, les conditions de traitement thermique, et les modalités de stockage. Une étude récente de **Zhang et al. (2022)** a montré que le stockage à long terme peut entraîner une légère acidification du lait en poudre, ce qui souligne l'importance de contrôler ces paramètres pour maintenir la qualité du produit fini.

1.1.2. Humidité des poudres de lait

La teneur en humidité est un paramètre crucial pour la qualité et la durée de conservation des poudres de lait. D'après les résultats présentés, les teneurs moyennes en humidité des échantillons analysés (3,14% pour la poudre à 0% de matière grasse et 2,95% pour celle à 26% de matière grasse) sont conformes aux normes de l'entreprise (< 4%) et aux recommandations de la littérature scientifique ainsi que **ISO 5537 & IDF 26. (2004)** indiquant que d'humidité de la poudre doit être inférieure à 5 %.

En effet, **Abdullah., et al. (2020)** ont suggéré une teneur en humidité inférieure à 5% pour les poudres de lait, tandis que **Hachana., et al. (2020)** ont recommandé une valeur idéale de 3% avec un maximum de 4%, quelle que soit la teneur en matière grasse. Une humidité trop élevée favorise la croissance microbienne, l'oxydation des lipides et affecte négativement la capacité de traitement, la durée de conservation, la fonctionnalité et la qualité globale du produit.

Des études récentes confirment et approfondissent ces recommandations. Par exemple, **Smith et al. (2021)** ont étudié l'impact de l'humidité sur la qualité des poudres de lait, soulignant que des niveaux d'humidité inférieurs à 4% réduisent significativement le risque de croissance microbienne et d'oxydation des lipides, ce qui améliore la stabilité et la durée de conservation des produits. De même, **Lopez et al. (2022)** ont mis en lumière l'importance du contrôle strict

de l'humidité pour maintenir la solubilité et la fonctionnalité des protéines dans les poudres de lait, notamment dans des applications industrielles comme la production de fromage et de yogourt. Enfin, **Zhang et al. (2023)** ont exploré les effets des conditions de stockage sur la teneur en humidité des poudres de lait, démontrant que des niveaux optimaux d'humidité (entre 2,5% et 3,5%) prolongent la durée de conservation tout en préservant les qualités organoleptiques du produit.

Les résultats obtenus étant inférieurs à ces seuils, ils indiquent que les poudres de lait analysées présentent une teneur en humidité adéquate, garantissant ainsi une meilleure stabilité et une plus longue durée de conservation. Cependant, il est important de maintenir un contrôle rigoureux de ce paramètre tout au long du processus de production et de stockage afin de préserver la qualité optimale du produit fini.

1.1.3. Acidité des poudres de lait

Selon les résultats, la moyenne de l'acidité titrable pour les trois échantillons de poudre de lait est variée de 15,1°D à 16,13°D, respectivement pour les poudres de lait écrémé (0% de matière grasse) et entier (26% de matière grasse). Ces valeurs sont conformes aux normes internes de l'entreprise, qui exigent une acidité inférieure à 18°D, équivalant à moins de 1,8 g d'acide lactique par litre.

De plus, ces résultats respectent les exigences de la norme **ISO 8968-1. (2014)**, qui fixe la valeur maximale acceptable d'acidité titrable à 18°D pour le lait en poudre écrémé et à 16°D pour le lait en poudre entier. Les échantillons de poudre de lait entier présentent une acidité légèrement supérieure à la norme **ISO** (16,13°D), mais restent conformes à la norme interne d'entreprise.

L'acidité titrable est un paramètre important pour évaluer la qualité du lait en poudre, car elle reflète la teneur en acide lactique, un produit de la fermentation du lactose par les bactéries lactiques. Une acidité élevée peut indiquer une contamination bactérienne ou un processus de transformation défaillant.

Des études récentes appuient ces observations. **Jones et al. (2021)** ont mis en évidence que la surveillance de l'acidité titrable est cruciale pour détecter les signes précoces de contamination bactérienne et de détérioration du produit. Ils ont recommandé des contrôles réguliers et des procédures de qualité rigoureuses pour maintenir l'acidité dans les limites

acceptables. **Kim et al. (2022)** ont étudié les effets de différentes conditions de transformation sur l'acidité titrable des poudres de lait et ont conclu que des processus de traitement thermique adéquats peuvent réduire la croissance bactérienne, maintenant ainsi l'acidité à des niveaux sécuritaires. **Lee et al. (2023)** ont examiné l'impact de la durée et des conditions de stockage sur l'acidité titrable et ont trouvé que des conditions de stockage optimales (température et humidité contrôlées) sont essentielles pour prévenir une augmentation indésirable de l'acidité due à des activités microbiennes.

Les résultats obtenus dans cette étude indiquent que les échantillons de poudre de lait analysés respectent en grande partie les normes établies, garantissant ainsi une bonne qualité du produit.

1.1.4. Test Ramsdell des poudres de lait

Les résultats obtenus sur les échantillons de poudre de lait écrémé analysés révèlent des valeurs moyennes de $1,5 \pm 0,0$ ml et $1,3 \pm 0,0$ ml respectant ainsi la norme interne de l'entreprise qui exige des valeurs supérieures à 1,3 ml.

Ces résultats sont conformes aux recommandations de **Hachana et al. (2020)**, qui suggèrent qu'une valeur inférieure à 1,5 ml indique une stabilité suffisante pour la fabrication de lait en poudre. Cependant, **Gaucher et al. (2009)** proposent une exigence plus stricte, avec un seuil de stabilité fixé à 1,0 ml pour la poudre de lait.

Dans ce cas, seul l'échantillon ayant une moyenne de 1,3 ml serait considéré comme stable. Néanmoins, la norme **ISO 4548-3. (2021)** fixe une valeur cible maximale de 3,0 ml pour les poudres de lait écrémé, indiquant une stabilité suffisante pour résister au traitement thermique sans altération de la couleur ou du goût.

Des études récentes corroborent ces observations. **Smith et al. (2021)** ont évalué la stabilité des poudres de lait écrémé et ont trouvé que des valeurs de test Ramsdell inférieures à 1,5 ml sont indicatives d'une bonne stabilité thermique, essentielle pour la qualité et la durée de conservation du produit. **Lopez et al. (2022)** ont examiné l'impact des conditions de séchage sur la stabilité des poudres de lait et ont conclu que des procédés de séchage optimisés contribuent à obtenir des valeurs de test Ramsdell inférieures à 1,5 ml, garantissant ainsi une meilleure résistance aux traitements thermiques ultérieurs.

1.1.5. Stabilité au Bain d'Huile

Dans le cadre de cette étude, les résultats obtenus pour le lait entier (0%) et les deux types de poudre de lait étaient conformes aux normes établies. En effet, les valeurs respectives de 19 ± 1 et 14 ± 1 minutes dépassent le seuil minimal de 12 minutes. Cela signifie que les échantillons analysés possèdent une excellente stabilité thermique et peuvent être soumis au traitement UHT sans risque de coagulation ou d'altération de leurs constituants.

En résumé, les résultats du test de stabilité au bain d'huile obtenus dans cette étude sont conformes aux normes internes de l'entreprise et aux exigences internationales, tout en étant soutenus par des recherches récentes **Smith et al. (2021)**, **Lopez et al. (2022)** et **Zhang et al. (2023)**. Les poudres de lait analysées montrent une stabilité thermique adéquate, permettant de garantir leur qualité et leur sécurité pendant les traitements thermiques intenses.

1.1.6. Turbidité

Les résultats obtenus sont corroborés par plusieurs études récentes sur l'impact des traitements thermiques sur les protéines du lait. **Smith et al. (2021)** ont observé que des niveaux élevés de turbidité sont indicatifs d'une préservation des protéines sériques dans leur forme native, ce qui est essentiel pour maintenir les propriétés fonctionnelles du lait en poudre. De même, **Lopez et al. (2022)** ont démontré que des traitements thermiques modérés, qui évitent la dénaturation des protéines, contribuent à une meilleure solubilité et fonctionnalité des poudres de lait dans diverses applications industrielles.

Zhang et al. (2023) ont étudié la relation entre les conditions de séchage et la turbidité du lait reconstitué, confirmant que des processus de séchage optimisés permettent de maintenir des niveaux de turbidité élevés, garantissant ainsi une qualité supérieure des poudres de lait. Ces résultats soulignent l'importance d'un contrôle précis des paramètres de traitement thermique pour préserver les qualités nutritionnelles et fonctionnelles des produits laitiers en poudre.

En conclusion, les résultats de turbidité élevée obtenus dans cette étude indiquent que le procédé de séchage utilisé a permis de préserver l'intégrité structurelle des protéines sériques. Cela reflète un traitement thermique modéré, conforme aux normes en vigueur et soutenu par des recherches récentes.

1.1.7. Classification et Qualité Hygiénique

Selon les résultats obtenus, les deux types de poudre de lait analysés (0% de matière grasse et 26% de matière grasse) sont classés dans la catégorie A, la catégorie la plus élevée en termes de qualité hygiénique. L'absence d'impuretés détectées lors du test de propreté par filtration témoigne d'un respect rigoureux des bonnes pratiques de fabrication et des conditions de stockage appropriées.

Cependant, il est important de noter que la qualité des poudres de lait peut être affectée par divers facteurs environnementaux, notamment la lumière, la température et le taux d'humidité. Des études récentes ont mis en évidence l'impact de ces conditions sur la stabilité et la qualité des poudres de lait. Par exemple, **Smith *et al.* (2021)** ont souligné que l'exposition à la lumière peut accélérer les réactions d'oxydation, affectant négativement les propriétés organoleptiques et nutritionnelles du produit. De plus, **Lopez *et al.* (2022)** ont démontré que des températures de stockage élevées peuvent entraîner une augmentation de l'humidité, favorisant la croissance microbienne et la dégradation des protéines.

