

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Spécialité : Production et transformation laitière



Réf :

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

MASTER

Thème

*Valorisation de yaourt périmé par
élaboration de la poudre de lait*

Présenté par :

AMGHAR Yamina & BENIDJER Kahina

Soutenu le :14 Juillet 2022

Devant le jury composé de :

M^{me} BOULEKBACHE L

Présidente

M^{elle} BRAHMI F

Encadreur

M^{me} GUEMGHAR H

Examinatrice

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

Nous tenons à remercier tout d'abord Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

*Nos remerciements vont également à notre encadreur **M^{lle} : Tatíha BRAHMI** pour sa compétence, disponibilité, patience et gentillesse. Pour son soutien, ses conseils et son aide dans notre travail. Nous vous adressons nos remerciements les plus chaleureux.*

Nous adressons nos remerciements les plus respectueux aux membres du jury pour le grand honneur qu'il nous fait en acceptant d'examiner ce mémoire.

*Nos remerciements vont également au responsable de laboratoire d'analyses instrumentales **Mr Derrahí Youcef**. Il nous a constamment soutenues, conseillés et aidés dans notre travail*

Enfin, nous sommes très reconnaissants à tous ceux qui ont apporté une aide de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Dédicaces

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

*A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de
vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.*

*A mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien,
surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien
n'entrave le déroulement de mes études*

*A ma chère sœur « Zineb » qui n'a jamais cessée de me
soutenir*

A ma meilleure copine « Wassila »

*A mon soutien moral et source de joie et de bonheur mon
meilleur ami « Hichem » pour l'encouragement et l'aide qui
m'a toujours accordé.*

*Enfin, je remercie mon binôme, Kahina, qui a contribué à la
réalisation de ce modeste travail.*

YAMINA

DÉDICACES

« En vérité, le chemin importe peu, la volonté d'arriver suffit à tout »

Albert camus

A mon père BENIDJER Aoumar: Tu as été pour moi un exemple, ton intelligence, ton pacifiste fait de toi un homme sans pareil. Ce travail n'est rien d'autre le fruit de tant d'années d'efforts que tu m'as consacré et retrouve dans cet œuvre tout ce que je n'ai pas su te dire, je t'aime pour le meilleur et pour le pire. Merci encore saches que suis fière de toi et de porter ce nom.

A ma mère ROUMAN Nouara: Quand je pense et lorsque je prie pour toi, j'ai toujours des larmes aux yeux, maman suis ravie d'être le fruit de tes entrailles, tu es une femme respectueuse, indépendante, dynamique plein d'amour et qui a cet esprit de partage. Il a fallu que je sois loin de toi pour me rendre compte que tu es exceptionnelle. Merci de tout cœur.

A toutes mes sœurs : Malika, Nassima. Vous m'aviez toujours soutenu durant les moments pénibles : je tiens à vous dire combien j'ai été choyée de faire partie de cette adorable famille.

A nos regrettés

& à tous les disparus de la famille

Que la terre vous soit légère et que Dieu vous accueille dans son paradis éternel.

Kahina

Table des matières

Table des matières

Liste des tableaux

Liste de figures

Liste des abréviations

Introduction01

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le yaourt

I.1.Historique02

I.2. Définition..... 02

I.3. Composition du yaourt.....02

I.4. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques.....03

I.4.1.Intérêts nutritionnels.....03

I.4.1.2.Amélioration de l'absorption du lactose.....03

I.4.1.3.Amélioration de la digestibilité des protéines.....04

I.4.1.4.Amélioration de la digestibilité des matières grasses.....04

I.4.2.Effetstherapeutiques.....04

I.4.2.1.Activité antimicrobienne.....04

I.4.2.2.Stimulation du systèmeimmunitaire04

I.4.2.3.Action anti-cholestérolémiante.....04

I.4.2.4.Activité anti carcinogène05

I.5. Bactéries caractéristiques du yaourt.....05

I.5.1. Caractéristiques générales des bactéries du yaourt.....05

I.5.2. Comportement associatif des bactéries du yaourt.....06

Chapitre II : Poudre du lait définition, caractéristique

II.1. Historique.....07

II.2. Définition..... 07

II.3.Composition.....07

II.4.Processus de fabrication.....08

II.4.1. Séchage.....	08
II.4.1.1. Séchage sur cylindre.....	09
II.4.1.2. Séchage par atomisation.....	09
II.4.2. Différence entre les deux procédés.....	10
II.4.3. Lyophilisation.....	10

Chapitre III : Transformation des produits périmés

III.1. Définition.....	13
III.2. Voies de valorisation des sous-produits animaux.....	13
III.2.1. Lait et lait fermenté périmés.....	13
III.2.2. Poudre de yaourt à haute densité en ferments lactiques.....	15
III.2.3. Applications du yaourt périmé.....	16
III.2.4. Fromage périmé.....	17
III.2.4.1. Préparation et caractéristique de la poudre provenant de Fromage périmé.....	17
III.2.4.2. Préparation et caractéristiques de la poudre provenant du fromage Gouda périmé.....	18
III.2.4.3. Du fromage avarié recyclé en produits frais.....	18
III.3. Fabrication et caractéristiques du savon.....	18
III.4. Transformation des déchets laitiers pour la nutrition des plants de blé.....	19
III.5. Transformation des produits laitiers périmés en tissus.....	19

