

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA –Bejaïa

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences alimentaires
Spécialité Production et transformation laitière
Réf :



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

MASTER

Thème

**Impact des étapes de processus de fabrication
sur la qualité du lait UHT demi-écrémé**

Soutenu le : **02/07/2023**

Présenté par :

- ✓ **Harfi Mohand Ameziane**
- ✓ **Hadiouche Arezki**

Devant le jury composé de :

| | | |
|-------------------------------|--------|--------------|
| M ^{me} K. BOUARROUDJ | MCB | Présidente |
| M ^{me} L. OULD SAADI | MCB | Examinatrice |
| M ^{me} S. TAMENDJARI | MCA | Promotrice |
| M ^r M. MOUSSAOUI | Invité | Co-encadreur |

Année universitaire 2022/2023

REMERCIEMENT

Tout d'abord, nous remercions Dieu de nous avoir accordé la santé, la paix et le courage pour mener à bien ce projet de fin d'études.

Nous exprimons notre profonde gratitude envers notre encadrante, **Mme TAMENDJARI**, pour ses précieux conseils, son soutien et son écoute tout au long de notre projet. Sa disponibilité, son expertise et sa passion pour notre sujet nous ont permis de développer notre mémoire avec succès.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury **Mme Bouarroudj Khalida** et **Mme Ould Saadi Linda** pour l'intérêt qu'elles ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir de par leurs connaissances.

Nous souhaitons également remercier **M. ZAUCHE**, directeur de production de l'entreprise Tchén Lait, pour avoir ouvert les portes de l'entreprise et nous avoir permis d'acquérir une expérience pratique qui a été particulièrement utile pour ce mémoire.

Nous remercions également **M. MOUSSAOUI Madjid** pour son orientation et son aide précieuse durant toute la période de stage. Il a été un tuteur attentif, disponible et compétent, qui nous a permis d'acquérir de nouvelles connaissances et compétences.

Nous tenons à remercier chaleureusement **Mounir, Karim, Fayçal** et toute l'équipe du service des process pour leur accueil chaleureux, leur aide et leurs explications pendant la période de stage.

Nous remercions également **Aziz Ouhendi, Fares Djermouni, Mme Cherfi, Mme Boudergui** et toute l'équipe du laboratoire pour leur soutien, leur aide et leurs explications pendant la période de stage.

Enfin, nous souhaitons remercier **Samyr Alibey** et **Mme Ferhat** pour leur collaboration, leur aide et leurs explications pendant la période de stage.

Nous souhaitons également remercier toutes les personnes qui ont participé à notre enquête et nous ont accordé leur temps pour répondre à nos questions.

DEDICACE

Avec ma profonde gratitude et grand amour, je dédie ce modeste travail :

À mes chers parents,

Maman, tu es le pilier de ma vie, ma source d'inspiration et mon premier modèle. Tu m'as donné la vie, nourrie, éduquée et aimée inconditionnellement. Tu t'es sacrifiée jour et nuit pour que tes enfants puissent réussir et avancer dans la vie. Cette réussite est la tienne, je te la dédie de tout mon cœur. Merci d'avoir cru en moi et de m'avoir toujours poussée vers le haut.

Papa, tu as veillé sur nous et tu as trimé dur pour subvenir à nos besoins. Tu nous as transmis le goût de l'effort et du travail bien fait. Merci pour tes conseils, ta patience et ton soutien moral indéfectible.

À mes chers frères **Malek** et **Yanis** et mes chères sœurs, vous êtes ma première équipe de vie, mes partenaires de toujours. On a grandi ensemble, on a ri et on a pleuré ensemble. Vous m'avez soutenue et encouragée. Cette réussite, c'est la nôtre.

À mon petit neveu **Ahmed**, tu illumines nos vies par ta joie de vivre et ton innocence. Puisse-tu trouver dans cet exemple le courage et la motivation pour tracer ton propre chemin.

À mon binôme **Hadiouche Arezki** et à sa famille, merci pour votre soutien et votre amitié. On a travaillé main dans la main, on a progressé ensemble. Cette réussite, c'est aussi la vôtre.

À mon ami **Sifeddine**, avec qui j'ai partagé une enfance pleine de rires et de complicité. Notre amitié de toujours est l'un de mes plus précieux trésors.

À mes camarades de promotion, nous avons partagé ensemble des moments inoubliables. Vous avez rendu ce parcours plus agréable et motivant. Je vous souhaite à tous beaucoup de succès !

Cette réussite, c'est la vôtre. Je vous dédie ce mémoire en témoignage de mon affection et de ma profonde gratitude.

Mohand

DEDICACE

Je voudrais prendre un moment pour dédier ce mémoire de fin d'étude :

À ma mère, je voudrais te remercier pour tout l'amour, le soutien et les sacrifices que tu as faits pour moi tout au long de ma vie. Tu as toujours été là pour m'encourager et me guider, même dans les moments difficiles. Je ne serais pas la personne que je suis aujourd'hui sans toi.

À mon père, merci pour ta sagesse, ton dévouement et ta force. Tu m'as appris à être un leader et à faire face aux défis avec courage et persévérance. Tu es un exemple pour moi et je suis fier de t'avoir comme père. À mes grands-parents, merci pour votre amour inconditionnel et votre soutien constant. Vos conseils, votre sagesse et vos expériences de vie ont été inestimables pour moi, et je vous en suis éternellement reconnaissant.

À mes sœurs **Sarah** et **Kenza**, merci d'avoir été mes meilleurs amis et mes plus grands fans. Vous m'avez inspiré à travailler dur et à atteindre mes objectifs, et je suis fier de vous avoir comme sœurs.

À mon binôme **Harfi Mohand Ameziane**, merci pour ton travail acharné et ta collaboration efficace. Nous avons réussi à surmonter les obstacles ensemble et à produire un travail de qualité.

À mes amis **Abderrahmane**, **Tayeb** et **Karim**. Je tiens à vous remercier tous les trois pour votre amitié inestimable et votre soutien indéfectible. Vous avez été là pour moi dans les moments difficiles et vous avez partagé avec moi les moments de joie. Je suis reconnaissant pour chaque instant que nous avons passé ensemble, et je sais que notre amitié durera pour toujours.

Enfin, je voudrais remercier tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude. Votre soutien et vos conseils ont été précieux pour nous. Ce travail est dédié à tous ceux qui m'ont aidé à atteindre ce moment important de ma vie. Avec toute ma gratitude

Arezki

Table des matières

Introduction

| | |
|--------------------|---|
| Introduction | 1 |
|--------------------|---|

Partie Bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le lait

| | |
|---|----|
| 1. Définition du lait..... | 3 |
| 2. Composition du lait..... | 3 |
| 3. Propriétés physico-chimiques du lait | 7 |
| 4. Propriétés organoleptiques du lait..... | 9 |
| 5. Propriétés microbiologiques du lait..... | 9 |
| 6. Valeur nutritionnelle du lait..... | 10 |

Chapitre II : Lait UHT demi-écrémé

| | |
|--|----|
| I. Définitions..... | 11 |
| II. Principes du traitement UHT..... | 11 |
| III. Processus de fabrication | 12 |
| 1. Matières premières utilisées dans fabrication du lait UHT demi écrémé | 12 |
| 1.1. Poudre de lait..... | 12 |
| 1.2. Eau | 12 |
| 2. Processus de fabrication du lait stérilisé UHT demi écrémé | 12 |
| 2.1. Reconstitution..... | 12 |
| 2.2. Filtration | 12 |
| 2.3. Réfrigération..... | 12 |
| 2.4. Bac de lancement..... | 13 |
| 2.5. Préchauffage | 13 |
| 2.6. Dégazage..... | 13 |
| 2.7. Homogénéisation | 14 |
| 2.8. Pasteurisation | 14 |
| 2.9. Stérilisation UHT..... | 14 |
| 2.10. Refroidissement et stockage aseptique | 15 |
| 2.11. Conditionnement | 15 |
| 3. Nettoyage et désinfection | 15 |
| 3.1. Nettoyage intermédiaire aseptique (NIA) | 15 |
| 3.2. Nettoyage en place complet (NEP)..... | 15 |

Partie Expérimentale

Matériels et Méthodes

| | |
|--------------------------------------|----|
| I. Échantillonnage..... | 16 |
| II. Analyses effectuées..... | 16 |
| II.1. Analyses organoleptiques | 16 |

| | |
|---|----|
| II.2. Analyses physico-chimiques | 16 |
| I. Analyses physicochimiques | 18 |
| I.1. Eaux de process | 18 |
| 1. Mesure du pH | 18 |
| 2. Détermination du titre hydrotimétrique (TH)..... | 18 |
| 3. Détermination de la Conductivité | 18 |
| 4. Détermination du chlore libre | 19 |
| 5. Dosage des chlorures Cl^- (méthode de MOHR) | 19 |
| 6. Détermination alcalimétrique | 20 |
| I.2. Le lait | 20 |
| 1. Mesure du taux d'humidité des poudres | 20 |
| 2. Test de turbidité | 21 |
| 3. Propreté..... | 21 |
| 4. Acidité titrable | 21 |
| 5. La densité | 22 |
| 6. Détermination le taux de la matière grasse | 22 |
| 7. Détermination de l'extrait sec total (EST) | 22 |
| 8. Tests de stabilité thermique..... | 23 |
| 8.1 Test de Ramsdell..... | 23 |
| 9. Milkoscan | 24 |
| 10. Test NIZO (indice d'homogénéisation) | 24 |
| 11. Mesure de la concentration de l'oxygène dissous | 24 |
| II. Analyses microbiologiques | 25 |
| 1. Eau de procès..... | 25 |
| 2. La poudre du lait | 25 |
| 3. Produit semi-fini..... | 26 |
| 4. Produit fini | 26 |
| 5. Recherche des germes dans le lait incubé à 37°C et 55°C..... | 26 |
| III. Épreuve hédonique | 27 |
| IV. Etude statistique | 27 |

Résultats et discussions

| | |
|--|----|
| I. Résultat analyses physico-chimiques et organoleptiques | 29 |
| 1. Eau de process | 29 |
| 2. Lait..... | 30 |
| 2.1. Turbidité et propreté de la poudre de lait..... | 30 |
| 2.2. Humidité..... | 30 |
| 2.3. Analyses physicochimiques..... | 30 |
| 2.4. La composition..... | 32 |

| | | |
|-------------------------|---|-----------|
| 2.5. | La teneur en oxygène dissous | 33 |
| 2.6. | Indice d'homogénéisation (test NIZO) | 34 |
| 2.7. | Test Ramesdell | 34 |
| 2.8. | Epreuve de stabilité | 35 |
| II. | Résultats et discussions d'analyses microbiologiques | 36 |
| 1. | Eau de process | 36 |
| 2. | Poudre de lait | 37 |
| 3. | Produit reconstitué et produit fini | 37 |
| 4. | Epreuve de stabilité | 38 |
| III. | Analyse sensorielle | 39 |
| III.1. | Analyses organoleptiques | 39 |
| III.2. | Épreuve hédonique | 40 |
| | Conclusion | |
| Conclusion | | 44 |

Références Bibliographiques

Annexes

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Structure moléculaire du lactose | 4 |
| Figure 2 : Composition de la matière grasse du lait | 6 |
| Figure 3 : Circulation du lait et de l'air dans le dégazeur | 13 |
| Figure 4 : Principe du fonctionnement d'un homogénéisateur | 14 |
| Figure 6 : Résultats des analyses physiques..... | 31 |
| Figure 7 : Résultats des analyses de la composition chimique..... | 32 |
| Figure 8 : Résultats de test Ramesdell..... | 34 |
| Figure 9 : Résultats des mesures de paramètres physiques..... | 35 |
| Figure 10 : Résultats des analyses de la composition..... | 35 |
| Figure 11 : Profil sensoriel des produits avant et après traitement..... | 40 |
| Figure 12 : Pouvoir discriminant par descripteur | 42 |
| Figure 13 : Coordonnées des observations..... | 42 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau I :Composition du lait de vache | 3 |
| Tableau II : Concentration et pourcentage des protéines du lait..... | 5 |
| Tableau III : Composition minérale du lait de vache | 6 |
| Tableau IV : Composition vitaminique moyenne du lait cru | 7 |
| Tableau V : Caractéristiques des principales enzymes du lait | 8 |
| Tableau VI : Analyses physico-chimiques des matières premières, le produit semi-fini et le produit fini. | 17 |
| Tableau VII : Analyses microbiologiques effectuées sur l'eau de process. | 25 |
| Tableau VIII : Analyses microbiologiques effectuées sur les poudres de lait (0 % et 26 % MG). | 26 |
| Tableau IX : Analyses microbiologiques effectuées sur le produit semi fini. | 26 |
| Tableau X : Analyses microbiologiques effectuées sur le produit fini. | 26 |
| Tableau XI : Analyses microbiologiques effectuées sur les échantillons étuvés. | 27 |
| Tableau XII : Résultats d'analyses physicochimiques et organoliptiques d'eau de process. | 29 |
| Tableau XIII : Résultats d'analyse de turbidité et propreté de la poudre de lait..... | 30 |
| Tableau XIV : Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur l'eau de process | 37 |
| Tableau XV : Résultats des analyses microbiologiques pour les deux types de poudre..... | 37 |
| Tableau XVI : Résultats pour le lait reconstitué..... | 37 |
| Tableau XVII : Résultats pour le produit fini..... | 38 |
| Tableau XVIII : Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les échantillons étuvés. | 38 |
| Tableau XIX : Résultats d'analyses sensorielles..... | 39 |
| Tableau XX : Résultats d'analyses sensorielles des échantillons étuvés..... | 39 |

LISTE DES ABREVIATIONS

| | |
|--------------|---|
| ACP | Analyse composants principales |
| AFNOR | Association Française de la Normalisation. |
| BCPL | Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol |
| D/C | Double concentration |
| DPD | Diéthyl-Phénylène-Diamine |
| EDTA | Acide Ethylène Diamine Tétracétique |
| ESD | Extrait Sec Dégraissé |
| EST | Extrait Sec Totale |
| FAO | Food and Agriculture Organization of the United Nations |
| FPD | Freezing Point Depression |
| FTAM | Flore Mésophile Aérobie Totale |
| JORA | Journal Officiel de la République Algérienne |
| MG | Matière Grasse |
| MP | Matière protéique |
| NEP | Nettoyage en place complet |
| NET | Noir Eriochrome T |
| NIA | Nettoyage intermédiaire aseptique |
| NIE | Norme Interne de l'Entreprise |
| OD | Oxygène Dissous |
| PCA | Plate Count Agar |
| PDL | Poudre de lait |
| pH | Potentille d'Hydrogène |
| S/C | Simple concentration |

| | |
|-------------|--|
| TA | Titre Alcalimétrique |
| TAC | Titre Alcalimétrique Complet |
| TH | Détermination du titre hydrotimétrique |
| UFC | Unité formant colonie |
| UHT | Ultra Haute Température |
| VRBG | Violet Red Bile Glucose |



Introduction

Introduction

Le lait est un liquide produit par les mammifères femelles pour nourrir leurs petits. Au fil des siècles, l'humanité a domestiqué certaines espèces de mammifères, notamment les vaches, les chèvres, les moutons et les buffles, afin de prolonger artificiellement la période de production de lait et de le consommer directement ou sous forme de produits laitiers. Autrefois, une grande partie de l'alimentation mondiale provient du lait des mammifères, et l'industrie laitière est très développée, jouant un rôle majeur sur le plan économique et technologique dans le secteur alimentaire (**Griffiths, 2010**).

En l'an 2000, l'Algérie a mis en place un Plan National de Développement Agricole (PNDA) dans le but d'améliorer le secteur laitier. Ce plan a entraîné une augmentation de la production nationale de lait à trois milliards de litres en 2011, représentant une croissance de 84% en une année. Cependant, cette augmentation n'a pas été suffisante pour répondre à la demande, et l'Algérie demeure le deuxième plus grand importateur de lait au monde après la Chine. De plus, l'Algérie est le plus grand consommateur de lait au Maghreb, avec une consommation moyenne de 120 litres par an et par habitant (**El Hassani, 2013**).

L'industrie laitière utilise différents procédés pour garantir la qualité et la stabilité du lait, notamment les traitements de chaleur tels que la pasteurisation et la stérilisation à Ultra Haute Température (UHT). Ces traitements permettent d'éliminer les micro-organismes présents dans le lait, assurant ainsi sa sécurité alimentaire et sa longue durée de conservation. La stérilisation UHT est considérée comme le meilleur traitement pour préserver les qualités organoleptiques et nutritionnelles du lait. Cependant, les conséquences de ces traitements et des modifications qui peuvent survenir pendant la conservation sont importantes en termes nutritionnels (**Adrian, 1975**).

L'unité de fabrication Tchén-Lait/Candia, située dans la wilaya de Bejaia en Algérie, est l'une des plus importantes unités agroalimentaires du pays. Elle a introduit l'industrie du lait stérilisé UHT, qui permet une conservation prolongée du produit. Dans le souci de garantir une meilleure qualité de son produit, l'entreprise est soucieuse d'étudier l'impact des différents traitements appliqués durant la fabrication du lait UHT sur la qualité du produit, dans l'objectif d'optimiser la production du lait UHT et de garantir à la fois sa qualité microbiologique et organoleptique.

C'est dans ce contexte que ce travail a été entrepris dont le principal objectif est d'étudier les variations de la qualité physicochimique, microbiologique et sensorielle du lait UHT demi-

écrémé tout au long du processus de fabrication, dans le but d'optimiser sa durée de conservation.

Pour atteindre cet objectif, le travail se compose de deux parties. La première partie comprend les généralités sur le lait et le procédé de fabrication du lait UHT demi-écrémé. La deuxième partie présente les analyses et leurs résultats physicochimiques, microbiologiques et sensoriels réalisés sur le lait UHT demi-écrémé à différents stades du processus de fabrication, ainsi que les paramètres qui influencent sa durée de conservation.