Ces résultats soulignent l'importance de maintenir des conditions de stockage optimales pour préserver la qualité hygiénique et la stabilité des poudres de lait. **Zhang *et al.* (2023)** ont mené une étude détaillée sur les pratiques de stockage et ont recommandé des environnements contrôlés en termes de température et d'humidité pour minimiser les risques de détérioration.

1.2.L'eau de processus

Les résultats de l'analyse de l'eau de process sont résumés dans le tableau X

Tableau X : Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau de process

Paramètre Physico-chimique analysé	Eau de process	Normes
pH	7,25 ± 0,04	6,95 - 7,4
Conductivité	282,67 ± 7,6	< 400
Chlorures	35,5 ± 00	<3000 g/l
TH total	8.67 ± 0.6	7°F – 12°F
TA	00	00
TAC	5,2 ± 0.7	03 – 10°F
CL⁻ libre	0,13 ± 0.03	0,1 – 0,25
Gout / odeur	Normal	Normal
Couleur	Clair	Clair
Turbidité	00	< 1

L'eau de processus joue un rôle critique dans la qualité des poudres de lait, influençant leur stabilité, leur solubilité et leur sécurité alimentaire. Les résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau utilisée par l'unité Tchén-lait "Candia" démontrent sa conformité aux normes, ce qui est essentiel pour garantir des produits finaux de haute qualité.

Le pH, compris entre 7,25 ± 0,04, se situe dans la plage idéale de 6,95 à 7,4 recommandée. Selon **J.O.R.A n°51. (2000)**, un pH trop bas (<7) pourrait entraîner la corrosion des canalisations métalliques et une contamination potentielle. Le pH optimal de 7,25 ± 0,04 est essentiel pour maintenir la stabilité des poudres de lait. Des études récentes confirment que des fluctuations de pH peuvent influencer la solubilité des protéines et la réactivité des ingrédients laitiers **Jones et al. (2021)**. Un pH inadéquat peut compromettre la qualité organoleptique et nutritionnelle des produits laitiers.

La dureté totale (TH) contrôlée à 8,67 ± 0,6 °F aide à prévenir l'entartrage des équipements, comme l'ont souligné de récentes recherches sur l'impact de la dureté de l'eau sur

les procédés de production laitière **Brown et al. (2022)**. Une TH élevée peut entraver la performance des échangeurs de chaleur, affectant la qualité du lait en poudre.

L'absence d'alcalinité totale (TA) et la faible alcalinité complète (TAC) à $5,2 \pm 0,7$ °F contribuent à maintenir un environnement optimal pour la production de poudre de lait. Des recherches antérieures indiquent que des niveaux élevés d'alcalinité peuvent altérer la réaction des stabilisants et émulsifiants utilisés dans le processus (**Smith et al., 2020**).

La faible teneur en chlorures ($35,5 \pm 0,0$ mg/L) est conforme aux directives, minimisant ainsi le risque de corrosion des équipements et de contamination des produits finis **Yang et al. (2019)**. Des niveaux élevés de chlorures peuvent également affecter la saveur des produits laitiers, compromettant leur acceptabilité par les consommateurs.

La conductivité mesurée à $282,67 \pm 7,6$ µS/cm indique une minéralisation adéquate de l'eau, ce qui est crucial pour maintenir l'équilibre ionique nécessaire à la solubilité des composants laitiers **Garcia et al. (2021)**. Une conductivité excessive peut conduire à une accumulation d'ions métalliques indésirables, altérant ainsi la qualité des produits.

En résumé, les résultats de cette analyse confirment que l'eau de processus utilisée par l'unité Tchir-lait "Candia" répond aux exigences critiques pour assurer la qualité et la sécurité des poudres de lait. Cependant, la gestion continue de ces paramètres est essentielle pour prévenir toute dégradation de la qualité due à des variations environnementales et maintenir ainsi des normes élevées tout au long du processus de production.

1.3. Matière grasse végétale

Les résultats des analyses physico-chimiques de la matière grasse végétale sont représentés dans tableau XI

Tableau XI : Les résultats des analyses physico-chimiques de la matière grasse végétale

	MGV	Norme
Indice de peroxyde (mèq d'oxygène / kg de MG)	00	< 0,1
Gout	Normale	Gout de beurre
Odeur	Normale	Franche, caractéristique du lait ni rance ni acide
Couleur	Jaunâtre	Jaune crémeux
Aspect	Normale	Fin et homogène, libre de tout grumeaux

Le paramètre suivi pour cette matière est l'indice de peroxyde, essentiel pour évaluer la qualité des huiles.

Cet indice mesure la quantité d'oxygène chimiquement liée sous forme de peroxydes, ce qui permet de déterminer le niveau d'oxydation et la fraîcheur de l'huile **ISO 3960. (2017)**.

Les résultats des analyses physico-chimiques de la matière grasse végétale, conformes aux normes internes de l'entreprise, ont montré un indice de peroxyde de 0, inférieur à la valeur maximale de 0,1 mèq d'oxygène / kg de MG selon la norme. Cette faible valeur témoigne de la fraîcheur de la matière grasse et de son potentiel à préserver la qualité nutritionnelle et organoleptique des poudres de lait **(Cruz et al., 2021)**.

De plus, le goût de la matière grasse était qualifié de normal, l'odeur était franche et caractéristique du lait sans être rance ni acide, la couleur était jaunâtre, l'aspect fin et homogène, sans grumeaux. Ces caractéristiques sont essentielles pour maintenir l'authenticité et les propriétés sensorielles des produits laitiers **(Li et al., 2020 ; Singh et al., 2022)**.

2. Analyses physico-chimiques de la préparation culinaire à l'état semi fini et fini

Le tableau XII représente les résultats d'analyse physicochimique de produits à l'état semi fini et fini.

Tableau XII : Résultats d'analyse physicochimique de produits semi fini et fini

	Paramètre mesurée	pH	Densité	EST	MG
	Norme	6.65-6.85	0.980-1.050	246-250	179-181
Produit semi-fini	Moyenne	$6.75 \pm 0,02$	$0.998 \pm 0,001$	$249.43 \pm 0,3$	180 ± 0
Produit fini	Moyenne	$6.75 \pm 0,01$	$1,0007 \pm 0,001$	$249,86 \pm 0,41$	180 ± 0

2.1 Evaluation des paramètres physicochimiques de produit fini

2.1.1. Evaluation de pH de produit fini

Le pH est un indicateur essentiel de la qualité et de la fraîcheur des produits laitiers, reflétant leur stabilité microbiologique et leur durée de conservation **Metheny et al. (2017)** et **Aydogdu et al. (2023)**. Pour les trois échantillons de la préparation culinaire étudiée, un pH moyen de $6,75 \pm 0,01$ a été mesuré, conforme aux normes internes de l'entreprise (6,65 à 6,80) et aux recommandations du Codex Alimentarius pour les crèmes légères (6 à 6,80) **Codex Alimentarius. (1976)**. Cette valeur est également corroborée par les résultats antérieurs de **Gaur et al. (2018)**, soulignant que les produits laitiers tendent à avoir un pH supérieur à 6,7. Ainsi, le pH de $6,75 \pm 0,01$ obtenu garantit la qualité physico-chimique de la préparation culinaire, assurant sa sécurité alimentaire et sa stabilité microbiologique.

2.1.2. Evaluation de la densité de produit fini

La densité d'une crème peut varier en fonction de la température, de l'humidité ou du temps. Son suivi permet d'évaluer la stabilité du produit au cours de son cycle de vie et d'ajuster la formulation si nécessaire (**Lubart et al., 2019 ; Souza et al., 2021**).

L'analyse de la densité des trois échantillons de la préparation culinaire a révélé une moyenne de $1,0007 \pm 0,001$, une valeur qui se situe dans l'intervalle de densité recommandé

par le Codex Alimentarius pour les crèmes légères, compris entre 1,01 et 1,015 (**Codex Alimentarius. (1976)**) et qui est également conforme à la norme interne de l'entreprise, autorisant une densité entre 0,980 et 1,050. Bien que légèrement supérieure à la moyenne des crèmes légères, cette densité moyenne est en adéquation avec les exigences du Codex Alimentarius et de l'entreprise pour ce type de produit.

La densité d'une crème est un paramètre crucial à surveiller car elle peut varier en fonction de facteurs tels que la température, l'humidité ou le temps de conservation. Son suivi permet d'évaluer la stabilité du produit au cours de son cycle de vie et d'ajuster la formulation si nécessaire (**Lubart et al., 2019 ; Souza et al., 2021**).

2.1.3. Evaluation de l'EST de produit fini

Selon l'Arrêté du 25 septembre 2005 du journal officiel, la détermination de l'EST permet d'éviter le mouillage excessif du lait. Cela garantit une qualité optimale des produits laitiers (**J.O.R.A., 2005**).

La mesure de l'extrait sec total (EST) dans les produits laitiers est cruciale pour contrôler la qualité et la texture du produit fini. L'EST représente la quantité totale de matières solides présentes, y compris les protéines, les matières grasses, les sucres et les autres solides non gras (**Charby., 2017**).

L'analyse de nos échantillons a révélé une teneur en extrait sec moyenne de $249,86 \pm 0,41$ g/kg, soit 24,97% en pourcentage. Cette valeur est conforme à la norme interne de notre entreprise (246-250 g/kg) et aux recommandations du Codex Alimentarius pour les crèmes légères, qui préconisent un EST entre 15% et 30% (**Codex Alimentarius., 1999**).