Etude expérimentale

Chapitre IV : Matériel et méthodes

IV. Matériels et méthodes analytiques.....	22
IV.1. Matières premières.....	22
IV.2. Paramètres physico-chimiques.....	22
IV.2.1. Mesure du pH.....	22
IV.2.2. Acidité titrable.....	23
IV.2.3. Densité.....	23

IV.2.4. Taux d'humidité (%).....	24
IV.2.5. Degré Brix.....	24
IV.2.6. Paramètres sensoriels et organoleptiques.....	25
IV.2.7. Test de stabilité.....	25
IV.2.8. Variation du PH et de l'acidité du lait à différents températures en fonction du temps.....	27
IV.2.9. Epreuve au bleu de méthylène.....	27

Chapitre V : Résultats et discussion

V. Caractéristiques de la poudre du lait « LOYA » et de la poudre de yaourt périmé.....	29
V.1. Analyses physico-chimiques.....	29
V.1. 1 .1. pH.....	29
V.1. 1 .2. Acidité.....	30
V.1.1.3. Densité.....	30
V.1.1.4. Humidité.....	31
V.1.1.5. Degré de Brixet indice de réfraction.....	31
V.1.1.6. Paramètres sensoriels et organoleptiques.....	32
V.1.1.7. Tests de stabilités.....	33
V.1.1.8. Évolution du pH et d'acidité du lait à différentes températures en fonction du temps.....	33
V.1.1.9. Epreuve au bleu de méthylène.....	38
V.2. Analyse comparative des deux types de poudre du lait.....	38
Conclusion.....	40

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste des abréviations

ADEME : Acronyme de l'agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie

AV.-JC : Avant Jésus-Christ

DLC : Date Limite de Consommation

DLUO : Date Limite d'Utilisation Optimale

°C : Degré Celsius

CO₂ : Dioxyde de Carbone

FAO : Food and Agriculture Organisation

EDPF : Expired dairy products fat

NaOH : Hydroxyde de Sodium

n : Indice de Réfraction

JORA : Journal Officielle République Algérienne

EDPP : Expired dairy products powder

Ufc/g : Unité Formant Colonie Par Gramme

Liste des figures

N° de Figure	Titre	Page
01	Photographie relative à une publicité sur le yoghourt et kéfir par l'entreprise 1919 (Danone)	02
02	Schéma illustrant les interactions de <i>S. thermophilus</i> et <i>Lb.bulgaricus</i> culture mixte dans le lait	06
03	Cycle des différentes étapes de la production de la poudre de lait	08
04	Schéma des quatre principaux composants d'un lyophilisateur typique, avec une enceinte, panneau de commande, condenseur et pompe à vide	10
05	Préparation de poudre de produits laitiers périmés	15
06	la fibre du lait pour fabriquer des tissus	19
07	Evolution de l'acidité titrable au cours de l'incubation à 20° C en fonction du temps	34
08	Évolution du pH au cours de l'incubation à 20°C en fonction du temps	34
09	Évolution de l'acidité titrable au cours de l'incubation à 37°C en fonction du temps	35
10	Évolution du pH au cours de l'incubation à 37°C en fonction du temps	36
11	Évolution de l'acidité titrable au cours de l'incubation à 55°C en fonction du temps	36
12	Évolution du pH au cours de l'incubation à 55°C en fonction du temps	37

Liste des tableaux

N° de Tableau	Titre	Page
I	Valeur nutritionnelle pour 100 g du yaourt	03
II	Caractéristiques de <i>Streptococcus thermophilus</i> et <i>Lactobacillus bulgaricus</i> .	05
III	Compositions du lait en poudre (en %).	08
IV	Technique de séchage la plus utilisée dans le milieu industriel.	11
V	Paramètres sensoriels effectués pour la poudre du lait.	25
VI	Qualification des laits en fonction des tests de réduction.	28
VII	Résultats des paramètres physico-chimiques du « LOYA » et de la poudre de yaourt périmé.	29
VIII	Résultats des paramètres sensoriels effectués pour les poudres des laits.	32

Introduction



En 2020, le code de l'environnement a été complété par des textes de loi qui prévoient de prévenir et réduire la production de déchets (**Godard, 2020**). Dans le secteur agroalimentaire, les entreprises tendent à augmenter les déchets générés lors de la transformation de produits ou liés au gaspillage. Face à cet enjeu, les industries et les collectivités doivent être plus efficaces en termes de gestion et de valorisation des déchets (**Balet, 2016**).

La filière lait a fait preuve d'une remarquable résilience pendant la pandémie de COVID-19. Alors que le caractère périssable du lait frais liquide et des produits laitiers frais les rendait particulièrement vulnérables aux perturbations des chaînes d'approvisionnement (**FAO, 2021**).

En Algérie, les besoins en lait et en produits laitiers sont considérables avec une consommation moyenne de 110 litres de lait par habitant et par an, l'élevage ne couvre même pas le tiers de cette consommation. La production laitière en Algérie régulièrement croissante depuis les années 80 est très faiblement intégrée à la production industrielle des laits et dérivés (**Mamine et al., 2018**).

Les produits laitiers périmés sont des matières riches en carbone organique et en éléments essentiels, et ils doivent être recyclés et transformés pour réduire la pollution de l'environnement, En raison de leur importance en tant qu'aliment humain (**SaifAlharbi et al, 2021**).