Partie Bibliographique



Chapitre I : Généralités sur le lait

1. Définition du lait

Le lait est une substance sécrétée par les glandes mammaires des mammifères pour nourrir leurs petits, mais il peut également être utilisé pour produire divers aliments. Pour cela, il est primordial de comprendre en détail la composition, les propriétés physiques et chimiques du lait, afin de mieux comprendre comment ses constituants évoluent lors de la fabrication des différents produits laitiers (Vuillemand, 2018).

2. Composition du lait

Le lait est une source importante d'énergie alimentaire, de protéines de haute qualité et de matières grasses. Il contient des nutriments essentiels (tableau I) et peut contribuer de manière significative aux besoins nutritionnels recommandés en calcium, magnésium, sélénium, riboflavine, vitamine B12 et acide pantothénique (FAO, 2017).

Tableau I :Composition du lait de vache (Vuillemand, 2018)

| L'apport de constituant | Description générale | Composition moyenne (g/100g) |
|-------------------------|--|------------------------------|
| Eau | Phase liquide | 87,5 (85,5-89,5) |
| Solides non gras | Lactose, protéines, minéraux | 8,9 (7,9-10,0) |
| Matière grasse | Microgouttelettes de matière grasse entourées d'une membrane | 3,8 (2,5 – 5,5) |
| Glucides | Essentiellement du lactose | 4,7 (3,6 – 5,5) |
| Matières azotées | Micelles de caséines en suspension | 3,3 (2,9 – 5,0) |
| | Protéines du lactosérum en solution | |
| | Azote non protéique : urée, créatine, etc. | |
| Matières salines | Calcium, potassium, phosphore, acide citrique, etc | 0,8 (0,7 – 0,9) |
| Divers | Vitamines : A, D, E, K, B1, B2, B6, B12, etc. | Traces |
| | Enzymes : lactoperoxydase, plasmine, lipase, etc. | |
| | Gaz dissous : gaz carbonique, azote et oxygène | |

a. L'eau

L'eau est le principal constituant du lait et représente plus de 80% de sa composition. Elle peut dissoudre les substances polaires comme les glucides et les minéraux, mais pas les matières grasses qui forment une émulsion. Les micelles de caséine forment une suspension colloïdale. L'activité de l'eau du lait est d'environ 0,993 (Vuilleumard, 2018).

b. Lactose

Le lactose est le principal composé solide du lait, représentant environ 40% des solides totaux. D'autres glucides, tels que le glucose et le galactose, peuvent être présents en petites quantités et proviennent de l'hydrolyse du lactose (Vuilleumard, 2018).

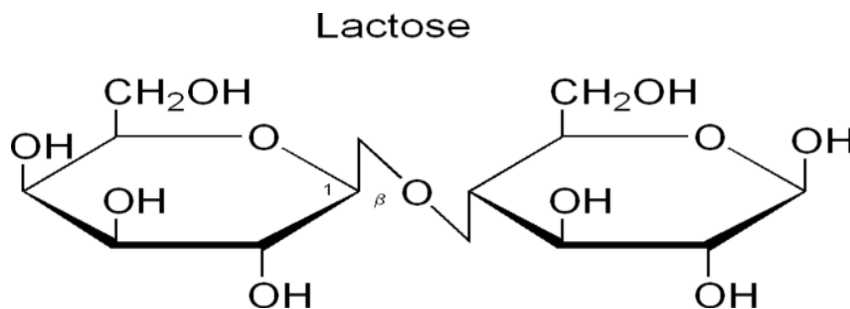


Figure 1 : Structure moléculaire du lactose (Hirotsu et Shimada, 1974)

c. Matières azotées du lait

Le lait contient deux types de composés azotés (Tableau II) qui diffèrent en proportion selon l'espèce animale : les composés azotés protéiques (tels que les caséines et la β -lactoglobuline) représentent environ 95% de l'azote total dans le lait, tandis que les composés azotés non-protéiques (tels que les peptides, les acides aminés libres et l'urée) représentent environ 5%.

D'après Jeantet, Croguennec *et al.* (2007), le lait de vache contient environ 3,2 à 3,5 % de protéines, qui sont divisées en deux catégories distinctes :

- Les caséines, qui se précipitent à un pH de 4,6 et représentent environ 80% ;
- Les protéines sériques, qui restent solubles à un pH de 4,6 et représentent environ 20%.

Tableau II : Concentration et pourcentage des protéines du lait (Vuilleumard, 2018)

| Type | Nomenclature | Concentration (g/L) | Pourcentage des protéines totales (P/P) |
|--|-------------------------|---------------------|---|
| Caséines | | 26 | 79,5 |
| | α_{S1} -caséine | 10,0 (12 -15) | 30,5 |
| | α_{S2} -caséine | 2,6 (3 - 4) | 8 |
| | β -caséine | 9,3 (9 - 11) | 28 |
| | κ -caséine | 3,3 (2 - 4) | 10 |
| | γ -caséine | 1 | 3 |
| Protéines du lactosérum | | 6,3 | 19,3 |
| | β -lactoglobuline | 3,2 | 10 |
| | α -lactalbumine | 1,2 | 3,6 |
| | Sérum albumine bovine | 0,4 | 1,2 |
| | Immunoglobulines | 0,7 | 2,1 |
| | Protéoses-peptones | 0,8 | 2,4 |
| Protéines membranaires (globules gras) | | 0,4 | 1,2 |
| Protéines totales | | 32,7 | 100 |

d. Matière grasse

Selon Croguennec *et al.* (2007), la matière grasse du le lait est présente sous forme de globules gras d'un diamètre de 0,1 à 10 μm et est principalement constituée de triglycérides à hauteur de 98%. Dans le lait de vache, la matière grasse représente environ la moitié de l'apport énergétique total du lait. Cette matière grasse est composée de 65% d'acides gras saturés et de 35% d'acides gras insaturés. Elle contient également :

- Une grande diversité d'acides gras, avec environ 150 types différents ;
- Une proportion élevée d'acides gras à chaînes courtes, qui sont métabolisés plus rapidement que les acides gras à longues chaînes ;
- Une teneur élevée en acide oléique (C18:1) et en acide palmitique (C16:0) ;
- Une teneur moyenne en acide stéarique (C18:0) ;

D'après la Figure 2, un globule gras du lait est constitué d'une membrane composée de différents éléments tels que des phospholipides, des lipoprotéines, des cérébrosides, des

protéines, des acides nucléiques, des enzymes, des oligoéléments (métaux) et de l'eau (Bylund, 1995).

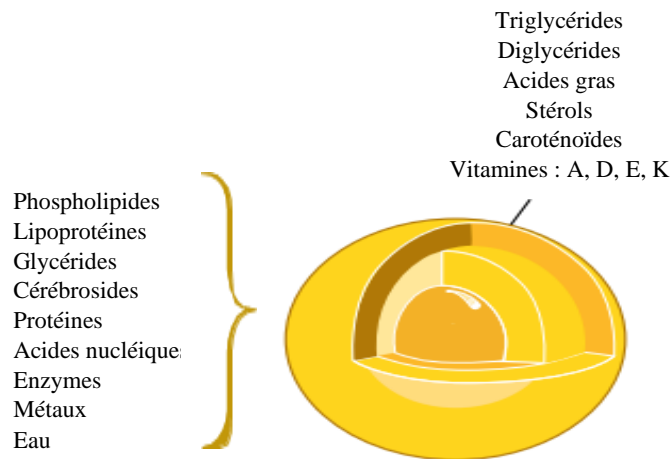


Figure 2 : Composition de la matière grasse du lait (Bylund, 1995)

e. Les minéraux

D'après Gaucheron (2004), le lait contient des quantités significatives de divers minéraux (Tableau III). Les minéraux les plus importants sont le calcium, le magnésium, le sodium et le potassium pour les cations, ainsi que le phosphate, le chlorure et le citrate pour les anions.

Tableau III : Composition minérale du lait de vache (Jeantet, Croguennec et al. 2007)

| Eléments minéraux | Concentration (mg, kg ⁻¹) |
|-----------------------|---------------------------------------|
| Calcium | 1043-1283 |
| Magnésium | 97-146 |
| Phosphate inorganique | 1805-2185 |
| Citrate | 1323-2079 |
| Sodium | 391-644 |
| Potassium | 1212-1681 |
| Chlorure | 772-1207 |

f. Vitamines

Les vitamines présentes dans le lait (Tableau IV) sont de deux types : les vitamines hydrosolubles, telles que celles du groupe B et la vitamine C, ainsi que les vitamines liposolubles, à savoir les vitamines A, D, E et K (Jeantet, Croguennec et al., 2007).

Tableau IV : Composition vitaminique moyenne du lait cru (Amiot, Fournier *et al.*, 2002)

| Vitamines | | Teneur moyenne |
|-------------------------|--------------------------------|----------------|
| Vitamines liposolubles | Vitamine A (+carotènes) | 40µg/100ml |
| | Vitamine D | 2.4µg/100ml |
| | Vitamine E | 100µg/100ml |
| | Vitamine K | 5µg/100ml |
| Vitamines hydrosolubles | Vitamine C (acide ascorbique) | 2mg/100ml |
| | Vitamine B1 (thiamine) | 45µg/100ml |
| | Vitamine B2 (riboflavine) | 175µg/100ml |
| | Vitamine B6 (pyridoxine) | 50µg/100ml |
| | Vitamine B12 (cyanocobalamine) | 0.45µg/100ml |
| | Niacine et niacinamide | 90µg/100ml |
| | Acide pantothénique | 350µg/100ml |
| | Acide folique | 5.5µg/100ml |
| Vitamine H (biotine) | 3.5µg/100ml | |

g. Enzymes

Dans le lait, environ 60 enzymes principales ont été identifiées, et elles peuvent jouer un rôle crucial en lyse des constituants du lait, en fournissant une protection antibactérienne pour le lait, en tant qu'indicateurs de la qualité hygiénique, du traitement thermique et de l'espèce du lait (Pougheon et Goursaud, 2001).

Selon Amiot, Fournier *et al.*, (2002), les deux principaux facteurs qui influent sur l'activité enzymatique sont la température et le pH.

Le tableau V résume les caractéristiques des principales enzymes du lait.

3. Propriétés physico-chimiques du lait

Le lait est un liquide complexe composé d'eau, de matières grasses, de protéines, de lactose et de minéraux tels que le calcium et le potassium. Ses propriétés physico-chimiques sont déterminées par sa composition et peuvent varier en fonction de la source animale, de l'alimentation de l'animal et des conditions de production.

a. Acidité

L'acidité titrable mesure la quantité d'acide présent dans le lait. Elle est relativement constante et son augmentation est un indice de lait anormal (Amiot, Fournier *et al.*, 2002).

Selon Veisseyre (1975), l'acidité est mesurée en degrés DORNIC, qui est une unité exprimée en décigrammes d'acide lactique par litre.

Tableau V : Caractéristiques des principales enzymes du lait (Vignola, 2002)

| Groupe D'enzymes | Classe D'enzymes | pH | T° | Substrat |
|-----------------------------|----------------------|---------|-------------------------|--|
| Hydrolases | Estérases : | | | |
| | Lipase | 8.5 | 37 | Triglycerides |
| | Phosphatase alcaline | 9-10 | 37 | Esters Phosphoriques |
| | Phosphatase acide | 4.0-5.2 | 37 | Esters Phosphoriques |
| | Protéase : | | | |
| Lysozyme | 7.5 | 37 | Paroi Cellulaire | |
| Plasmine | 8 | 37 | Microbienne Caséines | |
| Déshydrogénases ou oxydases | Sulfhydryle oxydase | 7 | 37 | Protéine, Peptides |
| | Xanthine oxydase | 8.3 | 37 | Bases Puriques |
| Oxygénases | Lactoperoxydase | 6.8 | 20 | Composés Réducteurs + H ₂ O ₂ |
| | Catalase | 7 | 20 | H ₂ O ₂ |

a. pH

Le pH du lait correspond à la mesure de la concentration des ions H⁺ présents dans la solution. Cette valeur permet d'évaluer la fraîcheur du lait, sachant que le pH d'un lait frais se situe généralement entre 6,6 et 6,8 (Amiot, Fournier *et al.*, 2002).

b. Densité

Selon Goursaud (1985), il existe une corrélation entre la densité du lait et sa teneur en matière sèche. La densité du lait est comprise entre 1,030-1,033 à une température de 20°C.

c. Point de congélation

Le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Il peut varier de -0,520 °C à -0,560 °C avec une valeur moyenne de -0,545 °C. Un point de congélation supérieur à -0,520 °C permet de soupçonner une addition d'eau au lait. Lors de l'analyse des échantillons de lait, le point de congélation est vérifié à l'aide d'un cryoscope (Vuillemand, 2018).

d. Point d'ébullition

Selon Amiot, Fournier *et al.* (2002), le point d'ébullition est défini comme la température à laquelle la pression de vapeur d'une substance ou d'une solution est égale à la pression externe appliquée. Comme pour le point de congélation, la présence de solides solubilisés à une influence sur le point d'ébullition, qui est légèrement supérieur à celui de l'eau, soit 100,5°C.

4. Propriétés organoleptiques du lait

a. La couleur

Le lait présente une couleur blanche mate, principalement attribuable à la présence de matières grasses et de pigments de carotène. Les vaches ont la capacité de convertir le B-carotène en vitamine A, qui est ensuite transférée directement dans le lait, contribuant ainsi à sa couleur caractéristique (Martin, 2000 ; Fredot, 2005).

b. L'odeur

Le lait possède une odeur particulière en raison de sa teneur en matières grasses qui peut fixer des odeurs animales. Cette odeur est influencée par plusieurs facteurs tels que l'ambiance de la traite, l'alimentation des vaches (par exemple, l'utilisation de fourrages à base d'ensilage qui peuvent favoriser la croissance de la flore butyrique), ainsi que les conditions de conservation du lait (l'acidification du lait avec de l'acide lactique lui confère une odeur aigrelette) (Vierling, 2003).

c. La saveur

La saveur du lait normal est complexe et peut être difficile à définir car elle résulte de la combinaison de différents éléments qui peuvent être perçus différemment selon les personnes. Parmi ces éléments, on peut citer la douceur du lactose, le goût salé du Na Cl ainsi que la saveur caractéristique de la lécithine. Ces différentes saveurs s'équilibrent et sont atténuées par la présence de protéines dans le lait (Martin, 2000).

d. La flaveur

Ce qui fait la saveur d'une substance repose sur un équilibre complexe de plusieurs composants tels que des acides, des alcools, des esters, des amines, des composés carbonyles et soufrés, qui interagissent avec des matières lipidiques et protéiques (Vierling, 1998).

5. Propriétés microbiologiques du lait

a. La flore originelle

Lorsque le lait est prélevé dans des conditions optimales à partir d'un animal en bonne santé, il ne contient qu'une faible quantité de microorganismes (moins de 10^3 germes/ml)(Cuq, 2007).

Vignola (2002) affirme que la flore originelle des produits laitiers est constituée de l'ensemble des microorganismes présents dans le lait fraîchement traité, et que les microorganismes les plus couramment observés sont des mésophiles. Parmi ces micro-organismes, on peut trouver des microcoques, des streptocoques lactiques et des lactobacilles.

b. Flore de contamination

La flore présente dans le lait peut comprendre des micro-organismes qui contaminent le produit tout au long de sa production et de sa consommation. Cette flore peut se diviser en deux catégories : la flore d'altération qui altère la qualité sensorielle du lait et réduit sa durée de conservation, et la flore pathogène qui présente un risque sanitaire pour les consommateurs (Vignola, 2002).

6. Valeur nutritionnelle du lait

Le lait est une source d'énergie importante, avec une valeur de 700 kcal/litre (Jeantet, Croguennec *et al.*, 2007). Il est également très nutritif en raison de la qualité élevée de ses protéines, qui sont facilement digérées et contiennent des acides aminés essentiels bien équilibrés. En raison de sa teneur élevée en nutriments par rapport à son contenu énergétique, le lait est considéré comme un aliment à haute densité nutritionnelle. Cependant, il ne contient pas de fibres naturelles et son contenu en certains nutriments, tels que le fer et la vitamine D, est relativement faible (Cheftel et Cheftel, 1992). Malgré cela, le lait et les produits laitiers font partie des quatre groupes alimentaires clés d'une alimentation saine (Amiot, Fournier *et al.*, 2002).



Chapitre II : Lait UHT demi-écrémé

I. Définitions

Le lait stérilisé et le lait stérilisé UHT sont tous deux des types de lait qui ont subi un traitement thermique pour éliminer ou inhiber complètement les enzymes, les micro-organismes et leurs toxines. Ces éléments, s'ils sont présents ou prolifèrent, pourraient détériorer le lait ou le rendre impropre à la consommation (**J.O.R.A n°69, 1993**).

Le lait UHT partiellement écrémé est un lait dont la teneur en matière grasse est de 1,5% à 2% (**J.O.R.A n°69, 1993**).

Ces aliments sont conservés en utilisant deux techniques successives :

- Chauffage rapide à une température d'environ 140°C pendant une durée très courte (1 à 3 secondes) en utilisant un procédé de chauffage direct ou indirect en flux continu.
- Conditionnement aseptique dans un contenant stérile, hermétiquement fermé, étanche aux liquides et aux micro-organismes pour assurer une conservation prolongée (**J.O.R.A n°69, 1993**).

Le traitement UHT est considéré comme une avancée majeure dans le domaine de la technologie laitière. Ce procédé présente notamment l'avantage considérable de prolonger la durée de conservation du lait destiné à la consommation sans nécessiter de réfrigération avant l'ouverture de l'emballage. Cette méthode permet non seulement de réaliser des économies d'énergie, mais également d'optimiser la distribution en la rendant plus flexible, par exemple en l'étendant sur une base hebdomadaire, et en éliminant les contraintes liées à la distance parcourue (**Vuillemard, 2018**).

II. Principes du traitement UHT

Les traitements thermiques utilisés pour éliminer les bactéries dans le lait provoquent des réactions chimiques ou physicochimiques généralement indésirables. Lorsque la température de traitement augmente, ces réactions s'intensifient. Cependant, le taux d'élimination des microorganismes augmente beaucoup plus rapidement que la vitesse des réactions chimiques. Autrement dit, la destruction des microorganismes est proportionnelle à la température, tandis que la vitesse des réactions chimiques dépend principalement de la durée du traitement (**Vignola, 2002**).