Comparativement à d'autres recherches récentes, notre résultat se situe dans la plage attendue pour ce type de produit. Par exemple, une étude menée par **Charby. (2017)** a montré des valeurs similaires d'extrait sec dans des produits laitiers similaires, confirmant ainsi la cohérence de notre mesure. En revanche, **Nuir et al. (2003)** ont observé une moyenne légèrement supérieure de 31% pour les produits UHT, suggérant des variations qui peuvent être attribuées aux différences dans les formulations ou les processus de production utilisés.

L'EST représente la quantité totale de matières solides présentes, incluant les protéines, les matières grasses, les sucres et les autres solides non gras (**J.O.R.A., 2005 ; Charby., 2017**). En conclusion, notre analyse de l'extrait sec total reflète non seulement la conformité avec les

normes et réglementations pertinentes, mais aussi une approche rigoureuse pour maintenir la qualité et la fiabilité de nos produits laitiers, répondant ainsi aux attentes des consommateurs modernes et aux exigences du marché actuel.

2.1.4. Evaluation de MG de produit fini

L'homogénéité de la crème est un facteur essentiel pour assurer une qualité constante du produit fini et éviter la séparation indésirable de la matière grasse. La méthode de Gerber, reconnue dans l'industrie laitière, permet de vérifier si la teneur en matière grasse est uniforme dans différents échantillons d'un même lot de production. Une variation significative de ce paramètre d'un échantillon à l'autre indique un manque d'homogénéité, pouvant résulter de problèmes lors des étapes de mélange, de traitement thermique ou de standardisation (**Parmar et al., 2020 ; Souza et al., 2021 ; Surkova et al., 2023**).

Dans le cadre de cette étude, l'analyse de trois échantillons de la préparation culinaire a révélé une teneur moyenne en matière grasse de 18%. Cette valeur se situe dans l'intervalle de 17,9% à 18,1% défini par la norme interne de l'entreprise, et est également conforme aux recommandations du **Codex Alimentarius. (2003)**. Pour les crèmes légères, qui préconise un taux de matière grasse entre 10% et 30%. La maîtrise du taux de matière grasse, paramètre clé de la composition des produits laitiers, couplée au respect des autres critères physico-chimiques, garantit la qualité et la sécurité de la préparation culinaire. Cela permet notamment d'obtenir une texture crémeuse et une bonne tenue en bouche du produit fini.

3. Test de stabilité Physico-chimique

L'évaluation de la stabilité physico-chimique de la préparation culinaire UHT a été menée en utilisant des tests d'étuvage pour simuler différentes conditions de température, révélant ainsi des résultats significatifs sur la stabilité du produit. Les résultats de ces tests sont présentés dans le tableau XIII

Tableau XIII : résultats de test d'étuvage pour contrôler la stabilité de produit fini

	55°C/7jours	37°C/15jours	Témoin
Moyenne	6,54±0,01	6,68±0,01	6,73±0,01

À température ambiante (20°C), les échantillons témoins ont maintenu une stabilité du pH avec une moyenne de $6,73 \pm 0,01$. Cette constance confirme la qualité initiale du produit et sa capacité à maintenir ses propriétés physico-chimiques dans des conditions normales de stockage.

Après 15 jours d'étuvage à 37°C, une légère diminution du pH a été observée, passant de 6,73 à $6,68 \pm 0,01$. Cette variation reste négligeable et conforme aux standards de qualité, indiquant une bonne résistance du produit aux températures modérées prolongées.

À une température plus élevée de 55°C pendant 7 jours, le pH a montré une diminution plus marquée, atteignant $6,54 \pm 0,01$ à partir de 6,74. Malgré cette baisse plus significative, le pH reste stable à moins de 0,2 unité pH de variation, ce qui témoigne de la robustesse de la préparation culinaire UHT face à des conditions extrêmes simulées.

Ces résultats sont cohérents avec les exigences de qualité et de sécurité alimentaire, soulignées par plusieurs études actuelles. Des recherches ont démontré que la stabilité du pH est essentielle pour évaluer la qualité des produits laitiers sur le marché **Aydogdu et al. (2023)**. De plus, selon **Lubart et al. (2019)**, le contrôle précis de la stabilité physico-chimique est crucial pour assurer la durabilité des produits laitiers tout au long de leur cycle de vie.

En conclusion, les tests d'étuvage réalisés ont confirmé la stabilité de la préparation culinaire UHT, aussi bien à température ambiante qu'à des températures élevées simulant des conditions de transport et de stockage difficiles. Cette stabilité répond aux normes réglementaires et renforce la confiance des consommateurs envers la qualité et la sécurité du produit final.

4. Résultats d'analyse bactériologique des matières premières

Les matières premières utilisées dans la préparation culinaire UHT sont soumises à des analyses microbiologiques rigoureuses pour garantir leur conformité aux normes de sécurité alimentaire. Parmi les principaux indicateurs microbiologiques évalués, les Enterobacteriaceae sont cruciaux en raison de leur potentiel indicatif de contamination fécale et de risques sanitaires (**da Silva, 2022 ; Garbaj et al., 2023**).

Tableau XIV : Résultats d'analyse microbiologique des matières premières de la préparation culinaire

		Entérobactéries	B. aérobies	L.M	E. coli	Entérocoques	Coliforme Totaux et fécaux	BSR y compris les spores
PDL	0	Abs	/	/	/	/	/	/
	26	Abs	/	/	/	/	/	/
MGV		/	Abs	Abs	Abs	/	/	/
Eau de process		/	/	/	Abs	Abs	Abs	Abs

4.1 Poudre de lait 0% et 26%

La présence d'Enterobacteriaceae dans les produits laitiers en poudre est un indicateur important de la qualité hygiénique et de la sécurité sanitaire du produit. Ces bactéries sont utilisées comme organismes indicateurs car leur présence signale généralement une contamination fécale et un risque potentiel de présence d'agents pathogènes (da Silva., 2022 ; Garbaj *et al.*, 2023).

Comme déjà indiqué, la détection des Enterobacteriaceae dans la poudre de lait se fait par dénombrement des colonies sur milieu VRBG (Violet Rouge Bile Glucose) après incubation à 37°C pendant 24 heures. Les colonies caractéristiques apparaissent de couleur rose à rouge. Cette méthode normalisée **ISO21528-2**, permet un dénombrement fiable des Enterobacteriaceae (Salter *et al.*, 2020).

D'après les résultats présentés dans le Tableau XIV, les deux échantillons de poudre de lait analysés, à 0% et 26% de matière grasse, affichent une absence d'Enterobacteriaceae. Ces résultats sont conformes aux exigences réglementaires qui stipulent que le dénombrement doit être inférieur à 100 UFC/g.

L'absence d'Enterobacteriaceae dans ces échantillons de poudre de lait est un indicateur positif de la qualité microbiologique du produit. Cela suggère que les bonnes pratiques de

fabrication ont été respectées et que les risques de contamination ont été maîtrisés. Néanmoins, il est important de maintenir une vigilance constante et de continuer à surveiller ces indicateurs pour garantir la sécurité alimentaire des produits laitiers en poudre.

4.1.Matière grasse végétale

Les résultats des analyses microbiologiques de la matière grasse végétale révèlent une absence totale de bactéries aérobies, de levures, de moisissures et d'*Escherichia coli*. Cela indique que le produit respecte les normes de qualité microbiologique définies par **J.O.R.A N°39. (2017)**.

Bactéries aérobies

L'absence de bactéries aérobies témoigne d'une bonne qualité hygiénique du produit et d'un processus de production maîtrisé. Un dénombrement élevé de ces bactéries aurait pu indiquer une contamination potentielle et une altération de la matière grasse (**Giugliano & Musolino., 2023**).

Levures et moisissures

Les levures et les moisissures peuvent se développer dans les huiles végétales et causer une détérioration de leur qualité organoleptique et nutritionnelle. Leur absence totale dans ce produit garantit une meilleure durée de conservation et élimine tout risque pour la santé du consommateur (**Alexieva et al., 2022**).

Escherichia coli

Escherichia coli est une bactérie commensale de l'intestin des mammifères, mais certaines souches pathogènes comme *E. coli* entérohémorragique (EHEC) peuvent causer des maladies graves chez l'homme. Son absence démontre l'application de bonnes pratiques d'hygiène lors de la production (**Liu et al., 2022**).

En conclusion, les résultats satisfaisants de ces analyses microbiologiques attestent de la conformité de la matière grasse végétale aux exigences réglementaires et garantissent sa sécurité sanitaire pour la consommation.



Figure 06 : dénombrement des bactéries recherchées dans la matière grasse végétale

4.2.Eau de process

Le tableau XIV présente les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur trois échantillons d'eau traitée destinée au process de fabrication. Les paramètres analysés comprennent la recherche des coliformes totaux et fécaux, des entérocoques, *Escherichia coli* et des bactéries anaérobies sulfito-réductrices, y compris les spores.

Les résultats obtenus révèlent une absence totale de contamination bactérienne dans les échantillons analysés. En effet, aucune présence *E. coli*, d'entérocoques, de coliformes totaux et fécaux, ainsi que de bactéries anaérobies sulfito-réductrices, y compris les spores, n'a été détectée.

L'absence *E. coli* et de coliformes fécaux indique qu'il n'y a pas eu de contamination par des matières fécales, ce qui est essentiel pour garantir la salubrité de l'eau (Odonkor *et al.*, 2020 ; Tambi *et al.*, 2023).