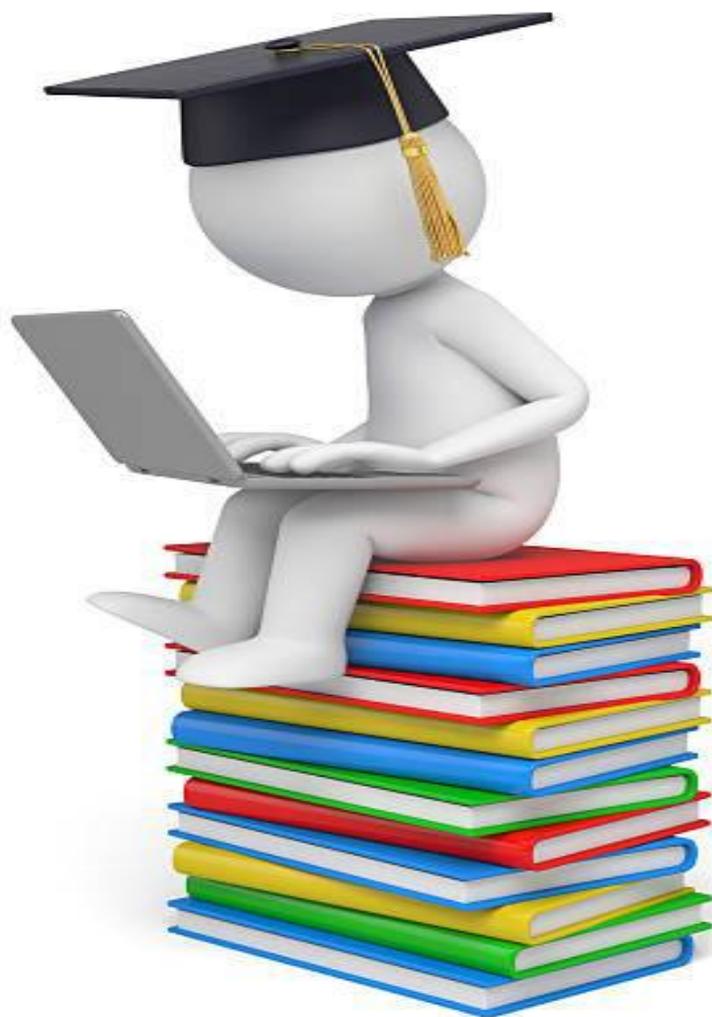
Par conséquent, dans ce présent travail nous avons essayé d'élaborer une poudre de lait à partir d'un yaourt périmé. Notre recherche a été réalisée au niveau de laboratoire d'analyses instrumentales de l'université de Bejaia.

A cet égard, notre travail est reparti en deux sections :

Une partie théorique qui est constituée de trois chapitres : le premier porte sur les généralités sur yaourt, alors que le deuxième chapitre apporte la poudre de lait, définition et caractéristiques, puis le troisième est consacré à la transformation des produits laitiers périmés.

Une partie pratique dans laquelle nous avons décrit le matériel et les méthodes utilisés ainsi que les résultats obtenus relatifs aux analyses physico-chimiques du lait reconstitué tout en comparant ceux-ci avec la poudre de lait « LOYA » commercialisée, puis aux normes requises.

Synthèse bibliographique



I.1. Historique

Certainement le lait fermenté été consommé en Mésopotamie, en Palestine et en Égypte dès le néolithique, mais il n'existe pas de preuves directes de cette consommation. Plus tard, au premier siècle AV. J.-C., Pline l'Ancien fait mention de leur production par les tribus barbares qui savent épaissir le lait en une matière d'une agréable acidité et cite ce produit comme étant une essence divine et comme remède à de nombreux maux (**Bourliouet al., 2011**).

Les produits fermentés sont connus sous le terme de yaourt ou yogourt ou yoghourt dans les pays occidentaux. C'est en 1925 que les mots « yaourt » ou « yoghourt » ont fait leur entrée officielle dans le Petit Larousse. Le premier est d'origine grecque, le second d'origine turque (yoghourt) (**Bourlioux, 2007**).



Figure 01 : Photographie relative à une publicité sur le yoghourt et kéfir par l'entreprise 1919 (Danone).

I.2. Définition

A partir du lait frais ou du lait pasteurisé (concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec), le yaourt est un produit laitier coagulé par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, avec ou sans addition de lait en poudre, poudre de lait écrémé, etc. (**Mahaut et al., 2005**). Au moment de la consommation du yaourt, les bactéries présentes doivent être encore vivantes et la teneur en ces ferments viables, à la commercialisation, doit être supérieur à 10^7 germes / g de produit (**Burillard et al., 2016**).

I.3. Composition du yaourt

Le lait est la principale matière première pour la fabrication des yaourts. Le lait de vache est constitué d'environ 88% d'eau et de 12% de matière sèche totale, il contient des glucides, des protéines, des lipides et des minéraux, (**Douaner, 2018**).

D'autre part, il est possible d'utiliser soit du lait entier, soit du lait partiellement ou totalement écrémé où les taux en matière grasse sont respectivement de 3,5%, 1% et 0%, la composition du yaourt en différents nutriments est donnée dans le Tableau I.

