

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE BLIDA 1

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE CELLULAIRE**

Mémoire de fin d'études

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER
EN BIOLOGIE**

Option: *Génie Biologie*

Thème:

***Mise au point d'un fromage écrémé,
fruité et suivi du contrôle de sa
qualité et de sa stabilité à la laiterie
de Beni-Tamou***

Présenté par:

- LHASBELLAOUI Hanane

Soutenue publiquement le 26/06/2014 devant le jury:

- M ^{me}	KHEDDAM.H	M.A.A	UB1	Présidente
- M ^{me}	AIT SAADI. N.	M.A.A	UB1	Promotrice
- M ^{me}	KANAN. A.	M.A.A	UB1	Examinatrice
- M ^{me}	DEFAIRI. D.	M.A.A	UB1	Examinatrice

Promotion 2013/2014

Dédicaces

Avec une immense joie, je dédie ce modeste travail :

A mon Mari Nabil et mon ange Wassim

A mes parents : Ma mère pour ses encouragements, son soutien moral, son aide et son sacrifice.

Mon père pour son encouragement, sa patience.

A mes beaux parents pour leur soutien ,leur encouragement et leur aide

A mon frère Koceila, à mes très chères sœurs Nesrine et Nassima.

A toute ma famille et ma belle famille.

A mes très chères amies : Dalila, Tassadite, Yasmyn

*A mes chers collègues à l'unité HASSIBA BENBOUALI
Et enfin, à tous ceux qui m'ont aidé et soutenu.*





Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu Dieu le tout puissant de m' avoir donné la santé, la force, le courage et la volonté afin d'accomplir ce travail.

Je remercie très cordialement ma promotrice Mme AIT SAADI. N. de ses conseils judicieux, son aide et son assistance.

Je remercie également Mme KHEDDAM.H chargée de cours à l'université de Blida, de m' avoir fait l'honneur de présider mon jury.

Mme KANANE.A et Mme DEFFAIRI.D chargées de cours à l'université de Blida de m' avoir honoré par leur présence et bien voulu examiner mon travail.

Un très grand merci pour Mme Kerkeche D pour sa précieuse aide.

Je remercie plus particulièrement Mr Chetouane A, qui m' a permis de réaliser ce travail sans oublier, Mr El Hadj, , Mr Seddik, Mr Amar et toute l'équipe de l'unité « Beni-Tamou » pour leur aide et patience.

J'exprime également ma vive et sincère reconnaissance à tous mes professeurs du département de biologie, ainsi que tous ceux qui m'ont aidé directement ou indirectement.

Table des matières

Introduction	1
---------------------------	---

Chapitre I : Partie théorique

I- Le fromage

I-1 Composition.....	03
I-2 Classification.....	05
I-3 Fromage frais.....	06
I-3-1 Evaluation de la production.....	06
I-3-2 Classification.....	07
I-3-3 Les additifs.....	07
I-3-3-1 Les fruits.....	07
I-3-3-2 Obtention des fruits en morceaux.....	07
I-3-4 Paramètres de stabilité du fromage frais.....	08
I-3-4-1 Paramètres physico-chimiques.....	08
I-3-4-2 Paramètres microbiologiques.....	08
I-3-4-3 Paramètres organoleptiques et rhéologiques.....	08
I-4 Valorisation du lactosérum.....	09
I-4-1 Définition.....	09
I-4-2 Les différents types de lactosérum.....	09
I-4-2-1 Lactosérum doux.....	09
I-4-2-2 Lactosérum acide.....	10
I-4-3 Composition chimique du lactosérum.....	10
I-4-4 Valeur alimentaire du lactosérum.....	10

II- Les agents de coagulation

II-1 Les ferments lactiques.....	11
II-1-1 Classification.....	11
II-1-1-1 Selon la température de croissance.....	11
II-1-1-2 Selon le degré de fermentation.....	12
II-1-2 Action des ferments lactiques.....	12
II-1-3 L'ensemencement.....	13
II-2 La présure.....	13
II-2-1 Mode d'action de la présure.....	14
II-2-2 Facteurs influençant la coagulation.....	15

III - Processus de fabrication du fromage frais fruité

III-1 Préparation de la pâte.....	16
III-1-1 Reconstitution du lait.....	16
A- Filtration du lait.....	16
B- Pré-pasteurisation du lait.....	16

C- Dégazage du lait	17
D- Homogénéisation du lait.....	17
III-1-2 Pasteurisation du lait.....	19
III-1-3 L'ensemencement et la maturation.....	19
III-1-4 Thermisation du lait coagulé.....	19
III-1-5 Filtration.....	20
III-1-6 L'égouttage.....	20
III-1-7 Refroidissement.....	20
III-2 Préparation de la crème fraîche.....	20
III-2-1 Réfrigération du lait cru.....	20
III-2-2 Pasteurisation du lait cru.....	20
III-2-3 Ecrémage du lait cru.....	21
III-2-4 Pasteurisation de la crème.....	21
III-2-5 Chauffage de la crème.....	21
III-2-6 L'addition du sucre.....	21
III-2-7 L'homogénéisation.....	21
III-2-8 Pasteurisation.....	21
III-3 Traitement du produit fini.....	21
III-3-1 Addition de fruit.....	22
III-4 Rendement de fabrication.....	23

IV - Bonnes pratiques de fabrication

IV-1 La qualité.....	24
IV-1-1 Définition.....	24
IV-1-2 Les critères de qualité.....	24
IV-2 Contrôle de qualité.....	24
IV-2-1 Objectif.....	25
IV-2-2 Contrôle des matières premières.....	25
IV-2-3 Contrôle de la qualité des préparations des fruits.....	25
IV-2-4 Contrôle pendant la fabrication.....	25
IV-2-5 Contrôle de l'air ambiant.....	25
IV-2-6 Contrôle de l'emballage.....	26
IV-2-7 Contrôle du personnel.....	26
IV-2-8 Contrôle du matériel.....	26
IV-2-9 Contrôle des locaux.....	27
IV-2-10 Contrôle du produit fini.....	27

Chapitre II- Matériel et méthodes

I- Présentation de la laiterie.....	28
I-1 Gamme des produits fabriqués.....	28
I-2 Capacité de production.....	29
II- Matériel.....	29
III- Méthodes.....	29
III-1 Mise au point d'un fromage écrémé fruité.....	29
III-2 Mode de prélèvement.....	34
III-3 Méthode d'analyse organoleptique de la poudre de lait écrémé.....	38
III-4 Méthodes d'analyses microbiologiques.....	38
III-4-1 Analyse microbiologique du lait, produits laitiers et fruit.....	40

III-4-2 Analyse microbiologique de l'eau de process.....	44
III-5 Méthodes d'analyses physico-chimiques.....	48
III-5-1 Mesure de l'acidité titrable.....	50
III-5-2 Mesure de la densité.....	51
III-5-3 Mesure de la teneur en eau.....	51
III-5-4 Mesure de la matière grasse (MG).....	52
III-5-5 Mesure de l'extrait sec total (EST).....	53
III-5-6 Mesure de l'azote total.....	54
III-5-7 Mesure de taux de brix.....	57
III-5-8 Mesure du pH.....	57
III-5-9 Mesure de TA, TAC, TH et la température.....	57
III-6 Rendement de fabrication.....	60

Chapitre III : Résultats et discussions

I- Résultats et interprétations

I-1 Contrôle organoleptique de la poudre de lait écrémé.....	61
I-2 Résultats des analyses microbiologiques.....	62
I-2-1 Matières premières.....	62
I-2-2 Produits résultants des matières premières.....	64
I-2-3 Fruits.....	67
I-2-4 Produit fini.....	68
I-2-5 Analyse microbiologique du personnel.....	69
I-2-6 Analyse microbiologique de l'air ambiant.....	70
I-2-7 Analyse microbiologique de l'emballage.....	71
I-3 Résultats des analyses physico-chimiques.....	72
I-3-1 Matières premières.....	72
I-3-2 Produits résultants des matières premières.....	74
I-3-3 Fruits.....	76
I-4 Résultats du calcul de rendement de la pâte.....	77
I-5 Résultats du suivi de la stabilité du produit fini.....	78
I-5-1 Résultats des analyses du pH.....	78
I-5-2 Résultats des analyses de l'EST.....	79
I-5-3 Résultats des analyses de la teneur en protéines.....	80

II-Discussion générale.....82

Conclusion.....88

Recommandations.....90

Résumé

Le fromage écrémé fruité, est un produit régime destiné aux consommateurs ayant des problèmes d'hypercholestérolémie ou d'obésité. Sa fabrication a été réalisée sur la base de la sélection de certains paramètres technologiques pour l'obtention d'un produit de bonne qualité. Ces paramètres englobent l'acidité du lait maturé à 70°D (pH = 4,8) et la vitesse de séparation (4400 tr/mn) permettant l'obtention d'une pâte ayant un EST= 14%.

Le fromage écrémé fruité que nous avons mis au point dans la laiterie de Beni Tamou nous a permis d'obtenir : Un produit d'une valeur protéique remarquable à partir de la récupération du lactosérum, ainsi qu'une valeur énergétique moins élevée due l'élimination de la matière grasse représentée par la crème fraîche.

Pour une meilleure exploitation, cette préparation est suivie par un contrôle de qualité, un contrôle complémentaire du personnel, de l'air ambiant et de l'emballage ainsi qu'un suivi de la stabilité du produit fini pendant 36jours.

Les résultats des différents contrôles ont révélé une bonne qualité microbiologique et physico-chimique, sauf quelques non conformités relatives aux taux d'humidité; d'acidité et une basse dureté totale d'eau de process. Cependant, le produit fini a présenté une remarquable stabilité microbiologique et physico-chimique pendant une durée de 32 jours..

Mots clés : hypercholestérolémie, obésité, valeur protéique, valeur énergétique, contrôle de qualité, stabilité.

Summary

The fruity skimmed cheese is a product mode intended for the consumers having problems of hypercholesterolemia or obesity. Its manufacture was carried out on the basis of selection of certain technological parameters for a product of good quality. These parameters include the acidity of mature milk at 70°D (pH=4,8) and the speed of séparation (4400 tr /mn) with allow the obtaining of the paste having a total dry extract of 14%.

The fruity skimmed cheese that we have developed in the dairy Beni Tamou allowed us to obtain: A product of a remarkable protein value with recovery whey and a lower energy value from the removing fatty matter represented by the fresh cream.

For a better exploitation, this préparation is followed by a quality control, a complementary control of the personnel, ambient air and packaging as well as a follow-up of stability of the product finished during 36 days.

The results of various controls revealed a good microbiological and physico-chemical quality, except some nonconformities relating to the level of humidity; of acidity and a low total hardness of water of process. However, the finished product presents a remarkable microbiological and physicochemical stability in a period of 32 days.

Key words : hypercholesterolemia, obesity, protein value, energy value, quality control, stability.

ملخص

الجبن منزوع الدسم ممزوج بالفواكه، هو منتج صحي مخصص للمستهلكين الذين لديهم مشاكل في السمنة و ارتفاع نسبة الكلسترول. تمت صناعته على أساس اختيار بعض المعطيات التكنولوجية للحصول على منتج ذو جودة عالية. تضم هذه المعطيات حموضة الحليب الناضج 70 °D (pH=4.8) و سرعة الفصل (4400 دورة في الدقيقة) تسمح بالحصول على عجينة بنسبة 14 % من المواد الجافة.

الجبن منزوع الدسم ممزوج بالفواكه الذي قمنا بتصنيعه في ملبنة بني تامو مكننا من الحصول : على منتج ذو قيمة بروتينية هائلة وذلك من استرجاع مصل اللبن، و أيضا قيمة طاقوية ضئيلة وذلك من نزع المواد الدسمة الممتلئة في الكريمة الطازجة.

لاستغلال امثل، تبع هذا التحضير بمراقبة النوعية، مراقبة مكملة للعمال، للهواء المحيط و التغليف، كذلك تتبع استقرار المنتج النهائي خلال 36 يوم

أظهرت نتائج مختلف المراقبات، نوعية ميكروبيولوجية و فيزيوكيميائية جيدة، ما عدا بعض الامطابقات المتعلقة بنسبة الرطوبة، الحموضة و قساوة عامة منخفضة للماء المستعمل. رغم ذلك اظهر المنتج النهائي استقرار ميكروبيولوجي و فيزيوكيميائي ملحوظ خلال مدة 32 يوم

مفاتيح الكلمات : السمنة ، ارتفاع نسبة الكلسترول ، قيمة بروتينية ، قيمة طاقوية، بمراقبة النوعية، استقرار .

Aujourd'hui, suivre un régime pour maigrir est devenue obsessionnel, les efforts fournis par les nutritionnistes pour aller au devant de cette préoccupation, surtout féminine, sont arrivés à proposer au consommateur des produits alimentaires de bonne valeur organoleptique mais avec moins d'apports caloriques.

A la base de toutes les constatations faites lors des différents essais du fromage écrémé fruité, notre choix s'est porté sur une acidité de fermentation de 70°D (pH=4,8) et une vitesse de séparation de 4400 tr/mn qui permet d'obtenir une pâte écrémée ayant un EST= 14,03% qui permet d'enrichir la pâte grâce à la composition du lactosérum.

L'étude de la qualité microbiologique, physico-chimique et sensorielles du fromage écrémé additionné de fruit à l'échelle de laboratoire de la laiterie LBT a aboutie à des résultats qui ont été comparés aux normes actuellement en vigueur (le J.O.R.A n°35 daté le 27 Mai 1998 ; normes internes de la laiterie de Beni – Tamou, normes Guiraud (1998) et les normes AFNOR (1986)) font ressortir les éléments suivants :

➤ Les matières premières entrant dans la fabrication du fromage écrémé fruité à savoir : la poudre de lait écrémé et l'eau de process, étaient de bonne qualité organoleptique (poudre de lait), microbiologique associées à une assez bonne qualité physico-chimique. Toutefois on note :

- ✓ Un taux au dessous de la norme établi par le J.O.R.A (2.10^5 UFC/g) des germes totaux aérobies mésophiles dans la poudre de lait ; avec un taux de 15.10^2 UFC/g et 4.10^2 UFC/g respectivement relatifs aux deuxième et quatrième échantillons; due probablement à une contamination au cours de prélèvement ou de manipulation.

Selon, Guiraud (1998), le lait sec n'est pas stérile mais, il est stabilisé par déshydratation.

- ✓ Une acidité titrable légèrement au dessus de la norme AFNOR (1986), pour le quatrième lot avec une valeur de 18°D; qui est probablement la conséquence de sa contamination par les germes totaux détectés lors du contrôle microbiologique, provoquant ainsi une fermentation du lactose. Dans le même sens, Malégeant (1998) a démontré que l'acidité développée est due à l'apparition des divers acides organiques, dont le plus abondant est l'acide lactique, qui provient de la dégradation du lactose par des microorganismes. Cette augmentation de l'acidité est proportionnelle en matière sèche dégraissée.

- ✓ Un taux d'humidité (teneur en eau) de la poudre de lait légèrement au dessous de la norme AFNOR (1986) comprise entre 2,25 % et 4%, et ce pour le deuxième lot avec un taux de 2,16 %. Ceci est dû probablement à un excès de séchage au cours du processus de sa fabrication, ce qui entraîne une diminution de sa capacité de rétention d'eau
- ✓ L'analyse physico-chimique nous permet de déduire que l'absence totale de MG dans les poudres de lait écrémé peut nous indiquer sur la maîtrise de la fabrication de ces dernières, cela évitera les phénomènes de rancissement favorisé par l'élévation de la température ainsi d'augmenter la durée de stockage des poudres de lait écrémé.

Selon Mahaut et *al.*, (2000), les qualités des poudres de lait ainsi que leurs propriétés dépendent essentiellement de la qualité initiale du produit, de la nature des opérations technologiques et des conditions de leur stockage, ce qui est en accord avec les constatations faites associées aux résultats obtenus.

- ✓ La dureté totale ou le titre hydrométrique (TH) de l'eau de process est en dessous de la norme interne de l'unité (25°F et 35°F), et ce pour l'ensemble des lots avec des valeurs variant entre 16°F et 25°F, ceci est expliqué par un adoucissement poussé des eaux de forage avec la résine au niveau de la station de traitement de l'unité. Toutefois, nos résultats semblent être en accord avec les normes habituellement recommandées pour les laiteries et qui sont comprises entre 16°F et 22°F caractéristiques d'une eau partiellement adoucie (Merck, 1974 ; Divet et Schulhof, 1999 ; Duval, 2008), afin d'éviter les risques de précipitation des sels au niveau des pasteurisateurs et des conduites .

D'une façon générale, seule l'eau potable devrait être utilisée pour la fabrication des denrées alimentaire (FAO/OMS, 2001). Effectivement et d'après Merck (1974) et Duval (2008), les eaux de process destinés à la fabrication des produits laitiers doivent répondre à la législation en vigueur, car les eaux non-conformes sont responsables des défauts de fabrication.

Selon Bourgeois (1996), la contamination des produits alimentaires va se diversifier, se poursuivre et se développer, car ils peuvent être mis en contacts avec un nouvel environnement ayant sa flore propre. Les principaux éléments nouveaux seront le personnel,

le matériel et les ustensiles mis en œuvre ainsi que les différentes fournitures comme l'emballage, additifs, etc.

➤ Dans ce concept, le contrôle microbiologique du lait reconstitué non pasteurisé (B_{9A}), révèle une qualité microbiologique médiocre. En effet, un taux élevé en germes totaux de $8,6.10^2$ germes /ml ; ainsi que la présence des coliformes totaux a un taux de 2.10^2 germes/ml. Cette présence est fort probablement le résultat du non respect des règles des bonnes pratiques de fabrication, soit par le personnel manipulateurs, l'ambiance de l'atelier, le tank de stockage, la tuyauterie ou les ustensiles mises à cet effet.

Par rapport aux résultats obtenus dans le tank B_{26A}, on note une diminution de la charge microbienne à un taux de $7,5.10^2$ germes/ml pour les germes totaux et 1.10^2 germes/ml pour les coliformes totaux, cette diminution est provoquée par l'effet du traitement thermique qui consiste en la pré pasteurisation (70-75°C).

Les résultats des analyses microbiologiques du lait reconstitué pasteurisé prélevé à la sortie de E₃ et à l'entrée du tank E_{10A} montrent une absence totale des germes recherchés. Cette absence serait due à l'efficacité de la pasteurisation réalisée à 85-90°C pendant 15 secondes, permettant ainsi l'élimination de toute la charge microbienne recherchée et également à une grande maîtrise d'hygiène au niveau des conduites jusqu'à l'entrée du lait au tank de maturation E_{10A}.

Selon Luquet (1990), la pasteurisation a pour but la destruction des germes pathogènes et d'une grande partie de la flore originale non sporulée pathogène ou non pour lui donner ses qualités hygiéniques et préparer le terrain à la flore lactique.

Les résultats obtenus lors du contrôle physico-chimique des laits reconstitués avant et après pasteurisation montrent une conformité des résultats aux normes internes de la laiterie qu'on le juge de bonne qualité physico-chimique.

Selon Bourgeois (1996), le risque de contamination est d'autant plus élevé que les niveaux de contamination du personnel et de l'air ambiant sont élevés, ce qui est en accord avec nos constatations et les résultats obtenus.

➤ Lors du contrôle microbiologique du personnel, les résultats montrent une qualité généralement acceptable vu l'absence des germes de contamination fécale. Cependant, on note une présence des germes totaux pour l'ensemble du personnel objet de contrôle, ainsi

qu'une présence des coliformes totaux détectée au niveau du personnel du 3^{ème} prélèvement et 4^{ème} prélèvement (techniciens de machine).

D'après Luquet (1990), afin d'avoir des bonnes pratiques de fabrication, la meilleure solution est une sensibilisation continue du personnel, de telle façon que les initiatives sur l'amélioration de l'hygiène viennent du personnel au contact avec les denrées alimentaires.

- Concernant le contrôle microbiologique de l'air ambiant, les résultats présentent une qualité plus ou moins acceptable vu la présence régulière des germes totaux, des levures et moisissures, exception faite pour le deux premiers prélèvements où on note une présence remarquable des levures.
- Par ailleurs, l'absence total des germes recherchés dans l'emballage, traduit une bonne qualité microbiologique. L'utilisation de cet emballage pour le conditionnement des produits finis peut se faire sans aucun risque.

Selon FAO /OMS (2001), l'emballage devrait offrir des garanties de sécurité et protéger efficacement le produit contre la contamination. L'emballage doit se faire dans des conditions excluant toute contamination du produit.

- Après la fermentation, on observe une augmentation de l'acidité titrable provoquée par les ferments lactiques qui transforment le lactose en acide lactique.

L'augmentation de l'acidité (diminution du pH) rend le milieu favorable à l'intervention de la présure (le pH optimale de la présure est d'environ 5,5) provoquant la formation d'un caillé (lait mûré) plus ou moins ferme, ce qui explique la teneur élevée en matière sèche (Vignola, 2002).

- D'après le contrôle microbiologique du lait mûré après thermisation et la pâte écrémée, les résultats révèlent une qualité remarquable par une absence totale de charge microbienne.

En ce qui concerne les analyses physico-chimiques, on note une conformité des résultats aux normes établis. Pour la pâte écrémée, il ressort une teneur en protéines de 13g/l, la comparaison entre l'extrait sec total du lait reconstitué écrémé (EST = 9.1%) et celui de la pâte écrémée (14,03%) montre une importante augmentation due à l'égouttage qui est une étape importante dans la fabrication fromagère, permet d'accélérer la synérèse puis séparer le lactosérum du caillé ; il s'agit donc d'une déshydratation partielle du caillé (Vignola, 2002).

D'autre part, cette teneur de l'EST se situe dans la limite inférieure des normes, conséquence de l'effet du séparateur dont on a diminué la vitesse de séparation à 4400 tr/mn, qui est inférieur à celle utilisée dans la laiterie (5350 tr/mn donnant des pâtes ayant un EST=17%). Cette vitesse permet de récupérer le lactosérum dans la pâte, et selon Mereo (1990), le lactosérum est l'une des matières premières des aliments qui se conforme très bien à la thèse : « maximum de valeur biologique et minimum de calories ».