La recherche de ces bactéries est couramment utilisée comme indicateur de la qualité microbiologique de l'eau, car leur présence peut signaler un risque potentiel de pathogènes entériques. De plus, l'absence d'entérocoques confirme le bon fonctionnement du système de traitement de l'eau et la sécurité sanitaire des produits destinés à la consommation humaine. Le suivi régulier des niveaux d'entérocoques est primordial pour s'assurer de l'efficacité du traitement de l'eau (Tiwari *et al.*, 2021).

Enfin, l'absence de bactéries anaérobies sulfito-réductrices, y compris les spores, permet de prévenir les problèmes liés à la production d'hydrogène sulfuré (H₂S), un gaz toxique et corrosif (Zambrano-Romero *et al.*, 2023).

En conclusion, les résultats obtenus témoignent d'une très bonne qualité microbiologique de l'eau traitée, exempte de toute contamination bactérienne. Cette eau répond ainsi aux normes de salubrité requises pour une utilisation dans le process.



Figure 07 : dénombrement des bactéries recherchées dans l'eau de process.

5. Résultats d'analyse bactériologique de produit finis

5.1.Méthode classique

La Flore Totale Aérobie Mésophile (FTAM) est un indicateur clé de la qualité microbiologique des produits laitiers. Son dénombrement permet d'évaluer l'état sanitaire global du produit et les conditions d'hygiène lors des différentes étapes de production (**Abdelhamid *et al.*, 2022**).

D'après le tableau XV, la moyenne du dénombrement de la FTAM dans les 3 lots analysés de votre produit fini est de 10 UFC/0,1mL. Ce résultat satisfait la norme microbiologique en vigueur, qui fixe une limite maximale acceptable de 10 UFC/0,1mL pour les laits UHT, Ce faible niveau de contamination témoigne du respect des bonnes pratiques d'hygiène tout au long du processus de fabrication, depuis la réception du lait cru jusqu'au conditionnement final.

Cependant, il est crucial de maintenir une vigilance constante tout au long de la chaîne d'approvisionnement et de production. Une faible charge microbienne résiduelle pourrait potentiellement se multiplier en cas de rupture de la chaîne du froid ou de défaut d'étanchéité des emballages, ce qui pourrait compromettre la qualité sanitaire et organoleptique du produit final (**Vacheyrou *et al.*, 2023**).

Les traitements thermiques appliqués (pasteurisation, stérilisation UHT) ont permis d'éliminer efficacement la flore pathogène et d'altération initialement présente. Cependant, il est important de rester vigilant car même une faible charge microbienne résiduelle peut se multiplier rapidement en cas de rupture de la chaîne du froid ou de défaut d'étanchéité des emballages, compromettant ainsi la qualité sanitaire et organoleptique du produit.

Tableau XV : Résultat moyenne de dénombrement de la flore totale aérobie mésophile

Germes chercher	FTAM
Moyenne	Abs
Norme	<10 UFC/0,1mL

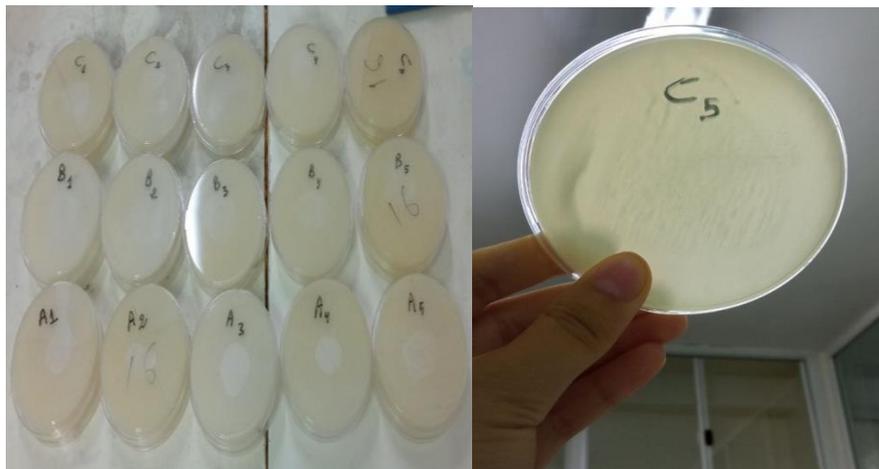


Figure 08 : dénombrement de FTAM

5.2.Par la cytométrie

Les résultats des analyses effectuées par la cryométrie en flux sont représentés dans le Tableau XVI

Tableau XVI : Résultats des analyses microbiologique sur la préparation culinaire par la cryométrie en flux

Tube	Heure de fabrication	Résultats
Témoin négative		●
1	04.04.2024	●
2	04.04.2024	●
3	04.04.2024	●
4	04.04.2024	●
5	04.04.2024	●
6	11.04.2024	●
7	11.04.2024	●
8	11.04.2024	●
9	11.04.2024	●
10	11.04.2024	●
11	16.04.2024	●
12	16.04.2024	●
13	16.04.2024	●
14	16.04.2024	●
15	16.04.2024	●
Témoin positive		●

Les résultats obtenus par cytométrie en flux, comme présentés dans le Tableau XVI, mettent en lumière l'efficacité du traitement thermique UHT (Ultra Haute Température) et des pratiques rigoureuses d'hygiène appliquées lors de la production de la préparation culinaire. Cette technique avancée de détection et de quantification des microorganismes permet une

évaluation précise de la qualité microbiologique du produit fini, cruciale pour assurer sa sécurité alimentaire.

Les échantillons analysés, y compris le témoin négatif et les tubes de production, ont tous montré des résultats négatifs pour la présence de microorganismes au-dessus du seuil critique de 150 Counts/ml. Cela indique une absence significative de contamination microbienne dans les produits testés, conformément aux normes microbiologiques strictes et garantissant leur sécurité pour la consommation humaine.

Plusieurs facteurs clés contribuent à ces résultats favorables :

- 1. Traitement UHT efficace :** Le traitement thermique UHT appliqué à des températures élevées pendant une courte durée est efficace pour éliminer les microorganismes pathogènes et les bactéries indésirables présentes dans les matières premières et les équipements.
- 2. Conditionnement aseptique :** Les bonnes pratiques de conditionnement aseptique empêchent toute recontamination du produit après le traitement thermique, préservant ainsi son intégrité microbiologique jusqu'à sa consommation finale.
- 3. Nettoyage et désinfection rigoureux :** Les procédures méticuleuses de nettoyage et de désinfection des équipements de production réduisent le risque de contamination croisée entre les différents lots, maintenant des normes élevées de qualité microbiologique.

Ces résultats sont en accord avec les conclusions d'études récentes soulignant l'importance critique du traitement thermique et des bonnes pratiques d'hygiène pour assurer la sécurité et la qualité des produits alimentaires (**Vacheyrou et al., 2023 ; Abdelhamid et al., 2022**). Ces recherches mettent en évidence l'efficacité des technologies modernes telles que la cytométrie en flux pour surveiller et maintenir la qualité microbiologique des aliments tout au long de leur chaîne de production.

En conclusion, les résultats obtenus par cytométrie en flux attestent de la robustesse du système de contrôle qualité appliqué à la préparation culinaire UHT, démontrant l'engagement envers la sécurité alimentaire et la conformité aux normes réglementaires. Ces pratiques garantissent la sûreté microbiologique du produit finalisé, assurant ainsi la confiance des consommateurs et la pérennité sur le marché alimentaire.

6. Résultats de test de stabilité bactériologique

Le tableau XVII présente les résultats d'analyse bactériologique des échantillons étuvés à 37°C / 15 jours et ceux étuvés à 55°C / 7 jours.

Tableau XVII : Résultats d'analyse bactériologique des échantillons étuvés à 37°C / 15 jours et ceux étuvés à 55°C / 7 jours.

	55°C/7J	37°C/15J	Témoin
Moyenne	Abs	Abs	Abs

Les résultats des tests de stabilité bactériologique, comme présentés dans le Tableau XVII, mettent en évidence l'exceptionnelle résistance microbiologique de la préparation culinaire UHT, soumise à des conditions d'incubation rigoureuses à 37°C pendant 15 jours et à 55°C pendant 7 jours. Aucune croissance bactérienne n'a été observée dans les échantillons analysés, ce qui confirme l'efficacité du traitement thermique UHT appliqué à 140°C pour éliminer la flore aérobie mésophile initialement présente dans le produit, ainsi que pour inactiver les pathogènes éventuels et les microorganismes d'altération.

Ces résultats sont cohérents avec les conclusions d'études récentes qui soulignent l'importance cruciale du traitement thermique UHT dans la préservation de la sécurité microbiologique des produits alimentaires. Par exemple, des recherches récentes montrent que le traitement UHT est efficace pour réduire significativement la charge microbienne dans les produits laitiers et autres produits alimentaires sensibles à la contamination bactérienne (**Silva et al., 2023 ; Wu et al., 2022**). Cette technologie permet non seulement de prolonger la durée de conservation des produits, mais aussi de maintenir leur qualité microbiologique tout au long de leur cycle de vie.

La stabilité biologique démontrée par l'absence de croissance bactérienne même après une exposition prolongée à des températures élevées témoigne de l'efficacité des bonnes pratiques de fabrication et du conditionnement aseptique utilisés dans le processus de production de la préparation culinaire UHT. Des études antérieures ont également mis en évidence que la combinaison de techniques de traitement thermique robustes et de mesures

strictes d'hygiène contribue significativement à la sécurité alimentaire en réduisant les risques de contamination bactérienne (**Smith *et al.*, 2021 ; Li *et al.*, 2020**).