Tableau I : Valeur nutritionnelle pour 100g du yaourt (Guiraud P. 1998)

Nutriments	Quantités
Protéines	4,44 g
Lipides	3,23 g
Glucides	4,63 g
Eau	85,9 g
Fibres	0 g
Vitamine B2	0,223 mg
Vitamine B12	0,306 µg
Calcium	167 mg
Potassium	219 mg
Cuivre	0,1 mg
Zinc	0,39 mg

I.4. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques

Les produits laitiers fermentés sont largement consommés et présentent des caractéristiques nutritionnelles et probiotiques bien spécifiques (Serra et al., 2009 ; Sodini et Béal, 2012).

I.4.1. Intérêts nutritionnels

Un pot de yaourt nature possède la même valeur nutritive qu'un verre de lait (Jeantet et al., 2008). Au cours de la fermentation, la composition du lait subit quelques modifications biochimiques, physico-chimiques et sensoriel, dont certaines améliorent sa valeur nutritionnelle et thérapeutique (Serra et al., 2009 ; Sodini et Beal, 2012).

I.4.1.1. Amélioration de l'absorption du lactose

Les bactéries lactiques vivantes dans le yaourt permettent une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactase. Les ferments lactiques synthétisent la β -galactosidase capable d'hydrolyser le lactose, cette enzyme serait libérée dans l'intestin grêle

et exercerait une activité qui permettrait l'hydrolyse du lactose pendant au moins deux heures (Jeantet et al., 2008).

I.4.1.2. Amélioration de la digestibilité des protéines

Le yaourt est plus digeste que le lait non fermenté et contient deux fois plus d'acides aminés libres, cette propriété résulte du traitement thermique, de l'acidification et de l'activité protéolytique des bactéries lactiques (Jeantet et al., 2008).

I.4.1.3. Amélioration de la digestibilité des matières grasses

Bien que l'activité lipolytique des bactéries lactiques soit peu élevée, une augmentation significative de la teneur en acides gras a été constatée dans le yaourt. De plus, l'homogénéisation améliore la digestibilité en augmentant la surface des globules gras (Jeantet et al., 2008).

I.4.2. Effets thérapeutiques

I.4.2.1. Activité antimicrobienne

Le yaourt joue un rôle défensif contre les infections gastro-intestinales, cette action est due aux bactéries lactiques qui produisent des substances antimicrobiennes (Lucas et al., 2004). L'effet antimicrobien principal exercé par ces bactéries résulte de la production d'acides organiques principalement l'acide lactique, qui conduit à la diminution du pH inhibant le développement de microorganismes pathogènes (Jeantet et al., 2008). En plus de l'acide lactique, les bactéries lactiques ont la capacité de synthétiser d'autres métabolites notamment le peroxyde d'hydrogène, le diacétyl et les bactériocines (Ababsa, 2012), qui jouent le rôle de bio conservateur du produit.

I.4.2.2. Stimulation du système immunitaire

Les bactéries probiotiques (lactobacilles ou bifidobactéries) du yaourt exercent un effet immuno-régulateur (régulation de la fonction immunitaire), sa consommation entraîne la production d'interférons et d'immunoglobulines, ainsi que l'activation des lymphocytes B (Jeantet et al., 2008).

I.4.2.3. Action anti-cholestérolémiant

Dans le plasma le taux élevé de cholestérol est souvent associé à l'apparition de maladies cardio-vasculaires. Il a été rapporté que le taux de cholestérol sérique diminue suite

à la consommation de produits laitiers fermentés, malgré un apport alimentaire important en cholestérol (Jeantet et al., 2008).

I.4.2.4. Activité anti carcinogène

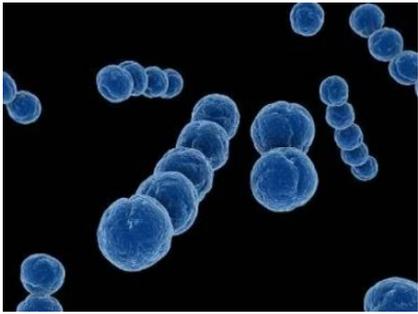
Les bactéries modifient les enzymes bactériennes à l'origine de carcinogène (indicateur de cancer) dans le tube digestif, inhibant ainsi la formation des substances précancéreuses (Jeantetetal., 2008).

I.5. Bactéries caractéristiques du yaourt

I.5.1. Caractéristiques générales des bactéries du yaourt

Les caractéristiques des deux bactéries lactiques du yaourt sont énumérées dans les tableaux ci-dessous :

Tableau II : Caractéristiques de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*.

<i>Streptococcus thermophilus</i>	Référence	Photographie (Anonyme 1)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cocci, Gram⁺, anaérobie facultative, non mobile ; ▪ Dépourvue d'antigène du groupe D, thermorésistante, sensible au bleu de méthylène (0,1%) et aux antibiotiques ; ▪ Température optimale de croissance 40-50°C ; ▪ Homofermentaire, fermente le lactose du lait en acide lactique, pouvoir acidifiant, augmente la viscosité du lait. 	<p>Ibelhoulen et Debiche, 2015</p>	
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Référence	Photographie (Anonyme 2)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bacille Gram⁺, catalase négative, immobile, en forme de bâtonnets, homofermentaire stricte ; ▪ Elle possède un très large spectre de température optimale de croissance, entre 30 et 40 °C et un pH optimal entre 5,5 et 6,2. 	<p>Drider et prévost, 2009</p>	

I.5.2. Comportement associatif des bactéries du yaourt

Streptococcus thermophilus est stimulé par *Lactobacillus bulgaricus* grâce à l'activité protéolytique de ce dernier, qui libère des acides aminés. En retour, *Streptococcus thermophilus* fournit de l'acide formique et du CO₂ qui vont stimuler la croissance de

Lactobacillus bulgaricus (Béal et Sodini, 2012). La figure 02 illustre le comportement associatif de *L. bulgaricus* et *S. thermophilus*.