Les lactosérums sont riches en lactose, en protéines, en potassium et en chlorure. D'une manière générale, il contient la majorité des différentes substances du lait.

De la composition du lactosérum, on peut dire que sa récupération augmente la valeur nutritionnelle de notre produit et précisément en matières salines.

Cependant, on note une faible acidité du lactosérum récupéré dans notre produit (50°D), cette faible acidité est sans doute le résultat de l'activité fermentative qui a été arrêtée à 70°D, faible par rapport à celle utilisée dans la laiterie 76°D (fabrication des pâtes fraîches).

Ce pH de la pâte donne un avantage sur le goût qui sera plus doux et appréciable, surtout pour masquer l'absence de la crème fraîche car d'après Luquet et Deroissart (1994), les matières grasses jouent un rôle majeur dans la texture, le goût et l'utilisation culinaire des fromages. Sur le plan gustatif, les matières grasses déterminent l'intensité de la saveur. Plus le taux de matières grasses est élevé, plus la saveur est discrète.

➤ Concernant le calcul du rendement de la pâte écrémée (EST=14,03%), le constat montre un rendement remarquable de 40,09% par rapport à la pâte à EST=17% (27,52%), donc elle permet d'avoir un gain de 12,57% qui est un point économique pour la production.

➤ Les analyses physico-chimiques et microbiologiques des fruits (fraise et abricot) montrent une qualité remarquable et une conformité aux normes fixée par la fiche technique de JURA.

D'après Beal et Sodini (2003), les risques microbiologiques sont liés aux préparations de fruits concernant les levures et les moisissures. Si la présence d'une contamination est vérifiée, elle constituera un indicateur indirect de fermentations indésirables.

L'addition de fruit, nous permet d'apporter à notre produit le goût sucré, une couleur caractéristique et une odeur attirante, sans avoir besoin d'ajouter des additifs, permettant un gain sur le plan économique. D'autant plus, le fruit augmente la valeur nutritionnelle de notre produit par sa teneur en protéine (3,6g/l pour la fraise et 3,7g/l pour l'abricot).

- Au cours de la conservation du fromage écrémé fruité, on a noté une diminution de pH (de 4,57 à 4,38 pour la fraise et 4,69 à 4,37 pour l'abricot) qui est due à l'effet de l'acidité provenant de la présence :
- D'acide citrique apporté par le fruit et qui possède un double rôle :
 - Organoleptique qui consiste à rapprocher le goût du produit de celui existant au sein du fruit.
 - Bactériostatique en empêchant la multiplication de micro-organismes.
 - D'acide lactique provenant de la fermentation du lactose influe sur le développement microbien et l'activité enzymatique. Parmi les microorganismes, seules les bactéries lactiques, les levures et les moisissures qui peuvent se développer à des pH inférieur à 5, dont on note le développement des levures dès J₃₂ mais qui reste toujours dans l'intervalle des normes.

Le maintien du produit au froid empêche la multiplication bactérienne mais il n'arrête pas complètement leur activité métabolique, bien que lente, la production d'acide lactique se poursuit (FAO, 1998). Ceci explique le développement des levures dans les deux derniers prélèvements.

Concernant l'évolution de l'EST durant la période de stockage, elle montre une diminution de 21,52% à 20% pour la fraise et 22,09% à 20,7% pour l'abricot, cette légère diminution est le résultat de l'activité des enzymes protéases qui hydrolysent les caséines en constituants plus petits « polypeptides, peptides et acides aminés » impliquant ainsi la diminution de la matière sèche totale, ce qui explique les résultats obtenus lors du suivi du taux de protéines qui a montré une légère diminution depuis la date de fabrication.

De l'évaluation du taux de protéines des différentes matières à savoir : la pâte, le lactosérum et les fruits, ainsi que le produit fini montre que notre produit est de bonne valeur nutritionnelle.

Durant la période s'étalant du jour de la production au jour (J₂₈) on note une absence totale de toute charge microbienne recherchée. Cette bonne qualité microbiologique du produit fini est due principalement à l'absence de la crème fraîche qui est considérée comme une source probable de contamination microbienne par sa richesse en matière grasse.

Le lait reconstitué est un aliment périssable de part sa composition favorable à la prolifération des micro-organismes, ces derniers le transforment en gel qui libère un liquide clair de couleur jaunâtre.

Ce gel constitue une masse acide de longue conservation par rapport au lait, et peut évoluer pour se transformer en fromage.

La définition légale considère le fromage comme un produit fermenté ou non obtenu par coagulation du lait, de la crème, du lait écrémé, du lait partiellement écrémé ou de leur mélange suivi d'égouttage. On estime au minimum à 23g de matière sèche par 100g de fromage (23g MS/100g de fromage) (Mahaut et *al.*, 2003).

I-1 Composition :

Les fromages présentent des qualités nutritionnelles importantes en tant que concentré de protéines ainsi qu'une teneur en calcium non négligeable. Quelle que soit la catégorie de fromage, la quantité en glucides reste sensiblement identique.

La composition moyenne des principaux fromages est illustrée dans **le tableau I**.

Tableau I : Composition moyenne des principaux fromages pour 100 gr de produit frais :

Composants	Fromage frais	Fromage maigre	Fromage à pâte molle à croûte fleurie	Fromage à pâte molle à croûte levée	Fromage à pâte pressée non cuite
Eau (gr)	76	IND	50	50	40
Energie (Kcal)	118	98	310	310	355
Glucides (gr)	4	3	4	4	3
Lipides (gr)	7.5	Traces	24	24	24
Protéines (gr)	11,8	16,3	20	20	28
Calcium (mg)	100	90	400	450	700
Phosphor (mg)	140	190	250	320	360
Vitamine A (U.I)	170	IND	1010	IND	IND

(Mahaut et *al.*, 2003)

IND : Indéterminé

Selon Luquet (1990), le fromage renferme les principaux constituants du lait :

▪ **Les protéines :**

C'est la caséine que l'on retrouve dans le fromage car les protéines solubles sont éliminées lors de l'égouttage. La teneur en protéines est variable en fonction du type de fromage: 8 à 10 % dans un fromage frais, 20 à 24 % dans les fromages à pâte molle et 28 à 30 % dans les fromages à pâte pressée.

▪ **Les lipides :**

La totalité des lipides du lait se retrouve dans les fromages. Les teneurs en matières grasses indiquées à la vente sont toujours exprimées en pourcentage de matière sèche. Un camembert à 45 % de matières grasses contient 22 g pour 100 g de fromage prêt à consommer. Un fromage blanc à 40% de matières grasses contient en réalité 8g de graisses pour 100g. Les fromages les plus riches en matières grasses sont les fromages à pâte cuite type gruyère (32g de matière grasse pour 100g).

Les lipides des fromages sont composés majoritairement d'acides gras saturés (60 à 65 %) et mono insaturés (30 % environ). Les fromages affinés contiennent en moyenne 90 à 100 mg de cholestérol pour 100 g.

▪ **Les glucides :**

Le lactose est presque totalement éliminé lors de l'égouttage et la quantité restante est transformée en acide lactique lors de l'affinage.

▪ **Les sels minéraux :**

L'apport en calcium et en phosphore dépend du mode de fabrication des fromages. L'emmental (pâte pressée cuite) apporte environ 1 000 à 1 200 mg de calcium pour 100 g. Un fromage de type pâte molle contient 200 à 400 mg pour 100 g et les fromages frais 100 mg pour 100 g.

Les fromages sont plus ou moins riches en chlorure de sodium et leur teneur dépend de la quantité de sel additionnée lors de leur fabrication.

- **Les vitamines :**

La teneur en vitamine A des fromages est proportionnelle à leur teneur en matières grasses.

I-2 Classification des fromages:

Selon Luquet et Deroissart (1994), il est d'usage pour comparer les fromages ou pour faciliter le commerce, de les classer en grandes catégories en fonction de certains critères tels que : la teneur en eau (le taux d'humidité), le degré d'affinage et la teneur en matière grasse.

- **Selon la teneur en eau:**

Les taux d'humidité des fromages varient de moins de 35 % à plus de 60 %. Cependant, ce dernier nous permet de savoir à quelle famille appartient un fromage et qu'elle est la meilleure façon de le conserver et de l'utiliser.

La teneur en eau est exprimée en TEFD, elle permet de distinguer les types de fromage suivants :

- Fromage à pâte fraîche : plus de 60% d'humidité ;
- Fromage à pâte molle : 50 % à 60 % d'humidité ;
- Fromage à pâte demi – ferme : 45 % à 50 % d'humidité ;
- Fromage à pâte ferme : 35 % à 45 % d'humidité ;
- Fromage à pâte dure : Moins de 35% d'humidité.

- **Selon le degré d'affinage :**

La dénomination des fromages d'après les principales caractéristiques d'affinage est :

- Fromage affiné : en surface ou dans la masse ;
- Fromage affiné aux moisissures : en surface ou dans la masse ;
- Fromage frais ou non affiné.

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

Sur le plan gustatif, les matières grasses déterminent l'intensité de la saveur et jouent un rôle majeur dans la texture, le goût et l'utilisation culinaire des fromages.

Cette teneur est représentée par MGES permet de classer les fromages comme suit :

- Fromage double-crème : Au minimum 65% ;

- Fromage crème : 55% à 64,9% ;
- Fromage gras: 45% à 54,9% ;
- Fromage trois quart gras : 35% à 44,9% ;
- Fromage mi- gras: 25% à 34,9% ;
- Fromage quart –gras: 10% à 24,9% ;
- Fromage maigre: Moins de 15%.

I-3 Fromage frais :

Le fromage frais est le produit issu de la simple transformation du lait en poudre qui est ensuite additionné de la crème fraîche (Larpen, 1997).

La réglementation française stipule que le fromage frais est un fromage à égouttage lent, n'ayant subi que la fermentation lactique, obtenu avec des laits ou des crèmes propres à la consommation humaine (Luquet, 1990). C'est un produit non affiné, très humide et périssable (24 jours maximum) (Schuck et *al.*, 2004).

Le caillage du lait est obtenu par l'ajout de culture bactérienne et de présure au lait, puis s'amorce un processus d'égouttage léger qui permet d'obtenir une pâte d'une consistance plus ferme tout en lui conservant un taux d'humidité très élevé, de 60 à 80 % et une teneur en matière grasse réduite, de 0,5 à 30 (Gripon et *al.*, 1975 ; Le Jaouen, 2003).

La pâte fraîche est d'un blanc éclatant, d'une texture molle, granuleuse ou lisse, crémeuse et veloutée selon le fromage. Elle se mélangent bien à d'autres ingrédients et aromes comme les fines herbes, l'ail, des épices ou des fruits (Gripon et *al.*, 1975 ; Le Jaouen, 2003).

Sa teneur en matière sèche peut être abaissée respectivement jusqu'à 15 gr ou 11 gr pour les fromages frais non définis, selon que la teneur en matière grasse est de 20 gr ou inférieure à 20 gr pour 100 gr de fromage après complète dessiccation (Luquet, 1990 ; Britten, 2003).

I-3-1 Evaluation de la production :

Les fromages frais constituent, dans tous les pays du monde, une part importante de l'utilisation fromagère du lait (Luquet et Deroissart, 1994).

Le développement des pâtes fraîches en Algérie a pris un essor important au cours des vingt dernières années. Ce développement est dû à la présence de nombreux facteurs favorables tels que : (Anonyme, 2001)

- Aspect nutritionnel élevé ;

- Qualité hygiénique élevée ;
- Conditionnement varié et peu coûteux ;
- Rendements élevés ;
- Procédé simple, généralement continu ;
- Grande facilité d'innovation en gammes de produit par petit conditionnement : avec des fruits, aromates, confitures.

I-3-2 Classification :

Selon Larpent (1997), la différence de texture et la variation d'extrait sec permettent de classer les fromages à pâtes fraîches comme suit :

- Fromage blanc moulé : ce fromage est présent à l'état de bloc ou de grains.
- Fromage frais à structure homogène, ce dernier se subdivise en :
 - Fromage frais à extrait sec faible et texture onctueuse tels que les fromages blancs battus ou lissés.
 - Fromage frais à extrait sec plus élevé et à texture à tartiner comme les petits suisses.

I-3-3 Les additifs :

En plus des additifs autorisés pour l'ensemble des fromages, on peut ajouter aux fromages frais d'autres constituants tels que : Sucres, fruits, arômes naturels de fruits, vanille, café, colorants, miel, pulpe et jus de fruits à des proportions ne dépassant pas 30% du poids du produit fini (Abalain. 2005).

I-3-3-1 Les fruits :

La dénomination des fruits est réservée aux produits obtenus après chauffage de la partie comestible d'une ou de plusieurs espèces de fruits entiers, elle entre dans la composition d'un grand nombre de produits alimentaires à base de fruits tels que les confitures, aliments pour bébé, pâtisserie et produits laitiers. En cas d'addition de sucres la dénomination doit être : fruit sucrée (Abalain. 2005).

I-3-3-2 Obtention des fruits en morceaux :

La fabrication des fruits en morceaux exige une grande technologie et un savoir faire dont dépendra la qualité du fruit fabriqué. La technique mise en œuvre est schématisée dans la figure 01 (annexe 7).

I-3-4 Paramètres de stabilités du fromage frais:

L'étude de la stabilité du fromage frais est basée sur l'analyse des paramètres suivants :

I-3-4-1 Paramètres physico-chimiques :

De part sa composition en eau (80%), en matière grasse et en protéines, le fromage frais est exposé à diverses altérations physico-chimiques.

Le brunissement enzymatique est l'une des principales causes d'altération, ainsi que la dénaturation des protéines qui provoque une baisse du taux d'extrait sec dégraissé du fromage, et une lipolyse induisant une diminution du taux de la matière grasse en dessous des normes, altérant ainsi le fromage (Larpen, 1997).

I-3-4-2 Paramètres microbiologiques :

Le contrôle microbiologique des aliments doit suivre des protocoles et des procédures obligatoires permettant de vérifier leur conformité avec les normes établies.

Le choix des germes recherchés et dénombrés dépend :

- De leur incidence pathogène sur la santé humaine d'où la recherche des :
 - Coliformes fécaux (*E.coli*) .
 - *Staphylococcus aureus* : qui sont des cocci à gram positif, aéro-anaérobies facultatifs, cette espèce est l'agent le plus fréquent responsable des intoxications alimentaires.
 - *Salmonella* : elle fait partie de la famille des entérobactériaceae, se sont des bacilles à gram négatif, leur température optimale de croissance est de 37°C.
- De leur incidence technologique d'où la recherche des :
 - Coliformes totaux : ils font partie de la famille des entérobactériaceae, aéro anaérobies facultatifs, fermentant le lactose avec production de gaz à 30-37°C.
 - Le dénombrement des levures et moisissures permet de détecter le degré de pollution du produit.

(Petrausxiene et Lapied, 1981)

I-3-4-3 Paramètres organoleptiques et rhéologiques :

Parmi les paramètres organoleptiques qui influencent la stabilité du fromage frais nous avons :

- **Goût trop acide** : une durée importante de la fermentation lactique et l'addition en excès du ferment entraînent un goût acide masquant ainsi l'arôme du produit.

- **Texture sableuse** : cet état s'explique par une acidification trop lente et une mauvaise organisation du caillé.
- **Synérèse** : cela peut être consécutif à :
 - Un excès d'acidification.
 - Un manque d'égouttage de la pâte.
 - Une post-acidification durant la conservation.
 - Une mauvaise conduite de la coagulation.

(Larpen, 1997)

I-4 Valorisation du lactosérum :

Le lactosérum présent en quantité importante, sa matière sèche constituée de substances nobles avec un apport nutritif très satisfaisant, doit être valorisé. Cependant, son rejet dans la nature entraîne une pollution importante de l'environnement (Abdili,2009).

I-4-1 Définition :

Plusieurs définitions sont mentionnées dans la littérature parmi lesquelles nous citons :

- Le lactosérum ou simplement sérum, est le liquide jaune verdâtre issu de la coagulation du lait par la présure ou par abaissement du pH (Mereo, 1990).
- Le lactosérum est la phase aqueuse qui se sépare du caillé lors de la fabrication des fromages ou de la caséine (Kosikowskif, 1979).

I-4-2 Les différents types du lactosérum :

Généralement, la technique utilisée et le produit fabriqué sont des indices révélateurs du type de lactosérum rejeté. Dans le cas de la fromagerie, la composition du sérum varie en fonction de plusieurs facteurs:

- La composition du lait ayant servi à la fabrication du fromage.
- Les différents traitements subis par le lait lors de la fabrication fromagère.
(Ireland et al,2002)

Dans cette optique, le lactosérum est classé en deux catégories : (Mereo, 1990)

I-4-2-1 Lactosérums doux :

Il provient de la fabrication des pâtes cuites, des pâtes pressées et des pâtes molles, il est également obtenu après coagulation du lait par la présure. Son pH se situe entre 5,8 et 6,6, il est peu minéralisé et son degré d'acidité est inférieur à 18°D.

I-4-2-2 Lactosérums acides :

Il est obtenu après coagulation du lait issu de la fabrication des pâtes fraîches et de caséine, son pH est de 4,6 et son degré d'acidité est supérieur à 18 °D.

I-4-3 Composition chimique du lactosérum :

Sa composition varie en fonction de la technique utilisée, dont une grande partie est formée d'eau et dans laquelle on retrouve les substances solubles telles que : le lactose, les sels, les protéines solubles et une petite quantité de matière grasse.

Dans les lactosérums acides, une partie du lactose est transformé en acide lactique. Les lactosérums doux sont pauvres en calcium (resté dans le caillé pour participer à la coagulation des protéines), alors que les lactosérums acides sont riches en calcium.

La composition chimique moyenne des lactosérums (en g/l) est illustrée dans le **tableau II** (annexe6). D'une manière générale, le lactosérum contient la majorité des différents constituants du lait. (Mereo, 1990)

I-4-4 Valeur alimentaire du lactosérum :

La valeur alimentaire d'un produit se définit selon Schuck et *al.*, (2004) par rapport à deux notions :

- La première est relative aux nutriments existants potentiellement dans le produit, en qualité (protéines, lipides, vitamines, minéraux) et en quantité selon les besoins nutritionnels quotidiens de l'homme.
- La seconde, est celle relative aux possibilités physiologiques pour assimiler ces nutriments. Le lactosérum est un aliment intéressant par la présence du lactose, sa teneur en protéines solubles riches en acides aminés indispensables (lysine et tryptophane) et par la présence de nombreuses vitamines du groupe B (Thiamine, riboflavine, pyridoxine, acide nicotinique).

La coagulation du lait est une étape importante pour la préparation du fromage. Celle-ci consiste à la transformation du lait (état liquide) en gel, appelé coagulum ou caillé et elle correspond à une déstabilisation de l'état micellaire originel de la caséine du lait.

Pratiquement, selon Ramet et Hardy (1997) cette déstabilisation se fait selon deux modes :

- Par voie fermentaire à l'aide de bactéries productrices d'acide lactique (bactéries lactiques à l'état naturel contaminant le lait ou apportées sous forme de levains appelés également ferments lactiques).
- Par voie enzymatique à l'aide d'enzymes coagulantes, en particulier la présure.

II-1 Les ferments lactiques :

Les ferments lactiques appelés aussi levains lactiques, sont des cellules vivantes procaryotes hétérotrophes et chimio-organotrophes, elles sont assez hétérogènes sur le plan morphologique et physiologique (Colleau et *al.*, 2002).

Ces micro-organismes tirent leur appellation du fait qu'ils acidifient le lait par production d'acide lactique à partir du lactose.

Les ferments commerciaux disponibles sont soit sous forme de souches pures (formées d'une seule espèce), soit sous forme de souches multiples (mélange de plusieurs souches ayant chacune un effet spécifique). Les laiteries peuvent acheter les cultures commerciales sous forme liquide, surgelée ou lyophilisée (Anonyme, 2000).

Selon Guiraud (1998) l'utilisation des ferments dans les industries alimentaires a pour but :

- L'obtention de produits fermentés ;
- Comme métabolites utilisés comme additifs alimentaires.

II-1-1 Classification :

Les produits laitiers fermentés possèdent des caractéristiques différentes, leur fabrication fait appel aux différents levains qui sont classés selon plusieurs paramètres, parmi lesquels :

- La température de croissance qui leur est favorable ;
- Le degré de fermentation.

II-1-1-1 Selon la température de croissance :

La température de croissance permet de classer les ferments en deux groupes : les ferments mésophiles et les ferments thermophiles.

- **Les ferments mésophiles :**

La température optimale de ces ferments lactiques varie selon les espèces de 25 à 30°C (Leveaux et Bouix, 1993).

Parmi ces ferments, les *Leuconostocs* qui sont utilisés dans la fabrication du beurre et de certains fromages tels que : pâtes fraîches, molles et pressées (Luquet et Deroissart, 1994).

- **Les ferments thermophiles :**

La température optimale de ces ferments lactiques varie entre 37 et 50°C.

Ces ferments, représentés par les *Streptococcus* et les *Lactococcus* sont pratiquement utilisés dans la fabrication des laits fermentés de type yaourt ainsi que dans la fabrication des fromages à pâtes pressées cuites (Luquet et Deroissart, 1994).

II-1-1-2 Selon le degré de fermentation :

Selon Bergey (2004), on distingue deux groupes principaux d'espèces, les homofermentaires et les hétérofermentaires.

- **Les homofermentaires :**

Les bactéries lactiques sont dites homofermentaires, si l'acide lactique est pratiquement le seul produit formé. Parmi ces bactéries homofermentaires on distingue, les *Streptococcus*, les *Entérocooccus* et les *Pediococcus*.