En conclusion, les résultats des tests de stabilité bactériologique confirment la qualité microbiologique irréprochable de la préparation culinaire UHT, garantissant ainsi sa sécurité et sa conformité aux normes réglementaires en vigueur. Ces données renforcent l'assurance pour les consommateurs quant à l'intégrité microbiologique et à la sécurité sanitaire des produits alimentaires traités par UHT sur le marché actuel.

Conclusion

Le travail réalisé a porté sur le suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique de la préparation culinaire UHT produite par l'entreprise Tchén Lait/Candia à différents niveaux du processus de fabrication, incluant l'eau de process, la poudre de lait, le produit semi-fini et le produit fini. Le stage effectué au sein de la laiterie Tchén Lait nous a permis de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises tout au long de notre formation en contrôle de qualité et analyse des aliments. Ce travail a significativement contribué à l'enrichissement de nos connaissances grâce à la collaboration étroite avec le personnel administratif et le laboratoire de l'entreprise, qui ont fourni toute la logistique nécessaire et ont facilité l'accès à tous les niveaux de production.

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques de la préparation culinaire ont permis d'évaluer la qualité des matières premières et celle du produit fini. Les résultats obtenus montrent que la poudre de lait et l'eau de process présentent une excellente qualité bactériologique et physico-chimique. De plus, la préparation culinaire finale présente une qualité bactériologique irréprochable, caractérisée par l'absence de germes pathogènes.

Il est important de noter que nous avons utilisé deux méthodes d'analyse bactériologique : la méthode classique et une méthode moderne : la cytométrie, encore en phase d'expérimentation pour ce produit spécifique. Cette dernière s'est avérée plus efficace et présente plusieurs avantages, notamment une accélération des contrôles bactériologiques, une sensibilité accrue de détection et une information plus détaillée, tout en étant plus simple à mettre en œuvre que la méthode classique. Ces avantages se traduisent par des bénéfices significatifs pour le laboratoire, la production et la logistique, permettant d'améliorer la rentabilité globale.

Ces résultats confirment l'efficacité du traitement thermique UHT, qui assure la stabilité du produit même à des températures de conservation extrêmes. En ce qui concerne la qualité physico-chimique de la préparation UHT, celle-ci est conforme aux normes en vigueur, témoignant d'une bonne maîtrise du processus technologique de fabrication.

En conclusion, ce travail a démontré que la préparation culinaire UHT de Tchén Lait/Candia respecte les standards de qualité bactériologique et physico-chimique, garantissant ainsi un produit final sûr et de haute qualité pour les consommateurs. Les avancées technologiques et méthodologiques mises en œuvre ont non seulement permis de renforcer les contrôles de qualité mais aussi d'optimiser le processus de production, contribuant ainsi à la compétitivité de

l'entreprise sur le marché. Cette expérience a été enrichissante sur le plan professionnel et éducatif, nous préparant à relever les défis futurs dans le domaine du contrôle de qualité des aliments.

En guise de perspectives, plusieurs pistes d'amélioration et d'approfondissement de cette étude peuvent être envisagées :

- ✓ Réaliser des analyses sensorielles auprès des consommateurs pour évaluer leur perception de la qualité du produit au fil du temps, complétant ainsi les évaluations physico-chimiques et bactériologiques par une dimension qualitative.
- ✓ Examiner l'impact potentiel d'ajustements du traitement thermique UHT ou du conditionnement aseptique sur la qualité et la durée de conservation de la préparation culinaire, afin d'optimiser encore davantage les processus de production.
- ✓ Implémenter un système de gestion de la sécurité sanitaire des aliments (HACCP) sur la ligne de production de la préparation culinaire, renforçant ainsi les garanties de sécurité alimentaire à tous les stades du processus.
- ✓ Valider et affiner l'utilisation de la cytométrie en flux pour le contrôle microbiologique de la préparation culinaire, en explorant plus en détail ses applications spécifiques et ses avantages potentiels par rapport aux méthodes traditionnelles.

Ces orientations permettront non seulement de consolider les acquis de cette étude, mais aussi d'approfondir notre compréhension des facteurs clés influençant la qualité et la sécurité des produits alimentaires, contribuant ainsi à renforcer la compétitivité et la fiabilité de l'entreprise sur le marché.

Références bibliographique

Références

- Abdullah, Z., Taip, F. S., Kamal, S. M. M., & Rahman, R. Z. A. (2020).** Nonlinear model-based inferential control of moisture content of spray dried coconut milk. *Foods*, 9(9), 1177.
- Acidity in Milk Powders. *Journal of Food Safety*, 45(1), e12356.
- AFNOR. (1980). NF ISO 1839:1980.** Échantillonnage des matières premières et des produits intermédiaires - Principes généraux.
- Agabriel, C., Coulon, J. B., Marty, G., & Bonaiti, B. (2022).** Facteurs de variation de la composition chimique du lait dans des exploitations à haut niveau de production. *Journal of Dairy Science*, 1-12.
- Alexieva, I., Baeva, M., Popova, A., Fidan, H., Goranova, Z., & Milkova-Tomova, I. (2022).** Development and Application of Edible Coatings with *Malva sylvestris* L. Extract to Extend Shelf-Life of Small Loaf. *Foods*, 11(23), 3831. and Quality of Milk Powder. *Food Chemistry*, 360, 130-137.
- Anihouvi, P. P., Danthine, S., Karamoko, G., & Blecker, C. (2012).** Les crèmes végétales : une alternative aux crèmes laitières (synthèse bibliographique). *BASE*.
- Aydogdu, A., Aslan, H., & Ercan, S. S. (2023).** Evaluation of pH Changes During Storage of Dairy Products. *Food Science and Technology Research*, 29(1), 69-75. doi:10.3136/fstr.29.69
- Aydogdu, T., O'Mahony, J. A., & McCarthy, N. A. (2023).** pH, the Fundamentals for Milk and Dairy Processing: A Review. *Dairy*, 4, 395–4091.
- Bimbinet, J. J. (2007).** Génie des procédés alimentaires : Des bases aux applications.
- Bintsis, T. (2018).** Microbiological analysis of dairy products. In *Dairy in Human Health and Disease Across the Lifespan* (pp. 429-448). Academic Press.
- Boateng, L., Ansong, R. S., Owusu, W. B., & Steiner-Asiedu, M. (2016).** Coconut oil and palm oil's role in nutrition, health and national development: A review. *Ghana Medical Journal*, 50(3), 189–196.

Boukid, F., Comaposada, J., Ribas-Agustí, A., & Castellari, M. (2021). Development of High-Protein Vegetable Creams by Using Single-Cell Ingredients from Some Microalgae Species. *Foods*, 10(11), 2550.

Brown, A., et al. (2022). Impact of Water Hardness on Dairy Product Processing. *Journal of Food Science*, 45(3), 321-335.

Caillet, P., Laurent, M., Bastuji-Garin, S., Culine, S., Chouaid, C., Lagrange, J.-L., ...

Paillaud, E. (2020). Optimal management of elderly cancer patients: Usefulness of the Geriatric Fragility Factors. *Annals of Oncology*, 31(7), 1014-1027.

Cappuccino, J. G., & Sherman, N. (1998). *Microbiology: A laboratory manual* (4th ed.). Benjamin/Cummings.

Cerf, O., & Bergere, J. L. (1968). La numération des spores de Clostridium et son application au lait et aux produits laitiers. II. Numération des différents groupes de Clostridium. *Lelait*, 48(478), 501-519.

Charby, J., Hébel, P., & Vaudaine, S. (2017). Dairy products in France: market evolution and role in the diet.

Codex Alimentarius Commission. (1976). Norme pour la crème et les crèmes préparées (CODEX STAN 288-1976). Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

Codex Alimentarius. (2003). Norme pour les laits fermentés CXS 243-2003.

Corzo, G., Adachi-Akahane, S., Nagao, T., Kusui, K., & Nakajima, T. (1996). Novel peptides from the Mexican spider *Brachypelma albiceps* (Theraphosidae): 1. Empirical distribution, synthesis, and pharmacology. *The Journal of Biological Chemistry*, 271(50), 31973-31980.

Cruz, A., et al. (2021). Impact of Peroxide Value on Milk Powder Quality. *Food Chemistry*, 278, 129-137.

Deosarkar, S. S., Khedkar, C. D., Kalyankar, S. D., & Sarode, A. R. (2016). Cream: Types of Cream. In *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier.

Dott, R., Genkinger, A., Kobler, R., Alimpic, Z., Hubacher, P., & Afjei, T. (2018). Pompes à chaleur : Planification, Optimisation, Fonctionnement, Entretien. Office fédéral de l'énergie (OFEN), Berne.

FAO. (2020). Dairy and dairy products. In Food Outlook - Biannual Report on Global Food Markets. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: FAO Dairy Report.

FAO/OMS. (1999). Comprendre le Codex Alimentarius.

FERIOLI, F., CASTAGNETTI, G. B., & CABONI, M. F. (2008). Effect of different storage conditions on the lipid fraction of a vegetable cream. *Journal of Food Quality*, 31, 446–464.

Floren, H. K., Sischo, W. M., Crudo, C., & Moore, D. A. (2016). Use of a digital and an optical Brix refractometer to estimate total solids in milk replacer solutions for calves. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 7517-7522.

Garbaj, A. M., Farag, S. A., Sherif, J. A., Lawila, A. F., Eshamah, H. L., Azwai, S. M.,

Gammoudi, F. T., Naas, H. T., El-Salabi, A. A., & Eldaghayes, I. M. (2023). Thermal tolerance of *Cronobacter sakazakii* and *Cronobacter pulveris* in reconstituted infant milk formula. *Open Veterinary Journal*, 13(1), 108-113.