Il existe une synergie entre les deux bactéries, *S. thermophilus* est stimulé par l'apport d'acides aminés et de petits peptides provoquant l'activité protéolytique de *L. bulgaricus*, cette stimulation est attribuée à l'acide formique, l'acide pyruvique et le dioxyde de carbone produit par *S. thermophilus*. Les deux espèces microbiennes sont micro aérophiles et vivent en symbiose, elles se développent en association (appelée protocoopération) ayant un intérêt à la fois d'ordre technologique et nutritionnel (Jeantet et al., 2008).

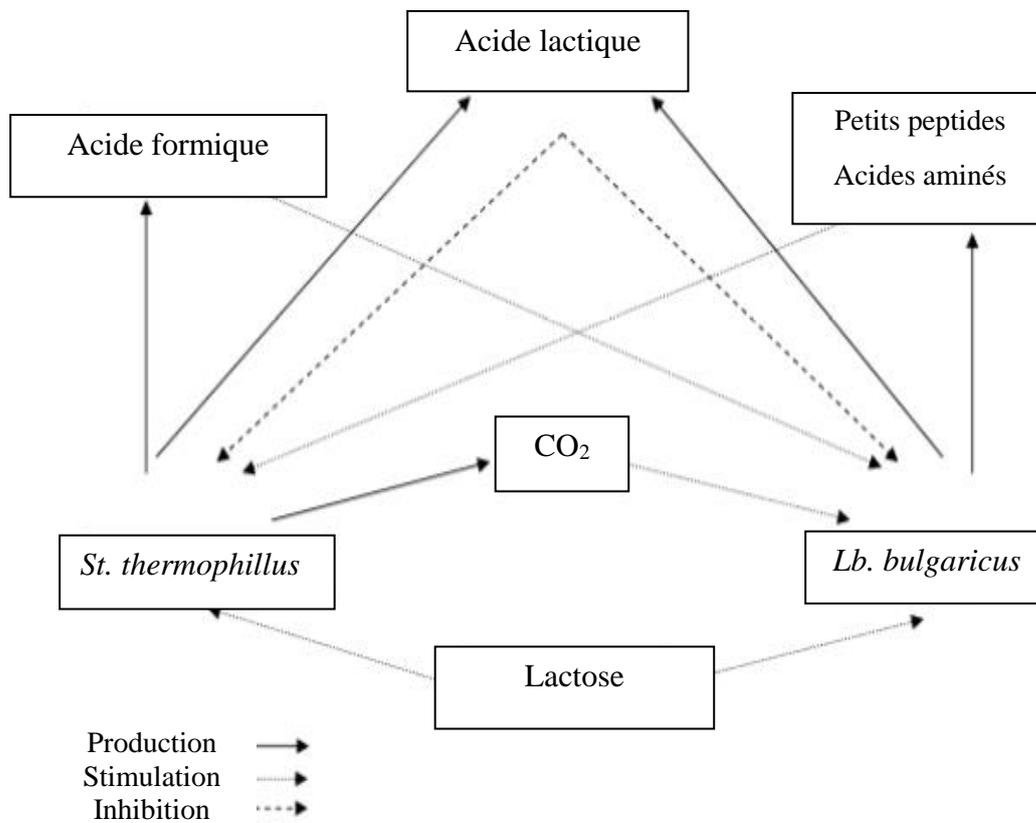


Figure 02 : Schéma illustrant les interactions de *S. thermophilus* et *Lb. bulgaricus* culture mixte dans le lait (Jeantet et al., 2008).

II.1. Historique

La poudre de lait est aussi appelé lait en poudre, lait déshydraté, lait évaporé ou lait à dissolution instantanée. Ce produit fut mis au point en plusieurs étapes au cours du XIX^{ème} siècle. C'est en 1805 qu'Antoine Augustin Parmentier a procédé à la première tentative de séchage intégral du lait et en 1856 l'Anglais Grimwade se lançait lui aussi. Dans les deux cas, les poudres obtenues se délayaient mal dans l'eau. Ce n'est que dans les dernières années du XIX^{ème} siècle que l'Américain Just Hatmaker mit au point la technique de séchage sur cylindre, beaucoup plus satisfaisante (CNIEL 2018).

II.2. Définition

A l'origine, les poudres laitières ont été produites pour faciliter le transport et pour réduire le cout de stockage du lait. Les poudres laitières sont composées de molécules à très hautes valeurs ajoutées et sont couramment incorporées dans divers formulations agroalimentaires ou pharmaceutiques pour leurs intéressantes propriétés technofonctionnelles. En effet, la transformation du lait en poudre permet l'élimination d'une grande quantité d'eau et donc, réduit le volume initial du lait. De plus cette transformation permet de stocker et de stabiliser le lait pendant une longue période de conservation (environ 2 ans à température ambiante) sans une importante perte de sa qualité (Zouari, 2019).

II.3. Composition

Trois catégories de poudre du lait sont distinguées, entier, partiellement écrémé et totalement écrémé dont la composition est donnée sur le tableau II. Aux termes de la norme FAO 2018, ils peuvent recevoir des additifs alimentaires (stabilisants, émulsifiants, anti agglomérations) dans certain conditions.