III. Processus de fabrication

1. Matières premières utilisées dans fabrication du lait UHT demi écrémé

1.1. Poudre de lait

Dans la technologie de fabrication du lait stérilisé UHT demi-écrémé, l'utilisation de deux types de poudre est nécessaire :

- **La poudre de lait à 26% de MG** est appelée poudre de lait entier et contient au minimum 26% de matière grasse laitière.
- **La poudre de lait à 0% de MG** est appelée lait écrémé en poudre et contient au maximum 1,5% de matière grasse laitière.

1.2. Eau

La qualité de l'eau est cruciale dans le processus de reconstitution du lait, car elle est utilisée à la fois dans le procédé technologique et dans le nettoyage, et elle contribue grandement à la composition du produit final. L'eau de reconstitution doit être potable et répondre aux normes de qualité établies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

En termes de qualité physique et chimique, elle ne doit pas contenir de pesticides ni de nitrates, et sa dureté totale doit être comprise entre 0 et 15°F, avec un pH proche de la neutralité.

2. Processus de fabrication du lait stérilisé UHT demi écrémé

Les différentes étapes du processus de fabrication du lait UHT demi-écrémé sont :

2.1. Reconstitution

La reconstitution est un processus consistant à mélanger de l'eau à 10°F avec deux types de poudre de lait (0% MG et 26% MG) afin d'obtenir un produit fini avec une teneur en matière grasse de 16 g/litre. Le mélange est réalisé entre 22 et 25 °C. L'eau est pompée en circuit fermé entre le tank de reconstitution et une trémie, où la poudre de lait est ajoutée progressivement. Un agitateur dans le tank disperse la poudre et favorise son hydratation. Une fois le mélange terminé, l'agitateur et la pompe sont arrêtés et le contenu du tank repose pendant environ une heure à température ambiante (Bylund, 1995).

2.2. Filtration

Le processus de filtration consiste à faire passer le lait reconstitué à travers des filtres pour éliminer toutes les particules insolubles et les éléments indésirables présents dans le lait (Bylund, 1995).

2.3. Réfrigération

Une fois que la reconstitution du lait est terminée, la préparation est conservée dans le tank de préparation en attendant son autorisation par le service de laboratoire. Pendant cette

période de traitement, le lait est réfrigéré à une température de 6-8°C pour éviter toute croissance microbienne (Bylund, 1995).

2.4. Bac de lancement

Le produit est soumis à un traitement thermique. Avant cela, le produit est réceptionné dans le bac de lancement à une température de 10°C (Bylund, 1995).

2.5. Préchauffage

Le lait est chauffé à une température de 79°C à l'aide d'un échangeur tubulaire. Cette étape de préchauffage permet d'éviter tout choc thermique au lait et de le préparer pour les étapes de traitement suivantes (Moller, 2000).

2.6. Dégazage

Le lait demi-écrémé est introduit dans une cuve équipée d'un dégazeur sous vide.

Ce processus permettra aux gaz présents dans le lait, tels que les odeurs et l'air, d'être éliminés en étant aspirés par une pompe sous vide située en haut de la cuve. Les vapeurs produites lors de ce processus seront condensées dans un condenseur en spirale et retombent dans le lait, contribuant ainsi à la réduction de la mousse formée (Bylund, 1995).

L'objectif de cette étape est de produire un lait avec un goût plus neutre en éliminant les odeurs indésirables et de réduire la quantité d'air et de mousse dans le produit final (Bylund, 1995).

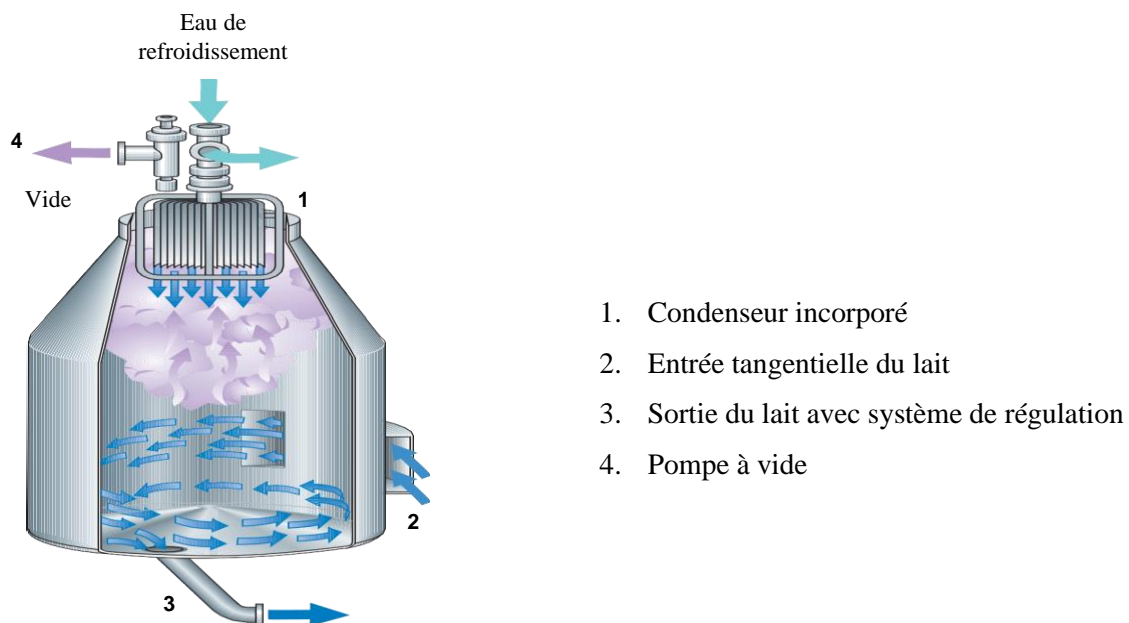


Figure 3 : Circulation du lait et de l'air dans le dégazeur (Bylund, 1995)

2.7. Homogénéisation

L'homogénéisation est un processus physique qui consiste à utiliser la pression pour réduire la taille des globules gras présents dans le lait, cette méthode est couramment utilisée dans l'industrie laitière pour stabiliser l'émulsion de matière grasse dans tout le liquide (Vignola, 2002).

En outre, l'homogénéisation confère au lait une saveur et une texture plus douce et crémeuse, une couleur plus blanche et réduit la sensibilité de la matière grasse à l'oxydation (Bylund, 1995).

Le lait reconstitué préchauffé et dégazé est soumis à une pression de 200 bars puis à 50 bars à travers un clapet dans l'homogénéisateur pour réduire la quantité de crème présente dans le lait (Vignola, 2002).

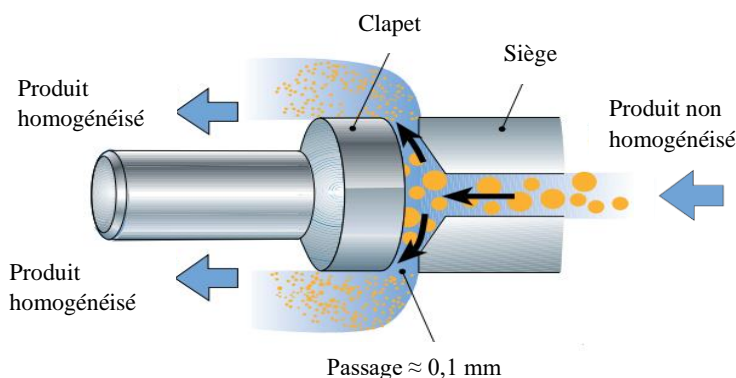


Figure 4 : Principe du fonctionnement d'un homogénéisateur (Bylund, 1995)

2.8. Pasteurisation

Dans les laits UHT, la pasteurisation est une étape de stabilisation des protéines pour permettre au lait de supporter une température supérieure à 100°C sans altérer sa composition physico-chimique (J.O.R.A N°69 1993).

Le lait homogénéisé est chauffé à une température de 95°C pendant une durée de 60 secondes dans un échangeur, afin de réaliser cette pasteurisation (Vuillemand, 2018).

L'objectif de la pasteurisation est de détruire les bactéries pathogènes ainsi que les bactéries thermosensibles présentes dans le lait, sous leur forme végétative (Vuillemand, 2018).

2.9. Stérilisation UHT

Le traitement UHT est un processus continu qui se déroule dans un circuit fermé pour éviter toute contamination du produit par les micro-organismes présents dans l'air (Guiraud, 1998). La stérilisation, quant à elle, est une technique utilisée pour éliminer tous les micro-organismes pathogènes.

Le lait est acheminé en continu vers la section de chauffage (échangeur tubulaire) où il est chauffé à 140°C pendant une durée de trois à quatre secondes au niveau du chambreur (Odet, Cerf *et al.*, 1982).

2.10. Refroidissement et stockage aseptique

Le lait est rapidement refroidi à une température de 25°C, puis stocké dans un tank stérile de manière aseptique.

2.11. Conditionnement

Le conditionnement aseptique vise à remplir un récipient préalablement stérilisé avec un produit, puis à le fermer hermétiquement en utilisant un système stérile, afin d'éviter toute contamination microbienne du produit (Vuillemand, 2018).

Dans le cas spécifique du lait UHT, les briques sont fabriquées à partir de quatre couches de matériaux différents, à savoir du polyéthylène, du plastique, de l'aluminium et du papier. Ces briques sont opaques, imperméables aux gaz, à l'eau et à la lumière, sans saveur ni odeur, et faciles à utiliser. Avant le remplissage, les briques sont stérilisées à l'aide d'un jet de peroxyde d'hydrogène à 35%.

3. Nettoyage et désinfection

Il est impératif de respecter les règles d'hygiène et d'entretenir les locaux et le matériel afin d'assurer la qualité des produits. À cette fin, deux systèmes de nettoyage ont été mis en place :

3.1. Nettoyage intermédiaire aseptique (NIA)

Le Nettoyage intermédiaire aseptique (NIA) est un outil précieux pour les installations utilisées pour des séries de fabrication très longues. Il permet d'éliminer l'encrassement de la ligne de traitement sans compromettre les conditions aseptiques. Le NIA peut être effectué en seulement 30 minutes, et ne nécessite pas la ré-stérilisation de l'installation. Cette méthode permet de réduire les temps d'arrêt et de prolonger les séries de fabrication (Bylund, 1995).

3.2. Nettoyage en place complet (NEP)

Un système de nettoyage en place (NEP) est un ensemble de composants autonomes qui permettent de nettoyer et d'assainir efficacement les surfaces en contact avec les denrées alimentaires. Il utilise la bonne solution de nettoyage et d'assainissement, à la bonne concentration, au bon endroit, avec un débit permettant une bonne action mécanique, à la bonne température et pendant le temps de contact nécessaire. La combinaison de tous ces facteurs assure un nettoyage et un assainissement efficaces (Vuillemand, 2018).



Partie Expérimentale



Matériels et Méthodes

I. Échantillonnage

L'étude porte sur le produit semi-fini et le produit fini pour le lait UHT demi-écrémé de l'entreprise Tchou-Lait/Candia. Les échantillons utilisés pour cette étude comprennent l'eau de processus, la poudre de lait à 0% et 26% de matières grasses.

▪ Eau de process

Une quantité d'eau est prélevée dans des conditions aseptiques directement à la station de traitement

▪ Poudre du lait

Les poudres utilisées sont à 26% et 0% de matières grasses, et le prélèvement est effectué à l'aide d'une spatule métallique stérile.

▪ Prélèvement Produit semi-fini (reconstitué)

Le prélèvement est effectué de manière aseptique depuis un tank de reconstitution maintenu à une température inférieure à 6°C.

▪ Prélèvement Produit fini

Les briques sont prélevées pour différents lots au début, au milieu et à la fin de chaque lot.

II. Analyses effectuées

II.1. Analyses organoleptiques

L'unité effectue une analyse de la poudre de lait à 0% et 26% de matières grasses ainsi que du produit fini en évaluant l'odeur, la saveur et l'aspect visuel. Les caractéristiques organoleptiques telles que la couleur, l'odeur, le goût et la texture sont contrôlées avant chaque analyse physico-chimique ou microbiologique pour l'eau, la poudre de lait et le lait (semi-fini et fini).

II.2. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques effectuées sur les matières premières, le produit semi-fini et le produit fini sont résumées dans le Tableau VI.

Tableau VI : Analyses physico-chimiques des matières premières, le produit semi-fini et le produit fini.

| Les analyses | Matières premières | | Produit semi-fini | Produit fini |
|---|--------------------|----------------|-------------------|--------------|
| | Poudre de lait | Eau de process | | |
| Humidité | ✓ | | | |
| pH | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Acidité °D | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Matière grasse | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Matière Protéique | ✓ | | ✓ | ✓ |
| EST (g/l) | | | ✓ | ✓ |
| Lactose (g/l) | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Test de Ramsdell (ml de KH ₂ PO ₄) | ✓ | | ✓ | ✓ |
| FPD (°C) | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Test NIZO | | | ✓ | ✓ |
| Test oxygène dissous (mg/l) | | | ✓ | ✓ |
| TH (°f) | | ✓ | | |
| Conductivité (µS /cm) | | ✓ | | |
| TA (°f) | | ✓ | | |
| TAC (°f) | | ✓ | | |
| Chlorures (mg/l) | | ✓ | | |
| Chlore libre | | ✓ | | |
| Turbidité | ✓ | | | |
| Propreté | ✓ | | | |
| Gout/odeur | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Couleur | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Aspect | ✓ | | ✓ | ✓ |

pH : Potentille d'Hydrogène ; **EST** : Extrait sec total ; **FPD** : Freezing Point Depression ;
TH : Titre hydrotimétrique **TA** : Titre Alcalimétrique ; **TAC** : Titre Alcalimétrique Complet.

I. Analyses physicochimiques

I.1. Eaux de process

1. Mesure du pH

➤ **Principe**

Le pH est une mesure de l'activité des ions (H⁺) contenus dans une solution. Le but est de pouvoir mesurer quantitativement l'acidité de celle-ci. Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre (Vignola, 2002).

➤ **Mode opératoire**

L'électrode est introduite dans la solution d'eau à analyser à une température de 25°C (Mathieu, 1998).

➤ **Expression des résultats**

Lecture directe de la valeur obtenue sur l'écran du pH-mètre.

2. Détermination du titre hydrotimétrique (TH)

➤ **Principe**

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate avec le sel sodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA). Cette méthode permet de doser les ions calcium et magnésium présents dans l'eau grâce au volume de titrage par la solution d'EDTA (Rodier, 2005).

➤ **Mode opératoire**

Afin de réaliser l'analyse d'une solution d'eau, 50 ml de celle-ci sont prélevés. Ensuite, 4 ml de tampon ammoniacal sont ajoutés, ainsi qu'une pincée d'indicateur NET (Noir Eriochrome T). La solution est titrée à l'aide de l'EDTA (0,02 N) jusqu'au virage de l'indicateur (Rodier, 2005).

➤ **Expression des résultats**

- Pour une coloration bleue aucun titrage n'est nécessaire et TH= 0°F.
- Pour une coloration rouge brique, le titrage est effectué avec de l'EDTA 0,02 N jusqu'à ce que la coloration vire au bleu foncé, dans ce cas :

$$\text{TH (°F)} = \text{chute de burette} \times 2$$

3. Détermination de la Conductivité

➤ **Principe**

La conductivité est un indicateur pertinent du niveau de minéralisation d'une eau et, En mesurant la conductivité, on peut évaluer la concentration des sels dissous dans l'eau, ce qui reflète sa minéralisation (Masschelein, 1996).

➤ **Mode opératoire**

L'électrode du conductimètre est immergée dans un bécher contenant l'échantillon d'eau à analyser.

➤ **Expression des résultats**

Lecture directe de la valeur obtenue sur le cadran du conductimètre en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

4. Détermination du chlore libre

➤ **Principe**

La concentration en chlore libre dans un échantillon d'eau peut être déterminée à l'aide d'un colorimètre (Lovibond). Une pastille de DPD (diéthyl-phénylène-diamine) est ajoutée à l'échantillon d'eau, ce qui le teinte en rose foncé. Le colorimètre contient une échelle sous forme de disque avec différentes couleurs. Cette méthode permet de mesurer uniquement le taux de chlore libre non lié (Reed, Godfrey *et al.*, 2013).

➤ **Mode opératoire**

Une pilule de DPD est ajoutée à un volume de 10 ml d'eau à analyser. Le tube est agité jusqu'à dissolution complète avant d'être placé dans le colorimètre pour prélever la valeur.

➤ **Expression des résultats**

Lire sur l'affichage le résultat d'analyse de la teneur en chlore libre en mg/l.

5. Dosage des chlorures Cl^- (méthode de MOHR)

➤ **Principe**

La quantité de chlorures est déterminée dans un milieu neutre en utilisant une solution titrée de nitrate d'argent, avec du chromate de potassium comme indicateur. Lorsque la réaction est terminée, l'apparition d'une couleur rouge distincte, due au chromate d'argent, indique le point final (Rodier, Legube *et al.*, 2009).

➤ **Mode opératoire**

Un volume de 50 ml d'eau est prélevé. Ensuite, 2 ml de l'indicateur coloré de (K_2CrO_4) (chromate de potassium à 5%) sont ajoutés. Un titrage est réalisé avec du nitrate d'argent (AgNO_3) à 0,014N, jusqu'à apparition d'une coloration brune persistante (Rodier, Legube *et al.*, 2009).

➤ **Expression des résultats**

- ✓ 1^{er} cas : Coloration brune alors pas de titrage ce qui implique $[\text{Cl}^-] = 0 \text{ mg/l}$
- ✓ 2^{ème} cas : Coloration nécessitant un titrage avec AgNO_3 (0,014 N) jusqu'à disparition de la coloration jaune citron.

$$\text{Cl}^- (\text{mg/l}) = \text{chute de burette} * 14,2$$

6. Détermination alcalimétrique

➤ Principe

Le but de cette méthode est de déterminer les volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaires pour neutraliser les alcalis présents dans l'eau (carbonates, bicarbonates et hydroxydes) à des niveaux de pH 8,3 et 4,3. La première détermination permet de calculer le Titre Alcalimétrique (TA) et la seconde de calculer le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) (Rodier, Bazin *et al.*, 1996).