- **Les hétérofermentaires :**

Les bactéries lactiques sont dites hétérofermentaires, si d'autres composés sont aussi formés à côté de l'acide lactique tel que : l'acide citrique, l'éthanol et le CO₂. Ces bactéries appartenant à ce groupe sont représentées par les *Leuconostocs* et les lactobacilles.

II-1-2 Action des ferments lactiques:

Sous l'action des bactéries lactiques, le lactose du lait est progressivement transformé en acide lactique entraînant un abaissement du pH du lait permettant ainsi une solubilisation du calcium et du phosphate micellaire (Drider et Prevost, 2009).

Les micelles ainsi déstabilisées se dissocient en sous unités (submicelles) qui se lient entre elles par des liaisons électrostatiques et hydrophobes pour former un gel lactique.

Au pH isoélectrique des caséines (pH= 4.6), le gel devient très fragile car les liaisons mises en place sont de très faible énergie (Luquet et Deroissart, 1994).

II-1-3 L'ensemencement :**• Forme d'ensemencement :**

Dans l'industrie fromagère on distingue deux principales méthodes d'ensemencement :

- L'ensemencement semi direct : il se fait par l'utilisation des levains congelés ou lyophilisés dans une cuve ce qui permet d'obtenir une culture régulière avec un nombre de cellules supérieures de celui de l'inoculum initial.
- L'ensemencement direct du lait de fabrication par des levains lyophilisés.

• Taux d'ensemencement :

- Le taux d'ensemencement à réaliser pour chaque souche et chaque repiquage, dépend non seulement du temps et de la température d'incubation choisis, mais également de la concentration initiale de la culture et des caractéristiques de cette culture.

• Temps et température d'incubation :

- On considère généralement l'incubation d'un ferment terminée lorsque le lait a coagulé. Dans les unités industrielles, on fixe un temps d'incubation et les taux de levains doivent être ajustés pour obtenir en fin d'incubation une acidité constante qui se situe à 70° D pour les ferments mésophiles.

(Hermier et *al.*, 1992)

II-2 La présure :

La présure est un agent coagulant traditionnel par excellence, utilisé depuis la nuit des temps pour la fabrication de fromage (Germonville, 2001).

C'est une enzyme protéolytique sécrétée par la muqueuse du quatrième estomac ou caillette des jeunes ruminants qui sont exclusivement alimentés au lait (veaux, agneaux, chevreaux) (Veisseyre, 1979. Colin et *al.*, 2002).

La présure est constituée de deux enzymes principales, la chymosine et la pepsine, dont la proportion varie selon l'âge de l'animal (Germonville, 2001).

Les présures du commerce couramment utilisées possèdent une force de 1/10.000, c'est-à-dire qu'un litre de présure coagule 10.000 litres de lait (Carole, 2001).

Selon Germonville, 2001, l'agent coagulant utilisé doit obéir à certaines conditions :

- ❖ Toxicité nulle (Voir annexe 4) ;
- ❖ Pureté chimique et qualité microbiologique élevée ;
- ❖ Activité protéolytique faible comparativement à l'activité coagulante ;

II-2-2 Facteurs influençant la coagulation :**• La Température d'emprésurage :**

Une élévation de la température de maturation favorise l'action de la présure pour l'obtention des caillés plus fermes. A l'inverse, une température plus basse favorisera l'action des ferments lactiques avec des caillés plus friables, plus aromatiques (Ramet et Hardy, 1997).

• Nature et concentration en enzyme :

Le temps de prise est inversement proportionnel à la dose d'enzyme utilisée. La nature des préparations (rapport chymosine/ pepsine) a une influence sur les caractéristiques rhéologiques du gel (Carole, 2001).

• Influence des sels de calcium :

La présence de calcium a un effet marqué sur la vitesse de coagulation et la fermeté du coagulum (Leconte, 1991).

Un excès de calcium amène toutefois des défauts de goût (amertume, etc.).

• Influence de l'acidité :

L'abaissement du pH est favorable à l'action de la présure et à la déminéralisation du caillé qui détermine les caractéristiques de rétractabilité et de la fermeté du coagulum (Mercenier et *al.*, 2004).

• Dilution du lait (mouillage) :

L'augmentation de la distance intermicellaire provoque une réduction des interactions micellaires et une augmentation du temps de coagulation (Carole, 2001).

Pour parvenir à la qualité organoleptique, à la régularité de la composition et à la présentation du produit, il est nécessaire de bien connaître les mécanismes des différentes étapes de transformation du lait en fromage.

Le processus de fabrication du fromage frais fruité de la laiterie de Béni-Tamou comporte deux grandes étapes. La première, consiste à la préparation de la pâte et la deuxième à la préparation de la crème fraîche sucrée, dont l'ensemble est additionné aux fruits.

III-1 Préparation de la pâte :

Afin d'obtenir une bonne pâte, on doit bien suivre les étapes ci –après :

III-1-1 Reconstitution du lait :

Le lait utilisé pour la préparation de la pâte est un lait reconstitué à 0% de matière grasse. La ligne de reconstitution du lait en poudre est équipée d'un réservoir d'eau de reconstitution (B1) d'une capacité de 30000 l, monté en parallèle aux tank de reconstitution (B9).

La poudre de lait utilisé est de type « low heat » 0% de matière grasse, elle est stockée dans des sacs étanches de 25 Kg, elle est versée directement dans le mélangeur après le pesage.

A travers la pompe une quantité d'eau mesurée par un compteur d'eau est envoyée vers l'échangeur à plaques (B4) pour être chauffée à 45°C, qui permet de faciliter la solubilisation de la poudre. L'eau chauffée, est dirigée vers un des tanks de reconstitution (B9) d'une capacité de 30000 l. Après avoir atteint une charge suffisante, l'eau commence à circuler dans le mélangeur composé par une trémie vibrante et un mélangeur dynamique. Pendant l'opération, le circuit est fermé de 20 à 50 minutes en vue de l'obtention d'un bon mélange et une solubilisation complète de la poudre, à cet effet le lait reconstitué est ramené au tank (B9).

A- Filtration du lait :

Le lait reconstitué est filtré à travers un double filtre tubulaire afin d'éliminer les impuretés portées par la poudre de lait.

B- Pré pasteurisation du lait :

Le lait filtré, est envoyé par une pompe d'une capacité de 30000 l/h jusqu'au bac tampon (B13) de pasteurisateur (B16), où il est réchauffé à 70°C (température idéale pour le dégazage) pendant 15 à 20 secondes dans les sections de récupération (1 et 2).

C- Dégazage du lait :

Le lait réchauffé est envoyé au dégazeur (B21), afin d'éliminer les gaz contenus dans le lait (CO₂, O₂, N₂...), pour éviter un arrière goût indésirable (goût d'amertume).

D- Homogénéisation du lait :

L'homogénéisation a pour but principal la réduction du diamètre des globules gras, l'homogénéisateur (B20) comporte une pompe à haute pression 70 bars.

Dans le cas de lait à 0 % de matière grasse, l'homogénéisation est dite libre.

Après l'homogénéisation, le produit retourne vers le pasteurisateur pour être pré pasteurisé à 70 – 75 °C pendant 15 secondes.

À la sortie du pasteurisateur, le lait est pré refroidi à contre-courant avec l'eau de reconstitution dans la deuxième section de récupération. Puis il est refroidi à 4°C dans une section finale (4) à contre courant avec l'eau glacée.

Le lait reconstitué pré pasteurisé, est envoyé aux tanks (B26).

Les étapes de la reconstitution du lait sont illustrées dans la figure 04.

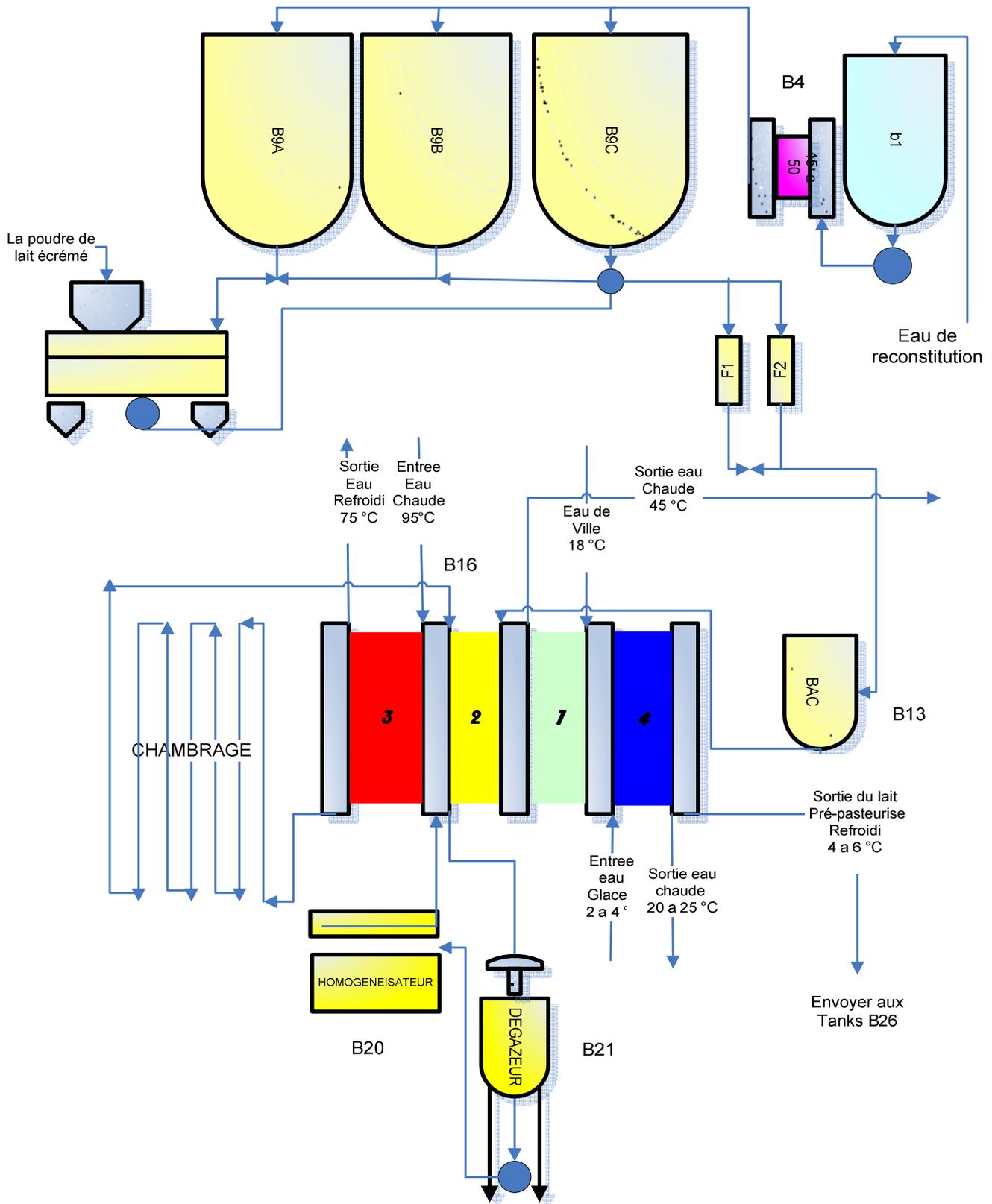


Figure 04 : Les étapes de la reconstitution du lait

(Protocole interne de la laiterie LBT)

III-1- 2 Pasteurisation du lait :

On prépare le circuit pour le déchargement du tank (B26) contenant le lait reconstitué et en même temps on met à régime thermique le pasteurisateur (E3).

Le lait écrémé, pré pasteurisé est envoyé par une pompe d'une capacité de 20000 l/h au bac tampon (E1) avant d'être pompé au pasteurisateur (E3) d'une capacité de 10000 l/h, équipé du groupe de production eau chaude, vanne et tableau de thermorégulation.

Après avoir été pasteurisé à une température 92°C pendant 15 secondes, il est envoyé à une température de maturation 22 – 26°C à travers un compteur volumétrique dans les tanks d'incubations (E10) d'une capacité de 10000 l, où il y aura, l'inoculation du levain spécifique.

III-1-3 L'ensemencement et la maturation :

Durant le chargement du lait dans les tanks E10, les agitateurs démarrent aussitôt et continuent à tourner après l'addition des ferments et de la présure pour une durée minimale de 5 minutes.

La fermentation et la coagulation du lait sont assurées par l'action conjuguée des ferments lactiques mésophiles et de la présure.

L'ensemencement s'effectue directement par le préparateur dans des conditions d'hygiène strictes.

La température de maturation varie entre 22 et 26 °C, c'est la température idéale pour l'action des ferments, le taux d'ensemencement est très important, il est fixé par une fiche technique qui accompagne les levains utilisés. (Annexe 4)

A l'unité, les levains versés directement dans le tank de maturation sont de type CHN11.

✚ On verse deux sachets de levains (CHN11 de 500µ) pour 10000 l de lait.

✚ La quantité de la présure est très faible, elle est de 7g dans 10000l de lait.

Une heure et demie environ après l'addition des ferments lactiques, l'acidité du lait commence à se développer, le pH est environ 6.3 à ce stade, il faut ajouter la présure pour obtenir une stabilisation plus rapide des protéines.

Le temps nécessaire pour une bonne maturation étant de 14 à 18 heures, lorsque le pH atteint 4.6 ; le lait est dit mature (formation d'un gel, appelé aussi coagulum) et la coagulation est stagnée.

III-1-4 Thermisation du lait coagulé :

Après sa maturation, le caillé est envoyé par un système de pompage dans un thermiseur (E17) en passant par un filtre.

Le thermiseur (E17) est un échangeur à plaques d'une capacité de 7500 l/h, dont le coagulat est réchauffé à une température de 60-65°C avec une permanence de 6 minutes. Ensuite il est refroidi à une température optimale de séparation 38 à 42°C.

III-1-5 Filtration :

Le caillé chauffé est filtré afin d'éviter la formation des grumeaux qui peuvent être causés par une mauvaise thermisation.

III-1-6 L'égouttage :

Le caillé est introduit dans un séparateur centrifuge (E22) tournant à une vitesse de 5350 tr/mn. Le principe est basé sur la différence de densité entre le caillé maigre (0% de matière grasse) et le sérum.

Sous l'effet de la force centrifuge, le sérum (phase légère) se dirige vers le haut et il est évacué aux tanks de stockage ; par contre, la pâte (phase lourde) est égouttée et réceptionnée dans un entonnoir (Veisseyre, 1979. Colin et *al.*,2002).

III-1-7 Le refroidissement :

Le refroidissement se fait dans un refroidisseur tubulaire (E25) à une température de 6°C.

III-2 Préparation de la crème fraîche :

La crème fraîche sucrée utilisée dans la fabrication du fromage frais fruité doit contenir 40 à 50% de matière grasse et présentant un pH inférieure à 6,6. Elle est préparée de la façon suivante :

III-2-1 Réfrigération du lait cru :

Le refroidissement du lait est réalisé dès la traite dans des cuves réfrigérées. Généralement les traites de 2 à 3 jours sont accumulées et conservées à 4°C, dans le but de ralentir la prolifération des espèces bactériennes, essentiellement la flore mésophile lactique et la flore pathogène. A l'unité dès sa réception, le lait est filtré et débarrassé des impuretés.

III-2-2 Pasteurisation du lait cru :

Après filtration, le lait est pasteurisé à 85-90°C pendant 15 à 20 secondes, cette technique est réalisée à l'aide d'un pasteurisateur à plaques ou tubulaires. Ce traitement thermique permet de détruire presque la totalité de sa flore banale et pathogène.

III-2-3 Ecrémage du lait cru :

L'écrémage est effectué par centrifugation en continu dans des écrémeuses avec une vitesse de rotation de 4000 à 5000 tr/mn, dans un bol constitué d'un empilement d'assiettes à une température supérieure à 30°C, la matière grasse est ainsi séparée du lait sous forme d'une crème qu'on appelle, la crème fraîche.

III-2-4 Pasteurisation de la crème :

La crème fraîche obtenue est pasteurisée entre 85 et 90°C pendant 15 à 20 secondes afin d'éliminer les contaminations microbiennes, ainsi que l'inactivation des enzymes (lipases). Après sa pasteurisation et son refroidissement à 6°C, la crème destinée à la fabrication du fromage frais fruité, est traitée de la manière suivante :

III-2-5 Chauffage de la crème :

Le chauffage de la crème est réalisé dans un pasteurisateur à sortie libre à une température de 55°C dans le but de favoriser l'incorporation du sucre.

III-2-6 L'addition du sucre :

Après son chauffage, la crème est additionnée au sucre à des quantités bien précises.

III-2-7 L'homogénéisation :

Dans un homogénéisateur par pression, la crème est homogénéisée à 70 bars pour permettre une incorporation complète du sucre.

III-2-8 La pasteurisation :

La pasteurisation se fait à une température comprise entre 85 et 90°C pendant 15 à 20 secondes afin d'éliminer les micro-organismes apportés par le sucre.

A la sortie du pasteurisateur la crème est refroidie à 6°C par système de refroidissement d'eau glacée, puis elle est stockée dans les tanks.

III-3 Traitement du produit fini :

Après la préparation de la crème sucrée et de la pâte écrémée, on procède à leur mélange au niveau du mélangeur après refroidissement de la pâte. Le produit est ainsi prêt à être additionné aux fruits.

III-3-1 L'addition de fruit :

L'addition de fruits (abricot, fraise...) s'effectue au niveau de la conditionneuse, c'est une machine de thermoformage, d'emplissage et de thermocollage, elle est munie d'un mélangeur qui permet de mélanger le fromage frais et le fruit.

Les étapes de fabrication du fromage frais fruité sont illustrées dans la figure 05.

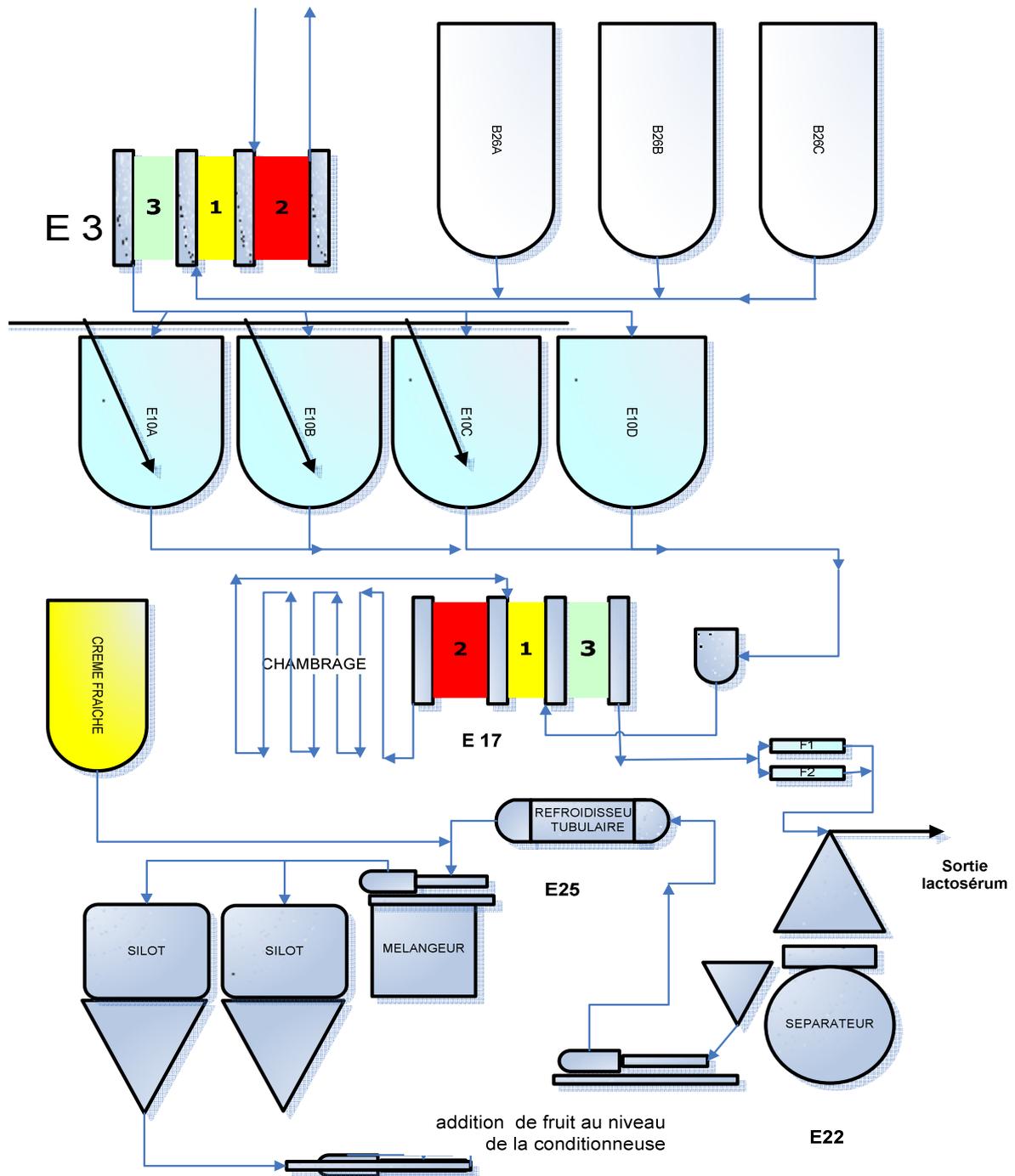


Figure 05 : Les étapes de fabrication du fromage frais fruité

(Protocole interne de la laiterie LBT)

III-4 Rendement de fabrication :

Il existe différentes façons d'exprimer le rendement. Généralement, il exprime la quantité de pâte obtenue à partir d'une quantité donnée du lait, souvent 100 l ou 100 Kg.

L'élément ayant la variabilité la plus importante dans la composition des pâtes est la teneur en eau ; elle peut engendrer des écarts de rendement, qui ne permettent pas la comparaison de fabrications successives ou réalisées à partir de procédés différents. Ce facteur change considérablement la qualité de produit et sa capacité de développer des qualités organoleptiques propres.