Le tableau III, illustré la composition des différents types de poudre du lait.

Tableau III : Compositions du lait en poudre (en %) (FAO, 2008).

Composants	Lait en poudre entier	Laits en poudre demi-écrémé	Lait en poudre écrémé
Matières grasses	26 – 40	1,5 – 26	≤ 1,5
Eau (maximum)	5	5	5

II.4. Processus de fabrication

II.4.1. Séchage

L'action de séchage est onéreuse pour les industriels, sa rentabilité n'est généralement justifiée que pour de grandes capacités de production (allant de 10 à 50 ×10 kg de lait cru par jour) (Zouari, 2019). La figure ci-dessous montre les différentes étapes de la production de la poudre de lait.

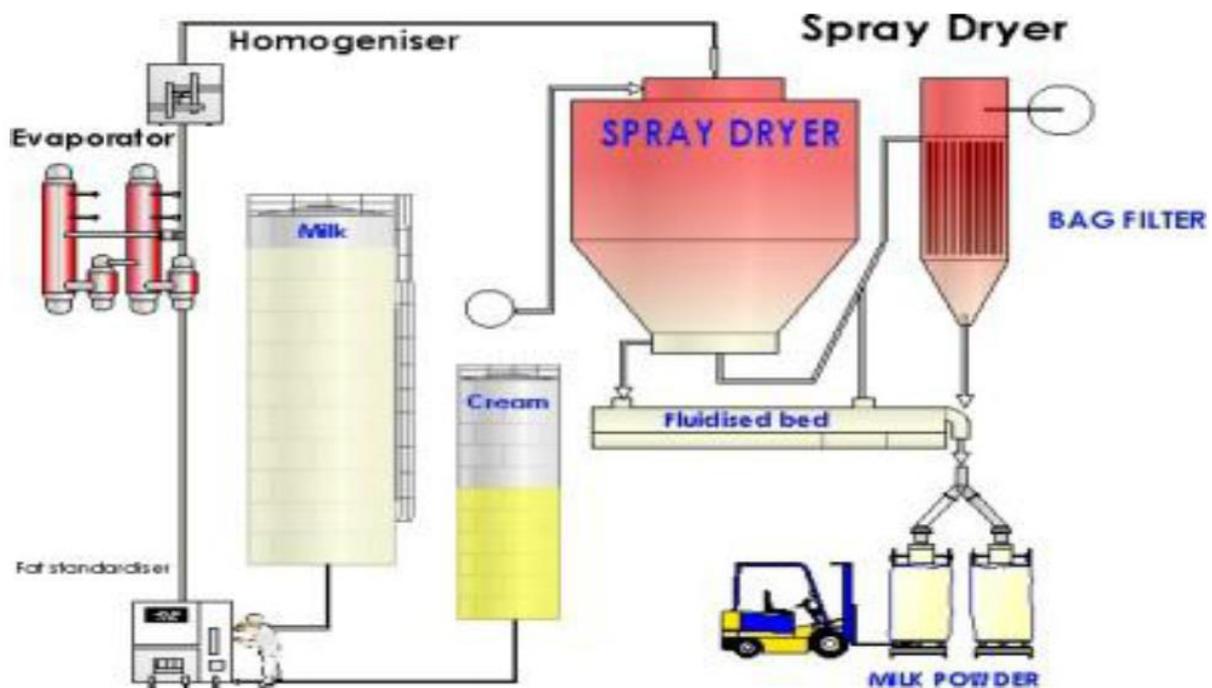


Figure 03 : Cycle des différentes étapes de la production de la poudre de lait (Soy, 2011).

Ils existent différents types de séchage afin de produire différents types de poudre de lait (Kim et al., 2006), parmi eux :

II.4.1.1. Séchage sur cylindre

Le séchage par cylindres chauffants (« *roller process* » ou séchage sur rouleaux) est un procédé de séchage par ébullition. L'évaporation de l'eau est proportionnelle à l'apport de chaleur latente de vaporisation. Cet apport est déclenché par conduction, au contact du produit à partir d'une surface chauffée (Fit, 2018).

L'appareil utilisé dans le cadre d'un procédé de séchage roller comprend deux cylindres rotatifs, installés l'un près de l'autre, à axes horizontaux. Ces cylindres sont chauffés de l'intérieur par la vapeur d'eau. Le produit, sous forme liquide (plus ou moins pâteux) est versé entre les deux cylindres (tournant dans des sens inverses). Une pellicule se forme alors sur les cylindres. Après s'être desséchée rapidement, elle est détachée des rouleaux avec un outil racleur. La vapeur d'eau éliminée est évacuée par aspiration à l'aide d'une hotte située au-dessus des cylindres (Taleb, 2017).

II.4.1.2 Séchage par atomisation

Le séchage par pulvérisation ou « *spray process* » est la technologie la plus utilisée en industrie laitière. Il consiste à pulvériser le produit à sécher (sous forme liquide ou en suspension) dans un courant de gaz chaud, il s'ensuit une déshydratation rapide. Ce procédé est également considéré comme un séchage par entraînement. Placer un corps humide dans un flot de gaz (air par exemple) chaud et sec crée entre eux un gradient de température et de pression partielle d'eau (Zouari, 2019).