➤ Mode opératoire

Un volume de 50 ml de l'échantillon est additionné de quelques gouttes de l'indicateur coloré de phénolphtaléine. Ensuite, le titrage est effectué avec de l'acide sulfurique à 0,02 N jusqu'à ce que la couleur devienne transparente, ce qui détermine le TA. Par la suite, quelques gouttes de l'indicateur coloré de méthyle orange sont ajoutées et le titrage est répété avec de l'acide sulfurique jusqu'à ce que la couleur devienne rose orangé, ce qui détermine le TAC (Rodier, Bazin *et al.*, 1996).

➤ Expression de résultats

$$\text{TA } ^\circ\text{f} = \text{chute de burette} \times 2$$

$$\text{TAC } ^\circ\text{f} = \text{chute totale de burette} \times 2$$

I.2. Le lait

1. Mesure du taux d'humidité des poudres

➤ Principe

L'humidité ou la teneur en eau d'une poudre de lait correspond à la réduction de poids de ce produit lorsqu'il est soumis à la dessiccation (à une température de 103 ± 2 °C). Elle est exprimée en pourcentage de la masse et a un impact significatif sur la capacité de conservation de la poudre de lait (Schuck, Mahaut *et al.*, 2000).

➤ Mode opératoire

La coupelle est pesée dans l'appareil qui est dit "dessiccateur". Ensuite, 5g de poudre sont pesés et répartis uniformément sur la coupelle. La fin du séchage se manifeste par la stabilité du poids de la poudre. Le taux d'humidité est affiché sur le dessiccateur (Schuck, Mahaut *et al.*, 2000).

2. Test de turbidité

➤ **Principe**

Il s'agit d'une technique physico-chimique qui permet d'identifier si un lait a été chauffé à plus de 100°C. Cette méthode repose sur la détection de la coagulation des lactoglobulines du sérum dans les laits non exposés à cette température (**Guiraud, 1998**).

➤ **Mode opératoire**

Un volume de 20 ml de lait reconstitué est mélangé avec 4g de sulfate d'ammonium. L'échantillon est agité jusqu'à ce que le lait coagule, il est filtré à l'aide d'un papier filtre de 150 mm pour obtenir un échantillon de lait coagulé. Le filtrat (sérum) est recueilli dans un tube à essai. Ensuite, 5 ml de ce sérum sont prélevés et portés à ébullition pendant 5 minutes, transformant ainsi la solution (**Deeth et Lewis, 2017**).

➤ **Expression de résultats**

La lecture se fait directement visuellement par l'observation d'un trouble.

3. Propreté

➤ **Principe**

Le principe consiste à effectuer une filtration sous vide du produit à analyser afin de vérifier la propreté de la poudre de lait (**NIE**).

➤ **Mode opératoire**

La préparation de la poudre de lait est effectuée en mélangeant 25g de poudre avec 100 ml d'eau, puis en agitant le mélange avec un fouet. Ensuite, la filtration sous vide est réalisée à l'aide d'un papier filtre, et une observation du filtre est effectuée à la fin de l'opération (**NIE**).

4. Acidité titrable

➤ **Principe**

La méthode est basée sur la titration de l'acidité par l'hydroxyde de sodium (0,111 N) en présence de phénophtaléine comme indicateur coloré (**Thapon, 2005**).

➤ **Mode opératoire**

Un volume de 10 ml de l'échantillon est additionné. Ensuite, 3 à 4 gouttes de phénophtaléine sont ajoutées, et la solution est titrée avec la solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0,111 N. Le point d'équivalence est mesuré avec un pH-mètre et il est trouvé à 8,30 (**Vuillemard, 2018**).

➤ **Expression de résultats**

$$\text{Acidité (D}^\circ\text{)} = \text{Chute de burette} \times 10 \times \text{FD}$$

Où : **FD** : Facteur de dilution.

5. La densité

➤ **Principe**

La densité du lait est le rapport entre la masse d'un même volume d'eau et de lait à 20°C. Elle peut être mesurée à l'aide d'un lactodensimètre, qui est un appareil composé d'un cylindre surmonté d'une tige graduée (AFNOR, 1999).

➤ **Mode opératoire**

L'échantillon est versé dans une éprouvette de 250 ml, à une température de 20°C, jusqu'à un niveau permettant le débordement ultérieur. Ensuite, le lactodensimètre est immergé doucement dans l'éprouvette, retenu jusqu'à sa position d'équilibre, et laissé se stabiliser (AFNOR, 1999).

➤ **Expression de résultats**

La formule suivante permet d'obtenir la densité du lait :

$$\text{Densité} = 1 + \text{lecture}/1000$$

6. Détermination le taux de la matière grasse

➤ **Principe**

Les composants des poudres sont dissous par l'acide sulfurique, à l'exception de la matière grasse. Cette dernière est séparée par la force centrifuge après l'ajout d'une petite quantité d'alcool iso-amylque. Le butyromètre est gradué de manière à donner directement le taux de matière grasse par lecture (AFNOR, 1985).

➤ **Mode opératoire**

Un volume de 10 ml d'acide sulfurique à 91% est introduit dans un butyromètre, suivi de l'ajout de 11 ml de poudre reconstituée et 1 ml d'alcool iso-amylque. Le mélange est ensuite agité en le retournant trois fois vers le bas, puis le butyromètre est placé dans une centrifugeuse pendant 5 minutes (ISO, 1983).

➤ **Expression des résultats**

La lecture se fait directement sur l'échelle de graduation.

7. Détermination de l'extrait sec total (EST)

➤ **Principe**

Cette mesure est effectuée avec un dessiccateur à infrarouge qui est équipé d'une balance de précision. Le résultat est affiché en pourcentage (ISO, 2004).

➤ **Mode opératoire**

Une quantité de 11 g de sable « Fontainebleau » est déposée dans la coupelle, qui est ensuite tarée à nouveau. Par la suite, 3 g de lait sont prélevés et pesés. Le sable et le lait sont mélangés à l'aide d'un bâtonnet, puis étalés sur toute la surface de la coupelle (ISO, 2004).

➤ **Expression des résultats**

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

Où :

EST : Extrait sec total ; **L** : Lecture en pourcentage ; **d** : Densité du lait.

8. Tests de stabilité thermique

8.1 Test de Ramsdell

➤ **Principe**

Ce test est destiné à évaluer la stabilité du lait lorsqu'il est soumis à un traitement thermique, en fonction de sa composition en minéraux et en protéines. Pour ce faire, des ions phosphate sont ajoutés en excès au lait, qui est ensuite chauffé au bain-marie bouillant pendant 5 minutes. Si une grande quantité de KH_2PO_4 est nécessaire pour stabiliser le lait, cela indique qu'il est plus stable. Ce test est également utilisé pour surveiller la stabilité du lait UHT pendant sa conservation (Odet, Cerf *et al.*, 1985).

➤ **Mode opératoire**

Dans cette expérience, quatre tubes à essai contenant chacun 10 ml d'échantillon de lait sont préparés. Dans chaque tube, un volume croissant de solution de phosphate mono potassique (KH_2PO_4) à 0,5 N est ajouté, soit 1,3 ml, 1,4 ml, 1,5 ml et 1,6 ml respectivement. Les tubes sont ensuite placés dans un bain-marie maintenu à une température de 100°C pendant 5 minutes. Après cette étape de chauffage, les tubes sont refroidis dans de l'eau froide (Odet, Cerf *et al.*, 1985)..

- Tube coagulé : résultat positif.
- Tube non coagulé : résultat négatif.

➤ **Expression des résultats**

Il convient de noter la quantité de phosphate mono potassique exprimée en ml de solution contenue dans le premier tube de la série ayant coagulé.

9. Milkoscan

➤ **Principe**

Le principe de cette méthode d'analyse repose sur l'utilisation d'un spectrophotomètre à infrarouge. Lorsque l'échantillon est soumis à un rayon infrarouge, les molécules de matière grasse, de protéines et de lactose qu'il contient réfléchissent ce rayonnement (**N.I.E**).

➤ **Les paramètres déterminés par le Milkoscan**

Matière grasse (MG) ; Matière protéique (MP) ; Lactose ; Extrait sec totale (EST) ; Extrait sec dégraissé (ESD) ; Point de congélation (FPD) ; Acidité titrable.

➤ **Mode opératoire**

La sonde du Milkoscan est immergée dans le lait afin d'analyser ce dernier.

➤ **Expression des résultats**

Les résultats s'affichent sur l'écran de l'ordinateur après 2 minutes.

10. Test NIZO (indice d'homogénéisation)

➤ **Principe**

NIZO est un terme utilisé par Tetra Pak pour décrire l'efficacité d'homogénéisation dans le lait c'est une valeur en pourcentage où des nombres plus élevés signifient des globules gras plus petits et une plus grande stabilité (**Tetra Pak, 2021**).

➤ **Mode opératoire**

La teneur en matière grasse de l'échantillon est mesurée à l'aide d'un Milkoscan. Ensuite, 25 ml de l'échantillon sont versés dans la pipette d'homogénéisation. La préparation est centrifugée pendant 30 minutes, puis les 20 ml situés au fond de la pipette de centrifugation sont retirés. La teneur en matière grasse de cette fraction est mesurée, et enfin, la valeur NIZO est calculée (**Tetra Pak, 2021**).

➤ **Expression des résultats**

$NIZO (\%) = (\text{Teneur en MG après centrifugation} / \text{Teneur en MG avant centrifugation}) * 100$

11. Mesure de la concentration de l'oxygène dissous

➤ **Principe**

La méthode courante pour mesurer la concentration de l'oxygène dissous dans le lait consiste à utiliser une électrode dissoute. Cette méthode implique la mesure de la tension électrique produite par le lait, qui est ensuite convertie en une mesure de la concentration (**Dupont, 2019**).

➤ **Mode opératoire**

L'opération consiste à utiliser un conductimètre équipé d'une sonde d'oxygène, qui doit être immergée dans l'échantillon de lait (**Dupont, 2019**).

➤ **Expression des résultats**

Le résultat est généralement exprimé en termes de quantité de milligrammes par litre de lait (mg/l).

II. Analyses microbiologiques

1. Eau de procès

Le tableau VII présente les analyses microbiologiques effectuées sur l'eau utilisée dans le processus :

Tableau VII : Analyses microbiologiques effectuées sur l'eau de process.

| Germes recherchés | Mode opératoire | | Normes J.O.R.A n°13 (2014) |
|--|--|--|-----------------------------------|
| Coliformes totaux | Ensemencement de 3 tubes de 10 ml de milieu BCPL D/C avec cloche avec 10 ml d'eau, de 3 tubes de 10 ml de milieu BCPL S/C avec 1 ml d'eau et de 3 tubes de 10 ml de milieu BCPL S/C avec 0,1 ml d'eau est réalisé. Les tubes sont incubés à 37°C pendant 48 heures. Le résultat positif se manifeste par le virage de la couleur violette du milieu BCPL au jaune avec production de gaz dans la cloche de durham | | Absence dans 100 ml |
| Entérocoques | À l'aide d'une rampe de filtration, un volume de 100 ml d'eau est versé et le filtrat est récupéré. Le filtrat est ensuite placé sur une boîte de Pétri contenant de la gélose M. entérocoque et incubé à 37°C pendant 24 à 48 heures. | | Absence dans 100 ml |
| Bactéries sulfito-réductrices | Forme sporulée Un volume de 20 ml d'eau est chauffé au bain-marie à 80°C pendant 10 minutes, puis refroidi rapidement. Ensuite, 1 ml du tube précédent est introduit dans un tube stérile et complété avec le milieu VF. | Forme végétative Un volume de 20 ml d'eau est réparti dans 4 tubes stériles. Chaque tube contenant 5 ml d'eau est ensemencé avec le milieu VF. | Absence dans 20ml |
| Tous les tubes sont incubés à 37°C pendant 48 heures. Un résultat positif se manifeste par l'apparition de colonies noires | | | |

2. La poudre du lait

Les analyses microbiologiques effectuées sur les poudres de lait (0 % et 26 % MG) sont données dans le tableau suivant :

Tableau VIII : Analyses microbiologiques effectuées sur les poudres de lait (0 % et 26 % MG).

| Microorganismes recherchés | Protocole | Normes ufc/ml | Référence |
|-----------------------------------|---|----------------------|----------------------------|
| Entérobactéries | <p>Pour préparer une reconstitution, 10 g de poudre sont dissous dans 90 ml d'eau physiologique pour obtenir une solution mère (1/10). Les deux boîtes de Pétri sontensemencées avec 1 ml de solution mère et 15 ml du milieu VRBG. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.</p> <p>- Lecture : Le dénombrement des colonies sur les boites pétries en UFC/1g de poudre de lait.</p> | <10 | J.O.R.A n°39 (2017) |

3. Produit semi-fini

Le tableau IX illustre les analyses microbiologiques effectuées sur le produit semi fini (reconstitué) :

Tableau IX : Analyses microbiologiques effectuées sur le produit semi fini.

| Microorganismes recherchés | Protocole |
|-----------------------------------|---|
| FTAM | A partir de la solution mère, une dilution jusqu'à 10 ⁻⁵ est préparée. Un millilitre de chaque dilution est prélevé dans deux boîtes de Pétri distinctes. Celles-ci sont ensuiteensemencées avec le milieu PCA et incubées à 30 °C pendant 72 heures. Ensuite, un comptage des colonies est réalisé. |

4. Produit fini

La recherche de la flore totale a été réalisée sur le produit fini (Tableau X)

Tableau X : Analyses microbiologiques effectuées sur le produit fini.

| Microorganismes recherchés | Protocole | Normes UFC/0.1 ml | Référence |
|-----------------------------------|---|--------------------------|----------------------------|
| FTAM | Le milieu gélosé PCA est préparé dans des conditions aseptiques. Un millilitre de lait est prélevé de chaque brique dans deux boîtes de Pétri distinctes, pour chacune des briques. Ces dernières sont ensuiteensemencées avec le milieu PCA et incubées à 30 °C pendant 72 heures. | <10 | J.O.R.A n°39 (2017) |

5. Recherche des germes dans le lait incubé à 37°C et 55°C

Le tableau XI illustre les analyses microbiologiques effectuées sur les échantillons étuvés :

Tableau XI : Analyses microbiologiques effectuées sur les échantillons étuvés.

| Microorganismes recherchés | Protocole | Normes | Référence |
|----------------------------|--|--------|----------------------------|
| FTAM | Le milieu gélosé PCA est préparé dans des conditions aseptiques. Un millilitre de lait est prélevé de chaque brique dans deux boîtes de Pétri distinctes, pour chacune des briques. Ces dernières sont ensuite coulées avec le milieu PCA et incubées à 30 °C pendant 72 heures. | R<100 | J.O.R.A n°35 (1998) |

Le facteur $R = n/n_0$

Où :

- n : est le nombre moyen des germes pour l'unité incubé.
- et n_0 : est le nombre moyen des germes pour l'unité témoin.

III. Épreuve hédonique

L'objectif de cette étude est de déterminer la différence entre le produit semi-fini (reconstitué) et le produit fini (lait stérilisé UHT) afin d'évaluer l'impact du processus de fabrication sur la qualité sensorielle du produit. Nous cherchons à différencier les intensités d'une caractéristique sensorielle entre les échantillons de lait.

- **Le protocole**

Ce protocole décrit la méthode utilisée pour comparer le produit semi-fini (lait reconstitué) et le produit fini (lait UHT) du lait Candia sur le plan sensoriel. Il s'agit d'une combinaison de profil sensoriel et de test de classement par préférence. Les produits sont deux échantillons de lait codés A (lait UHT) et B (lait reconstitué).

Les juges sont un panel interne à l'entreprise TCHIN-LAIT, composé de 10 personnes. Les caractéristiques sensorielles évaluées sont l'aspect, l'odeur, la saveur, le goût et la texture en bouche. Pour chaque caractéristique sensorielle, des descripteurs sont utilisés et notés sur une échelle numérique de 0 à 10. L'ordre de présentation des échantillons est aléatoire pour chaque juge. Les conditions de préparation et de présentation des échantillons sont adaptées aux normes d'hygiène et de qualité. Les conditions de dégustation sont optimales pour garantir la fiabilité des résultats.

IV. Etude statistique

Pour chaque test, trois essais ont été réalisés. L'étude statistique consiste en une analyse de la variance (ANOVA) à deux facteurs par le test de « Newman Keuls » en utilisant le logiciel STATISTICA 5.5 Fr. Le degré de signification des données est estimé à la probabilité $p < 0,05$.

Les coefficients de corrélation sont obtenus par l'analyse de régression linéaire à travers le coefficient de Pearson à la probabilité $p < 0,05$.

Une analyse en composantes principales (ACP) a été effectuée pour les intensités des caractéristiques sensorielles de deux échantillons de lait. Elle a été réalisée avec le logiciel XLSTAT.



Résultats et discussions

I. Résultat analyses physico-chimiques et organoleptiques

1. Eau de process

Les d'analyses physicochimiques et organoleptiques d'eau de processus sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau XII : Résultats d'analyses physicochimiques et organoleptiques d'eau de process.

| Paramètres | Résultats | Résultats | NIE |
|-----------------------------|------------------------------|----------------|------------|
| Paramètres physicochimiques | pH | 7,04 ± 0,017 | 7 à 7,4 |
| | TH Totale (°F) | 9,6 ± 0,52 | 7 à 12 |
| | TA (°F) | 0 | 0 |
| | TAC (°F) | 5,87 ± 0,12 | 3 à 10 |
| | Chlorure (Cl-) (mg/l) | 27,91 ± 2,94 | 10 à 35 |
| | Chlore libre (mg/l) | 0,17 ± 0,06 | 0,1 à 0,25 |
| | Conductivité mesurée (mS/cm) | 272,33 ± 11,37 | < 400 |
| Paramètres organoleptiques | Goût | Normal | Normal |
| | Odeur | Normal | Normal |
| | Couleur | Claire | Claire |

Les analyses d'eau de process ont indiqué que tous les paramètres physico-chimiques sont en conformité avec les normes établies. Cette conformité est attribuée à l'efficacité du traitement d'adoucissement mis en place par l'entreprise pour assurer une qualité d'eau de process optimale, favorisant ainsi la mouillabilité et la solubilité de la poudre utilisée (**Schuck et al., 2012**).