(Vignola, 2002)

Le lait occupe la première place dans la ration alimentaire de l'être humain constituant ainsi sa principale source protéique par sa richesse en protéines animales. De par son rôle dans la croissance et de sa disponibilité, l'homme a toujours cherché à prolonger la durée de vie de cet aliment qui répond à ses besoins nutritifs.

Le fromage qui constitue un concentré protéique du lait, est un élément principal de l'alimentation mais aussi, de l'économie de toutes les sociétés modernes. Il permet d'augmenter la consommation des produits laitiers grâce à ses qualités organoleptiques et nutritionnelles. Le fromage est donc, loin de constituer un aliment de luxe. L'encouragement à la production et à la vulgarisation de cet aliment sous forme de fromage frais ou à affinage convenable et économique peut donc être envisagé (Gripon et *al.*, 1975 ; Le Jaouen, 2003).

Ces fromages sont des produits de haute qualité énergétique et gustative ils constituent l'une des principales sources alimentaires par leur richesse en calcium, protéines, lipides et vitamines. C'est un aliment complet du point de vue nutritionnel (Gripon et *al.*, 1975 ; Le Jaouen, 2003).

Selon les statistiques du ministère de l'agriculture et du développement rural, l'Algérie est un producteur important des fromages frais avec un marché annuel estimé en 2005, à 1,2 millions de litres avec un taux de croissance de 6 %. La consommation moyenne est de l'ordre de 15 litres à 18 litres/ habitant/an (Anonyme, 2006).

De par leur richesse en matières grasses, la consommation abusive des fromages peut entraîner certains effets néfastes à l'organisme tels que l'obésité et d'hypercholestérolémie qui peut provoquer une athérosclérose (Simopoulos et Salem, 2002) .

Les industries laitières produisent annuellement des centaines de millions de kilogrammes de lait et de ses dérivants. Cette transformation entraîne le rejet d'énormes quantités de résidus qui présentent un problème environnemental considérable. L'un des principaux rejets est le lactosérum qui est produit en grandes quantités par les industries fromagères. A fin de remédier à ce problème, l'industrie fromagère a pris recours à sa valorisation en vue de ses richesses en lactose, protéine et sels minéraux (Gana et *al.*, 2001 ; Jinjark et *al.*, 2006 ; Abdili, 2009).

La chaîne de fabrication et de distribution agro-alimentaire doit préserver la qualité du lait d'origine et assurer la sûreté sanitaire via le contrôle des produits et l'hygiène des procédés. De nos jours, les consommateurs tendent à s'orienter vers des aliments plus sains, plus nutritifs, plus savoureux et produits selon des méthodes plus respectueuses de l'environnement. La recherche de la qualité au sens large est actuellement une préoccupation fondamentale pour l'industrie agroalimentaire afin de satisfaire aux besoins exprimés ou implicites. Cette qualité est contrôlée par des systèmes de vérification, des techniques d'analyse standardisées.

A partir des données citées précédemment concernant d'un côté l'effet néfaste de la consommation abusive des fromage dû a la matière grasse et de l'autre coté la valorisation du lactosérum (récupération du lactosérum) , nous nous sommes proposés de réaliser cette étude portant sur la mise au point d'un fromage écrémé fruité en éliminant la crème fraîche sucrée et l'enrichissement de la composition de la pâte par le lactosérum. Notre étude qui s'est étalée sur une durée de 4 mois portant les trois étapes suivantes :

- La première s'est orientée vers la mise au point du fromage écrémé fruité en se basant sur l'optimisation de quelques paramètres technologiques permettant d'avoir un produit de bonne qualité suite à une évaluation organoleptique de différents essais.
- La deuxième portée sur un contrôle de qualité :
 - Contrôle organoleptique de la poudre de lait écrémé.
 - Contrôle microbiologique et physico-chimique des matières premières, fruits et produits résultants des matières premières.
 - Contrôle microbiologique complémentaire du personnel manipulateur, de l'air ambiant et de l'emballage.
- La troisième concerne le suivi de la stabilité (physico-chimique et microbiologique) du produit fini sur une durée de 36 jours.

L'objectif recherché à travers cet essai d'optimisation est d'arriver à réaliser une fabrication d'un produit de bonne qualité par comparaison au fromage frais fruité de la laiterie de Beni-Tamou (LBT) / BLIDA.

La qualité des produits mis sur le marché est devenue un paramètre primordiale pour les producteurs, ce qui exige des conditions hygiéniques rigoureuses lors de la fabrication, de la conservation ainsi que l'utilisation des matières premières de bonne qualité.

IV-1 La qualité :**IV-1-1 Définition de la qualité :**

Selon la norme ISO, la qualité c'est l'ensemble de propriétés et caractéristiques d'un produit ou d'un service qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites (Larpen, 1997).

IV-1-2 Les critères de la qualité :

A- La qualité hygiénique : c'est la non toxicité de l'aliment, est une exigence de sécurité, l'aliment ne doit comporter aucun élément toxique à des doses dangereuses, ou toute autre substance susceptible de le rendre nocif pour la santé de manière aiguë ou chronique (Multon, 1994).

B- La qualité nutritionnelle : est l'aptitude de l'aliment à bien nourrir. On distingue deux aspects : (Multon, 1994).

- **Un aspect quantitatif :** qui correspond à l'énergie stockée sous forme chimique ; le consommateur peut rechercher, selon le cas, un aliment très énergétique (ration sportif) où au contraire un aliment peu calorique (Produits de régime).
- **Un aspect qualitatif :** consiste en la recherche de l'équilibre nutritionnel de l'aliment au regard des besoins du consommateur, ou d'un enrichissement en un élément particulier, ou encore d'une composition spéciale répondant à certaines pathologies

C- La qualité hédonique « organoleptique » : la composante hédonique de la qualité est très importante. Cependant, elle est subjective et variable dans le temps, l'espace et selon les individus. Cette qualité hédonique comporte deux niveaux :

- **Un niveau sensorielle :** dans une situation donnée, chaque consommateur attend d'un aliment des sensations gustatives, olfactives, tactiles, visuelles.
- **Un niveau psychologique :** qui interfère continuellement avec le précédent tel que l'effet trompeur d'un emballage séduisant (Multon, 1994).

IV-2 Contrôle de qualité :

Le contrôle de la qualité correspond à la mesure d'une caractéristique, à sa comparaison avec une base de référence admise (ou imposée), à l'interprétation de cet écart et la recherche de sa cause. Mais le contrôle de la qualité peut et doit aller jusqu'à la mise en place des

moyens capables de garantir l'obtention du niveau choisi et dans la limite de tolérance décidée (Beal et Sodini, 2003).

IV-2-1 Objectif :

Les contrôles de qualité sont effectués sur les matières premières et les produits finis, mais aussi au cours du processus de fabrication (auto-contrôle). Ils visent à assurer la fabrication de produits sains (exemptes de risques microbiologiques, chimiques ou physiques) et conformes à la réglementation en vigueur.

Ils permettent, également de s'assurer que le produit présente les qualités organoleptiques requises et attendues par le consommateur (saveur, texture, couleur) et qu'ils conservent leur stabilité pendant toute la durée de conservation, en vérifiant la non contamination par des micro-organismes d'altération (Beal et Sodini, 2003).

IV-2-2 Contrôles des matières premières :

Le contrôle des matières premières permet de vérifier leur conformité aux prescriptions du cahier de charges, c'est à dire il doit permettre la mise en évidence des microorganismes, des parasites ou des substances toxiques susceptibles de gêner le déroulement de la fabrication. Le contrôle des matières premières consiste le plus souvent à un contrôle de stérilité ou à un contrôle de la qualité microbiologique du milieu (Beal et Sodini, 2003).

IV-2-3 Contrôle de la qualité des préparations de fruits :

Les risques microbiologiques liés aux préparations de fruits sont relatifs aux levures et aux moisissures. Si la présence d'une contamination est vérifiée, elle constituera un indicateur indirect de fermentations indésirables (Beal et Sodini, 2003).

IV-2-4 Contrôle pendant la fabrication :

Pendant la fabrication, certains points critiques comme la pasteurisation ou la cinétique d'acidification doivent être contrôlés. Le respect du barème de pasteurisation est vérifié de façon classique, par l'enregistrement de la température de chambre et du débit d'alimentation de l'échangeur. L'acidification est le plus souvent contrôlée en effectuant des prélèvements et des mesures de l'acidité Dornic ou de pH (Beal et Sodini, 2003).

IV-2-5 Contrôle de l'air ambiant :

L'air est plus ou moins chargé de particules en suspension, sur certaines d'entre elles, renferment des micro-organismes. Selon leur concentration, ils représentent un risque plus ou

moins élevé de contamination secondaire. Pour éviter ce genre de contaminations, on doit éviter les prises d'air directes en maintenant les portes et les fenêtres fermées, car l'air est un facteur de contamination important qu'il convient de le maîtriser (Bourgeois et Leveau, 1991).

IV-2-6 Contrôle de l'emballage :

Tous les matériaux d'emballage devraient être entreposés dans des conditions de propreté et d'hygiène. Il devrait convenir au type de produit et aux conditions prévues d'entreposage. Ils ne devraient pas transmettre au produit de substances inadmissibles au-delà des limites acceptables par l'autorité compétente. Les matériels d'emballage devraient offrir des garanties de sécurité et protéger d'une manière efficace le produit contre la contamination (FAO/OMS, 2001).

IV-2-7 Contrôle du personnel :

Les principales causes de contamination primaire ou secondaire des produits au cours de fabrication sont liées : (Multon, 1994)

- **Aux cheveux :** doivent être correctement recouverts afin d'éviter l'apport de corps étrangers dans les produits au cours de fabrication.
- **Aux mains :** il est recommandé au personnel d'avoir les ongles courts et de ne porter ni bagues, ni bracelet ni montre.
- **A la cavité oropharyngée :** la parole, le chant, le sifflement, le rire provoquent une dispersion des microbes par l'air qui sort de la bouche.
- **Aux vêtements de travail :** ils doivent être appropriés, nettoyés et renouvelés périodiquement.

IV-2-8 Contrôle du matériel :

L'aliment doit être fabriqué dans du matériel qui ne transmet pas aux produits fabriqués des substances, des odeurs ou des saveurs nocives. Ce matériel ne doit pas être absorbant, il doit résister à la corrosion et doit être capable de supporter des opérations répétées de nettoyage et de désinfection. Les surfaces doivent être lisses exemptes de trous et de crevasses (FAO/OMS, 2001).

IV-2-9 Contrôle des locaux :

Les différents ateliers doivent être répartis de façon relationnelle selon leur fonction dans la chaîne de fabrication. Ils doivent être bien isolés les uns par rapport aux autres ce qui permettra une bonne gestion des flux. Ainsi, ils doivent être en pente suffisante pour permettre l'évacuation rapide de l'eau.

Les Sols, les murs et les plafonds doivent être le plus lisses possible et non poreux. Les systèmes d'éclairage doivent être choisis avec soin (Multon, 1994).

IV-2-10 Contrôle du produit fini :

Selon Beal et Sidini (2003), les caractéristiques microbiologiques, physico-chimiques et sensorielles des produits laitiers sont contrôlées en fin de fabrication :

✓ Caractéristiques microbiologiques :

Un dénombrement des flores spécifiques des fromages est effectué afin de vérifier s'il répond aux normes réglementaires. Une recherche des bactéries pathogènes est également réalisée : les seuls critères impératifs sont l'absence de *Salmonella* dans 25g de produit.

✓ Caractéristiques physico-chimiques et sensorielles :

La teneur en protéines et en matière grasse est systématiquement contrôlée sur les produits finis. Le pH et /ou l'acidité titrable sont aussi mesurés. La texture des fromages est également un critère important pour sa qualité sensorielle. Les produits sont également dégustés par un panel d'experts entraînés. En effet, il est délicat de substituer complètement l'analyse sensorielle du produit par des analyses instrumentales.

Notre étude a été réalisée au niveau du laboratoire de contrôle microbiologique et physico-chimique de la laiterie de Beni-Tamou, durant une période s'étalant du 02 Février 2014 au 02 Juin 2014. Cette étude a porté sur la mise au point d'un caillé maigre additionné de fruit en jouant sur certains paramètres technologiques sur la chaîne de fabrication, suivie d'un contrôle de qualité et de stabilité .

I- Présentation de la laiterie :

L'office régional du centre (ORLAC) est issu de la reconstruction de l'office national Algérien du lait (ex : ONALAIT).

La laiterie de Beni-Tamou est construite par la firme Italienne INTERCOOP en 1990 et mise en service la même année, elle couvre par sa production les wilayas de Djelfa, Médéa, Blida et Tipaza. A l'heure actuelle la laiterie a été rachetée par la Sarl Celia .

Cette laiterie est scindée en trois ateliers : Production, reconstitution et refroidissement, de même, un hangar de stockage, deux stations de forage et un laboratoire de contrôle qui veille à la qualité des produits fabriqués.

I-1-Gamme des produits fabriqués :

Pour satisfaire la demande en produits laitiers et dérivés de la population, cette laiterie diversifie au mieux sa production telle rapportée dans le tableau ci-dessous.

Tableau III : Gamme des produits laitiers fabriqués par la LBT.

Produits	Catégories
Laits de consommation	<ul style="list-style-type: none"> - Lait reconstitué pasteurisé - Lait recombinaé pasteurisé - Lait cru pasteurisé - Lait fermenté (l'ben) - Lait caillé (raib)
Pâtes fraîches	<ul style="list-style-type: none"> - Petit suisse - Fromage régime naturel - Fromage frais fruité
Yaourt	<ul style="list-style-type: none"> - Yaourt étuvé - Yaourt brassé
Dessert lacté	<ul style="list-style-type: none"> - Dessert lacté chocolat - Dessert lacté caramel - Flan caramel nappé

I-2 Capacité de production :

La capacité de production journalière de la laiterie de Beni-Tamou est illustrée dans le tableau suivant.

Tableau IV : Capacité de production journalière de la LBT.

Produits	Production (l/j)
Lait pasteurisé	160.000
Pâtes fraîches	35.000
L'ben	10.000
Yaourt étuvé	25.000
Yaourt brassé	1000
Dessert lacté	10.000
Lait caillé	15.000

II- Matériel :

Le matériel utilisé dans notre étude consiste en un matériel biologique tel que : la poudre de lait écrémé, l'eau de process et le fruit ainsi qu'un matériel non biologique à savoir : l'appareillages, la verrerie, les milieux de culture et solutions qui est illustrés dans l'annexe1.

III- Méthodes :**III-1 Mise au point d'un fromage écrémé fruité :**

Pour optimiser la qualité de notre produit et répondre aux attentes et aux exigences du consommateur, nous avons effectué un essai d'un fromage écrémé fruité avec une pâte ayant un EST de 17% (0% de MG) provenant de la chaîne de fabrication de l'unité et utilisée pour la fabrication des fromages frais fruité (sans l'addition de la crème fraiche sucrée). L'addition de fruit s'effectue à l'échelle de laboratoire dans des conditions aseptiques.

Cet essai a fait l'objet d'une évaluation organoleptique par une catégorie diversifiée de consommateurs : personnel de la laiterie, professeurs et étudiants de l'université de Saad Dahleb.

Cette évaluation (test de dégustation) se déroule dans des box spécialement aménagés, où les dégustateurs (personnels de la laiterie) s'isolent de toute influence externe (bruit..). L'évaluation organoleptique d'un aliment reste toujours une question subjective car le principal élément d'évaluation est le consommateur avec ses répugnances et ses

préférences personnelles. Ce test de dégustation permettra d'évaluer la qualité organoleptique de ce produit.

Les dégustateurs doivent évaluer ce produit en tenant compte de certains critères tels que :

- **La consistance.**
- **Le goût** : l'évaluation du goût est basée sur deux paramètres, **l'acidité** et **le sucre** que renferme le fruit.
- **L'odeur** émise par le fruit.
- **La couleur** du fruit.

Les résultats de l'étude statistique de cette préparation sont résumés dans un tableau (Tableau V) qui est interprété par un graphique statistique (Figure 06) (Annexe7) .

Les résultats de l'évaluation de la dégustation sont portés sur une fiche de dégustation (voir annexe 5).

Tableau V : Résultats des analyses organoleptiques du produit à base de pâte ayant un **EST = 17%**

Echantillon A : Fromage écrémé fraise.

Echantillon A' : Fromage écrémé abricot.

Echantillon	Consistance	Goût		Odeur	Couleur
		Acidité	Sucre		
Echantillon A	2	2	1	2	1
Echantillon A'	2	2	2	3	2

La notation :

0 : Mauvais

1 : Passable

2 : Moyen

3 : Assez bon

4 : Bon

5 : Excellent

- ✓ A partir de ces résultats, les échantillons A et A' ont été jugé déplaisants par l'ensemble des consommateurs. Ce rejet est dû aux défauts suivants :
 - **Consistance** : une consistance hétérogène, lourde et sableuse.
 - **Goût** : un goût déplaisant, repoussant et mal équilibré :
 - Sucre : une saveur amère et repoussante.
 - Acidité : une présence d'un goût acide.
 - **Odeur** : pas d'odeur perceptible, odeur légèrement fautive.
 - **Couleur** : claire avec une couleur légère.

Les principaux défauts aperçus par les dégustateurs sont la forte acidité et la consistance lourde et sableuse.

A partir de ces défauts, on a essayé d'optimiser quelques paramètres technologiques concernant l'acidité et la consistance. La mise au point a suivi plusieurs essais basés sur la diminution de l'acidité et de l'EST jusqu'à l'obtention d'un produit répondant aux normes et aux exigences du consommateur .

- ❖ La mise au point du fromage écrémé et fruité a suivi d'une manière générale le même procédé de fabrication du fromage frais fruité de l'unité L.B.T, cependant nous avons apporté quelques transformations qui se résument ainsi :
 - Diminution de l'acidité du lait mûri de 76°D à **70°D**.
 - Diminution de la vitesse de séparateur qui était de 5350 tr/mn (pour la pâte à EST = 17%) à **4400 tr/min** pour obtenir une pâte légère à un **EST = 14,03 %**.
 - Élimination de la crème fraîche sucrée.

La fabrication de notre fromage écrémé et fruité a suivi les étapes citées ci-dessous :

1- Reconstitution du lait :

- a- Filtration
- b- Pré pasteurisation
- c- Dégazage
- d- Homogénéisation

2- Pasteurisation

3- Ensemencement et maturation

Pour l'obtention d'une faible acidité de la pâte, nous avons arrêté le processus de maturation à une acidité de 70°D.

4- Filtration**5- Thermisation du lait coagulé****6- Refroidissement****7- Filtration****8- l'égouttage**

Pour obtenir une consistance fluide et légère de la pâte ayant un **EST = 14,03 %**, nous avons réduit le débit du séparateur à **4400 tr/mn** permettant ainsi la récupération d'une certaine quantité de lactosérum.

9- Refroidissement

10-Addition de fruit : L'addition de fruit se fait à l'échelle de laboratoire dans des conditions aseptiques.

11- Stockage à 6°C.

Les étapes 3 et 8 sont les modifications que nous avons opérées pour l'obtention de notre produit.

La figure 07 illustre le diagramme de fabrication du fromage écrémé fruité.

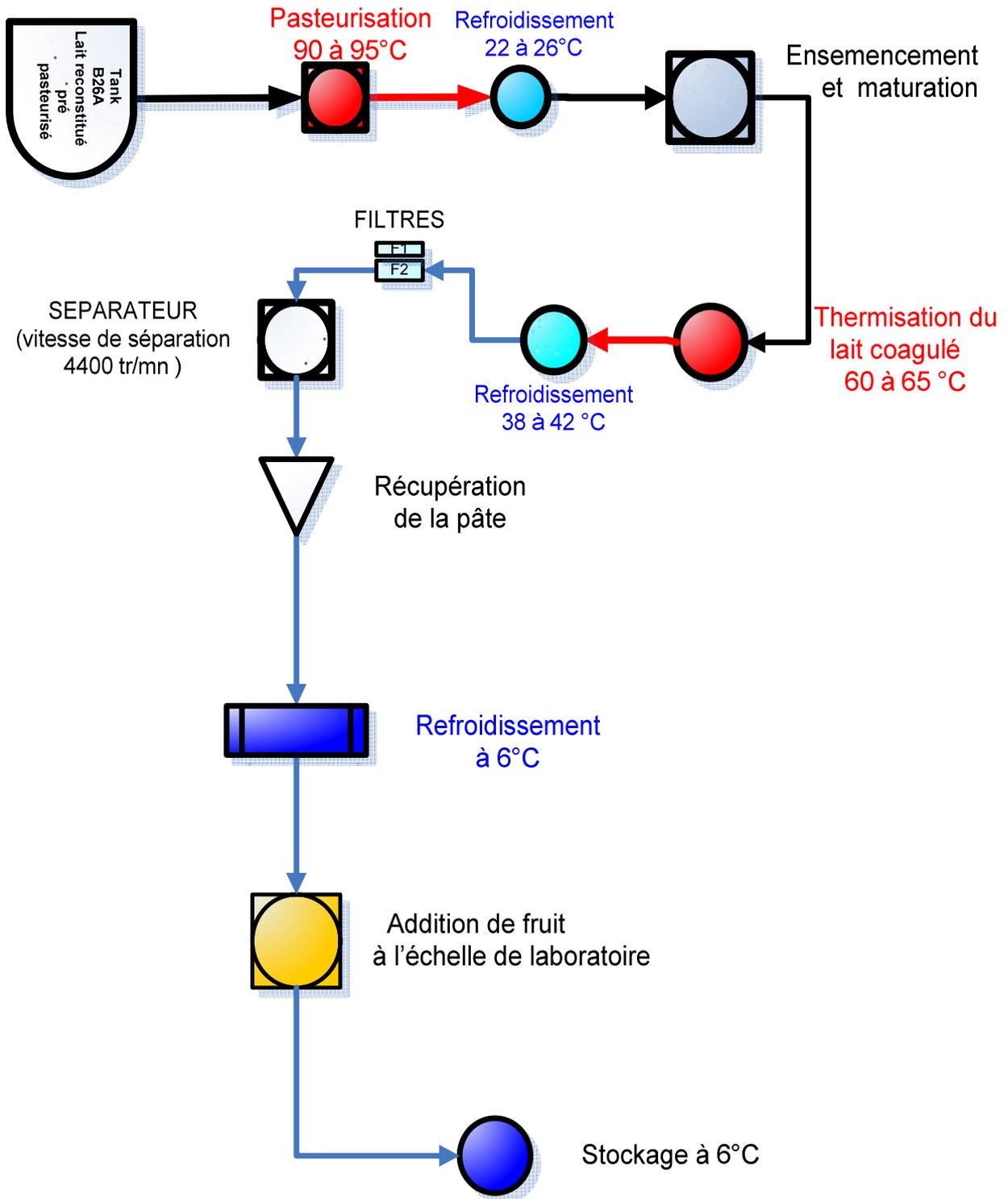


Figure 07 : Diagramme de fabrication du fromage écréé fruité

Cette préparation a fait l'objet d'une évaluation organoleptique, les résultats sont illustrés dans le tableau suivant qui est interprété par un graphique statistique (Figure 08) (Annexe7)

Tableau VI : Résultats des analyses organoleptiques du produit a base de pâte ayant un **EST = 14,03%**

Echantillon B : Fromage écrémé fraise.