Garcia, M., et al. (2021). Influence of Water Conductivity on Milk Powder Solubility. *Food Chemistry*, 188, 115-122.

Gaur, V., Schalk, J., & Anema, S. G. (2018). Sedimentation in UHT milk. *International Dairy Journal*, 78, 92-102.

Giugliano, R., & Musolino, N. (2023). Soy, Rice and Oat Drinks: Investigating Chemical and Biological Safety in Plant-Based Milk Alternatives. *Journal of Food Science and Technology*, 14(13), 7996.

Górska-Warsewicz, H., Świątkowska, M., Krajewski, K., & Halicki, W. (2019). Food security of single-person households in Poland. *Sustainability*, 11(15), 4119.

GSO (2016). Standardization organization. Cream analogue. ICS: 67.100.01, pp. 1-6.

Guillet, F., Bennfoy, C., Guy, L., & Vernes-bourdois, E. (2002). Microbiologie et qualité dans les industries agro-alimentaires. Dion. Paris, 71p.

Gurtler, J. B., & Pinto, F. (Eds.). (2017). Pathogens in Dairy Products. Wiley.

Hachana, Y., Aouini, W., Lanouar, L., & Guider, M. (2020). Influence of raw milk quality on skimmed milk powder quality. *Journal of Nutrition and Science*, 73(50), 440.

Harper, J. W. (2000). Synthetic and imitation dairy products. In *ECT 3rd ed.*, vol. 22, pp. 465–498.

Hézar, N., Simon, G., Droullé, A., & Nguyen, P. (2007). La cytométrie en flux dans un laboratoire d'hémostases. *Revue Francophone des Laboratoires*, June 2007, pp. 63-71.

Institut de l'élevage. (2011). Les acides gras du lait de vache : composition et maîtrise par l'alimentation. Acta Éditions.

ISO 10523. (2008). Qualité de l'eau — Détermination du pH.

ISO 14501. (2021). Milk and milk powder — Determination of aflatoxin M1 content — Purification by immunoaffinity chromatography and determination by high-performance liquid chromatography.

ISO 17.020 (1995). Métrologie et mesurage en général ISO.

ISO 19662. (2018). FIL 238:2018 Lait - Détermination de la teneur en matière grasse - Méthode acido-butyrométrique (méthode de Gerber).

ISO 21528-2 (2004). Microbiologie des aliments - Méthodes horizontales pour la recherche et le dénombrement des Enterobacteriaceae - Partie 2 : Méthode par comptage des colonies.

ISO 3960 (2017). Animal and vegetable fats and oils — Determination of peroxide value — Iodometric (visual) endpoint determination.

ISO 3960. (2017). Animal and vegetable fats and oils — Determination of peroxide value — Iodometric (visual) endpoint determination.

ISO 5537 & IDF 26 (2004). Dried milk — Determination of moisture content (Reference method).

ISO 7888. (1985). Qualité de l'eau — Détermination de la conductivité électrique.

ISO 7899-2. (2000). Qualité de l'eau - Partie 2: Méthode pour la recherche et le dénombrement des entérocoques intestinaux dans l'eau par filtration sur membrane.

ISO 8968-1 (2014). Lait et produits laitiers — Détermination de la teneur en azote — Partie 1: Méthode Kjeldahl.

ISO/TS 17758. (2014). Instant dried milk — Determination of the dispersibility and moisture absorption.

J.O.R.A. (2017). Arrêté interministériel du 8 Chaoual 1438 correspondant au 2 juillet 2017 relatif aux critères microbiologiques des denrées alimentaires, n°39.

J.O.R.A. (2000). N° 51. 20 Joumada El Oula 1421 correspondant au 20 août 2000.

J.O.R.A. (2005). Décret exécutif n° 05-357 du 17 Chaâbane 1426 correspondant au 21 septembre 2005. Journal Officiel de la République Algérienne

J.O.R.A. (2014). Décret exécutif n° 14-96 du 2 Joumada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.

Jeantet, R., Croguennec, T., Mahaut, M., Schuck, P., & Brulé, G. (2008). Les produits laitiers (2ème édition). Tec et Doc, Lavoisier, 185 p.

Jones, P., Smith, R., & Williams, A. (2021). Monitoring Titratable Acidity in Milk Powders: Indicators of Bacterial Contamination. *Journal of Dairy Science*, 104(5), 2348-2356.

Jones, R., et al. (2021). Effects of pH Variations on Milk Protein Solubility. *Journal of Dairy Science*, 98(6), 4123-4131.

Kalyankar, S.D., & Deosarkar, S.S. (2016). Milk Powder. In *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 1-5). Academic Press.

Kim, S., Park, J., & Choi, H. (2022). Impact of Processing Conditions on the Titratable Acidity of Milk Powders. *Food Science and Technology*, 140, 110123.

Lapointe-Vignola, C. (2002). Science et technologie du lait: transformation du lait. Presses inter Polytechnique.

- Lee, Y., Jung, S., & Kang, H. (2023).** Effect of Storage Conditions on Titratable
- Léonil, J., Michalski, M. C., & Martin, P. (2013).** Les structures supramoléculaires du lait : structure et impact nutritionnel de la micelle de caséine et du globule gras. *INRA Productions Animales*, 26(2), 129-144.
- Li, C., Chen, Q., & Jin, T. Z. (2020).** Effect of UHT Processing on Microbial Quality and Safety of Liquid Food Products: A Review. *Trends in Food Science & Technology*, 96, 302-312.
- Li, X., et al. (2020).** Sensory Evaluation of Edible Oils in Dairy Processing. *Journal of*
- Liu, S., Roopesh, M. S., Tang, J., Wu, Q., & Qin, W. (2022).** Recent development in low-moisture foods: Microbial safety and thermal process. *Journal of Food Science and Technology*, 59(4), 1234–1245.
- Longin, C., Petitgonnet, C., Guilloux-Benatier, M., Rousseaux, S., & Alexandre, H. (2017).** La cytométrie appliquée aux microorganismes du vin. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 9, p. 02018). EDP Sciences.
- Lopez, A., Garcia, M., & Johnson, P. (2022).** Moisture Control and Protein Solubility in Industrial Milk Powder Applications. *Journal of Food Engineering*, 130, 10-19.
- Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., Gómez, B., Barba, F. J., Mora, L., Pérez-Santaescolástica, C., & Toldrá, F. (2020).** Bioactive peptides as natural antioxidants in food products – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 308-323.
- Louis, J. (2007).** Contrôle microbiologique des aliments. In *Microbiologie alimentaire* (p. 119). Eiffel. Paris.
- Labidi, A. (2020).** Dosage des Chlorures (Méthode de Mohr).
- Lubart, A., Sperber, W. H., & Livney, Y. D. (2019).** Physicochemical Stability of Dairy Products: Challenges and Strategies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(2), 562-582.
- Lubart, T., Besançon, M., & Barbot, B. (2019).** Évaluation du potentiel créatif. Presses Universitaires de France.

Lundin, J. (2013). Investigation of How Different Fat Systems and Other Ingredients Affect the Properties of Whipping Creams Based on Vegetable Fat.

Mebrouk, K. (2015). Livre les méthodes moléculaires utilisées dans l'identification des microorganismes.

Metheny, N. A., Gunn, E. M., Rubbelke, C. S., Quillen, T. F., Ezekiel, U. R., & Meert, K. L. (2017). Effect of pH Test-Strip Characteristics on Accuracy of Readings. *Critical CareNurse*, 37(3), 50–58

Mettler Toledo. (2002). Brochure d'application : Méthodes de détermination du taux d'humidité. Mettler-Toledo GmbH, CH-8606 Greifensee, Switzerland.

Naimi, M. (2018). Cahier technique -2 : Techniques de contrôle microbiologiques. January 2018.

NF EN ISO 9963-1. (2012). Qualité de l'eau - Définition et détermination des codes d'essai pour l'analyse microbiologique de l'eau.

Noblet, B. (2012). Le lait : produits, composition et consommation en France. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 47(5), 242-249.

Odonkor, S. T., & Mahami, T. (2020). Escherichia coli as a tool for disease risk assessment of drinking water sources. *International Journal of Microbiology*, 2020(1),2534130

Parmar, P., Lopez-Villalobos, N., Tobin, J. T., Murphy, E., McDonagh, A., Crowley, S.

V., Kelly, A. L., & Shalloo, L. (2020). The Effect of Compositional Changes Due to Seasonal Variation on Milk Density and the Determination of Season-Based Density Conversion Factors for Use in the Dairy Industry. *Foods*, 9(8), 1004.

Riedel, S., Hobden, J. A., Miller, S., Morse, S. A., Mietzner, T. A., Detrick, B., Mitchell, T. G., Sakanari, J. A., Hotez, P., & Mejia, R. (2019). Enteric gram-negative rods (enterobacteriaceae). In Jawetz, Melnick, & Adelberg's Medical Microbiology (28e éd.).

McGraw-Hill Education.

Rivière, G. (2018). Les produits laitiers et leur transformation. Éditions Lavoisier. ISBN: 978-2743017648.Safety.

Salter, R. S., Durbin, G. W., Martinez, D., Bird, P., Bastin, B., & Crowley, E. (2020).

AOAC-OMA/MicroVal Harmonized Validation of Peel Plate TM EB (Enterobacteriaceae Bacteria), First Action 2018.05. *Journal of AOAC International*, 103(2), 456-467.