L'eau de process a un pH moyen de 7,04, proche de la neutralité, ce qui évite les problèmes de corrosion et de dépôts de calcaire. Les valeurs de dureté totale de l'eau sont de 9,6°F, ce qui permet une bonne dissolution de la poudre de lait. Les concentrations en chlorures, chlore libre et la conductivité de l'eau de procès sont conformes aux normes, ce qui témoigne de l'efficacité du traitement des eaux et de l'osmoseur. Ce résultat est confirmé également par des valeurs de TA nul et le TAC entre 5,8 et 6 ce qui est acceptable pour éviter la formation d'une eau acide et prévenir les dommages sur les canalisations et autres équipements de distribution.

2. Lait

2.1. Turbidité et propreté de la poudre de lait

Les résultats d'analyses de turbidité et propreté de la poudre de lait sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau XIII : Résultats d'analyse de turbidité et propreté de la poudre de lait

| Poudre De Lait | Turbidité | Propreté |
|-----------------------|------------------|-----------------|
| PDL 0% | Trouble | A |
| PDL 26% | Trouble | A |

Les deux poudres de lait (0% MG et 26% MG) se classent dans la catégorie A, ce qui témoigne d'une bonne qualité hygiénique et de l'absence d'impuretés. Ce résultat indique que le procédé de fabrication et les conditions de stockage de cette poudre de lait respectent les bonnes pratiques de fabrication et assurent la propreté du produit.

Les résultats de la turbidité indiquent que les poudres de lait à 0 % et 26 % sont troubles, ce qui montre la présence de protéines sériques (**Ronez, 2012**). Cela signifie que ces poudres n'ont pas subi de traitement thermique sévère, ce qui n'affectera pas négativement la qualité du lait reconstitué.

2.2. Humidité

Les résultats montrent que La faible teneur en eau de la poudre de lait (3,2% pour 0% MG et 2,8% pour la 26% MG) offre une protection contre les altérations qui pourraient la rendre impropre à l'utilisation. Un conditionnement adéquat (sac en polyéthylène doublé de sacs en papier) et un stockage approprié (à température ambiante) permettent d'éviter une augmentation du taux d'humidité et donc une altération du lait.

2.3. Analyses physicochimiques

La figure 5 représente les résultats des analyses physiques des paramètres effectuées sur deux types de poudres (0% MG et 26% MG), ainsi que sur le produit semi-fini et le produit fini :

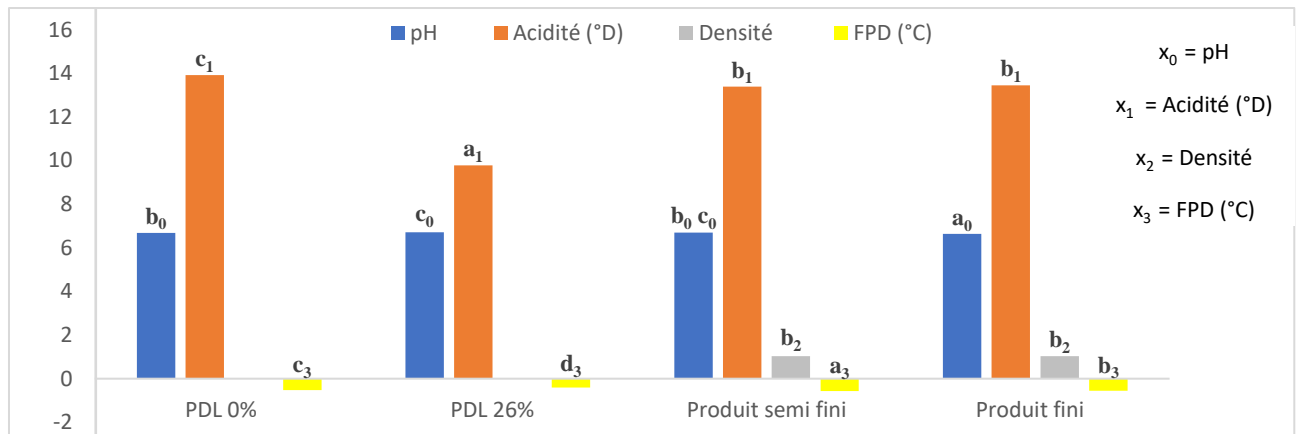


Figure 5 : Résultats des analyses physiques.

$$a < b < c < d$$

Des lettres différentes indiquent une différence significative à la probabilité $p < 0,05$.

Les résultats indiquent que le traitement UHT subi durant la production du lait entraîne une légère baisse de son pH et une augmentation de son acidité. Le pH du produit final (6,63) est inférieur à celui de la poudre de lait (6,68-6,71) et du produit semi-fini (reconstitué) (6,75), ce qui suggère une légère acidification. L'acidité a augmenté de 13,38°D pour le produit semi-fini à 13,44 °D pour le produit fini. Cette augmentation pourrait être attribuée à la formation d'acides organiques et à l'hydrolyse du lactose par l'enzyme lactase résiduelle. Ces sucres réducteurs peuvent réagir avec les acides aminés et les protéines dans une réaction de Maillard, entraînant ainsi une baisse du pH et une augmentation de l'acidité °D (Karlsson, Langton *et al.*, 2019) ;(González, Cueto-Wong *et al.*, 2020). Les variations relativement faibles du pH et de l'acidité (<2%) restent dans les limites acceptables et ne devraient pas affecter la qualité du produit.

Le traitement UHT entraîne une légère diminution de la densité du lait, passant de 1,033 pour le produit semi-fini à 1,032 pour le produit fini. Cette diminution est due à l'évaporation d'une partie de l'eau et à la réduction des gaz dissous par le dégazage. Cependant, cette diminution est minime et n'affecte pas significativement la qualité du lait.

La dépression du point de congélation (FPD) de la poudre de lait 0% MG est supérieure à celle de la poudre de lait 26% MG, ce qui signifie que la première contient plus de solides dissous (comme le lactose et les minéraux) que la seconde. Ceci est attendu parce que le lait en poudre 26% MG a une plus grande teneur en matières grasses, ce qui abaisse le FPD (Janštová, Navrátilová *et al.*, 2009).

Le FPD du produit semi-fini (reconstitué) est plus élevée que celle des deux poudres de lait, Cela est dû à l'ajout d'eau (Janštová, Navrátilová *et al.*, 2009).

Le FPD du produit fini, après traitement, est légèrement inférieur à celui du produit semi-fini. Cela indique que le processus de traitement a entraîné une évaporation de l'eau (Janštová, Navrátilová *et al.*, 2009).

2.4. La composition

La figure 7 montre les résultats des analyses de la composition chimique des échantillons étudiés :

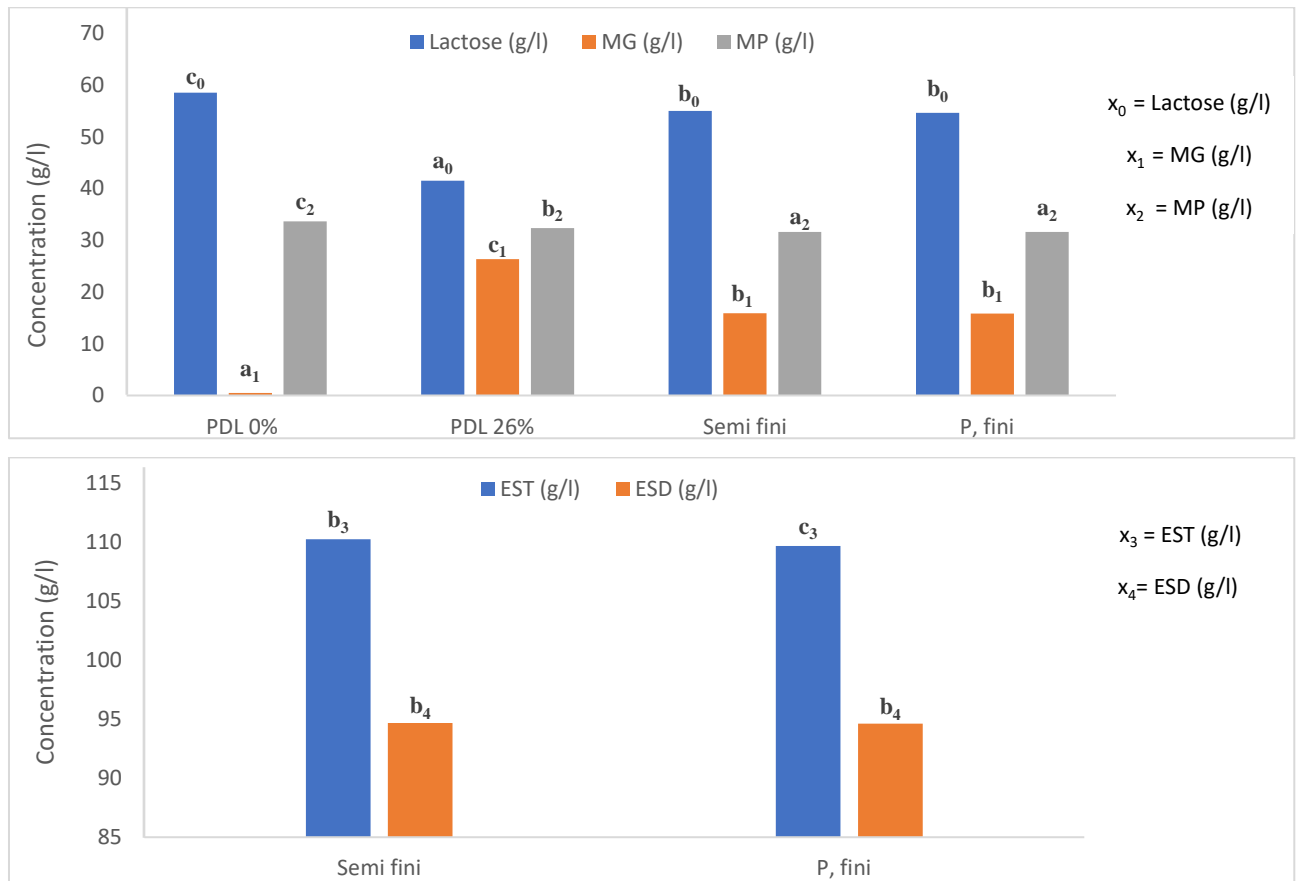


Figure 6 : Résultats des analyses de la composition chimique.

$$a < b < c < d$$

Des lettres différentes indiquent une différence significative à la probabilité $p < 0,05$.

Les résultats montrent que la teneur en matière grasse a légèrement diminué au cours du processus de production, passant de 15,92 g/l dans le lait reconstitué à 15,84 g/l dans le lait UHT final. Au cours de l'étape d'homogénéisation, la taille des globules adipeux est réduite ce qui augmente leur dispersion, donnant une légère diminution de la teneur en grasse, une légère perte peut également se produire pendant le traitement thermique (Gaucheron, 2013).

La teneur en protéines a également légèrement diminué, passant de 31,65 g/l à 31,48 g/l. Cela peut être attribué à une certaine dénaturation des protéines pendant le traitement thermique, au fur et à mesure que les protéines se déploient et s'accumulent. L'étape

d'homogénéisation peut également causer une perte de protéines. Cependant, la plupart des protéines restent stables dans le produit final (**McSweeney et Fox, 2013**).

Une légère diminution du lactose est notée, de 55,12 g/l à 54,73 g/l. Ceci est probablement dû à une certaine isomérisation du lactose pendant le processus de chauffage UHT. Le lactose est relativement stable à la chaleur, donc la perte reste mineure (**de Oliveira Neves et de Oliveira, 2020**).

Une légère diminution de l'extrait sec total (EST) est relevée entre le produit semi-fini (reconstitué) et le produit fini (après traitement), passant de 110,5 g/L à 109,68 g/L. Cette diminution peut s'expliquer par une légère perte en matière sèche, principalement des sucres (lactose) et des protéines, au cours du traitement UHT en raison de réactions de Maillard. Toutefois, cette différence, qui représente une perte de 0,74 %, est minime (**Deeth, 2010**), indiquant que le traitement a un effet significatif sur la composition de l'EST.

Aussi, une très faible diminution de l'extrait sec dégraissé (ESD) est notée entre les deux produits, de 94,67 g/L à 94,62 g/L. Cette diminution quasi négligeable de 0,053 % indique que le traitement UHT n'a pas d'impact significatif sur la teneur en matière sèche du lait après dégraissage.

2.5. La teneur en oxygène dissous

Les résultats de l'analyse montrent qu'avant le traitement thermique et le dégazage, la teneur en OD a été mesurée à 9,04 mg/L. Cela indique que le lait à ce stade contenait encore une quantité substantielle d'oxygène dissous, probablement absorbés par l'air ambiant pendant le traitement.

Après le traitement thermique et le dégazage (produit fini UHT), la teneur en OD a chuté de façon significative à 2,27 mg/L correspondant à une diminution de 74,9%. Cette baisse importante peut être attribuée à deux facteurs :

- Le processus de traitement thermique, en particulier la stérilisation à ultra haute température (UHT), a contribué à éliminer une grande quantité d'oxygène dissous du lait. Lorsque le lait est soumis à une chaleur élevée, la solubilité des gaz comme l'oxygène diminue, ce qui les fait diffuser hors de la solution.
- Le processus de dégazage, qui impliquait un traitement sous vide et/ou un arrosage avec un gaz inerte comme l'azote, a encore éliminé la majeure partie de l'oxygène restant. L'étape de dégazage vise spécifiquement à éliminer l'oxygène et d'autres gaz dissous pour prévenir l'oxydation et améliorer la durée de conservation (**Deeth et Lewis, 2017**).

Selon **Jiang, Luo *et al.*, (2022)**, réduire la teneur en O₂ peut effectivement réduire l'oxydation du lait. Cependant, pour une même teneur en O₂, le degré d'oxydation du lait UHT augmente avec l'augmentation des conditions de stérilisation.

Par conséquent, la diminution substantielle de la teneur en oxygène peut raisonnablement être interprétée comme le résultat combiné du traitement thermique et des processus de dégazage impliqués dans la fabrication du lait UHT. Le chauffage a provoqué la réduction importante initiale de l'oxygène, tandis que le dégazage a éliminé presque la totalité l'oxygène substantiel (**Deeth et Lewis, 2017**).

2.6. Indice d'homogénéisation (test NIZO)

Les résultats de l'analyse montrent une amélioration significative de l'homogénéité du lait UHT demi-écrémé après le traitement thermique et l'homogénéisation. La teneur moyenne en matières grasses est passée de 92,09 % dans le produit reconstitué (semi-fini) avant transformation à 96,05 % dans le produit UHT final, soit une augmentation de 4,3 %.

Cela indique que l'étape de l'homogénéisation, a été efficace pour réduire la taille des globules gras et disperser uniformément la graisse dans le lait. La pression plus élevée (200 bars) a probablement décomposé les gros globules gras en gouttelettes plus petites, tandis que la pression plus faible (50 bars) a encore réduit la taille et réparti uniformément la graisse dans le lait (**Deeth et Lewis, 2017**).

2.7. Test Ramesdell

La figure 11 montre les résultats de test Ramesdell effectué sur les échantillons analysés :

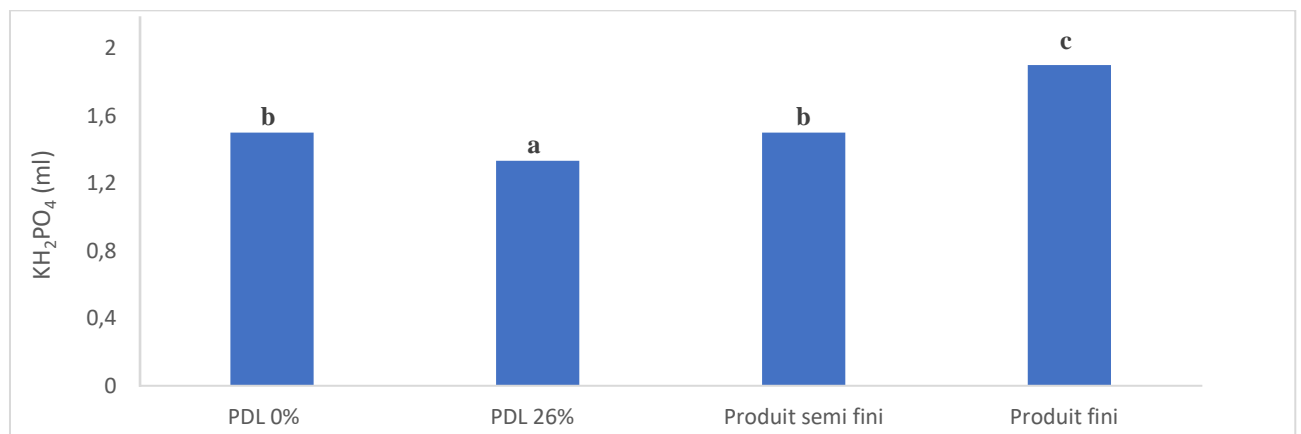


Figure 8 : Résultats de test Ramesdell

$$a < b < c < d$$

Des lettres différentes indiquent une différence significative à la probabilité $p < 0,05$.

D'après les résultats moyens Le lait en poudre avec 0 % de MG et le produit semi-fini ont des valeurs de stabilité thermique similaires (1,5), qui sont relativement faibles par rapport au

produit fini (1,89). Cela laisse suggérer que ces produits sont plus sujets à la coagulation pendant le traitement UHT et peuvent nécessiter un ajustement de l'équilibre minéral ou du pH pour améliorer la stabilité (McSweeney et Fox, 2013).