Echantillon B' : Fromage écrémé abricot.

Echantillon	Consistance	Goût		Odeur	Couleur
		Acidité	Sucre		
Echantillon B	4	4	4	3	4
Echantillon B'	4	4	5	4	4

Dans le cadre de cette finalité, le constat montre une préférence remarquable du consommateur pour les deux échantillons B, B' se résumant dans les points suivants :

- **Consistance** : une consistance remarquable, homogène et légère.
- **Goût** : remarquable, équilibré et persistant. Cette appréciation englobe :
 - Sucre : une saveur sucrée remarquable.
 - Acidité : une absence d'un goût acide.
- **Odeur** : une odeur caractéristique et bien équilibré.
- **Couleur** : une couleur brillante et remarquable.

III-2 Mode de prélèvement :

L'obtention des échantillons représentatifs du produit dépend de la manière dont l'échantillonnage a été réalisé.

L'utilisation d'un matériel propre et stérilisé avant usage, permet d'obtenir des résultats microbiologiques fiables des échantillons analysés. Ces derniers doivent être prélevés sous une asepsie totale.

Le matériel d'échantillonnage pour les produits destinés aux examens physico-chimiques doit être propre et sec. Il ne doit pas dénaturer les propriétés du produit examiné tel que sa flaveur, sa consistance et probablement sa composition.

- **Prélèvement de la poudre de lait :**

La poudre de lait est entreposée dans un hangar a température ambiante, elle est isolée du sol par des palettes en bois pour éviter son altération.

Cette poudre est conditionnée dans des sacs de 25 Kg en polyéthylène doublés par du papier kraft et fermés hermétiquement.

Pour avoir un échantillon aussi homogène que possible, avant chaque prélèvement, on procède à des retournements répétés du sac. La surface du sac est nettoyée à l'aide d'alcool, et à l'aide d'une spatule stérilisée par flambage, on prélève 200g de la poudre qui est introduite rapidement dans un flacon stérile à large ouverture. Cette opération s'effectue devant une flamme pour éviter toute contamination.

- **Prélèvement pour l'analyse de l'eau de process et produits laitiers :**

Les produits laitiers sur lesquels on effectue les prélèvements sont : le lait reconstitué au niveau (tank B_{9A}, B_{26A}, sortie du pasteurisateur E₃ et entrée tank de maturation E_{10A}) le lactosérum, le lait mûré (après thermisation), eau de process et la pâte écrémée.

Les prélèvements sont réalisés de la façon suivante :

- Nettoyer et désinfecter le robinet avant la prise d'essai à l'aide d'une flamme.
- Laisser couler une certaines quantités de l'échantillon.
- Prélever l'échantillon dans un flacon stérile.

Pour la pâte écrémé le remplissage se fait dans des boite de pétrie stérile.

- **Prélèvement du fruit :**

Il est prélevé directement à l'aide d'une spatule à partir d'un récipient tout en respectant les conditions aseptiques.

- **Prélèvement du produit fini :**

Les échantillons constitués par la pâte écrémée et les fruits sont prélevés au niveau de la conditionneuse, ils sont emballés et disposés en palettes (palettes de 6 pots). Dans notre cas la préparation du mélange a été faite au niveau du laboratoire dans des condition aseptiques.

➤ **Suivi de la qualité du produit fini :**

Le produit fini (pâte écrémée mélangée avec les fruits) dès sa fabrication est conservé à une température de 6°C pendant 36 jours. Des analyses microbiologiques et physico-chimiques sont réalisées sur ce produit afin d'évaluer sa qualité.

Nous avons conditionné ce fromage écrémé fruité sous forme de plaquettes de 6 pots de 50 gr chacun.

Au total 44 échantillons ont fait l'objet simultanément d'une analyse physico-chimique (EST, pH et taux de protéines) et une analyse microbiologique (recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux, salmonelles, *Staphylococcus aureus*, levures et moisissures).

Les modalités de prélèvement des échantillons à analysés sont illustrées dans le **tableau VII**

Tableau VII : Répartition des échantillons en fonction des produits et des jours d'analyses.

Produits	Nombre d'échantillons analysés										
	J ₀	J ₄	J ₈	J ₁₂	J ₁₆	J ₂₀	J ₂₄	J ₂₈	J ₃₂	J ₃₆	Total
Fromage écrémé fraise	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	22
Fromage écrémé abricot	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	22
Total											44

➤ **Chronologie des prélèvements :**

L'évolution et le contrôle de la qualité du produit fini s'étale sur 36 jours à partir de sa date de fabrication. Ce suivi, se fait selon la chronologie suivante :

J₀ : qui correspond à la date de production où nous avons prélevé d'une façon aléatoire 4 pots du produit fini (2 pots pour la fraise et 2 pots pour l'abricot), ces prélèvements sont destinés aux analyses microbiologiques et physico-chimiques.

Nous avons effectué les mêmes analyses microbiologiques et physico-chimiques pour les autres échantillons à quatre jours d'intervalle sur une période de 36 jours.

- **Prélèvements pour le contrôle microbiologique complémentaire :**

- **Prélèvement pour contrôle microbiologique du portage :**

Deux techniciens de machines et deux préparateurs affectés à la production ont été soumis au contrôle microbiologique.

Le mode de prélèvement se réalise sur des milieux gélosés appropriés dans lesquels les personnes sus-citées ont laissé leurs empreintes digitales. Ces milieux sont déterminés selon les germes recherchés (Bourgeois et Leveau, 1991) tels que : le DCLA (coliformes totaux et fécaux), et le PCA (germes totaux aérobies mésophiles).

- **Prélèvement de l'air ambiant :**

Pour définir le degré de pollution de l'air de l'atelier, on procède à un test de sédimentation des germes de l'atmosphère ambiante. Ce test consiste à exposer des boîtes de pétri ouvertes contenant des milieux géloses approprié pendant 20 à 30 minutes dans différents endroits de l'atelier objet de contrôle à savoir :

- Atelier de préparation : devant le tank de préparation du lait reconstitué non pasteurisé B_{9A}.
- Devant le pasteurisateur de la pré pasteurisation B₁₆.
- Devant le pasteurisateur de la pasteurisation E₃.
- Devant le tank d'ensemencement E_{10A}.

Les germes recherchés sont : les germes totaux aérobies mésophiles et les levures et moisissures.

- **Prélèvement de l'emballage :**

De la conditionneuse, on prélève directement quatre pots vides et fermés qui seront soumis aux analyses microbiologiques.

Ces analyses consiste à imbiber aseptiquement le coton de l'écouvillon avec de l'eau physiologique stérile 9‰, puis essuyer toute la surface de la boîte de pétri vide et stérile, enfin ; couler 15 à 20ml du gélose correspondant aux germes recherchés (germes totaux aérobies mésophiles, coliformes totaux et fécaux, levures et moisissures).

III-3 Méthodes d'analyses organoleptiques de la poudre de lait écrémé :

L'analyse organoleptique de la poudre de lait destinée à la fabrication des produits laitiers est une étape importante. Elle se réalise dès la réception de cette poudre. Cette analyse est prise en charge par un personnel qualifié qui évalue la couleur, l'aspect, l'odeur et le goût de cette poudre. Les résultats de cette évaluation détermineront la conformité ou non de cette poudre pour son utilisation par la laiterie.

III-4 Méthodes d'analyses microbiologiques :

Afin de garantir une bonne qualité des produits destinés à la consommation, un contrôle microbiologique rigoureux s'impose. Son but est de rechercher les différents micro-organismes nocifs à la santé des consommateurs par leurs effets sur la qualité du produit. Cette analyse vise la recherche et la numération des germes : coliformes, des clostridium sulfito-réducteurs, des levures et moisissures.

Les différents germes recherchés pour chaque produit sont illustrés dans le tableau VIII :

Tableau VIII : Les différents produits soumis aux différentes recherches des germes

Produits Germes	Poudre de Lait	L'eau de process	Lait reconstitué	Lait maturé	Fruits	Pâte écrémée	Produit fini (fraise, abricot)
Germes totaux (30°C).	+	+	+	-	+	-	-
Germes totaux (22°C)	-	+	-	-	-	-	-
Coliformes totaux (37 °C)	+	+	+	+	+	+	+
Coliformes fécaux (44°C).	+	+	+	+	+	+	+
Streptocoques fécaux (37°C)	-	+	-	-	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i> (37°C)	+	-	+	+	+	+	+
Clostridium sulfito-reducteur (46°C)	+	+	+	-	+	-	-
<i>Salmonella</i> (37°C)	+	-	+	+	+	+	+
Levures et moisissures (22°C)	+	-	-	+	+	+	+

+ : Recherché .

- : Non recherché

Nous n'avons pas réalisé la recherche de *Listéria monocytogenes* car ce germe ne fait pas l'objet de recherches au niveau de la laiterie par manque de matériel adéquat.

- **Préparation des dilutions :**

Les dilutions s'effectuent selon Bourgois et Leveau, (1991) de la façon suivante :

- Introduire 25gr (ou 25 ml) du produit dans un flacon stérile contenant 225 ml de TSE, après homogénéisation on obtient la dilution 10^{-1} considérée comme la dilution mère.
- La dilution 10^{-2} est obtenue à partir de la dilution 10^{-1} . On prélève 1ml de la dilution mère que l'on introduit dans un autre tube stérile contenant 9ml de TSE et cela à l'aide d'une pipette pasteur stérile.
- Le même procédé est appliqué pour obtenir la dilution 10^{-3} .

L'ensemble de ses étapes est décrit dans la figure 09 (annexe 2).

Les techniques d'analyses réalisées dans cette étude ont été décrites par Lebres et *al.*, (2001), par dérivés de l'ISO (1981), Guiraud (1998) et par le J.O.R.A (l'arrêté interministériel N° 35 du 27 Mai 1998).

III-4-1 Analyses microbiologiques des produits laitiers et fruits :

L'ensemble des produits laitiers sur les quels nous avons effectué des analyses microbiologiques sont : La poudre de lait écrémé, le lait reconstitué (tank B_{9A}, B_{26A}, sortie pasteurisateur E₃ et entrée tank de maturation E_{10A}), le lait mûré après thermisation, la pâte écrémée et le produit fini.

A- Recherche et dénombrement des germes totaux mésophile :

Le dénombrement de la flore totale permet le comptage de l'ensemble des micro-organismes présents, afin d'apprécier le degré de contamination du produit.

Nous avons utilisé la gélose PCA, coulé dans une boîte de pétrie pour suivre le développement de la flore totale microbienne.

On prélève aseptiquement 1 ml de chaque dilution décimales (de 10^{-1} à 10^{-3}), que l'on met dans une boîte de pétri vide et stérile. Cette opération est répétée deux fois pour chaque dilution. Puis on complète la boîte avec 20 ml de gélose PCA en surfusion (45 °C) et on effectue ensuite des mouvements de va et vient en forme de 8 pour une bonne homogénéisation, puis on laisse se solidifier.

- **Incubation :**

Les boîtes sont incubées à 30°C pendant 72 h.

- **Lecture :**

Le dénombrement ne concerne que les boîtes contenant entre 30 à 300 colonies, ces dernières se présentent sous forme lenticulaire en masse.

L'ensemble des étapes est illustré dans la figure 10 (annexe 2).

B- Recherche et dénombrement des coliformes :

Le dénombrement des coliformes peut être réalisé dans un milieu solide ou liquide.

Au niveau de l'unité de Beni-Tamou, nous avons utilisé un milieu solide, cela consiste à mettre aseptiquement 1ml des dilutions décimales (de 10^{-1} à 10^{-3}) dans des boîtes de pétri vides et stériles (deux boîtes pour chaque dilution) comme indiqué dans la figure 11 (annexe 2).

Ensuite on ajoute dans chaque boîte 20 ml de gélose DCLA, préalablement fondue et refroidie à $45 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Pour bien homogénéiser, on réalise des mouvements circulaires de va et vient en forme de « 8 » puis on laisse solidifier.

- **Incubation :**

- La première série de boîtes est incubée à 37°C pendant 24 à 48h, elle servira à la recherche des coliformes totaux.
- La deuxième série de boîtes incubée à 44°C pendant 24 à 48h servira à la recherche des coliformes fécaux.

- **Lecture :**

- On doit dénombrer les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies de couleur rouge foncée, brillantes de 0.5mm de diamètre, tel que montré par la figure 12 (annexe 2).
- Ensuite on multiplie le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution.
- Enfin on calcul la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes dilutions.

C- Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus* :

La recherche des *Staphylococcus aureus* nécessite une revivification sur milieu d'enrichissement, puis un isolement sur un milieu solide sélectif.

- **Enrichissement :**

Introduire aseptiquement 1ml de chaque dilution décimale dans des tubes contenant 15ml du bouillon Giolittii cantoni additionné de Tellurite de potassium, homogénéiser puis incubé à 37°C pendant 24h. Voir figure 13 (annexe 2).

- **Lecture :**

Le virage au noir indique la présence probable de *Staphylococcus aureus*.

- **Isolement :**

Les tubes positifs feront l'objet d'un isolement dans des boîtes de pétri contenant de la gélose Chapman préalablement solidifiée.

On ensemence par des stries et on incube à 37°C pendant 24h.

- **Lecture :**

Les colonies sont de tailles moyennes, lisses, légèrement bombées, brillantes à centre noir et entourées d'un halo jaune, comme la montre la figure 14 (annexe 2).

D- Recherche et dénombrement des clostridium sulfito-réducteurs :

La recherche et le dénombrement des clostridium sulfito-réducteurs permet de déterminer l'existence ou non d'une contamination fécale ancienne (car leur spores sont très résistantes), et permet également de déterminer si l'aliment présente un risque sur la santé du consommateur.

➤ **Principe :**

Le dénombrement des clostridium sulfito-réducteurs a eu lieu en milieu gélose viande foie additionné d'alun de fer et de sulfite de sodium par ensemencement dans la masse du produit à analyser ou de ces dilutions Figure 15 (annexe 2).



➤ **Technique :**

Prévoir une série de tubes stériles à raison de deux tubes par dilution ; la répartition de l'échantillon à analyser se fait comme suit :

- 1ml de la dilution décimale 10^{-1} dans chacun des deux premiers tubes.
- 1ml de la dilution décimale 10^{-2} dans chacun des deux tubes suivants.
- 1ml de la dilution décimale 10^{-3} dans chacun des deux derniers tubes.

Les tubes sont ensuite portés au bain-marie à 80°C pendant 10mn pour éliminer les formes végétatives et ne laisser que les formes sporulées. Cette opération est suivie d'un refroidissement brutal à l'eau de robinet, puis on fait couler environ 15ml de gélose viande foie en surfusion (45°C) à laquelle est additionnée 1ml de Sulfite de Sodium et 0,5ml d'Alun de Fer.

Après solidification du milieu à température ambiante les tubes sont incubés à 46°C pendant 24 à 48h.

➤ Lecture :

Après incubation, on compte les colonies noires de clostridium sulfito-réducteurs due à la réduction de sulfite en sulfure qui précipite avec les ions de fer.

Les résultats sont exprimés en nombre de spores par ml ou g de produit à analyser.

E- Recherche et dénombrement des *Salmonella* :

La recherche des *Salmonella* s'effectue en quatre étapes :

▶ Pré-enrichissement :

Introduire aseptiquement 25gr de l'échantillon à analysé dans un flacon stérile contenant 225ml de TSE, bien homogénéiser puis incuber à 37°C pendant 16 à 20h.

▶ Enrichissement primaire :

Il consiste à porter aseptiquement 10ml du Pré-enrichissement sur bouillon SFB réparti à raison de 100ml par flacon, et incuber à 37°C pendant 18 à 24h.

▶ Enrichissement secondaire et l'isolement :

Le bouillon SFB incubé la veille fera l'objet :

- D'un enrichissement secondaire sur SFB en tubes à raison de 0.1ml par tube.
- D'un isolement sur gélose Hektoene.

• Incubation :

Elle se fait à 37°C pendant 24h.

▶ Lecture et identification :

- L'apparition de colonies grises ou vert bleu avec ou sans centre noir dans la boîte de gélose Hektoen indique la présence de *Salmonella*.
- Les tubes positifs présentant une coloration rose feront l'objet d'un isolement sur gélose Hektoen.

Les étapes décrites si dessus sont résumées dans la figure16 (annexe 2).

F- Recherche et dénombrement des levures et moisissures :

La méthode consiste à porter aseptiquement quatre gouttes de chaque dilution décimale (de 10^{-1} à 10^{-3}) dans des boîtes de pétri contenant de la gélose Sabouraud au Chloramphénicol préalablement coulée et solidifiée.

Etaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile, puis incuber à 22°C pendant 5 jours. Voir la figure 17 (annexe 2).

- **Lecture :**

Elle se fait quotidiennement, car les moisissures se développent rapidement et peuvent envahir les colonies de levures.

- Les moisissures forment des colonies épaisses de couleur blanchâtre parfois pigmentées.
- Les levures forment des colonies rondes, translucides et brillantes illustrées par la figure 18 (annexe 2).

- **Interprétation des résultats :**

Pour connaître le nombre total de levures et moisissures dans un 1ml, il faut multiplier le nombre trouvé par cinq, puis multiplier par l'inverse des dilutions décimales et ensuite calculer la moyenne arithmétique.

III-4-2 Analyses microbiologiques effectuées sur l'eau de process :

L'analyse microbiologique d'une eau potable permet de détecter l'absence ou la présence des germes suivants :

- Les streptocoques fécaux du groupe D.
- Les germes aérobies mésophiles totaux.
- Les clostridium sulfito-réducteurs.
- Les coliformes : *E. coli*

A- Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux à 37°C :

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux sont réalisés en milieu liquide par la technique du Nombre le Plus Probable (NPP).

a. Test de présomption :

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml d'eau dans un flacon contenant 50 ml de milieu ROTHE D/C,
- 5 fois 10 ml d'eau dans 5 tubes contenant chaque un 10 ml de milieu ROTHE D/C,
- 5 fois 1 ml d'eau dans 5 tubes contenant chaque un 10 ml de milieu ROTHE S/C, comme l'indique la figure 19 (annexe 2).

- **Incubation :**

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

• Lecture :

Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs, néanmoins ces derniers :

- Ne peuvent faire l'objet de dénombrement
- Cependant, ils feront l'objet d'un repiquage sur milieu EVA LITSKY dans le but d'être confirmés.

b. Test de confirmation :

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans les tubes contenant le milieu EVA LITSKY.

• Incubation :

L'incubation se fait à 37°C, pendant 24 heures.

• Lecture :

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien.
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en (annexe 3).

B- Recherche des germes aérobies mésophiles totaux à 22°C et à 30°C :

La recherche et le dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux se fait sur gélose Plat Count Agar (PCA) et à deux températures différentes, ce qui permettra de cibler les micro-organismes psychrophiles, soit à 22°C, et les mésophiles, soit à 30°C.

• Mode opératoire :

On prélève aseptiquement à partir de l'eau à analyser 2 fois 1ml que l'on dépose dans deux boîtes de pétri vides préparées à cet usage et numérotées. Compléter ensuite chacune des boîtes avec environ 20 ml de gélose PCA fondue puis refroidie à 45±1°C.

Effectuer ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre une bonne homogénéisation.

Laisser se solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose. Cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses.

• Incubation :

- La première boîte sera incubée couvercle en bas à 22°C.
- La seconde sera incubée couvercle en bas à 30°C.

Le temps d'incubation pour ces deux boîtes est de 72 heures et les lectures se feront après 24h, 48h et 72h.

• Lecture :

Les germes totaux mésophiles se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse.

• Dénombrement :

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies, en tenant compte de la contenance des boîtes de pétrie (entre 15 et 300 colonies) et de l'expression des résultats qui se fera par millilitre d'eau à analyser à 22° et à 30°C.

C- Recherche et dénombrement des clostridium sulfito-réducteurs à 37 °C :

Nous avons utilisé la gélose Viande - Foie (VF) pour la recherche et le dénombrement des spores anaérobies sulfito-réducteurs.

• Mode opératoire :

A partir de l'eau à analyser :

- Prendre environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera soumis à un chauffage (80°C) pendant 8 à 10 minutes ; cette opération a pour but la destruction de toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
- Refroidir immédiatement le tube sous l'eau de robinet.
- Répartir le contenu du tube dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie,
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant la formation des bulles d'air
- Incuber à 37°C, pendant 24 à 48 heures.
- La première lecture doit se faire après 16 heures car les colonies des ASR sont envahissantes et se caractérisent par la coloration noire du tube.
- La deuxième lecture se fait après 24 heures et la troisième après 48 heures.
- Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre poussant en masse.