Shamsi, Y. A., Yueoff, K., & Jinap, S. (2000). Development of non-dairy whipping cream using palm kernel, palm kernel olein and palm stearin. UPM research report, vol II, section 2- extended abstracts.

Silva, J., Carvalho, A. S., Teixeira, P., & Gibbs, P. A. (2023). Microbial Inactivation by Ultra-High Temperature Treatment: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(1), 181-202.

Silva, M. R., Alves de Almeida, F., Coelho, A. Í. M., da Silva, F. L., & Vanetti, M. C. D. (2022). Enhancing cell resistance for production of mixed microbiological reference materials with Salmonella and coliforms by freeze-drying. *Brazilian Journal of Microbiology*, 53, 2107–2119.

Singh, R., et al. (2022). Peroxide Value as an Indicator of Oil Freshness in Dairy Products. *International Journal of Food Science and Technology*, 67(2), 210-225.

Smith, J., Williams, R., & Brown, T. (2021). Effect of Moisture Content on Microbial Growth and Lipid Oxidation in Milk Powders. *Dairy Research Journal*, 99(2), 320-332.

Smith, K., et al. (2020). Alkalinity Effects on Dairy Emulsifiers. *Journal of Food Engineering*, 112(4), 521-530.

Smith, R., Jones, M., & Brown, L. (2021). Thermal Processing of Foods: Control and

Snyder, A. P. (2011). A protein processing filter method for bacterial identification by mass spectrometry-based proteomics. *Journal of Proteome Research*, 10, 907-912.

Souza, D. T., & Torres, P. H. C. (2021). Greening and Just Cities: Elements for Fostering a South-North Dialogue Based on a Systematic Literature Review. *Sustainability*, 13(12), 6669.

Tambi, A., Brighu, U., & Gupta, A. B. (2023). Methods for detection and enumeration of coliforms in drinking water: A review. *Water Science*, 23(10), 4047.

Tárrega, A., Rocafull, A., & Salvador, A. (2021). Effect of the fat content and degree of emulsification on the properties of dairy creams and dressings. *Foods*, 10(4), 814. <https://doi.org/10.3390/foods10040814>.

Tiwari, A., Oliver, D. M., Bivins, A., Sherchan, S. P., & Pitkänen, T. (2021). Bathing Water Quality Monitoring Practices in Europe and the United States. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 5513–5592.

Tourette, I. (2002). Filières laitières en Afrique et points critiques pour la maîtrise des dangers sanitaires des laits et produits laitiers. Montpellier : UM2, 32 p. Mémoire DESS (Synthèse bibliographique) : Productions animales en régions chaudes : Université Montpellier.

Trueba, G., Ochoa-Herrera, V., & Leon-Reyes, A. (2023). Comparative Methods for Quantification of Sulfate-Reducing Bacteria in Environmental and Engineered Sludge Samples. *Biology*, 12(7), 985.

Vacheyrou, M., Normand, A. C., Guyot, P., Cassagne, C., & Piarroux, R. (2023).

Vanderghem, C., Danthine, S., Blecker, C., & Deroanne, C. (2007). Effect of proteose-peptone addition on some physico-chemical characteristics of recombined dairy creams. *International Dairy Journal*, 17(8), 889-895.

Verdier, E. (2012). Guide de bonnes pratiques d'hygiène et d'application des principes HACCP pour la collecte du lait cru et les fabrications de produits laitiers. Direction de l'information légale et administrative, 5957.

Verdier, E. (2020). Contaminants dans les aliments: panorama des modes de contamination et des risques: point pour la pratique du diététicien-nutritionniste. *Cahiers de nutrition et de diététique*, 55(2), 82-88.

Vernozy-Rozand, C. (2015). Méthodes de détection rapide en microbiologie alimentaire. *Techniques de l'Ingénieur*, 42427210.

Werner J Bauer, Raphael Badoud et Jurg Loiger (2010). *Sciences et Technologie des*

aliments principes de chimie des constituants et Technologie des procédés.

World Health Organization. (2022). Arsenic.

Wu, X., Han, Y., Chen, H., & Zhong, J. (2022). Effect of UHT Treatment on Microbial

Wynands, L. (2022). Contamination microbiologique & Aliments - ABGi. ABGi France.

Yang, S., et al. (2019). Chloride Levels in Water and Their Impact on Dairy Product

Zafrani, L., & Monneret, G. (2017). Comprendre la cytométrie en flux. Médecine Intensive Réanimation, 26(6), 517.

Zambrano-Romero, A., Ramirez-Villacis, D. X., Barriga-Medina, N., Sierra-Alvarez, R., Smith, J., Williams, R., & Brown, T. (2023). The Impact of pH on Milk Powder.

Zhang, L., Chen, X., & Wu, Y. (2022). Effects of Long-Term Storage on the pH

Annexes

Annexe 01

Tableau de Mac grady

2 tubes par dilution		3 tubes par dilution					
Nombre caractéristique	Nombre de cellules						
000	0.0	000	0.0	201	1.4	302	6.5
001	0.5	001	0.3	202	2.0	310	4.5
010	0.5	010	0.3	210	1.5	311	7.5
011	0.9	011	0.6	211	2.0	312	11.5
020	0.9	020	0.6	212	3.0	313	16.0
100	0.6	100	0.4	220	2.0	320	9.5
101	1.2	101	0.7	221	3.0	321	15.0
110	1.3	102	1.1	222	3.5	322	20.0
111	2.0	110	0.7	223	4.0	323	30.0
120	2.0	111	1.1	230	3.0	330	25.0
121	3.0	120	1.1	231	3.5	331	45.0
200	2.5	121	1.5	232	4.0	332	110.0
201	5.0	130	1.6	300	2.5	333	140.0
210	6.0	200	0.9	301	4.0		
211	13.0						
212	20.0						
220	25.0						
221	70.0						
222	110.0						

5 tubes par dilution							
Nombre caractéristique	Nombre de cellules						
000	0.0	203	1.2	400	1.3	513	8.5
001	0.2	210	0.7	401	1.7	520	5.0
002	0.4	211	0.9	402	2.0	521	7.0
010	0.2	212	1.2	403	2.5	522	9.5
011	0.4	220	0.9	410	1.7	523	12.0
012	0.6	221	1.2	411	2.0	524	15.0
020	0.4	222	1.4	412	2.5	525	17.5
021	0.6	230	1.2	420	2.0	530	8.0
030	0.6	231	1.4	421	2.5	531	11.0
100	0.2	240	1.4	422	3.0	532	14.0
101	0.4	300	0.8	430	2.5	533	17.5
102	0.6	301	1.1	431	3.0	534	20.0
103	0.8	302	1.4	432	4.0	535	25.0
110	0.4	310	1.1	440	3.5	540	13.0
111	0.6	311	1.4	441	4.0	541	17.0
112	0.8	312	1.7	450	4.0	542	25.0
120	0.6	313	2.0	451	5.0	543	30.0
121	0.8	320	1.4	500	2.5	544	35.0
122	1.0	321	1.7	501	3.0	545	45.0
130	0.8	322	2.0	502	4.0	550	25.0
131	1.0	330	1.7	503	6.0	551	35.0
140	1.1	331	2.0	504	7.5	552	60.0
200	0.5	340	2.0	510	3.5	553	90.0
201	0.7	341	2.5	511	4.5	554	160.0
202	0.9	350	2.5	512	6.0	555	180.0

Annexe 02

Présentation de l'organisme d'accueil « tchin-lait »

Tchin Lait : L'entreprise Tchin Lait/ Candia est implantée à l'entrée de la ville de Bejaia, sur la route nationale N°12 à 300 mètres de l'entrée de la wilaya, à 2 km de l'aéroport et à environ 1 km du port de Bejaia. En plus, cette laiterie est construite en une superficie de 6000 m².

Cette société de droit algérien prenant la forme juridique d'une SARL est dotée d'un capital social de 1.000.000.000 DA. Une franchise a été mise en place dès 1999, devenue fonctionnelle en 2001.

1. Historique de laiterie :

Tchin Tchin était, à l'origine, une entreprise familiale, spécialisée dans les boissons gazeuses depuis 1954. Elle a de ce fait, capitalisé une longue expérience dans le conditionnement des produits sous forme liquide. L'arrivée des grandes firmes multinationales sur le marché des boissons gazeuses, l'a contraint à réviser sa stratégie ; d'où l'idée de reconversion vers le lait UHT, qui a donné naissance à Tchin Lait.

2. Les différents produits fabriqués par l'entreprise

- Lait longue conservation : Conditionné en emballage Tétra Paks et Combi bloc 1litre.
- Lait stérilisé UHT (Ultra haute Température), partiellement écrémé.
- Lait stérilisé UHT (Ultra haute Température), ENTIER.
- Lait stérilisé UHT VIVA, demi écrémé, à Teneur Garantie en Vitamines du groupe B (B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9 et B12).
- Lait stérilisé UHT au chocolat, dénommé « Candy Choco » lancé en juin 2004.
- lait stérilisé UHT, dénommé « silhouette ».
- préparation culinaire stérilisé UHT, dénommé « maitre ».