La teneur en matière grasse et la stabilité thermique du lait en poudre sont négativement et significativement corrélées avec un coefficient de corrélation de -0.99 cela signifie qu'une augmentation de la teneur en matière grasse entraîne une diminution de la stabilité du lait en poudre. Le produit fini à la valeur de stabilité la plus élevée (1,89), ce qui signifie qu'il a subi avec succès un traitement UHT et peut résister à un stockage à long terme à température ambiante sans coagulation (McSweeney et Fox, 2013).

2.8. Epreuve de stabilité

Les figures 12 illustrent les résultats des mesures des paramètres physicochimiques effectuées sur les échantillons analysés :

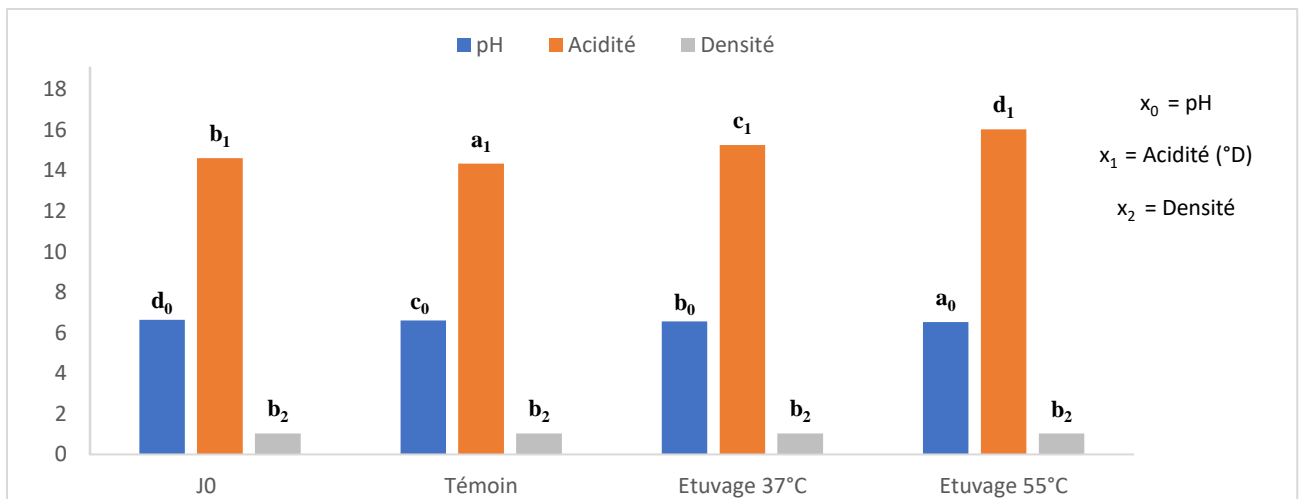


Figure 9 : Résultats des mesures de paramètres physiques.

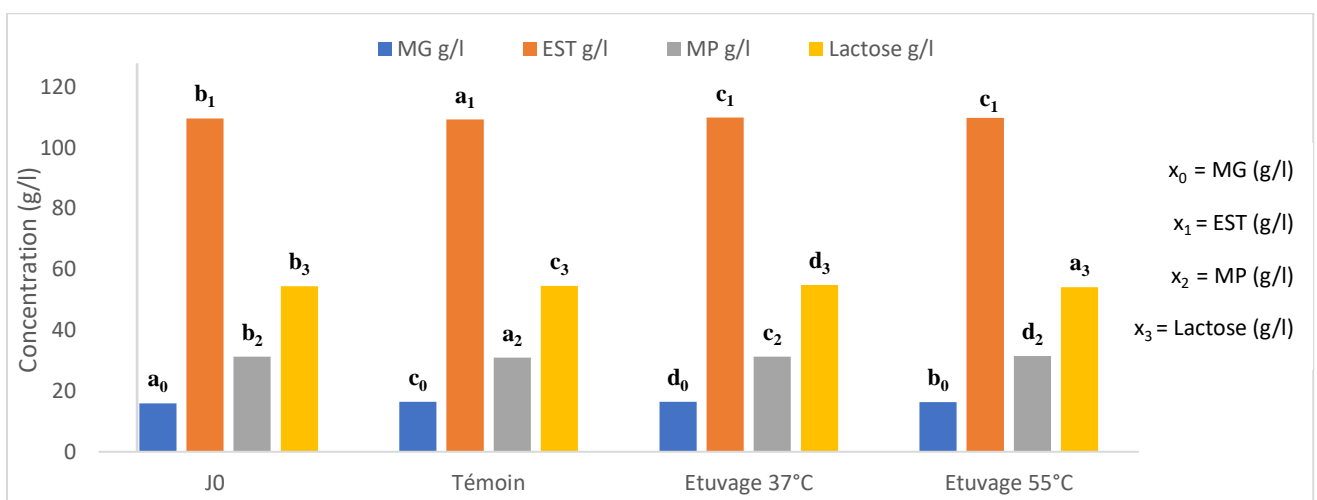


Figure 10 : Résultats des analyses de la composition.

$$a < b < c < d$$

Des lettres différentes indiquent une différence significative à la probabilité $p < 0,05$.

D'après les résultats fournis, nous pouvons interpréter que :

- Les unités d'échantillonnage étuvées à 55°C et à 37°C ont un pH légèrement inférieur à celui du témoin, ce qui peut s'expliquer par une dégradation partielle des protéines du lait sous l'effet de la chaleur.

- La variation de pH entre les unités d'échantillonnage étuvées et le témoin est inférieure à 0,2 unité, ce qui respecte la norme de stabilité.

- Aucun défaut apparent n'est mentionné, ce qui laisse supposer que le lait UHT a conservé son intégrité physique.

D'après les résultats fournis, nous pouvons conclure que le lait UHT est stable selon les critères de la norme **J.O.R.A n°35 (1998)**.

Les résultats des analyses du témoin (T° ambiante) et du jour de fabrication (Jour 0) sont très proches, ce qui indique que le produit était stable au départ et que les conditions de stockage n'ont pas influencé sa qualité.

Après 7 jours d'étuvage à 55°C, une légère augmentation de l'acidité est observée pour les deux échantillons (A et B), passant de 14,6 à 15,8 et 16,26 respectivement. Les autres paramètres sont restés stables. Cette faible augmentation de l'acidité peut s'expliquer par une légère dégradation du produit à cette température élevée, mais sans impact significatif sur sa qualité globale.

Après 15 jours à 37°C, les paramètres analysés sont restés stables pour les deux échantillons (A et B). Il n'y a pas eu de modification significative de la qualité du produit à cette température.

En conclusion, d'après les résultats des différentes analyses, ayant pour objectif la simulation du vieillissement accéléré du lait, il est possible d'affirmer que le produit est stable pour une conservation à long terme dans des conditions normales de stockage (20-25°C). Une légère instabilité a été observée à 55°C, mais sans dégradation majeure du produit. À 37°C, le produit s'est montré parfaitement stable. Il possède donc une bonne aptitude à la conservation à température ambiante sur le long terme.

II. Résultats et discussions d'analyses microbiologiques

1. Eau de process

Le tableau suivant montre les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur l'eau de process :

Tableau XIV : Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur l'eau de process

| Microorganismes | Résultats | Normes (ufc/g) | Références |
|-------------------------------|-----------|---------------------|-----------------------------|
| Coliformes totaux (E. Coli) | Absence | Absence dans 100 ml | J.O.R.A n°13, (2014) |
| Entérocoques | Absence | | |
| Bactéries sulfito-réductrices | Absence | Absence dans 20ml | |

Les résultats des analyses menées sur l'eau traitée ont montré l'absence de germes recherchés, conformément aux normes établies par le Journal Officiel de la République Algérienne (**J.O.R.A n°13, 2014**). Cette absence est une preuve de l'efficacité du traitement de l'eau ainsi que des bonnes pratiques d'hygiène appliquées avant son utilisation. Ces résultats témoignent de la qualité de l'eau traitée et de la rigueur avec laquelle les mesures d'hygiène ont été mises en place pour garantir un environnement sûr et sain pour les utilisateurs.

2. Poudre de lait

Le tableau ci-dessous présente les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les deux types de lait en poudre :

Tableau XV : Résultats des analyses microbiologiques pour les deux types de poudre.

| Microorganismes | PDL 0% MG | PDL 26% MG | Normes | Références |
|-----------------|-----------|------------|------------|----------------------------|
| Entérobactéries | Absence | Absence | 10germe/1g | J.O.R.A n°39 (2017) |

Les résultats des analyses montrent l'absence totale d'entérobactéries dans la poudre de lait. Cette conformité aux normes établies est attribuable à plusieurs facteurs, dont l'utilisation d'emballages hermétiques et le conditionnement aseptique de la poudre dans des sacs qui préviennent toute contamination microbienne. De plus, le stockage de la poudre à l'abri de l'humidité et à température ambiante empêche la prolifération de germes.

3. Produit reconstitué et produit fini

Les tableaux ci-dessous présentent les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur le produit reconstitué et le produit final

Tableau XVI : Résultats pour le lait reconstitué

| Microorganismes | Echantillon N°1 | Echantillon N°2 |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| FTAM | 5,23 *10 ² | 15.75*10 ³ |

Tableau XVII : Résultats pour le produit fini

| Microorganismes | Brique 1 | Brique 2 | Brique 3 | Brique 4 | Brique 5 | Normes | Références |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------|--------------------------------|
| FTAM | Absence | Absence | Absence | Absence | Absence | <10 UFC/0.1ml | J.O.R.A n°39 (2017) |

Ces résultats quantitatifs pour la flore totale aérobique mésophile (FTAM) avant traitement UHT, permettent d'avancer les interprétations suivantes :

- Avant traitement, tous les échantillons de lait contiennent une flore microbienne relativement élevée, ce qui indique une réelle contamination microbienne du lait avant traitement.

- Après traitement UHT, l'absence totale de flore dans tous les échantillons témoigne de l'efficacité du traitement UHT qui a détruit tous les micro-organismes présents initialement dans le lait. Ce traitement a permis d'éliminer la FTAM et de la réduire en dessous du seuil de détection (**J.O.R.A n°39, 2017** < 10 UFC/0,1 ml).

La comparaison des résultats avant/après permet de conclure une réelle efficacité du traitement UHT pour assainir le lait et assurer sa stabilité microbiologique. L'absence de FTAM garantit l'innocuité du produit vis-à-vis des altérations et contaminations microbiennes.

4. Epreuve de stabilité

Le tableau ci-dessous présente les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les échantillons étuvés :

Tableau XVIII : Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les échantillons étuvés.

| Microorganismes | Etuvage | Brique 1 | Brique 2 | Brique 3 | Brique 4 | Brique 5 | Références |
|-----------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------------------------|
| FTAM | 37°C | Absence | Absence | Absence | Absence | Absence | J.O.R.A n°35 (1998) |
| FTAM | 55°C | Absence | Absence | Absence | Absence | Absence | |
| FTAM | Témoin | Absence | Absence | Absence | Absence | Absence | |

D'après les résultats d'analyse microbiologique, il ressort que :

- Le lait UHT analysé présente une très bonne stabilité microbiologique après un étuvage de 15 jours à 37°C et de 7 jours à 55°C. Ceci est prouvé par l'absence de croissance microbienne (R=0) par rapport au témoin pour les deux températures d'incubation.

• L'absence de variation qualitative et quantitative de la flore microbienne pendant les deux périodes d'étuvage à 37°C et 55°C montre que le traitement UHT appliqué au lait a été très efficace pour détruire toutes les formes microbiennes végétatives et sporulées potentiellement présentes.

• Un R inférieur à 100, qui est le cas dans cette analyse (R=0) indique une excellente stabilité microbiologique du produit. Le lait UHT analysé répond donc parfaitement à la norme en vigueur en matière de critères microbiologiques pour ce type de produit.

Il ressort de ces résultats que le lait UHT testé présente une durée de conservation longue au regard de sa stabilité microbiologique élevée après incubation à des températures favorables à la croissance microbienne. La qualité hygiénique du lait avant traitement et les conditions de stérilisation appliquées sont adéquates pour obtenir un produit sain et de longue durée de conservation.

III. Analyse sensorielle

III.1. Analyses organoleptiques

Les résultats d'analyses sensorielles sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau XIX : Résultats d'analyses sensorielles

| | Goût/Odeur | Couleur | Aspect |
|--------------------------|-------------------|----------------|---------------|
| PDL 0% | Normaux | Blanche | Normal |
| PDL 26% | Normaux | Blanche | Normal |
| Produit semi fini | Normaux | Blanche | Normal |
| Produit fini | Normaux | Blanche | Normal |

Les résultats d'analyses sensorielles des échantillons étuvés sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau XX : Résultats d'analyses sensorielles des échantillons étuvés

| Paramètres | Etuvage 55°C | | Etuvage 37°C | |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Echantillon A | Echantillon B | Echantillon A | Echantillon B |
| Goût/Odeur | Atypique | Atypique | Typique | Typique |
| Couleur | Brune claire | Brune claire | Blanche | Blanche |
| Remonté MG | Négatif | Négatif | Négatif | Négatif |
| Filtration | Abs | Abs | Abs | Abs |
| Sédimentation | Légère | Légère | Abs | Abs |

Les résultats montrent que L'étuvage à 37°C n'a pas affecté la qualité organoleptique des deux échantillons. Ces résultats indiquent que le produit est stable dans ces conditions de température.

Après étuvage à 55°C, les échantillons A et B ont montré des modifications organoleptiques significatives. Leur goût et leur odeur se sont altérés, suggérant une dégradation thermique des composés organiques présents dans les matrices alimentaires. Cette dégradation pourrait entraîner la formation de nouveaux composés volatils et aromatiques, responsables des perceptions sensorielles atypiques (Atlan, 2007). Par ailleurs, les échantillons ont pris une teinte brune claire, indicative de la réaction de Maillard entre les protéines et les sucres. La présence de produits de Maillard conforte l'hypothèse d'une dégradation thermique des échantillons.

III.2. Épreuve hédonique

L'ACP (Analyse en Composantes Principales) est une méthode statistique qui permet de réduire la dimension d'un ensemble de données en créant des composantes principales décorréliées à partir des variables initiales. Elle se base sur le calcul des valeurs et vecteurs propres d'une matrice de données centrée et réduite. L'ACP permet de visualiser et d'analyser les relations entre les variables et les observations et est utilisée dans de nombreux domaines (Jolliffe, 2002).

La figure 11 montre la différence entre les deux profils sensoriels des laits avant et après traitement :

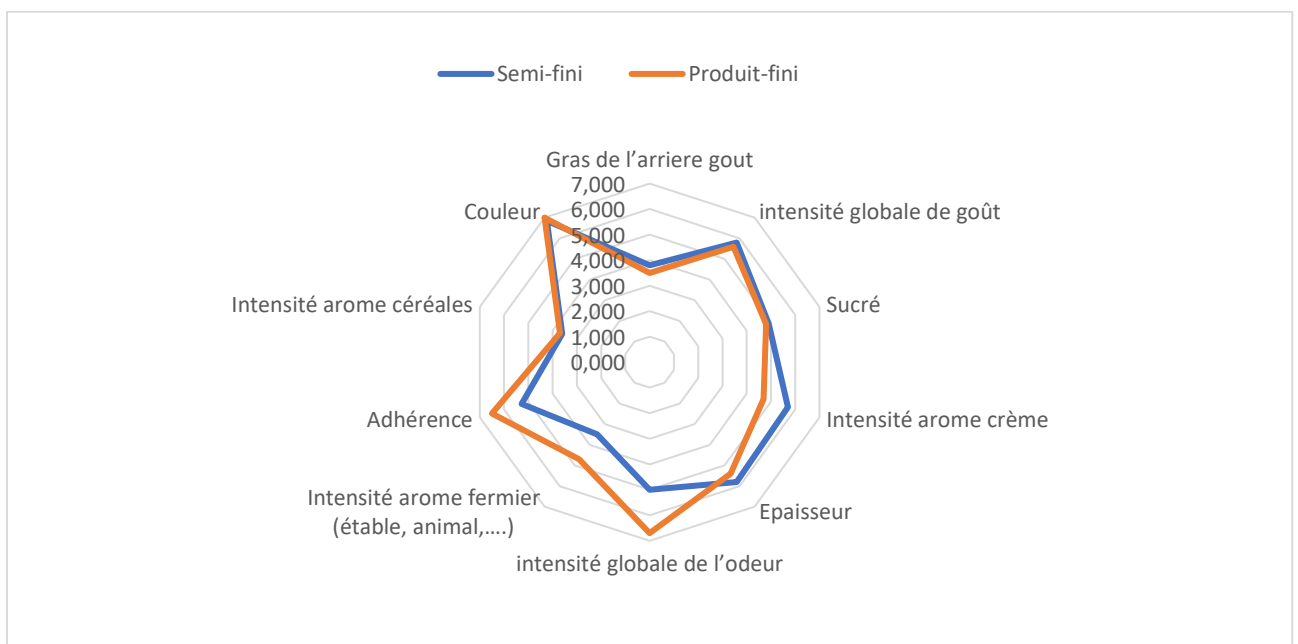


Figure 11 : Profil sensoriel des produits avant et après traitement

Nous remarquons que le lait avant traitement est similaire au lait après traitement pour les descripteurs : couleur, intensité arôme céréales, gras d'arrière-goût, goût et saveur sucrée, ainsi que l'épaisseur du produit dans la bouche. En d'autres termes, le traitement UHT n'a pas engendré de caramélisation ou de brûlure du produit, ce qui explique la conservation de sa couleur et de son goût initial.

Le fait que l'épaisseur en bouche reste la même avant et après traitement montre que le traitement en général n'est pas agressif et a plutôt conservé la viscosité du produit. Contrairement à l'adhérence à la paroi du verre qui a augmenté dans le lait après traitement, vu l'effet de l'homogénéisation qui a rendu les globules de matières grasses plus petites et moins adhérentes.