Les étapes décrites ci-dessus sont illustrées par la figure 20 (annexe 2).

• Interprétation des résultats :

Il est donc impératif de repérer et de dénombrer toutes les colonies noires poussant en masse et d'extrapoler le total des colonies sur 20 ml d'eau à analyser.

D- Recherche et dénombrement des coliformes totaux à 37°C et des coliformes fécaux à 44°C :

Cette méthode se fait selon la technique du Nombre le Plus Probable (NPP).

• Mode opératoire :**a. Test de présomption :**

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- Eliminer le gaz des cloches et mélanger le milieu avec l'inoculum.
- L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

L'ensemble des étapes est illustré dans la figure 21 (annexe 2).

• Lecture :

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune.

La lecture finale se fait selon la table du NPP qui figure en annexe 3.

b. Test de confirmation :

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche de coliformes thermotolérants.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage dans le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

Après avoir éliminer le gaz présent dans les cloches de Durham et mélanger le milieu, ces tubes sont incubés dans un bain marie à 44°C pendant 24 heures.

• **Lecture :**

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux.
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs.

La lecture finale s'effectue selon la table du NPP (annexe 3).

III-5 Méthodes d'analyses physico-chimiques :

Le contrôle physico-chimique a pour but d'analyser les matières premières, les produits résultants des matières premières, les fruits et le produit fini, en mesurant les différents paramètres.

Ce contrôle permet d'assurer une bonne fabrication et présente l'avantage de détecter les erreurs de fabrication ainsi que toute modification des paramètres au cours du processus de fabrication, il complète ainsi l'analyse microbiologique.

Les analyses physico-chimiques sont réalisées selon les recommandations de A.F.N.O.R (1986).

Les différents paramètres déterminés pour chaque produit sont illustrés dans le tableau IX :

Tableau IX : Les différents produits soumis aux différentes analyses physico-chimique

Produits Paramètres	Poudre de lait écrémé	Eau de process	Lait reconstitué	Lait mûré	Lacto-sérum	Pâte écrémée	fruits (fraise et abricot)	Produit fini (fraise et Abricot)
Mesure de l'acidité titrable	+	-	+	+	+	-	-	-
Mesure de la densité	-	-	+	-	-	-	-	-
Détermination du pH	-	+	-	-	-	+	+	+
Matière grasse	+	-	+	-	-	-	+	-
Mesure de l'extrait sec total	-	-	+	+	+	+	+	+
Détermination de la teneur en humidité	+	-	-	-	-	-	-	-
Taux de brix	-	-	-	-	-	-	+	-
Détermination de TA, TAC, TH et la température	-	+	-	-	-	-	-	-
Détermination de la teneur en protéine	-	-	-	-	+	+	+	+

+ Déterminé

- Non Déterminé

III-5-1 Mesure de l'acidité titrable :**➤ But :**

C'est la détermination volumique de l'acidité titrable du lait et les produits laitiers.

➤ Principe :

Le lait renferme de l'acide lactique provenant de l'activité fermentaire des bactéries lactiques ; celle-ci est titrée par la solution sodique (hydroxyde de sodium) en présence de la phénolphthaléine à 1% comme indicateur coloré.

➤ Mode opératoire :**○ Cas de produits solide :** (NF V04 -349).

- Dans un bêcher de 100 ml, peser ($2 \pm 0,02$ g) de l'échantillon (poudre de lait).
- Ajouter 20 ml d'eau distillée en agitant jusqu'à dispersion de la prise d'essai.
- Laisser reposer puis ajouter 0,3 ml de phénolphthaléine.
- Titrer par la solution sodique (1/9 N) jusqu'au virage au rose faiblement perceptible.

1ml de solution titrée 0,1 N dite soude Dornic correspond à 0,01 g d'acide lactique.

➤ Expression des résultats :

L'acidité titrable exprimée en gramme d'acide lactique pour 100 g d'échantillon est donnée par l'expression :

$$A = 0,01g \times V \times \frac{100}{2} = \frac{V}{2}$$

A : Acidité.

V : Volume en ml de la solution sodique (0,1 N).

○ Cas de produit liquide : (NF V04 -206)

A l'aide d'une pipette, on prélève 10 ml de produit a analysé (lait ou lactosérum) que l'on met dans un bêcher, puis on ajoute 2 à 3 gouttes de phénolphthaléine. On titre par une solution d'hydroxyde de sodium jusqu'à l'obtention d'un virage légèrement rose.

➤ Expression des résultats :

On mesure l'acidité du lait (ou lactosérum) sur un échantillon de 10 ml pour avoir la correspondance de 0,1 ml de soude N/9 en acide lactique par litre, et il suffit de multiplier le volume titrant obtenu par 10.

$$A = V \times 10$$

A : Acidité.

V : Volume en ml de la solution sodique (0,1 N).

III-5-2 Mesure de la densité : (NF V04 -204).

Verser le lait reconstitué dans une éprouvette avec précaution pour éviter le débordement ultérieur du lait ainsi que la formation de mousse en surface, ensuite introduire soigneusement l'aréomètre.

➤ Expression des résultats :

Après 30 secondes, on lit directement le résultat sur la graduation de l'aréomètre située dans la partie supérieure au ménisque, elle est exprimée en g/cm³.

III-5-3 Mesure de la teneur en eau ou l'humidité : (NF V04 -348).

La teneur en eau dans la poudre ou taux d'humidité représente la perte de masse de ce produit après dessiccation.

➤ Principe :

La dessiccation de la poudre se fait par l'étuvage à 103 ± 2°C d'une quantité déterminé du produit.

➤ Mode opératoire :

Dans une capsule en porcelaine séchée et tarée, peser (2 ± 0,02g) de la poudre de lait, placer ensuite l'ensemble dans l'étuve à 103° C pendant 5 heures. Après le refroidissement des capsules avec leurs contenus dans un dessiccateur, procéder au pesage du résidu obtenu.

➤ Expression des résultats :

La teneur en eau s'exprime en pourcentage de masse de produit, elle est donnée par la formule suivante :

$$\text{Humidité \%} = \frac{\mathbf{M - m}}{\mathbf{PE}} \times 100$$

PE : Prise d'essai en gramme.

M: masse en grammes de l'ensemble de la prise d'essai et la capsule avant dessiccation.

m : masse en grammes de l'ensemble de la prise d'essai et la capsule après dessiccation.

III-5-4 Mesure de la matière grasse par méthode acido-butyrométrique dite de Gerber :

La méthode dite de Gerber est une technique conventionnelle qui permet d'évaluer la teneur en matière grasse ou le taux butyreux, qui correspond au nombre de gramme de substance de matière grasse (MG) dans un kilogramme ou un litre de lait (g/l).

➤ Principe :

Le dosage de la matière grasse se fait par la méthode acido-butyrométrique dont le principe est basé sur la dissolution des éléments du produit, excepté la matière grasse par l'acide sulfurique, après centrifugation et l'addition d'une faible quantité d'alcool isoamylique, la matière grasse se sépare des autres constituants.

Le butyromètre est gradué de manière à donner par lecture directe le pourcentage en masse de matière grasse.

➤ Mode opératoire :**• Cas de la poudre de lait écrémé : (NF V04 -346)**

- Introduire 10 ml d'acide sulfurique dans le butyromètre à l'aide d'une pipette graduée.
- Peser ($2,5 \pm 0,05$ g) de la poudre de lait.
- Ajouter 8 ml d'eau à l'aide d'une pipette de ($10 \text{ ml} \pm 0,2 \text{ ml}$).
- Ajouter 1 ml d'alcool isoamylique.
- Centrifuger pendant 5 min.
- Laisser le butyromètre 7 à 8 minutes dans un bain marie.

• Cas du lait reconstitué : (NF V04 -210)

Introduite 10ml d'acide sulfurique dans le butyromètre GERBER, en prenant soin de ne pas mouiller le col. Ensuite on ajoute 11ml de lait en évitant un mélange prématuré du lait avec l'acide sulfurique puis on verse 1ml d'alcool iso-amylique à la surface du lait. Boucher avec soin le butyromètre et faire le mélange par agitation latérale jusqu'à dissolution complète de la matière protéique, puis centrifuger pendant 5mn.

• Cas de fruit : (NF V04 -287)

- Peser 3 à 5g de fruit dans un godet dont les parois sont trouées.
- Fermé le col du butyromètre avec le godet muni d'un bouchon en caoutchouc et contenant la prise d'essai.
- Ajouter l'acide sulfurique ($d = 1.525$) par l'autre extrémité laissée ouverte jusqu'à l'immersion du godet.

- Placer le butyromètre dans un bain-marie à 60°C pendant 5 min, tout en agitant de temps en temps pour faciliter la dissolution de fruit.
- Ajouter 1ml d'alcool iso-amylque.
- Compléter par l'acide sulfurique.
- Fermer le butyromètre et bien agiter avec précaution.
- Centrifuger pendant 5 min à 1130t/min.

➤ **Expression des résultats :**

La matière grasse est bien distincte par rapport aux autres constituants par sa couleur jaune claire et qui représente le surnagent.

Le pourcentage de la matière grasse en masse de produit est donné par la formule suivante :

$$\text{MG (\%)} = n_1 - n_0$$

n_0 : représente la valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne grasse.

n_1 : représente la valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne grasse.

III-5-5 Mesure de l'extrait sec total : (NF V04 -282)

➤ **But :**

La détermination de la matière sèche totale exprimée en pourcentage pondéral du résidu obtenu après dessiccation à (103°C ± 2°C) pendant 5mn.

➤ **Principe :**

La dessiccation par évaporation d'un volume approprié de l'échantillon à analyser, et pesage du résidu obtenu.

➤ **Mode opératoire :**

La teneur en EST est déterminée par une méthode simple, rapide qui donne des valeurs approximatives et qui répond aux exigences de l'unité par l'obtention rapide des résultats.

Le mode opératoire est le suivant :

- Dans une capsule on pèse 2 à 2,5g du produit à analyser et on place l'ensemble dans un four à micro-onde réglé à 31% (105°C) pendant 5 minutes.
- Après refroidissement des échantillons analysés dans un dessiccateur, on procède à une deuxième pesée du résidu obtenu.

➤ **Expression des résultats :**

La teneur en extrait sec totale est donnée par la relation suivante :

$$\text{EST} = (\text{PF} - \text{PI}) \times 100 / \text{PE}$$

Avec :

EST : Extrait Sec Total en g/l.

PF : Poids Final de l'échantillon en g.

PI : Poids de la capsule vide en g.

PE : Prise d'essai en g.

III-5-6 Mesure de l'azote total par la méthode de KJELDHAL : (NF V04 -211).

➤ **Principe :**

Le principe de cette méthode consiste à effectuer une minéralisation par chauffage en présence d'acide sulfurique concentré et d'un catalyseur, cela est suivi d'une alcalinisation des produits de la réaction et d'une distillation de l'ammoniac libéré en présence d'acide borique et d'indicateur (colorant de Tashiro).

➤ **Mode opératoire :**

a- Minéralisation sulfurique : Dans un matras de minéralisation introduire :

- 5g du produit.
- 5 à 6g de catalyseur.
- 20 ml d'acide sulfurique concentré.
- 3 billes de verre.
- Agiter et placer le matras sur le dispositif de chauffage et laisser minéraliser pendant 4 heures jusqu'à l'obtention d'une solution limpide, comme l'indique la figure 22.
- Laissez refroidir pendant 30mn.

Après ces différentes étapes, on déplace le matras qui subira les opérations suivantes ;

- Verser dans le matras refroidi 75ml d'eau distillée qui seront complétés par addition de 80 ml de la solution d'hydroxyde de sodium à 33% à l'aide de l'appareil de distillation.
- L'extrémité de l'appareil est plongée assez profondément dans un erlen-meyer de 300ml contenant 25ml d'acide borique (ce qui permet la fixation de l'ammoniac distillé).
- Mettre le matras en place pour la distillation (voir la figure 23).

b- Titrage :

Après avoir ajouter quelques gouttes d'indicateur coloré, on titre l'ammoniac entraîné par l'acide borique avec la solution hydroxyde de sodium (0,1N), jusqu'à ce que la couleur vire au vert.

- **Expression des résultats :**

La teneur en azote total de la matière sèche est donnée par la réaction suivante :

$$N_{\text{total}} (\text{g}/100\text{g}) = V/M \cdot 0,0014 \cdot 100$$

V : est le volume en millilitre de la solution d'acide versée de la burette lors du titrage.

M : est la masse en grammes de la prise d'essai.

Par convention, la teneur en protéine est obtenue en multipliant la teneur en azote par le coefficient de conversion empirique pour le lait qui est de 6,38 comme rapporté dans la formule suivante :

La teneur en protéines = teneur en azote total x 6,38.
--



Figure 22 : Minéralisateur équipé de matras (originale)



Figure 23 : Distillateur (originale)

III-5-7 Mesure de taux de Brix :**➤ Principe :**

Détermination de la teneur des matières sèches solubles exprimée en degré Brix.

➤ Mode opératoire :

- Appliquer une petite prise d'essai sur le prisme du réfractomètre, en veillant à ce que les prismes soient pressés l'un contre l'autre.
- La prise d'essai couvre uniformément la surface du verre.
- Effectuer la mesure conformément aux instructions opératoires de l'appareil utilisé.

➤ Expression des résultats :

- La lecture est directe et se fait sur le réfractomètre.
- Prendre comme résultats, la moyenne arithmétique de deux déterminations.

III-5-8 Mesure du pH : (NF V04 -316)**➤ Principe :**

Mesurer directement dans le récipient de l'échantillon à l'aide d'un pH mètre.

➤ Mode opératoire :

- Etalonner le pH mètre à l'aide des solutions tampon.
- Régler la température de l'appareil à 20°C.
- Introduire l'électrode dans le récipient contenant l'échantillon.
- Attendre la stabilisation du pH pour effectuer la lecture.

➤ Lecture :

Lire directement les résultats affichés sur le cadran du pH mètre.

III-5-9 Mesure de TA, TAC, TH et Température : (NF T90 -003).**a) Détermination des titres alcalimétriques TA et TAC:**

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bicarbonate HCO_3^- , de carbonate CO_3^{2-} et d'hydroxyde.

➤ Principe :

La détermination de TA et TAC est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence indicateur coloré.

➤ **Définition :**

- **Le titre alcalimétrique ou TA** mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes et de la demi concentration en ions carbonate.

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + 1/2 [\text{CO}_3^{2-}]$$

- **Le titre alcalimétrique complet TAC** correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, le bicarbonate et la demi concentration en carbonates.

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + 1/2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

➤ **Mode opératoire :**

▪ **Détermination de TA :**

- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans un bêcher.
- Ajouter 2 ou 3 gouttes de la solution alcoolique de phénophtaléine :
 - * S'il n'y a pas de réaction : le TA sera nul donc le pH est inférieur à 8,3.
 - * S'il y apparition d'une coloration rose : présence de H₂CO₃ libre à l'état de traces, on verse l'acide sulfurique goutte à goutte jusqu'à décoloration complète de la solution (V₁ : volume d'acide sulfurique en ml pour obtenir le virage).

▪ **Détermination de TAC :**

Sur le même échantillon ayant servi à la détermination du TA :

- Ajouter 2 ou 3 gouttes de méthyle orange : la couleur devient jaune.
- Titrer avec l'acide sulfurique (N/10) jusqu'à ce que le jaune vire à l'orange (pH = 4,3) : un excès de l'acide sulfurique provoque le passage de la couleur au rose orange.
- Soit V₂ : le volume d'acide en ml versé depuis le début du dosage.

➤ **Expression des résultats :**

1. **TA :**

$$\text{TA} = V_1$$

TA : Exprime le titre alcalimétrie en °F.

V₁ : est le volume d'acide sulfurique en ml pour obtenir le virage.

2. TAC :

$$\text{TAC} = V_2$$

TAC : exprime le titre alcalimétrique complet en milliéquivalent par litre.

V₂ : est le volume d'acide sulfurique en ml versé depuis le début du dosage.

1°F : correspond à 10mg de carbonate de calcium ou 0,2 meq/l.

b) Détermination du titre hydrométrique TH :

Le titre hydrométrique indique la teneur totale de l'eau en sel de calcium et magnésium.

La dureté d'une eau est proportionnelle au nombre total d'atome de calcium et de magnésium qu'elle renferme.

$$\text{TH} = [\text{Ca}^{+2}] + [\text{Mg}^{+2}]$$

➤ **Principe :**

Il consiste à doser un échantillon d'eau avec l'éthylène diamine tétra acétique (EDTA) en présence du Noir Eriochrome T (NET) comme indicateur coloré dans un milieu tamponné « pH=10 » ce qui permet d'augmenter l'alcalinité de la solution.

➤ **Mode opératoire :**

- Prélever 50 ml d'eau à analyser dans un bécher.
- Ajouter 2 ml de la solution ammoniacal « pH=10 ».
- Ensuite, additionner quelques gouttes de noir Erichrome.
- Si la couleur vire au bleu, cela indique un TH = 0.
- Si la couleur vire vers le violet, le titrage se fait par la solution EDTA jusqu'à coloration en bleu.

➤ **Expression des résultats :**

Le volume de l'EDTA versé correspond au titre hydrométrique exprimé en degré français « °F ».

$$\text{TH (°F)} = V_{\text{EDTA}}$$

c) Mesure de la température :

La température de l'eau de process est mesurée à l'aide d'un thermomètre. En plongeant ce dernier pendant 5mn dans un bécher contenant 50ml d'eau à analyser.

➤ Expression des résultats :

La lecture de la température s'effectue directement sur la graduation du thermomètre, elle est exprimée en °C.

III-6 Rendement de fabrication :

Le rendement est exprimé en pourcentage (%) qui tient compte premièrement de la qualité de lactosérum évacué durant l'égouttage et deuxièmement de la récupération plus ou moins importante de la matière grasse et des protéines (Vignola, 2002).

Selon Vignola (2002), Il est possible également d'établir un rendement par la formule suivante :

$$\text{Rendement} = \frac{\text{EST du lait} - \text{EST du sérum}}{\text{EST de la pâte} - \text{EST du sérum}} \times 100 = \mathbf{X \%}$$

Le résultat peut être exprimé de la façon suivante :

A partir de 100 litres de lait écrémé, on obtient **x Kg** de pâte écrémée et **100 - X kg** de sérum

Une série d’analyses microbiologiques, physico-chimiques des matières premières, des produits résultants des matières premières, des fruits (fraise et abricot) et du produit fini, nous a permis d’évaluer la qualité de notre produit fromage écrémé additionné de fruit à l’échelle de laboratoire. Nous avons également réalisé des contrôles organoleptiques de la poudre de lait écrémé, de même qu’un contrôle microbiologique complémentaire du personnel, de l’air ambiant et de l’emballage.

I-1 Contrôle organoleptique de la poudre de lait écrémé :

Les résultats du contrôle organoleptique de la poudre de lait écrémé qui entre dans la fabrication du fromage écrémé fruité sont rapportés dans le **tableau X**.

Tableau X : Résultats des différentes caractéristiques organoleptiques de la poudre de lait écrémé :

Type de contrôle	Poudre de lait écrémé		
	Numéro du lot	Résultats	Normes°
Couleur	1	Blanchâtre	Blanchâtres ou légèrement crème
	2		
	3		
	4		
Aspect	1	Homogène : absence d’impuretés, de grumeaux et de parcelles colorées	Absence d’impuretés de grumeaux et de parcelles colorées
	2		
	3		
	4		
Odeur	1	Franc : bon, pas d’odeur de MGLA	Franc
	2		
	3		
	4		
Goût	1	Franc : non caramélisé, non amer avec absence de goût de MGLA	Franc
	2		
	3		
	4		

Normes° exigées par AFNOR (1986).

Les résultats portés dans le **tableau X** concernant les caractéristiques organoleptiques telles que : la couleur, l’aspect, l’odeur et le goût de la poudre de lait écrémé montrent qu’ils sont conformes aux normes établies par AFNOR (1986).

I-2 Résultats des Analyses microbiologiques :

I-2-1 Matières premières :

➤ **La poudre de lait écrémé :**

Tableau X1 : Résultats des analyses microbiologiques de la poudre de lait écrémé

Numéro de lot					
Germes recherchés	01	02	03	04	Normes
Germes totaux à 30°C	Abs	15.10 ²	Abs	4.10 ²	2.10⁵UFC/g ●
Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs	1UFC/g●
Coliformes fécaux : <i>E.coli</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	ND
Clostridium sulfito-réducteurs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs/ g ●
Salmonelles	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs/25 g ○
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	ND
Levures et moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs	<10 UFC/g ○

Normes● : Normes exigées par J.O.R.A n°35 daté du 27 Mai 1998.

Normes○ : Normes établies par ISO in GUIRAUD ,1998 .

ND : Non Déterminée.

Abs : Absence.

Les résultats des analyses microbiologiques de la poudre de lait écrémé, illustrés par le **tableau XI** font ressortir :

- Une absence totale des germes pathogènes, tels que les clostridium sulfito-réducteurs, les salmonelles et les *Staphylococcus aureus*.
- Une absence des indices de contamination fécale a savoir : les coliformes totaux et fécaux, ainsi une absence totale des levures et des moisissures.
- La présence d'une charge microbienne des germes totaux mésophiles au dessous de la norme exigée par le J.O.R.A daté du 27 Mai 1998, avec un taux de 15.10^2 et 4.10^2 UFC/g respectivement pour le deuxième et quatrième lot. Par ailleurs, on note l'absence de celle-ci pour l'échantillon de la poudre de lait écrémé relatif au lot 01 et 03.

Ces résultats indiquent une bonne qualité microbiologique et hygiénique de la poudre de lait écrémé.