Trois types de pulvérisateurs peuvent être utilisés : la turbine centrifuge, les buses sous pression de liquide, la buse bi-fluide. L'air atmosphérique est aspiré à travers des filtres adaptés aux conditions locales et au produit à sécher. L'air peut être chauffé de deux manières : par chauffage direct (électricité ou gaz) ou indirect (vapeur, huile, gaz). Il existe deux principes de séchage par atomisation : Une atomisation « simple effet » ou « un temps » qui implique un temps de séjour très court dans la tour de séchage (de 20 à 60 secondes). Une atomisation « multiple » ou « deux temps » qui implique un temps de séjour plus long (quelques minutes) et se rapproche ainsi de l'équilibre thermodynamique. Les avancées technologiques en matière de séchage par atomisation ont permis de nombreuses améliorations : notamment des performances, de la qualité produit, du rendement thermique, de l'encombrement du matériel, des rejets atmosphériques. Le séchage spray permet de répondre aux besoins qualitatifs actuels de l'industrie laitière (Fit, 2018).

II.4.2. Différence entre les deux procédés (séchage sur cylindre et par atomisation)

La poudre obtenue par le procédé des cylindres, a une consistance en paillette, une couleur plus ou moins jaune, le lactose est à l'état cristallin, la caramélisation et le brunissement non enzymatique sont avancés (Makambalan'deke, 2012).

En ce qui concerne la poudre obtenue par le procédé de pulvérisation, elle est moins jaune que la précédente et le lactose est amorphe (Anonyme 3).

II.4.3. Lyophilisation

La lyophilisation est un procédé de séchage à froid permettant de retirer l'eau contenue dans un produit (Figure 4). La lyophilisation, autrefois appelée cryodessiccation se réalise en deux étapes : congélation du produit puis sublimation (Cryotec, 2022), la figure 06 montre les différentes parties constitutives d'un lyophilisateur. Cette dernière se fait en maintenant le produit sous vide à une température basse, le produit ainsi obtenu est appelé lyophilisat. Le terme "lyophile" signifie en grec "ami des solvants", en effet le lyophilisat ayant une structure très poreuse présente une grande affinité pour les solvants aqueux. Cette structure lui permet le plus souvent de se dissoudre ou de se laisser pénétrer par un solvant avec une grande rapidité (Hedoux, 2013). Pour obtenir de nouveau le produit initial, une 3^{ème} étape de réhydratation est nécessaire.

L'objectif premier de la déshydratation des systèmes biologiques est l'inhibition des réactions chimiques et biochimiques avec pour conséquence le passage de ces systèmes dans un état inerte, appelé vie latente. Le produit déshydraté est ainsi considérablement plus stable que lorsqu'il était hydraté, ce qui facilite sa conservation (Desorby, 2018).

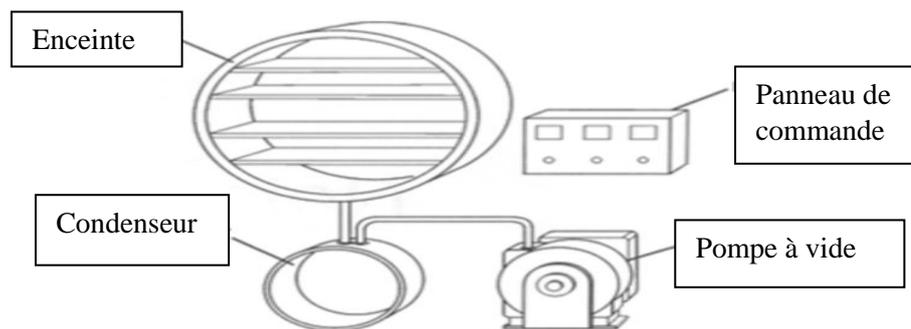


Figure 04 : Schéma des quatre principaux composants d'un lyophilisateur typique, avec une enceinte, panneau de commande, condenseur et pompe à vide (Anonyme 4).

Dans le tableau qui suit, sont montrées les différentes caractéristiques d'un lyophilisateur en bloc.

Tableau IV : Techniques de séchage la plus utilisée dans le milieu industriel.

Technologie	Principe	Avantages	Inconvénients	Référence
Lyophilisateur (en bloc ou par atomisation)	Réduction de la teneur en eau par sublimation	<ul style="list-style-type: none"> - Pas ou peu de réactions d'altérations (biochimique ou microbiologique) Assure la stabilité des composés thermosensibles. - Réhydratation rapide de la poudre (jusqu'à 6 fois plus que les procédés de concentration). - Rétention d'arôme. - Peut-être appliqué aux matrices solides. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vitesse de séchage lente (temps de séjour 30 à 40 heures) à l'exception de la lyophilisation par atomisation. - Coût d'investissement élevé. - Consommation élevée d'énergie (jusqu'à 8 fois plus que les procédés de concentration). - Application restreinte au produit à haute valeur ajouté. 	(Zouari, 2019)

La lyophilisation se fait en deux étapes la congélation et la dessiccation :

01^{ère} étape : la congélation

Lors de cette étape, la congélation permet d'inhiber les réactions et donc de conserver les caractéristiques initiales du produit. La température doit être inférieure à la température de solidification du produit. La congélation se fait en deux phases : une phase de nucléation qui correspond à l'apparition de germes cristallins et une phase de croissance de ces germes de glace. La qualité du produit congelé dépend de la vitesse de refroidissement du produit. Pour qu'il conserve ses qualités, il faut éviter les phénomènes d'osmose. Ceux-ci peuvent être limités par refroidissement très rapide du produit par surgélation (**Desorby, 2018**).