Cependant le traitement a eu un effet sur :

- **L'odeur**

Nous remarquons que l'intensité globale d'odeur est plus intense dans le lait après traitement que dans le lait avant traitement. Cela peut être expliqué par l'effet de dégazage qui a permis l'élimination des odeurs parasites issues du stockage et de la manipulation du lait avant traitement, et de révéler l'odeur intrinsèque du lait en la rendant plus exprimée et plus intense.

- **L'arôme**

Contrairement à ce que nous pourrions attendre d'une diminution de l'arôme fermier caractéristique du lait frais, le lait après traitement semble plus aromatisé fermier que le lait avant traitement. Les données à notre disposition ne permettent pas d'expliquer de manière scientifique cet effet du traitement sur l'arôme fermier.

Une hypothèse pour expliquer la différence d'intensité de l'arôme crème entre le lait reconstitué et le lait UHT est que le traitement thermique plus intense subi par le lait UHT entraîne une diminution de l'arôme crème par rapport au lait reconstitué. En effet, le traitement UHT peut provoquer une perte ou une transformation des composés volatils responsables de l'arôme crème (diacétyle), ainsi qu'une formation d'autres composés aromatiques qui masquent ou modifient l'arôme crème (furanes).

- **Pouvoir discriminant par descripteur**

Afin de voir la signification des différences sur le plan organoleptique, une ACP (Analyse de la composante principale) a été exécutée sur les données d'intensité des différents descripteurs sensoriels (figure 12).

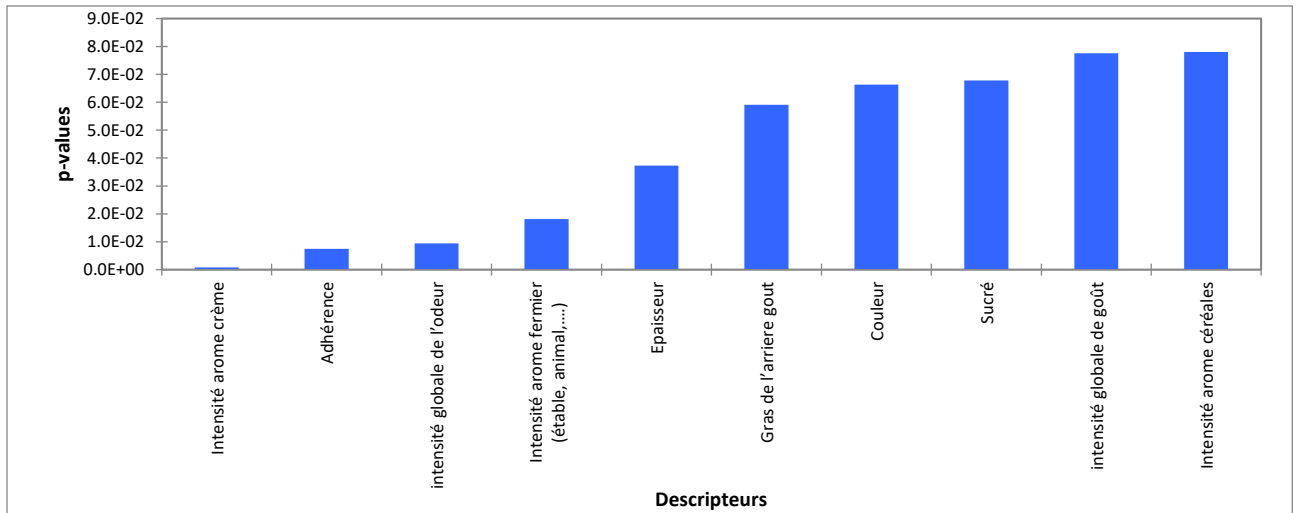


Figure 12 : Pouvoir discriminant par descripteur

L'intensité de l'arôme crème est le seul descripteur présentant une différence significative entre les deux types de lait. Le lait reconstitué a une intensité d'arôme crème plus élevée que le lait UHT, avec une valeur test de 2,388 et une p-valeur de 0,008. C'est le descripteur ayant le plus fort pouvoir discriminant.

Aucune différence significative n'a été observée entre les deux types de lait pour la plupart des descripteurs. Cela indique que les sujets n'ont pas perçu de différence notable entre les produits pour ces caractéristiques sensorielles. Le pouvoir discriminant de ces descripteurs est donc relativement faible dans ce cas.

➤ **Coordonnées des observations**

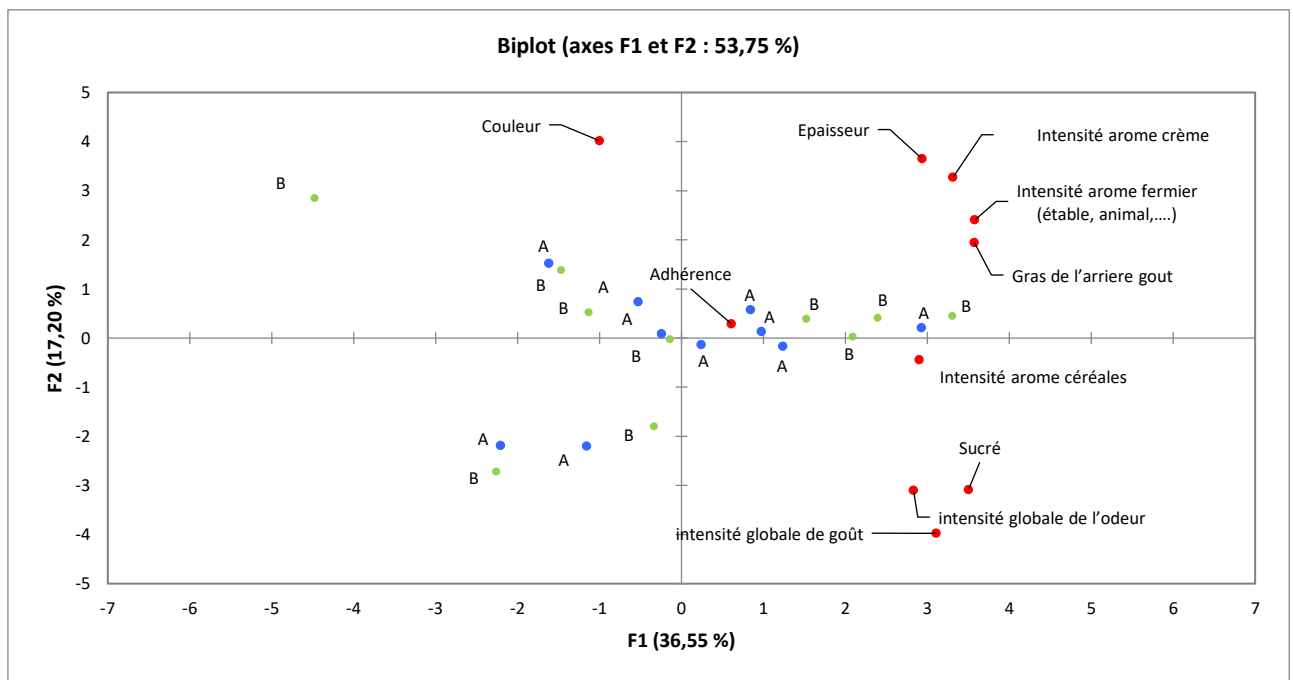
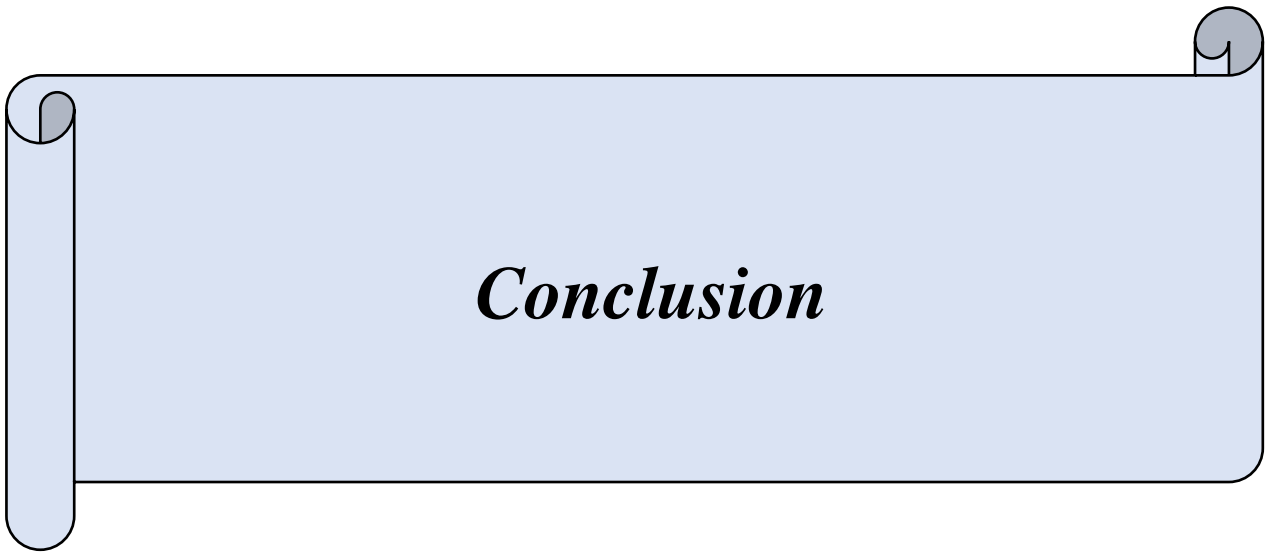


Figure 13 : Coordonnées des observations

Les résultats suggèrent que l'échantillon A et B ont des caractéristiques sensorielles différentes. L'échantillon A semble avoir une couleur plus claire, une adhérence plus faible, une odeur plus forte, un goût moins intense, un goût sucré plus élevé, un arôme céréales moins prononcé, un arôme crème plus présent, un arôme fermier plus marqué, un gras de l'arrière-goût moins important et une épaisseur plus faible que l'échantillon B.

Pour vérifier la fiabilité de ces résultats, des dégustations supplémentaires seraient nécessaires avec un nombre plus important de consommateurs. En effet, le nombre de consommateurs interrogés dans cette étude, soit 10, est trop faible pour tirer des conclusions statistiquement significatives.

La préférence est égale entre les deux types de lait, ce qui suggère qu'il n'y a pas de différence sensorielle perceptible entre eux ou que les consommateurs n'ont pas de critère de choix clair.



Conclusion

Conclusion

L'étude réalisée a pour objectif le suivi du processus de production du lait UHT demi-écrémé, depuis les matières premières (la poudre de lait et l'eau) jusqu'au produit fini.

Les résultats obtenus ont montré que le traitement UHT permet d'obtenir un lait comparable au lait frais du point de vue de sa composition chimique et nutritionnelle, avec une légère perte de certains composants mineurs. De plus, il été démontré que le traitement UHT assure également la sécurité sanitaire du produit, en éliminant les micro-organismes pathogènes ou altérants, et prolonge sa durée de conservation à température ambiante sans risque de coagulation. Le traitement UHT garantit enfin la stabilité physique et l'homogénéité du produit, en évitant la séparation de phase ou la variation de viscosité. Sur le plan sensoriel, le produit conserve sa couleur et son goût initial, avec une légère diminution de l'arôme crème.

Les résultats de l'étude de la stabilité du lait ont montré qu'à 37°C, le produit s'est montré parfaitement stable. Il possède donc une bonne aptitude à la conservation à température ambiante sur le long terme. Une légère instabilité a été observée à 55°C, mais sans dégradation majeure du produit.

Ces résultats sont conformes aux normes fixées pour le lait UHT demi-écrémé et attestent que le processus de fabrication n'a pas d'impact négatif sur la qualité et la durée de conservation du produit. Cette étude fournit des données utiles pour les producteurs et les consommateurs de ce type de produit.

L'étude ouvre des perspectives pour des recherches futures sur les aspects suivants :

- ✓ Optimisation des conditions de traitement pour minimiser les pertes ou les transformations des composés chimiques du lait ;
- ✓ L'influence du type et de l'origine de la poudre de lait sur les propriétés du produit reconstitué.



Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

Adrian, J. (1975). "Les traitements thermiques appliqués aux produits laitiers et leurs conséquences dans le domaine azoté." Le lait **55**(541-542): p. 24-40.

AFNOR (1985). " AFNOR. Contrôle de la qualité des produits laitiers, Analyses physiques et chimiques, 3ème Edition 1985."

AFNOR (1999). " AFNOR. Lait et produit laitère. V1 lait. Edition, AFNOR 1999."

Amiot, J ; Fournier, S ; Lebeuf, Y ; Paquin, P et Simpson, R. (2002). Composition. Propriétés physico- chimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyses du lait in Vignola.L.Science et technologie du lait : transformation du lait. Ed. Tec et Doc. Lavoisier. Paris, p. 362-378.

Atlan, S. (2007). Modelisation de la liberation des composes d'arome a partir de matrices alimentaires dans des systemes experimentaux et en bouche: determnation des proprietes et mecanismes de transfert de matiere, AgroParisTech.

Bylund, G. (1995). "Dairy processing handbook: tetra Pak processing systems AB." Sweden, AB: Lund, Sweden, p. 13-36.

Cheftel, J. and H. Cheftel (1992). "Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. 7e éd." Paris: Lavoisier Technique & Documentation.

Cuq, J. (2007). "Microbiologie alimentaire". Editions Sciences et Techniques du Languedoc. Université de Montpellier, p. 20-25.

de Oliveira Neves, L. N. and M. A. L. de Oliveira (2020). "Quantification of lactose and lactulose in hydrolysed-lactose UHT milk using capillary zone electrophoresis." International Dairy Journal **106**: 104710.

Deeth, H. (2010). Improving UHT processing and UHT milk products. Improving the safety and quality of milk, Elsevier, p. 302-329.

Deeth, H. C. and M. J. Lewis (2017). High temperature processing of milk and milk products, John Wiley & Sons.

Dupont, P. (2019). "Protocole de mesure de la teneur en oxygène dissous dans l'eau. Globe Swiss."

El Hassani, S. K. (2013). "La Dépendance Alimentaire en Algérie: Importation de Lait en Poudre versus Production Locale, Quelle Evolution?" Mediterranean Journal of Social Sciences 4(11): p. 152.

FAO, E. (2017). "Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome." Several Issues.

Fredot, E. (2005). Connaissance des aliments, Tec & Doc Lavoisier.

Gaucheron, F. (2004). "Minéraux et Produits Laitiers; Tec & Doc." Lavoisier: Paris, France: 978-2743006419.

Gaucheron, F. (2013). Les impacts de la qualité du lait sur ses aptitudes à sa transformation: cas des fromages et des laits UHT. Journée CEREL.

Rosas González, N. M., Cueto-Wong, M. C., Armenta-Corral, R. I., Fernández-Michel, S. G., Marszalek, J. E., & Ramos-Clamont Montfort, G. (2020). "Changes in the stability of ultra-pasteurized lactose-free milk upon storage." Emirates Journal of Food and Agriculture, p. 673-683.

Goursaud, J. (1985). "Composition et propriétés physico-chimiques." LUQUET, FM Lait et produits laitiers. Paris, Tec. Doc. Lavoisier, p.1-93.

Griffiths, M.W. (2010). Introduction. Dans M.W. Griffiths (Éd.), Improving the Safety and Quality of Milk: Improving Quality in Milk Products, p. 1-5

Hirotsu, K. and A. Shimada (1974). "The crystal and molecular structure of β -lactose." Bulletin of the Chemical Society of Japan, p. 1872-1879.

ISO (1983). Milk- Determination of fat content-Gerber butyrometers (ISO Standard No. 488).

ISO. (2004). Lait – Détermination de l'extrait sec total (méthode de référence) (ISO 5534:2004).

Janštová, B., P. Navrátilová, et al. (2009). "Impact of heat treatment on the freezing points of cow and goat milk." Acta Veterinaria Brno 78(4): p. 679-684.

Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., & Brulé, G. (2007). Science des aliments: Biochimie, microbiologie, procédés, produits (Vol. 2). Lavoisier, p. 101-102.

Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P. et Brulé, G. (2007). Les protéines du lait : structure et fonctionnalités. Les protéines du lait de vache. Paris : Editions Quae. p. 21-22.

Jiang, S., Luo, W., Peng, Q., Wu, Z., Li, H., Li, H., & Yu, J. (2022). "Effects of Flash Evaporation Conditions on the Quality of UHT Milk by Changing the Dissolved Oxygen Content in Milk." Foods **11**(15): 2371.

Jolliffe, I. (2002). Principal component analysis (2nd ed.). Springer.

J.O.R.A. N°39. (2017). Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires.

J.O.R.A N°35. (1998). Arrête interministériel du 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrête du 23 juillet 1994 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires.

J.O.R.A N°69. (1993). Arrêté interministériel du 29 Safar 1414 correspondant au 18 août 1993 relatif aux Spécifications et à la présentation de certains laits de consommation.

JP. Guiraud. Microbiologie alimentaire, Techniques d'analyse microbiologique. Edition Dunod Paris 1998..

Karlsson, M. A., M. Langton, et al. (2019). "Changes in stability and shelf-life of ultra-high temperature treated milk during long term storage at different temperatures." Heliyon **5**(9): e02431.

Lapointe-Vignola, C. (2002). Science et technologie du lait-Transformation du lait.Canada: Presses internationales polytechniques, p. 28-89, 285-291.

Luquet, F. M. (1985). "Laits et produits laitiers: vache, brebis, chevre. v. 1: Les laits: de la mamelle a la laiterie.-v. 2: Les produits laitiers: transformation et technologies.-v. 3: Qualite, energie et tables de composition."

Mahaut, M ; Jeanntet, R ; Brule, G. et Schuck, P. (2000). Les produits industriels laitiers. Ed. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p. 178

Martin, J. (2000). "Technologie des laits de consommation." Edition: Uni Lait, Candia Direction Développement Technologique, p. 135.

Masschelein, W.J. 1996. Ozone and ultraviolet light. Ozone and water quality. London : IWA Publishing. p. 23..

Mathieu, J. (1998). "Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris. milk proteins." Critical reviews in food science and nutrition, p. 115-136.

McSweeney, P. L. and P. F. Fox (2013). Advanced dairy chemistry: volume 1A: proteins: basic aspects, Springer Science & Business Media.