➤ **Eau de process :**

L'analyse de l'eau de process fait ressortir les résultats suivants :

Tableau XII : Résultats des analyses microbiologiques de l'eau de process

Echantillons	01	02	03	04	Normes du J.O.R.A
Germes recherchés					
Germes totaux à 30°C	Abs	Abs	Abs	Abs	20 germes/ml
Germes totaux à 22°C	10	Abs	Abs	Abs	<10² germes/ml
Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs	< 10 /ml
Coliformes fécaux : <i>E coli</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs/100ml
Clostridium sulfito-réducteurs	Abs	Abs	Abs	Abs	< 5 spores /20ml
Streptocoques fécaux groupe« D »	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs/50ml

✓ Normes exigées par le J.O.R.A n°35 daté du 27Mai1998.

Abs : Absence

Les résultats des analyses microbiologiques des quatre échantillons de l'eau de process prélevées à partir d'un robinet situé à la base des tanks de stockage montrent une :

- Absence des germes pathogènes notamment les clostridium sulfito-réducteurs.
- Absence des coliformes totaux, des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux du groupe "D". Ces derniers constituent un indice de contamination fécale.
- Absence des germes totaux à 37°C et à 22°C.

Ces résultats indiquent la bonne qualité microbiologique de l'eau de process, répondant ainsi aux critères microbiologiques d'une eau potable.

I-2-2 Produits résultants des matières premières :

➤ **Lait reconstitué :**

Tableau XIII : Résultats des analyses microbiologiques du lait reconstitué

Lait reconstitué	Au niveau du tank B _{9A}	Au niveau du tank B _{26A}	Lait reconstitué pasteurisé		
			A la sortie du pasteurisateur E ₃	A l'entrée du tank E _{10A}	Normes J.O.R.A
Germes totaux à 30°C	8,6.10 ²	7,5.10 ²	Abs	Abs	≤3.10 ⁴ g/ml
Coliformes totaux	2.10 ²	1.10 ²	Abs	Abs	<10/ml
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs/ml
Clostridium sulfito-réducteurs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs/ml
Salmonelles	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs/ml
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs/ml

✓ Normes exigées par le J.O.R.A n°35 daté du 27Mai1998.

- ✓ Tank B_{9A} : Lait non pré pasteurisé.
- ✓ Tank B_{26A} : Lait pré pasteurisé.
- ✓ E₃ : Pasteurisateur à plaques.
- ✓ Tank E_{10A} : Tank de maturation.

Les résultats rapportés dans le **tableau XIII**, relatifs au contrôle microbiologique du lait reconstitué entrant dans la fabrication du fromage écrémé fruité, font ressortir une :

- Absence totale des germes pathogènes à savoir : les clostridium sulfite-réducteurs, les salmonelles et les *Staphylococcus aureus*.
- Absence totale des coliformes fécaux dans les 4 niveaux.
- Présence de flore totale mésophile au niveau du B_{9A}, B_{26A} à un taux moyen de 8.10^2 germes /ml.
- Présence des coliformes totaux au niveau du B_{9A}, B_{26A} respectivement de 2.10^2 et 1.10^2 germes /ml.

La présence des germes totaux aérobies mésophiles et les coliformes totaux au niveau du tank B_{9A} est probablement due :

- A un manque d'hygiène des conduits, des tanks de reconstitution et des ustensiles de travail.
- Au personnel manipulateur.
- A l'ambiance de l'atelier .

A ce niveau, le lait reconstitué n'a subi aucun traitement thermique ce qui explique ces résultats.

Par rapport aux résultats obtenus dans le tank B_{26A}, on note une diminution de la charge microbienne (germes totaux et coliformes totaux), cette diminution est provoquée par l'effet du traitement thermique qui consiste en la pré pasteurisation (65°C).

Les résultats des analyses microbiologiques du lait reconstitué pasteurisé prélevé à la sortie de E₃ et à l'entrée du tank E_{10A} montrent une absence totale des germes recherchés.

Cette absence serait due à l'efficacité de la pasteurisation réalisée à 85-90°C pendant 15 secondes, permettant ainsi l'élimination de la totalité de la charge microbienne recherchée et également à une grande maîtrise d'hygiène au niveau des conduites jusqu'à l'entrée du lait au tank de maturation E_{10A}.

➤ Lait maturé et la pâte écrémée :

Tableau XIV : Résultats des analyses microbiologiques du lait maturé et la pâte écrémée

Produits Germes recherchés	Lait maturé après thermisation	Pâte écrémée	Normes
Coliformes totaux	Abs	Abs	<10 germes/g
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs
Salmonelles	Abs	Abs	Abs
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	Abs	Abs
Levures	Abs	Abs	<10² germes/g
Moisissures	Abs	Abs	Abs

✓ Normes exigées par le **J.O.R.A.** n°35 daté du 27 Mai 1998.

Les résultats illustrés par le **tableau XIV** relatifs au contrôle microbiologique du lait maturé et la pâte écrémée, font ressortir une :

- Absence total des germes pathogènes à savoir : les salmonelles et les *Staphylococcus aureus*.
- Absence des coliformes totaux et des coliformes fécaux.
- Absence des levures et moisissures.

Cette absence totale révèle que les deux produits étudiés ont une bonne qualité microbiologique. Ces résultats ont été obtenus grâce à une hygiène du matériels et des locaux .

On note également l'efficacité des traitements thermiques appliqués sur les différentes matières premières.

I-2-3 Fruits :

Tableau XV : Résultat des analyses microbiologiques des fruits « Fraise, abricot »

Echantillons	Fraise	Abricot	Normes
Germes recherchés			
Germe totaux 30°C	Abs	Abs	<100/g
Coliformes totaux 37°C	Abs	Abs	Abs/g
Coliforme fécaux 44°C	Abs	Abs	Abs/g
<i>Staphylococcus aureus</i> 37°C	Abs	Abs	Abs/g
Clostridium sulfite réducteur à 46°C	Abs	Abs	Abs/g
Levures et Moisissures 22°C	Abs	Abs	Abs/g

✓ Normes fixées selon la fiche technique de JURA

Ces fruits (fraise et abricot) sont souvent considérés comme une source probable de contamination ; cependant nos résultats indiquent une absence totale de micro-organismes à savoir la flore totale, les germes pathogènes ou les levures et moisissures.

Ainsi, l'ensemble des constituants entrant dans la fabrication, présente une bonne qualité pour la fabrication du fromage écrémé fruité.

I-2-4 Produits finis :

Tableau XVI : Résultats des analyses du suivi microbiologiques du produit fini a 6°C.

Germes recherchés	produits	J0	J4	J8	J12	J16	J20	J24	J28	J32	J36	Normes
Coliformes Totaux	Fraise	Abs	<10 germes/g									
	Abricot	Abs										
Coliformes fécaux	Fraise	Abs	Abs/g									
	Abricot	Abs										
Salmonelle	Fraise	Abs	Abs/25g									
	Abricot	Abs										
<i>Staphylococcus aureus</i>	Fraise	Abs	Abs/g									
	Abricot	Abs										
Levures	Fraise	Abs	50	100	<10 ² germes/g							
	Abricot	Abs	10	60								
Moisissures	Fraise	Abs	Abs/g									
	Abricot	Abs										

✓ Normes exigées par le **J.O.R.A.**n°35 daté du 27 Mai 1998

Les résultats des analyses du suivi microbiologiques du produit fini, illustrés par le **tableau XVI** révèlent sa bonne qualité microbiologique. En effet, l'ensemble des produits est conforme aux normes. Cette conformité se caractérise par l'absence totale des germes recherchés à savoir les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les salmonelles, *Staphylococcus aureus*, les levures et les moisissures à l'exception des deux derniers prélèvements où nous avons noté la présence des levures pour la fraise et l'abricot.

La présence des levures est due à la diminution du pH au cours de la conservation, rendant le milieu défavorable au développement microbien, à l'exception des levures et des moisissures qui le tolèrent. Les bonnes conditions de son stockage à savoir le respect de la température de conservation fixée à 6°C influent négativement sur le développement des autres germes. (Vignola, 2002)

I-2-5 Analyses microbiologiques du personnel :

Tableau XVII : Résultats des analyses microbiologiques du personnel

Date de prélèvement	03 / 04 / 2014				10 / 04 / 2014				17 / 04 / 2014				24 / 04 / 2014			
Personnel	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
Germes																
Germes totaux	+	+	+	++	+	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+	++
Coliformes totaux	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-
Coliformes fécaux	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

P₁, P₂ : Préparateur

P₃, P₄ : Techniciens de machines

+

: Présence

++

: Présence moyenne

D'après les résultats du contrôle microbiologique effectué sur les mains du personnel, par le prélèvement de leurs empreintes digitales sur milieu gélosé approprié, illustrés par le **tableau XVII**, on note :

- Une présence des germes totaux aérobies mésophiles chez le personnel qui a fait l'objet d'un contrôle par quatre prélèvements fait ressortir une charge microbienne moyenne dans les deux premiers prélèvements.
- Une présence des coliformes totaux uniquement pour le personnel relatif au 3^{ème} prélèvement et 4^{ème} prélèvement (techniciens de machine).

De ces résultats, il ressort une qualité microbiologique acceptable du personnel manipulateur objet de l'étude vue l'absence des germes indicateurs de contamination fécale.

I-2-6 Analyse microbiologique de l'air ambiant :

Tableau XVIII : Résultats des analyses microbiologiques de l'air ambiant

Date de prélèvement	03 / 04 / 2014				10 / 04 / 2014				17 / 04 / 2014				24 / 04 / 2014			
Lieu / Germes	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄
Germes totaux	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	++	++	++	+	++
Levures	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-
Moisissures	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-

+ : Présence.

++ : Présence moyenne

L₁ : Voisinage du tank de reconstitution **B**_{9A}.

L₂ : Voisinage du pasteurisateur de la pré pasteurisation.**B**₁₆.

L₃ : Voisinage du pasteurisateur de la pasteurisation.**E**₃.

L₄ : Voisinage du tank d'ensemencement.**E**₁₀.

Les boîtes de pétrie contenant un milieu approprié pour les différents germes, sont exposées à l'air ambiant au voisinage des structures à contrôler pendant 10 à 15 minutes. La lecture des résultats obtenus illustrés par le **tableau XVIII**, révèle une qualité hygiénique acceptable ; ceci résulte de :

- La présence des germes totaux aérobies mésophiles au niveau de tous les endroits objet de contrôle, avec une forte contamination relative à l'ambiance du quatrième lieu.
- La présence remarquable des levures surtout dans les deux premiers lieux.
- La présence de moisissures pour le 2^{ème} et 4^{ème} échantillons et uniquement à l'endroit E₃ dans le premier et le troisième échantillons étudiés.

I-2-6 Analyse microbiologique de l'emballage :**Tableau XIX : Résultats des analyses microbiologiques de l'emballage**

Emballage Germes recherchés	01	02	03	04
Germes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs
Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs
Coliformes fécaux : <i>E.coli</i>	Abs	Abs	Abs	Abs
Levures	Abs	Abs	Abs	Abs
Moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs

D'après les résultats des analyses microbiologiques de l'emballage, on note une absence totale des germes recherchés à savoir : les germes totaux aérobies mésophiles, les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les levures et les moisissures, ce qui indique une bonne qualité

microbiologique. L'utilisation de cet emballage pour le conditionnement des produits finis peut se faire sans aucun risque.

I-3 Résultats des analyses physico-chimiques :

I-3-1 Matières premières :

➤ Poudre de lait écrémé :

Tableau XX : Résultats des analyses physico-chimiques de la poudre de lait écrémé

Paramètres étudiés \ Numéro de lot	01	02	03	04	Normes °
Acidité (°D)	17	16	17	18	15 - 17
MG (%)	Trace	Trace	Trace	Trace	0,7 - 1,5
Humidité (%)	2,50	2,16	2,80	3,26	2,25 - 4

Normes° : Normes exigés par AFNOR (1986) chapitre chimie III

Les résultats obtenus lors des différentes analyses physico-chimiques des quatre lots de la poudre de lait écrémé rapportés dans le **tableau XX** montrent :

- Une conformité de l'acidité titrable aux normes, pour l'ensemble des poudres de lait écrémé, sauf que l'on note une légère augmentation de l'acidité titrable pour le lot n° 04 par rapport aux normes. Cette augmentation de l'acidité titrable peut être due à la présence des micro-organismes qui auraient fermentés le lactose présent dans la poudre pré-citée en produisant de l'acide lactique.
- Une conformité du taux de MG aux normes exigées par AFNOR (1986) pour les 4 lots étudiés.
- Une conformité de la teneur en eau (Humidité) aux normes, pour l'ensemble des poudres de lait écrémé, sauf pour le 2^{ème} lot, où le taux de l'humidité est égale à 2.16, légèrement en dessous de la normes, ceci est probablement due à un séchage excessif au cours de la fabrication.

Les bonnes conditions de fabrication, de transport et de stockage ont eu un effet positif sur la qualité de la poudre de lait.

➤ **Eau de process :**

L'eau utilisée pour la reconstitution du lait est une eau de forage, celle-ci a subi une série de traitement d'épuration aboutissant à une eau potable. Les résultats des analyses physico-chimiques sont résumés dans le **tableau XXI** :

Tableau XXI : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de process

Echantillons					
Paramètres étudiés	01	02	03	04	Normes °
TA (°F)	0	0	0	0	0
TAC (°F)	20	22	25	24	20 - 28
TH (°F)	16	20,5	18	25	25 - 35
Température (°C)	20	20	22	19	< 25
pH	7,3	7,5	7,51	8	6,5 - 8,5

Normes° : Normes internes de l'unité LBT.

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de process tels rapportés dans le **tableau XXI** relatif aux quatre échantillons étudiés, révèlent :

- Une conformité de l'eau de process aux normes concernant le titre alcalin (TA), le titre alcalin complet (TAC) exprimés en degré français (°F), la température et le pH, exception faite pour le TH dont les valeurs trouvées sont comprises entre 16 et 25°F donc en dessous des normes internes de l'unité LBT.
- Cette non conformité du TH est probablement dû à l'adoucissement poussé de l'eau de forage avec la résine au niveau de la station de traitement de l'unité, selon l'OMS (1981-1991) un tel TH demeure sans influence sur la santé du consommateur.

I-3-2 Produits résultants des matières premières :

➤ Lait reconstitué :

Tableau XXII : Résultats des analyses physico-chimiques du lait reconstitué

Lait reconstitué Paramètres étudiés	Au niveau du tank B _{9A}	Au niveau du tank B _{26A}	A la sortie du pasteurisateur E ₃	A l'entrée du tank E _{10A}	Normes*
Acidité (°D)	16,5	15	15	15	14-18
Densité (g/cm ³)	1033	1032,8	1032,2	1032	<1036
MG (%)	Trace	Trace	Trace	Trace	0
EST (g/l)	92,18	91,54	91,10	91,01	91-93

- Normes internes de l'unité L.B.T

D'après les résultats obtenus on remarque :

- Une conformité de l'acidité titrable du lait reconstitué avant et après pasteurisation aux normes établies par l'unité.
- Une densité du lait reconstitué comprise entre 1032g/cm³ et 1033 g/cm³, celle-ci est en relation directe avec les teneurs en EST du lait reconstitué correspondant respectivement aux valeurs 91,01g/l et 92,18g/l. D'après Mathieu (1998), la densité du lait augmente avec sa richesse en matière sèche dégraissée.
- Une conformité du taux de l'EST aux normes fixés par la laiterie.
- Aucune présence de matière grasse n'est décelée parmi les différents prélèvements analysés.

➤ Activité fermentative :

Les résultats de l'activité fermentative illustrés par la figure 24, montrent que pour les quatre premières heures l'existence d'une phase de latence. La présence de cette dernière s'explique par le temps nécessaire à la multiplication des bactéries lactiques.

Dés la cinquième heure, on constate une diminution du pH se traduisant par une transformation du lactose en acide lactique grâce à l'activité fermentative. Cette activité est arrêtée lorsque le pH atteint une valeur de 4,8 qui correspond à une acidité de 70°D.

Nos résultats sont comparables à ceux portés par la fiche technique des ferments lactique (Annexe 4), indiquant ainsi une bonne activité fermentative.

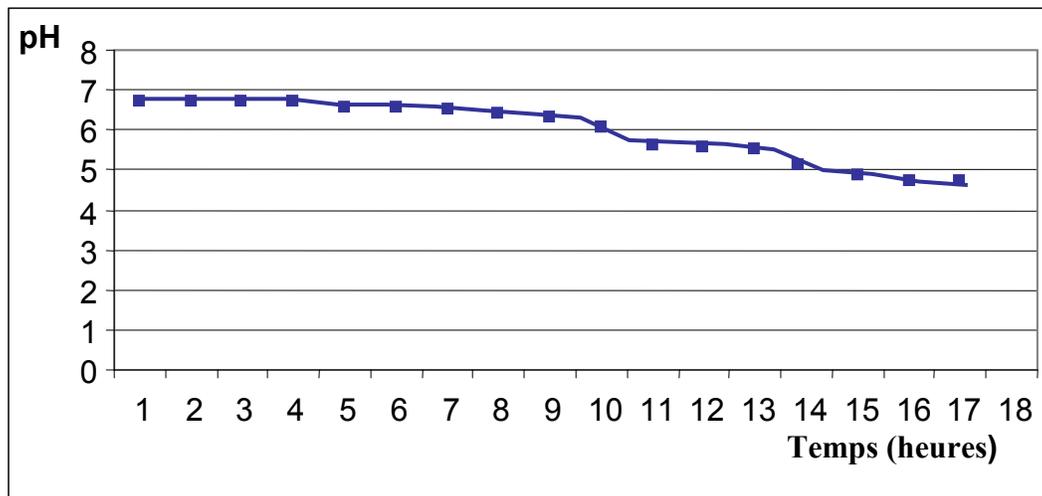


Figure 24 : Résultat de l'activité fermentative

➤ **Le lait maturé, la pâte écrémée et le lactosérum :**

Tableau XXIII: Résultats des analyses physico-chimiques du lait maturé, de la pâte écrémée et du lactosérum.

Produits	Lait maturé		Pâte écrémée		Lactosérum	
	Résultats	Normes	Résultats	Normes	Résultats	Normes
Acidité titrable (°D)	70	70 - 80	–	–	50°D	50-57°D
pH	–	–	4,8	–	–	–
EST (%)	9,1	9,1-9,3	14,03	14-17%	5,8	5,6-6,4%
Taux des protéines (g/l)	–	–	13	–	2,7	–

✓ Normes internes de l'unité LBT

D'après les résultats des analyses représentés dans le **tableau XXIII**, on remarque :

- Avant l'égouttage, le lait maturé présente une conformité aux normes. La comparaison entre l'acidité du lait maturé (70°D) et celle du lait reconstitué (15°D), révèle une augmentation qui est due à la transformation du lactose en acide lactique sous l'activité des ferments lactiques mésophiles.
- Après l'égouttage du caillé, le lactosérum obtenu présente une acidité de 50°D. Cette valeur résulte d'une faible acidité du lait maturé 70°D qui se situe à la limite inférieure de la norme.

Pour l'extrait sec total du lactosérum on constate qu'il se situe dans la norme, avec un taux de protéine de 2,7 g/l.

La pâte présente une teneur en protéine de 13 g/l et un extrait sec total de 14,03% qui se situe à la limite inférieure de la norme établie par la laiterie, ceci est dû à une récupération d'une certaine quantité de lactosérum ayant un faible EST et qui rend la pâte légère et fluide.

La comparaison entre l'extrait sec total du lait reconstitué écrémé (EST = 9.1%) et celui de la pâte écrémée (14,03%) montre une importante augmentation due à la contraction du gel et l'exsudation du lactosérum.

I-3-3 Fruits :

Tableau XXIV : Résultats des analyses physico-chimiques des fruits

Fruits Paramètres	Fraise	Abricot	Normes
pH	3,9	4,1	3,8 ± 0,2
MG (%)	0	0	-
EST (%)	46,59	50,51	-
Taux des protéines (g/l)	3,6	3,7	-
Taux de brix (%)	45,6	46	47 ± 2

✓ Normes fixées selon la fiche technique de JURA (voir annexe 4)

D'après les résultats illustrés par le **tableau XXIV** on note :

- Une conformité du pH et du taux de brix aux normes fixées par la fiche technique des deux fruits.

- Une absence totale de la matière grasse pour les deux fruits.
- Une teneur de l'EST de 46,59% pour la fraise et 50,51% pour l'abricot.
- Un taux de protéines de 3,6 % pour la fraise et 3,7 % pour l'abricot.

I-4 Résultats du calcul de rendement de la pâte :

Les résultats du calcul de rendement des deux pâtes sont illustrés dans le tableau ci-dessous.

- Exemple de calcul : Echantillon 1

$$\text{Rendement \%} = \frac{9,1 - 6,1}{17 - 6,1} \times 100 = 27,52 \%$$

A partir de 100 litres de lait écrémé, on obtient 27,52 Kg de pâte écrémée et 72,47 Kg de lactosérum.

Pour 10 000 litres de lait écrémé, on obtient 2752Kg de pâte et 7247 Kg de lactosérum

Tableau XXV : Calcul de rendement

Paramètres (%) Echantillons	EST de lait écrémé (%)	EST de lactosérum (%)	EST de la pâte écrémée (%)	Rendement (%)
Echantillon 1	9,1	6,1	17	27,52
Echantillon 2	9,1	5,8	14,03	40,09

Les valeurs du rendement illustrées dans le **tableau XXV**, montrent un rendement remarquable de 40,09 Kg d'une pâte ayant un EST=14,03 % pour l'échantillon 2, ce qui nous a permis de gagner une quantité de 12,57 Kg par rapport à l'échantillon 1 qui a donné 27,52 Kg de pâte.

Du point de vue économique, l'échantillon 2 est plus économique car il permet d'avoir un bon rendement par la récupération d'une certaines quantités du lactosérum .