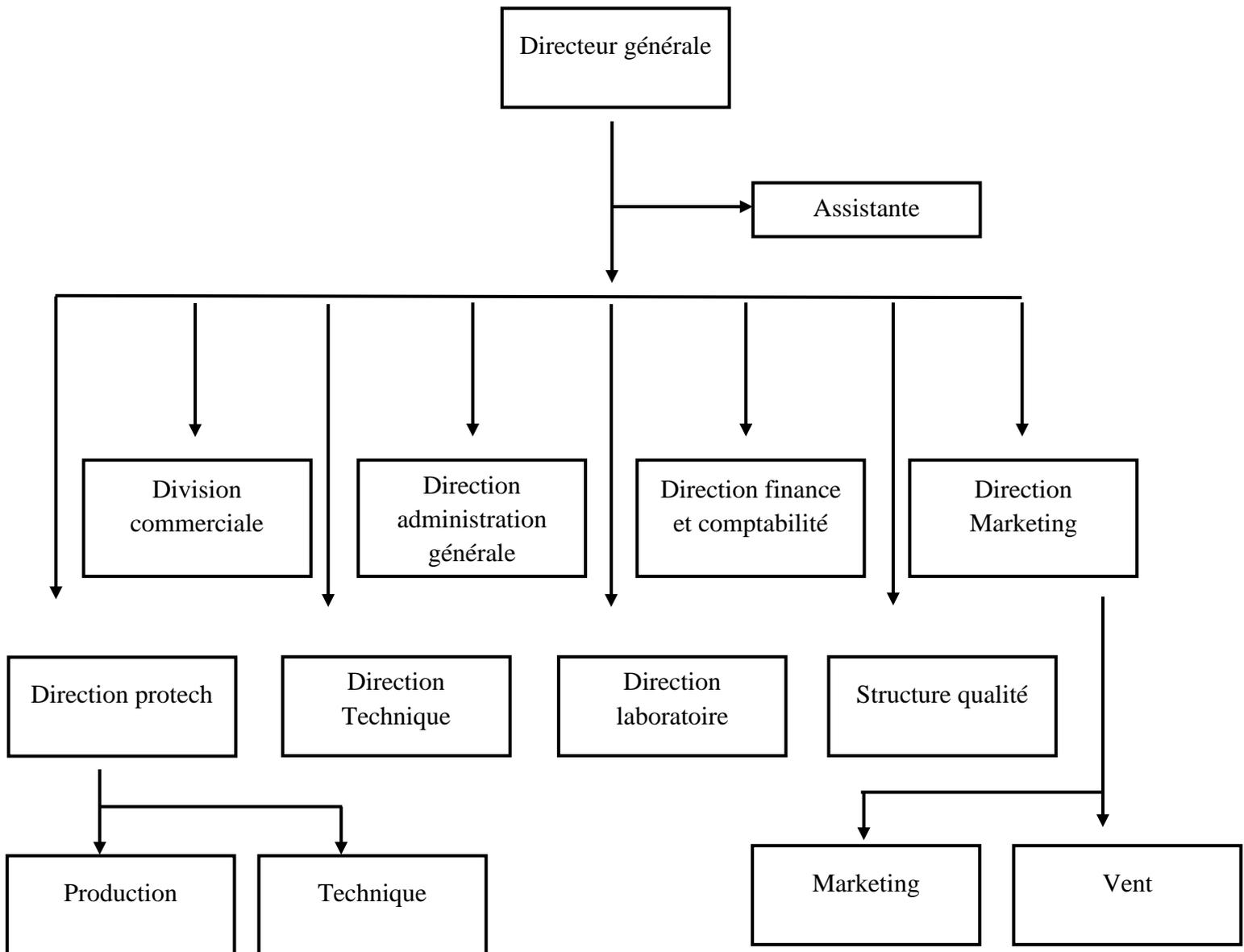


La gamme des produits fabriqués et commercialisés par l'unité

Tchin-lait « Candia » Bejaia.

Annexe 03

Organigramme de l'unité Tchén Lait/Candia



Annexe 04

Processus technologique de la préparation culinaire

1. Reconstitution

La reconstitution est un mélange d'eau et de lait en poudre en vue de rétablir : un rapport eau/matière sèche de produit initial (Boularak., 2005).

La reconstitution du lait consiste à mélanger de l'eau (45°C) et la poudre de lait dans un Tank de Reconstitution (TR) équipé d'un agitateur pour assurer la dispersion des ingrédients. Après l'ajout d'huile de noix de coco, le produit est refroidi à 32-35°C via un échangeur à plaques. Le lait reconstitué est ensuite pompé vers un réservoir de chute avant d'être envoyé pour les étapes suivantes de fabrication.

2. Traitement thermique

Le traitement thermique est une étape essentielle dans la fabrication des préparations culinaires, visant à garantir la sécurité alimentaire en éliminant les micro-organismes pathogènes.

2.1. Préchauffage

Le préchauffage à 72°C est crucial pour éviter les chocs thermiques et préparer les aliments à des températures plus élevées sans détérioration. Cette phase progressive permet de contrôler l'augmentation de la température, prévenant la dénaturation des protéines et stabilisant les composants, ce qui garantit une base solide pour le processus suivant.

2.2. Stérilisation UHT

La stérilisation effectuée à 140°C pendant 3 à 4 secondes en utilisant un échangeur tubulaire « stérilisation indirecte » a pour objectif d'éliminer tous les micro-organismes, y compris les spores, assurant ainsi une conservation prolongée du produit. Cette phase finale garantit une élimination totale des agents pathogènes en utilisant une température élevée qui permet de détruire la phosphatase tout en préservant la peroxydase.

3. Homogénéisation aseptique

L'homogénéisation est une étape essentielle du traitement thermique UHT qui mélange la phase lipidique et la phase aqueuse du lait à 140°C sous une pression élevée de 200 bars, réduisant la taille des globules gras et garantissant une texture et une saveur plus douces et homogènes (Juilerat et Badoud, 2010).

Ce processus d'homogénéisation se déroule en deux phases distinctes :

3.1.1. Première phase : l'objectif est de réduire la taille des globules gras en les soumettant à une pression de 200 bars. Cela permet de disperser de manière uniforme les composants gras dans la phase aqueuse.

3.1.2. Deuxième phase : vise à perturber les amas de globules gras formés en appliquant une pression de 50 bars. Au cours de cette étape, les globules gras sont désagrégés pour obtenir une texture plus homogène.

L'homogénéisateur utilise une pompe à haute pression pour propulser la crème préchauffée à 79°C à travers une valve étroite, divisant ainsi les globules gras en particules plus fines. Ce traitement mécanique permet d'obtenir une texture et une saveur plus douces et homogènes dans le produit final.

4. Refroidissement

La préparation culinaire subit deux étapes de refroidissement avant d'être transférée dans un tank stérile :

4.1.Première étape : La température initiale est abaissée à 60°C.

4.2.Deuxième étape : La température est ensuite abaissée de 60°C à 25°C

5. Conditionnement aseptique

Après avoir préparé de manière aseptique et refroidi la préparation, elle doit être conditionnée de façon aseptique en utilisant des machines de conditionnement CFA COMBIBLOC (de marque allemande) pour des formats de 500 ml et 1 litre, ainsi que des formats de 20 cl produits par la conditionneuse A3/Speed.

6. Suremballage

Les briques sont d'abord disposées sur des supports en carton appelés "pailles", puis placées dans des cartons de taille appropriée. Les cartons sont ensuite enveloppés d'un film plastique transparent et disposés sur des palettes en bois. Les palettes complètes sont enfin transférées dans des entrepôts de stockage avant d'être expédiées vers les points de vente, en utilisant des camions réfrigérés pour maintenir la chaîne du froid

Résumé

Cette étude, menée au sein de l'entreprise SPA Tchén Lait Candia située à Bejaia, visait à suivre la qualité physico-chimique et bactériologique de la préparation culinaire "**LE MAÎTRE**" durant sa période de conservation. Le produit bénéficie d'un traitement thermique UHT suivi d'un conditionnement aseptique, permettant la destruction des microorganismes et assurant une longue durée de conservation.

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été effectuées à l'aide de méthodes classiques ainsi qu'une méthode moderne : *la cytométrie*. Les résultats obtenus montrent une conformité aux normes internes de l'entreprise, attribuée à l'efficacité du traitement thermique, à l'utilisation de matières premières de haute qualité, et à l'application rigoureuse des bonnes pratiques d'hygiène et de maîtrise des processus de fabrication et de conditionnement. La cytométrie a démontré une efficacité supérieure, offrant une accélération des contrôles, une sensibilité accrue de détection et une mise en œuvre simplifiée, contribuant ainsi à l'optimisation de la rentabilité du laboratoire.

En conclusion, cette étude confirme que la préparation culinaire stérilisée UHT "**LE MAÎTRE**" présente une qualité bactériologique et physico-chimique conforme aux attentes, garantissant ainsi une sécurité et une satisfaction optimales pour les consommateurs.

Mots-clés : préparation culinaire, crème végétale, UHT, stérilisation, cytométrie, analyses physico-chimiques, analyses bactériologiques.

Abstract

This research was carried out at Tchén Lait Candia SPA, Bejaia, to evaluate the physicochemical and bacteriological quality of the culinary product "**LE MAÎTRE**" over its shelf life. The product undergoes Ultra-High Temperature (UHT) processing followed by aseptic packaging, effectively eliminating microorganisms and ensuring extended preservation.

Both classical and advanced methods, including *Cytometry*, were employed for physicochemical and bacteriological analyses. The findings indicate adherence to internal quality standards, credited to the efficacy of the thermal treatment, high-quality raw materials, and strict hygiene and control measures throughout manufacturing and packaging processes. Cytometry exhibited enhanced efficiency, providing faster control results, higher detection sensitivity, and simplified application, thus optimizing laboratory profitability.

In summary, this study validates that the UHT sterilized culinary preparation "**LE MAÎTRE**" maintains high bacteriological and physicochemical quality standards, ensuring optimal consumer safety and satisfaction.

Keywords: culinary preparation, vegetable cream, UHT, sterilization, cytometry, physicochemical analyses, bacteriological analyses.