Moller, S. (2000). "La reconstitution du lait." Edition: Ina. Paris, p. 36.

Odet, G., Cerf, O., Chevillotte, G., Douard, D., Gillis, G. et al. (1985). La maîtrise de la qualité du lait stérilisé UHT. Ed. Association pour la promotion industrie-agriculture (APRIA). Lavoisier, Paris, p. 28-135.

Pougheon, S. and J. Goursaud (2001). "Le lait caractéristiques physicochimiques In DEBRY G." Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris 6, p. 566.

Reed, B., Godfrey, S., Kayaga, S. et Reed, R. 2013. Water quality analysis. Water quality testing. Loughborough : WEDC. p. 13.

RJ. Rodier ; C. Bazin ; JP Broutin ; P. Chambon ; H. Champseur ; L. Rodi. L'analyse microbiologique des eaux in l'analyse de l'eau ; Eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer. Edition Dunop. Technique et ingénieur 2005.

Rodier, J., J. Bazin, et al. (1996). L'analyse de l'eau, Dunod.

Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., & Brunet, R. (2009). "L'analyse de l'eau-9e éd." Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Dunod, p. 564-571.

Ronez, F. (2012). Exploration fonctionnelle et valorisation industrielle de la protéine de choc thermique bactérienne Lo18, Dijon.

Tetra Pak. 2021. Tetra Pak Maghreb. Site web:

<https://www.tetrapak.com/maghreb/insights/cases-articles/4-important-questions-about-nizo>. Consulté le 10 Mai 2023.

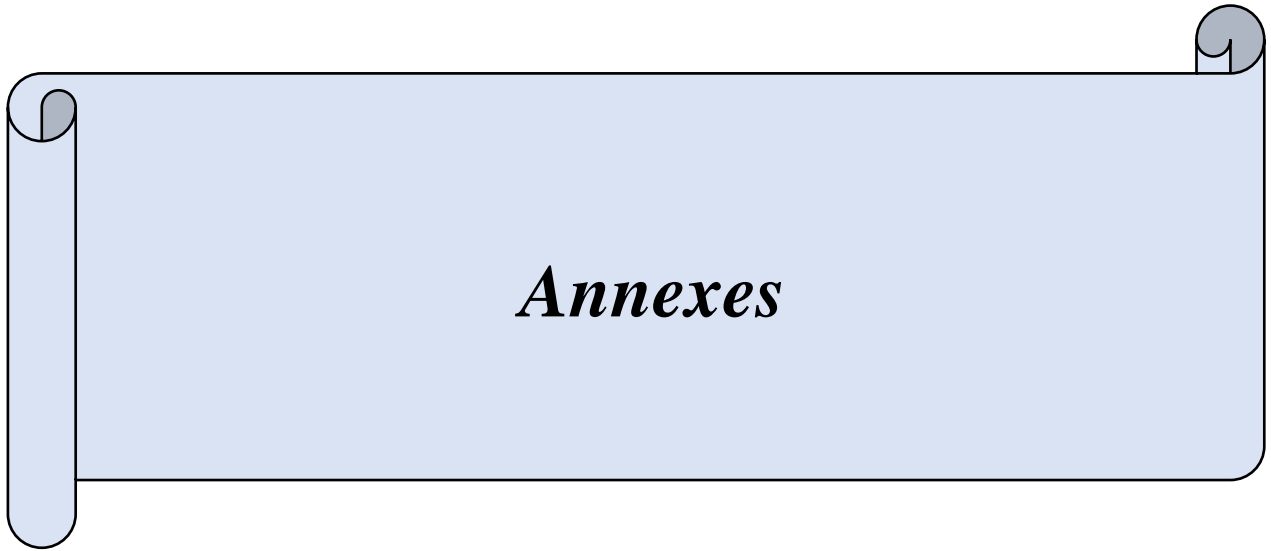
Thapon, J. (2005). "Science et technologie du lait." Agrocampus-Rennes, France, 14, p. 77.

Veisseyre, R. (1975). Technologie du lait: constitution, récolte et transformation (chap. 3, p. 45). Paris: Éditions G.-P. Maisonneuve et Larose"

Vierling, E. (1998). "Aliments et boissons filières et produits biosciences." Dion, Paris, p. 278.

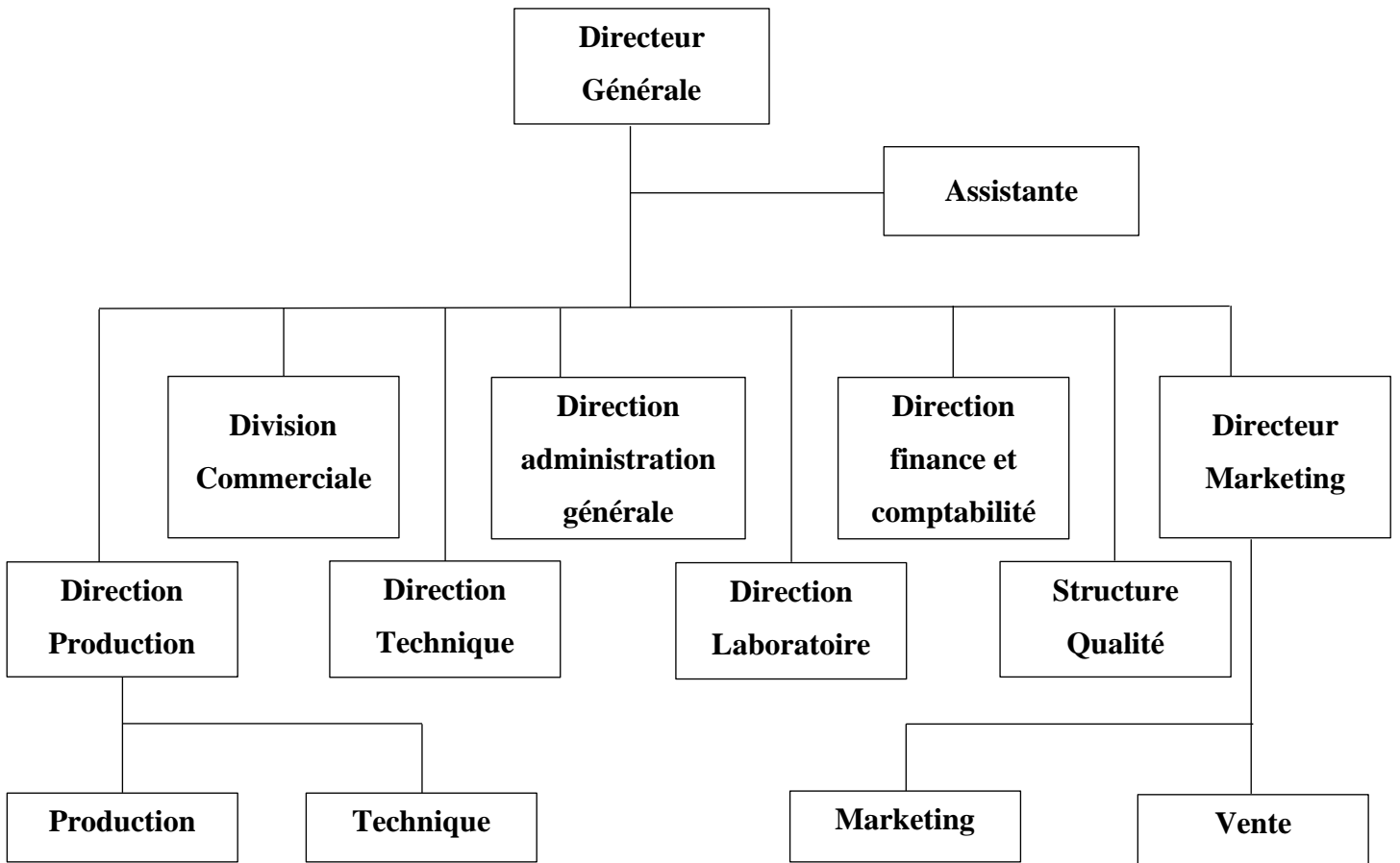
Vierling, E. (2003). "Aliment et boisson-Filière et produit, 2ème édition DOIN éditeurs." Centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine.

Vuillemard, J.-C. (2018). Composition et propriétés physicochimiques du lait. Dans J.-C. Vuillemard (dir.), Science et technologie du lait. 3e édition. Québec: Presses de l'Université Laval, p. 1-36.



Annexes

Annexe I



Organigramme de l'organisation de la laiterie Tchén-Lait (Candia)

Annexe II

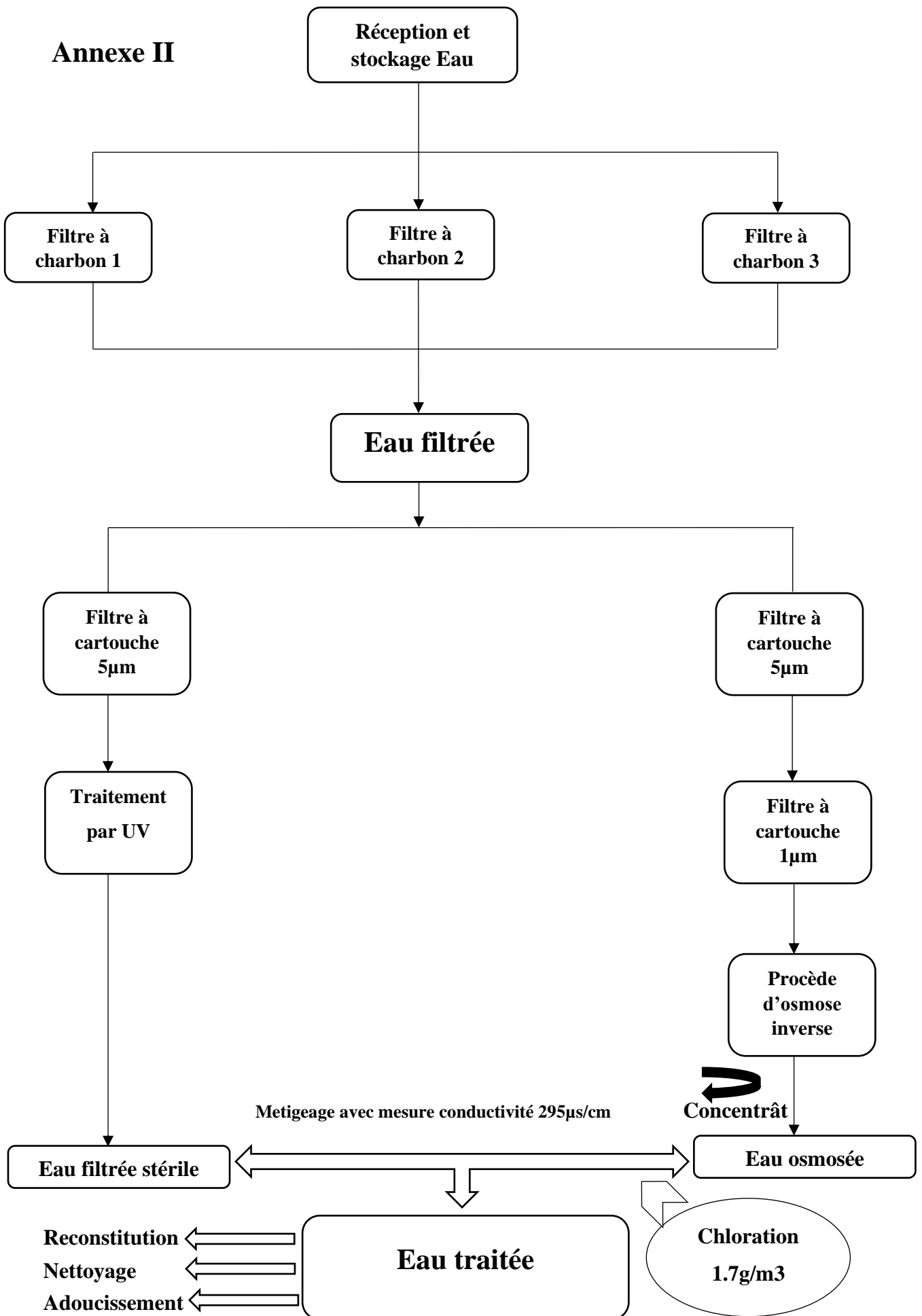


Schéma de traitement des eaux

Annexe III

Lexique descripteurs

| Aspect | | |
|--|--|---|
| Adhérence à la paroi | Capacité d'adhérence du produit à la paroi après inclinaison du verre | De 0 : peu adhérent à 10 : très adhérente |
| Couleur | Degré de clarté de la couleur du produit (évaluation sur fond noir) | De 0 : clair à 10 : foncé |
| Odeur | | |
| Intensité globale de l'odeur | Intensité globale de l'odeur, évaluée après 3 rotations du verre | De 0 : peu intense à 10 : très intense |
| Texture en bouche | | |
| Épaisseur | Caractérise la consistance du produit | De 0 : peu épais à 10 : très épais |
| Gras | Caractérise la sensation de gras en bouche | De 0 : peu gras à 10 : très gras |
| Arômes | | |
| Céréale/biscuit | Intensité de l'arôme céréale/biscuit | De 0 : inexistant à 10 : très prononcé |
| Rafrichissant | Intensité de la sensation rafraichissante procurée par le lait | De 0 : inexistant à 10 : très prononcé |
| Végétal | Intensité de l'arôme végétal (herbe, salade, foin) | De 0 : inexistant à 10 : très prononcé |
| Crème | Intensité de l'arôme crème | De 0 : inexistant à 10 : très prononcé |
| Fermier | Intensité de l'arôme fermier (animal, étable) | De 0 : inexistant à 10 : très prononcé |
| Arrière goût | | |
| Intensité globale de l'arrière goût | Intensité globale de l'arrière goût, évaluée 20 secondes après la prise en bouche | De 0 : peu intense à 10 : très intense |
| Gras | Sensation grasse laissée en bouche, présence d'un film nappant | De 0 : peu gras à 10 : très gras |
| Astringent | Sensation de râpeux laissée en bouche | De 0 : peu astringent à 10 : très astringent |
| Puissance globale du goût | | |
| Intensité globale du goût | Intensité globale du goût | De 0 : peu intense à 10 : très intense |
| Saveurs | | |
| Acide | Saveur provoquée par des solutions aqueuses diluées de la plupart des corps acides (acide citrique, acide tartrique...). | De 0 : pas acide à 10 : très acide |
| Sucré | Qualifie la saveur élémentaire provoquée par des solutions aqueuses de diverses substances telles que le saccharose. | De 0 : pas sucré à 10 : très sucré |
| Amer | Saveur provoquée par des solutions aqueuses diluées de quinine, caféine, L-leucine et L-vanilline. | De 0 : pas amer à 10 : très amer |
| Astringent | Sensation complexe de la contraction de la surface des muqueuses de la bouche, produite par exemple par des tanins. | De 0 : pas astringent à 10 : très astringent |
| Salé | Qualifie la saveur élémentaire provoquée par des solutions aqueuses de diverses substances telles que le chlorure de sodium. | De 0 : pas salé à 10 : très salé |

Lexique descripteurs

Annexes IV

Dégustation laits blancs et dé lactosés

Nom

Date

Noter chaque descripteur sur une échelle de 0 à 10.
la note 5/10 est votre idéale pour chaque descripteur.

| Nom échantillon | | | | | | | |
|---------------------|---|--|--|--|--|--|--|
| Aspect | Couleur <i>0 : clair</i> <i>10 : foncé</i> | | | | | | |
| | Adhérence paroi <i>0 : peu adhérent</i> <i>10 : très adhérent</i> | | | | | | |
| Odeur | Intensité globale de l'odeur <i>0 : peu intense</i> <i>10 : très intense</i> | | | | | | |
| Saveurs et goût | Intensité globale du goût <i>0 : peu intense</i> <i>10 : très intense</i> | | | | | | |
| | Sucré <i>0 : pas sucré</i> <i>10 : très sucré</i> | | | | | | |
| | Intensité arôme céréales <i>0 : inexistant</i> <i>10 : très prononcé</i> | | | | | | |
| | Intensité arôme crème <i>0 : peu intense</i> <i>10 : très intense</i> | | | | | | |
| | Intensité arôme fermier (étable, animal, ...) <i>0 : peu intense</i> <i>10 : très intense</i> | | | | | | |
| | Gras de l'arrière goût <i>0 : peu gras</i> <i>10 : très gras</i> | | | | | | |
| Texture en bouche | Épaisseur <i>0 : peu épais</i> <i>10 : très épais</i> | | | | | | |
| Observations | | | | | | | |
| Ordre de préférence | | | | | | | |

Fiche de dégustation

Résumé

Le lait UHT est stérilisé à ultra-haute température pour une conservation prolongée. Son processus de fabrication comprend plusieurs étapes, telles que le dégazage, l'homogénéisation et la stérilisation UHT, qui peuvent influencer sa qualité physico-chimique, sa stabilité, sa valeur nutritionnelle et organoleptique. Cette étude s'est intéressée à analyser les effets du processus de fabrication sur la qualité du lait UHT demi-écrémé en utilisant des méthodes expérimentales et statistiques. Les résultats ont montré que le processus n'affecte pas la qualité ni la durée de conservation du lait UHT demi-écrémé, qui présente une bonne qualité hygiénique et nutritionnelle et peut être conservé pendant plusieurs mois à température ambiante.

Mots clés : Lait UHT ; Stabilité ; Propriétés physico-chimiques, Qualité sensorielle ; Processus de fabrication.

Abstract

UHT milk is sterilized at ultra-high temperature for extended shelf life. Its manufacturing process involves several steps, such as degassing, homogenization and UHT sterilization, which can influence its quality in terms of composition, stability and organoleptic and nutritional value. this study analyzed the effects of the manufacturing process on the quality of semi-skimmed UHT milk produced by Candia Tchén Lait, using experimental and statistical methods. The results showed that the process does not affect the quality or shelf life of semi-skimmed UHT milk, which has good hygienic and nutritional quality and can be stored for several months at room temperature.

Keywords: UHT milk; Stability; Physico-chemical properties, Sensory quality; Manufacturing process.