I-5 Résultats du suivi de la stabilité du produit fini à 6°C :

Un suivi de la stabilité du produit fini (fraise et abricot), a été effectué pendant une période de 36 jours, avec 4 jours d’intervalle entre chaque prélèvement depuis le jour de la fabrication. Les résultats obtenus sont les suivants :

I-5-1 Résultats des analyses du pH :

Les moyennes arithmétiques des résultats des analyses du pH des produits finis (Fraise et Abricot) sont présentées dans le **tableau XXVI**.

Tableau XXVI : Résultats des analyses du pH du produit fini

jours Produits	jours										Normes d'entreprise
	J ₀	J ₄	J ₈	J ₁₂	J ₁₆	J ₂₀	J ₂₄	J ₂₈	J ₃₂	J ₃₆	
Fraise	4.57	4.54	4.52	4.49	4.47	4.45	4.44	4.41	4.40	4.38	4.7 – 4.4
Abricot	4.69	4.65	4.63	4.57	4.52	4.50	4.47	4.42	4.41	4.37	4.7 – 4.4

✓ Normes d'entreprise concernant les fromages frais fruités

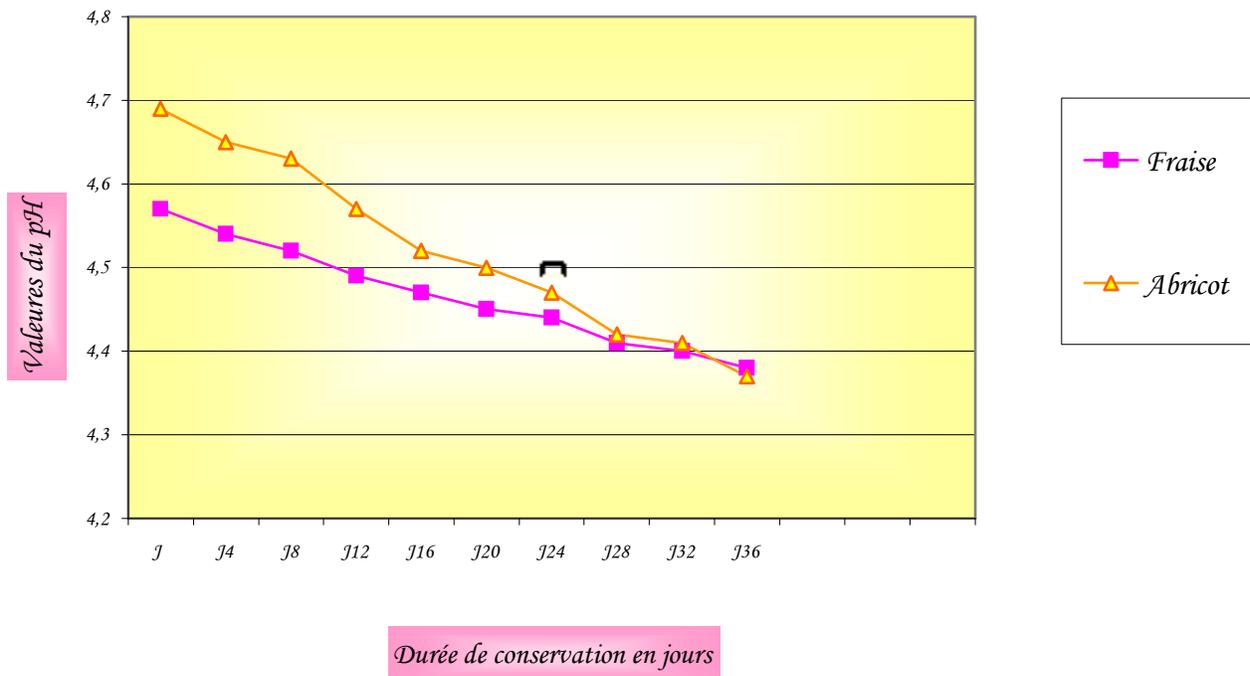


Figure 25 : Résultats des analyses du pH

- Les résultats des analyses du pH des deux produits fraise et abricot, indiquent une diminution depuis le jour J₀ (Fraise : 4,57 et Abricot : 4,69) jusqu'au jour J₃₆ (Fraise : 4,38 et Abricot : 4,37).

- Il est à signaler que le pH reste dans les normes jusqu'à J₃₂ au-delà on remarque que les deux produits sortent de l'intervalle des normes, cela peut être l'effet de l'acide citrique apporté par le fruit et d'une production d'acide lactique suite à la dégradation du lactose, provoquant ainsi une altération physico-chimique du produit.

- Les valeurs du pH du fromage écrémé fraise présentent une baisse bien avant que celles de l'abricot, due au pH initial de la fraise qui est assez bas (pH=3,9) tel qu'il est mentionné dans sa fiche technique (Annexe 4).

I-5-2 Résultats des analyses de l'extrait sec total :

Les moyennes arithmétiques des résultats des analyses de l'extrait sec total en pourcentage des deux produits finis sont résumées dans le **tableau XXXI**.

- ❖ Le choix de l'EST du produit fini est fait selon la norme AFNOR (1986) concernant les fromages régimes, dont la matière sèche minimale est de 18 %.

Tableau XXVII : Résultats des analyses de l'EST (%).

Jours										
	J₀	J₄	J₈	J₁₂	J₁₆	J₂₀	J₂₄	J₂₈	J₃₂	J₃₆
Produits										
EST Fraise	21,52	21,46	21,3	21,28	21,26	21,22	21,19	21,15	20,6	20
EST Abricot	22,09	22,01	21,89	21,80	21,78	21,7	21,64	21,6	21,1	20,7

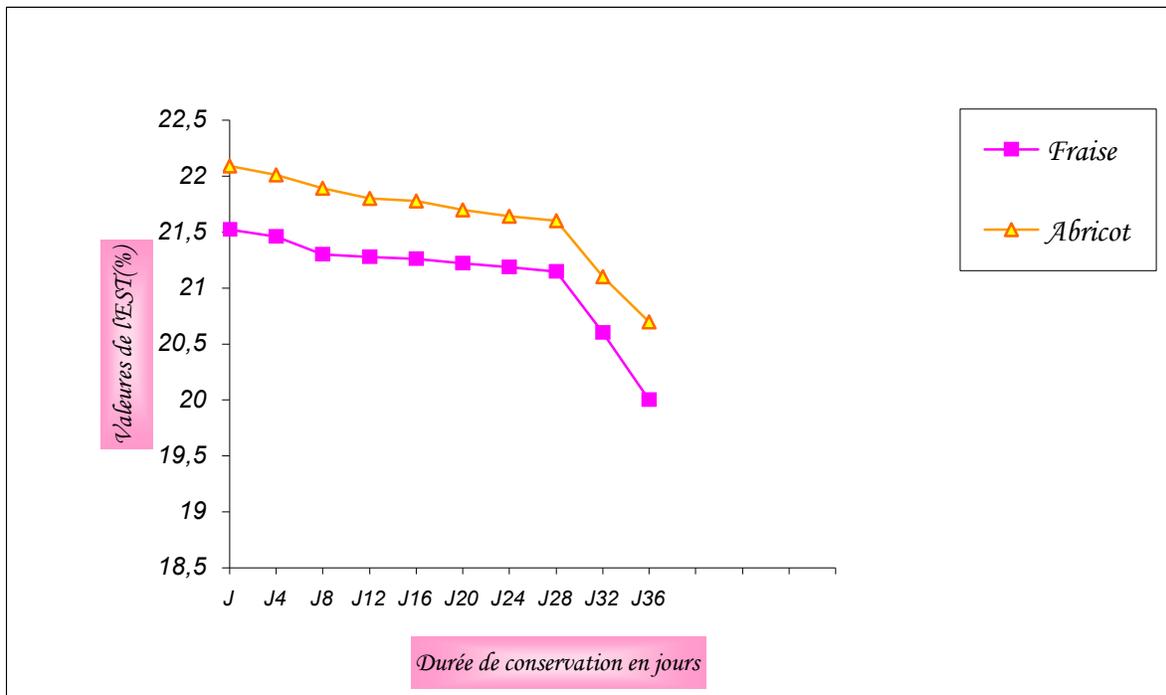


Figure 26 : Résultats des analyses de l'Extrait Sec total (EST) %.

On constate une légère baisse des valeurs de l'EST depuis le J₀ jusqu'à J₂₈ et qui devient brusque de J₂₈ à J₃₆ pour chaque catégorie de produit. Cette légère baisse serait probablement due à une protéolyse, car d'après Veisseyre (1979) et Colin et *al.*, (2002), les bactéries lactiques, bien qu'elles ne soient pas protéolytiques dans le lait, les deviennent dans les fromages en dégradant la caséine.

I-5-3 Résultats des analyses de la teneur en protéines :

La teneur en protéines a été mesurée le jour de la fabrication J₀ et aux jours J₁₈ et J₃₆.

Tableau XXVIII : Résultats des analyses de la teneur en protéines g/l

Produits	jours		
	J ₀	J ₁₈	J ₃₆
Fromage écrémé fraise	13,7	13,5	13,2
Fromage écrémé abricot	13,8	13,74	13,63

Les résultats de la teneur en protéines illustrés par le **tableau XXVIII**, montrent une légère diminution depuis le jour **J₀** jusqu'au **J₃₆**. Cette diminution est due à une protéolyse.

D'après Veisseyre (1979) et Colin et *al.*,(2002), le principal indice d'une bonne consistance d'un fromage est sa teneur en protéines coagulantes.

Ainsi, on note que le produit est nutritionnel vue sa richesse en protéines par comparaison à celle du fromage frais fruité qui est de 10g/l.

La fabrication du fromage écrémé et fruité objet de notre travail a été réalisé sur la base de la sélection de certains paramètres technologiques pour l'obtention d'un produit de bonne qualité physico-chimique, microbiologique et organoleptique. Ces paramètres englobent l'acidité du lait mûri 70°D (pH = 4,8) et la vitesse de séparation (4400 tr/mn) permettant l'obtention d'une pâte ayant un EST= 14,03 %.

Les matières premières, les produits intermédiaires, les fruits et le produit fini ont fait l'objet d'un contrôle rigoureux (qualité physico-chimique, microbiologique et organoleptique) à différents niveaux de la chaîne de fabrication. Un suivi de la stabilité a été effectué sur une période de 36 jours à partir de la date de fabrication.

Les résultats des différents contrôles de la qualité du fromage écrémé et fruité font ressortir certains aspects appréciables de notre produit :

- Une bonne qualité organoleptique de la poudre de lait écrémé.
- Une bonne qualité microbiologique et physico-chimique de la poudre de lait écrémé et de l'eau de process.
- Une qualité microbiologique et physico-chimique satisfaisante des produits obtenus à partir des matières premières tels que le lait reconstitué avant et après sa pasteurisation, le lait mûri, le lactosérum et la pâte écrémée.
- Une conformité par rapport aux normes des résultats des analyses physico-chimiques de fruits associée à une absence totale des germes recherchés.
- Une bonne qualité microbiologique de l'emballage qui se traduit par une absence totale des germes recherchés.
- Une qualité microbiologique acceptable du personnel de la laiterie (absence des germes de contamination fécale).
- Une qualité microbiologique acceptable de l'air ambiant, due à la présence moyenne des germes totaux mésophiles pour l'ambiance relative au 1^{er} échantillon, ainsi qu'une présence de levures et de moisissures pour l'ensemble des échantillons étudiés.

Ces résultats associés aux différentes observations au cours de notre étude nous amène à donner une attention particulière aux bonnes pratiques de fabrication.

Le fromage écrémé fruité que nous avons mis au point dans la laiterie de Beni Tamou nous a permis d'obtenir :

- Un produit d'une valeur protéique remarquable à partir de la récupération du lactosérum.
- Un produit d'une valeur énergétique moins élevée due l'élimination de la matière grasse représentée par la crème fraîche.
- Un produit ayant une remarquable stabilité physico-chimique et microbiologique durant une période de «32jours » dépassant la DLC des fromages frais fruités (20-28 jours).

Ce produit destiné à une certaine catégorie de consommateurs (qui ont des problèmes de poids et d'excès de cholestérol), de par sa qualité nutritionnelle et sa qualités physico-chimique, microbiologique et sensorielle doit inciter les industriels en agro-alimentaire à fabriquer ce produit pour satisfaire cette catégorie de consommateurs.

Recommandations

A l'issue de notre travail et suivant les résultats obtenus, nous estimons utile de citer les recommandations ci-après:

- ❖ De donner une attention particulière aux bonnes pratiques de fabrication
- ❖ L'automatisation de la production (Utilisation du système HACCP)

Cependant, les résultats obtenus lors de cette étude méritent d'être mieux confirmés par des études plus approfondies visant:

- ❖ Une étude rhéologique
- ❖ Un dosage des différents composants du fromage écrémé fruité (lactose, sels minéraux...), pour pouvoir quantifier la vraie valeur nutritionnelle et énergétique apportée par ce produit.
- ❖ Séparation par chromatographie des constituant volatiles pour l'identification de ceux qui sont responsables de la flaveur.

Références bibliographiques

- 📖 Abdili. N ; 2009 : Valorisation du lactose et du lactosérum en acide succinique par fermentation bactérienne. Mémoire présentée à la faculté des études supérieures de l'Université Laval dans le cadre du programme de maîtrise en microbiologie agricole. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation. Université Laval Québec.
- 📖 Abalain. S ; 2005 : "Préparations de fruits frais et surgelés pour applications laitières", Production et changes. SIAS MPA GROUPE PERNOD RICARD (Créteil, 94).
- 📖 AFNOR ;1986 .Association française de normalisation ; Recueil des normes française, Contrôle de qualité, 3eme édition.Paris :AFNOR-ITSV .p 1030.
- 📖 Anonyme ; 2000 : Manuel de transformation du lait « chapitres 2, 14, 17 ».
- 📖 Anonyme ; 2001 : Lait et produits laitier dans la nutrition humaine FAO 1995, Rome.
- 📖 Anonyme ;2006 : Site : [http://www.perso.wanadoo.fr/bernard.venis/agriculture algérienne](http://www.perso.wanadoo.fr/bernard.venis/agriculture_algerienne).
- 📖 Beal. C et Sodini I ; 2003. Fabrication des yaourts et des laits fermentés, ed. Doc. Français 6315; pp16.
- 📖 Bergey.A ;2004. Manuel de la systématique bactérienne. Ed RE Buchanan and N.E Gibbons,pp600.
- 📖 Bourgeois. C.M ; 1996 : Microbiologie alimentaire (Tome2), Aspect microbiologique de la sécurité et qualité des aliments, pp 272, 292. Ed Lavoisier, Paris.
- 📖 Bourgeois C.M et Leveau J.Y ; 1991. Techniques d'analyse et de contrôle dans les IAA : le contrôle microbiologique, 2^{ème} édition, ed : Techniques et documentation – Lavoisier ; Tome 3 ; pp454 : 338 - 448.
- 📖 Britten.M ; 2003. Le lait source d'ingrédients performants et versatiles. Journal of agriculture and agri-food, Canada.pp :1233-1246.
- 📖 Carole ; 2001 : Science et technologie du lait : Transformation du lait, Ed Poly Tech, Montréal
- 📖 Colin.O, Laurent. F, Vignon. B, 2002. Variations du rendement fromager en pâte molle. Relations avec la composition du lait et les paramètres de la coagulation. Lait, p : 307-319.
- 📖 Colleau, JJ, Mocquot, Jc, Barillet, F, 2002. Evolution de la sélection des espèces laitières en France. Renc. Rech. Ruminants, ,4 : 163-170.
- 📖 Divet. L et Schulhof P ; 1999. Le traitement des eaux, 1^{ère} édition, Presses universitaires de France ; p : 29, 91-92.

- 📖 Drider.D et Prevost. H, 2009. *Bactéries lactiques, Physiologie, Métabolisme, Génomique et Applications industrielles*, Economica. chap. II (« Métabolisme des bactéries lactiques, les acides aminés»), p 593.
- 📖 Duval.C ; 2008 : Analyse chimique d'eau et ses application. pp :230
- 📖 FAO/INPHO ; 1998 Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine .Rome : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture : p 5, 22, 50, 52, 55-57.
- 📖 FAO/OMS ; 2001. Codex alimentarius : lait et produit laitiers, 2^{ème} édition, ed FAO/OMS ; pp 136 : 117-123.
- 📖 Gana S et Touzi A. (2001) : Valorisation du lactosérum par la production de levures lactiques avec les procédés de fermentation discontinue et continue. Rev.Energ. Ren, 1: 51-52
- 📖 Germonville. A ; 2001 : Techniques de l'ingénieur, Traité agro-alimentaire, volume F1.
- 📖 Green. ML et Moraut. SV ; 2000 : In Initiation à la technologie fromagère, Ed Tec et Doc Lavoisier, Paris.
- 📖 Gripon. J.C , Desmazeaud M.J, Lebars D et Bergere J.L ; 1975.- Etude du role des microorganisme et des enzymes au cours de la maturation des fromages.II. Influence de la présure commerciale. Le lait, 55, 508-516.
- 📖 Guiraud. J.P ; 1998 : Microbiologie alimentaire, Ed DUNOD, Paris Tome2, pp 652: 116.139.
- 📖 Hermier, Lenoir.J, Weber.F ; 1992 : Les groupes microbiens d'intérêt laitier, C.E.P.I.L.PP 559.
- 📖 Ireland .J, Favier.J-C et Feiuberg.M ; 2002 : Répertoire générale des aliments. Tome 2 : «Produits laitiers». 2^{ème} édition, INRA – Lavoisier.
- 📖 ISO, 1981 : Méthodes microbiologique pratique : Dérivés des méthodes internationales ; Alger.
- 📖 J.O.R.A ; 1998. Arrêté interministériel N°35 daté du 27 Mai 1998.Criteres microbiologiques des laits et produits laitiers.
- 📖 Jinjarak. S, Olabi. A, Flores. RJ, Sodini. I et Walker. JH; 2006 : Sensory Evaluation ofWhey and SweetCream Buttermilk, J. Dairy Sci. 1:2441.
- 📖 Kosikowskif.v ; 1979. Utilisation du lactosérum et produits a base de lactosérum. Revue laitière n° 372, p : 305-309.
- 📖 Larpent J.P ; 1997. Microbiologie alimentaire : technique de laboratoire, ed : Techniques et documentation – Lavoisier ; pp 1073 : 15-17, 704.

- 📖 Leconte. P ; 1991 : Facteurs de coagulation du lait par voie enzymatique .Revue des ENIL n°150, p : 19 -22.
- 📖 Lebres. M, Azizi. D, Hamza. H et Taleb. F ; 2001 : Manuel des travaux pratiques : Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments, Institut Pasteur d'Algérie.
- 📖 Le Jaouen ; 2003. La fabrication des fromages .Ed: Technipel, Paris.7ème re-édition p. 210
- 📖 Leveau. J.P et Bouix. M ; 1993 : Microbiologie industrielle : Les microorganismes d'intérêt industrielle, Ed Tec et Doc Lavoisier.
- 📖 Luquet. F.M ; 1990. Lait et produits laitiers : vache, brebis, chèvre .Les produits laitiers : Transformation et technologies, ed : Techniques et documentation –Lavoisier, 2^{ème} édition, Tome2 ; pp637 :3-56.
- 📖 Luquet F.M et Deroissart H ; 1994 Bactéries lactiques .Tome 2 : Aspects fondamentaux et technologiques .Uriage : Lorica ; pp614.
- 📖 Mahaut. M., Romain. J, Brulé. G et Schuck. P ; 2000 : Les produits industriels laitiers,ed Technique et Documentation- Lavoisier.
- 📖 Mahaut. M, Jeantet.R, Brulé.G ; 2003 : Initiation à la technologie fromagère, ed Tec et Doc Lavoisier, Paris.
- 📖 Malégeant. J-Y ; 1998 : Initiation à la physico-chimie du lait. Technique et Documentation- lavoisier.
- 📖 Mathieu. J ; 1998. Guide technologique dans les industries Agroalimentaires : initiation à la physico-chimie du lait, ed. Techniques et documentation – Lavoisier ; pp 215 : 25, 178-183.
- 📖 Merck. E ; 1974. Analyse de l'eau. Dermastadt (Allemagne, Fédérale); pp 188.
- 📖 Mercenier.A, Muuler-Alouf.H et Grangette.C ; 2004. Lactic bacteria.Curr Issues Mol Biol. P : 17-20.
- 📖 Mereo. V ; 1990. Les utilisations industrielles de sérum de fromagerie, revue laitière française n°365.
- 📖 Multon. J-L ; 1994. La qualité des produits alimentaires : Politique, incitations, gestion et contrôle. Paris : Techniques et documentation Lavoisier ; pp 754 : p 1- 6, 10, 17, 18, 698, 707.
- 📖 OMS ; 1981-1990. Guide pratique pour l'eau potable et assainissement sub-urbain.
- 📖 Patel. M.C Lund D.B, Olson. NF (1990) : Initiation à la technologie fromagère, Ed Tec et Doc Lavoisier, Paris.
- 📖 Petrausxiene. R, Lapiéd ; 1981 : Qualité bactériologique du lait et des produits laitiers. Analyse des tests pp 55 – 72. Lavoisier, Paris.
- 📖 Ramet. J.P et Hardy J 1997. Les enzymes coagulantes en fromagerie ; pp538 : 517, 524.

- 📖 Rodier. J et Luquet J ; 1991. La composition des sérums, revue laitière française n°323.
- 📖 Schuck P. BouhallabS., Durupt D., Vareille P., Humbert J.P., Marin M., 2004 : Séchage des lactosérums et dérivés: rôle du lactose et de la dynamique de l'eau .Lait., pp268.
- 📖 Simopoulos. A. P. et Salem. N Jr ; 2002. Fats in eggs from range-fed Greek chickens. New England Journal of Medzecine, 321: 1412.
- 📖 Veisseyre. R ; 1979 : Technologie du lait, ed la maison rustique, Paris.
- 📖 Vignola. C-L ; 2002 : Science et technologie du lait. «Transformation du lait». Ecole polytechnique de Montréal.