02^{ème} étape : la dessiccation

La majeure partie de l'eau est extraite par sublimation, c'est-à-dire par passage de l'eau de l'état solide à l'état de vapeur. La vapeur d'eau formée est extraite du produit à travers ses pores et par diffusion. Ce phénomène de dessiccation se fait de la surface de

l'échantillon vers l'intérieur de celui-ci. La sublimation dans l'enceinte doit se faire à la pression de vapeur saturante du produit congelé. Plus la différence entre cette pression et celle à l'intérieure de l'enceinte est importante plus la vitesse de sublimation augmente. La pression est maintenue constante dans l'enceinte grâce à une pompe à vide. De plus, la température lors de la sublimation doit être maintenue en dessous de la température de fusion de l'échantillon (**Eurotherm, 2022**). Si cette condition sur la température n'est pas respectée, il aura une dénaturation biochimique des substances sensibles aux fortes concentrations en électrolytes (protéine...), une perte des produits volatils (comme les composés responsables des arômes) et une altération de la texture poreuse. Il y a alors affaissement du produit : la couche de matière sèche est plus compacte du fait de l'obstruction des pores, ce qui ralentit la sublimation. Le produit lyophilisé subit alors une rétractation et la réhydratation se fait plus difficilement (**Desorby, 2018**).

Cette technique permet l'obtention de produit à longue durée de conservation, même sans additifs, car l'humidité résiduelle est inférieure à 5%. De plus, même les produits les plus thermosensibles conservent leur qualité organoleptique et nutritionnelle. Cependant, la consommation énergétique est importante car le procédé est long, il peut durer jusqu'à 72 heures. Enfin, l'utilisation de gaz frigorigène comme le fréon, puissant gaz à effet de serre, vient également poser les limites environnementales de ce procédé (**Lyopharm, 2022 ; Cryonex, 2022**). Cependant, actuellement ces gaz frigorigènes sont souvent remplacés par d'autres gaz moins polluants.

La déshydratation par sublimation de la glace laisse donc au produit la forme qu'il avait lorsqu'il était congelé et la texture poreuse du produit reflète la texture du produit congelé. En plus de sa forme, le produit conserve également sa dimension, sa couleur et ses qualités organoleptiques. Même les nutriments les plus fragiles conservent leur qualité, des produits à haute valeur ajoutée sont obtenus, mais pour un coût de revient élevé (**Institut Danone, 2022**).

III.1. Définitions

A. Produits périmés

Un produit périmés est un produit qui devient périmé et ne peut être utilisé après une certaine période de temps. La durée de temps durant laquelle le produit est encore bon à la consommation est appelée durée de vie. Quand sa durée de vie expire, le produit ne peut plus être utilisé (Tabka, 2008).

B. Valorisation

La valorisation sous-entend « le réemploi, le recyclage ou toute autre action visant à obtenir, à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie » (Tlemsani et al., 2018). Elle permet de réduire la consommation d'énergie, de consommer des matières premières fraîches, de réduire la pollution atmosphérique et la pollution de l'eau (due à l'enfouissement) en réduisant la nécessité d'une élimination traditionnelle des déchets, ainsi que de réduire les émissions de gaz à effet de serre (Anonyme 05).

C. Récupération et recyclage des déchets

Ce processus se veut un système fonctionnant en boucle fermée. En effet, une partie de ce concept s'appuie sur la modification des processus de production en encourageant la réutilisation, les principes de l'économie circulaire pour réemployer tous les produits et leurs composants (Figure 05). Une autre partie s'appuie sur la modification des procédés de valorisation des déchets en encourageant le compostage des bios déchets (Bazri, 2022).

III.2. Voies de valorisation des sous-produits animaux

III.2.1. Lait et lait fermenté périmés

✓ Préparations de la poudre de lait périmé

Stérilisation du lait ; puis centrifugation à l'aide de séparateurs centrifuges ensuite collection du lait écrémé dans des boîtes de Pétri, suivi par un séchage complet dans un four à air forcé pendant 36 h à 60 °C, après broyage de lait séché, ainsi que conservation au réfrigérateur (4 -7 °C) (Nermeen et al., 2022).

✓ Préparation de la poudre du yaourt périmé

Le yaourt a été préparé en utilisant des méthodes de séparation par gravité et a été dilué avec de l'eau distillée à 80 °C dans un rapport de 1/3, respectivement. Le yaourt dilué est bien mélangé dans un mixeur et conservé à une température ambiante pendant environ 8 heures sans agitation. Trois couches différentes ont été obtenues (graisse, eau et protéines)

(Figure 05) (Nermeen et al., 2022). Ensuite, la matière grasse obtenue est collectée et ainsi, les protéines ont été filtrées à l'aide d'un linge fin et propre afin de se débarrasser de l'excès de liquide et séchées dans un four à air pulsé à 60 °C pendant environ 2 jours (Nermeen et al., 2022).

La même procédure a été appliquée aux fromages à pâte molle et à pâte dure où le rapport fromage/eau distillée chaude était de 1/7. Les niveaux élevés de graisses ont été séparées du fromage à pâte dure et collectées pour être utilisées dans la production de savon. La poudre des produits laitiers périmés a été collecté et broyé pour être utilisé comme des matières premières efficaces pour la production de crèmes cosmétiques et thérapeutiques en raison de ses niveaux élevés en protéines (Figure 05) (Nermeen et al., 2022).

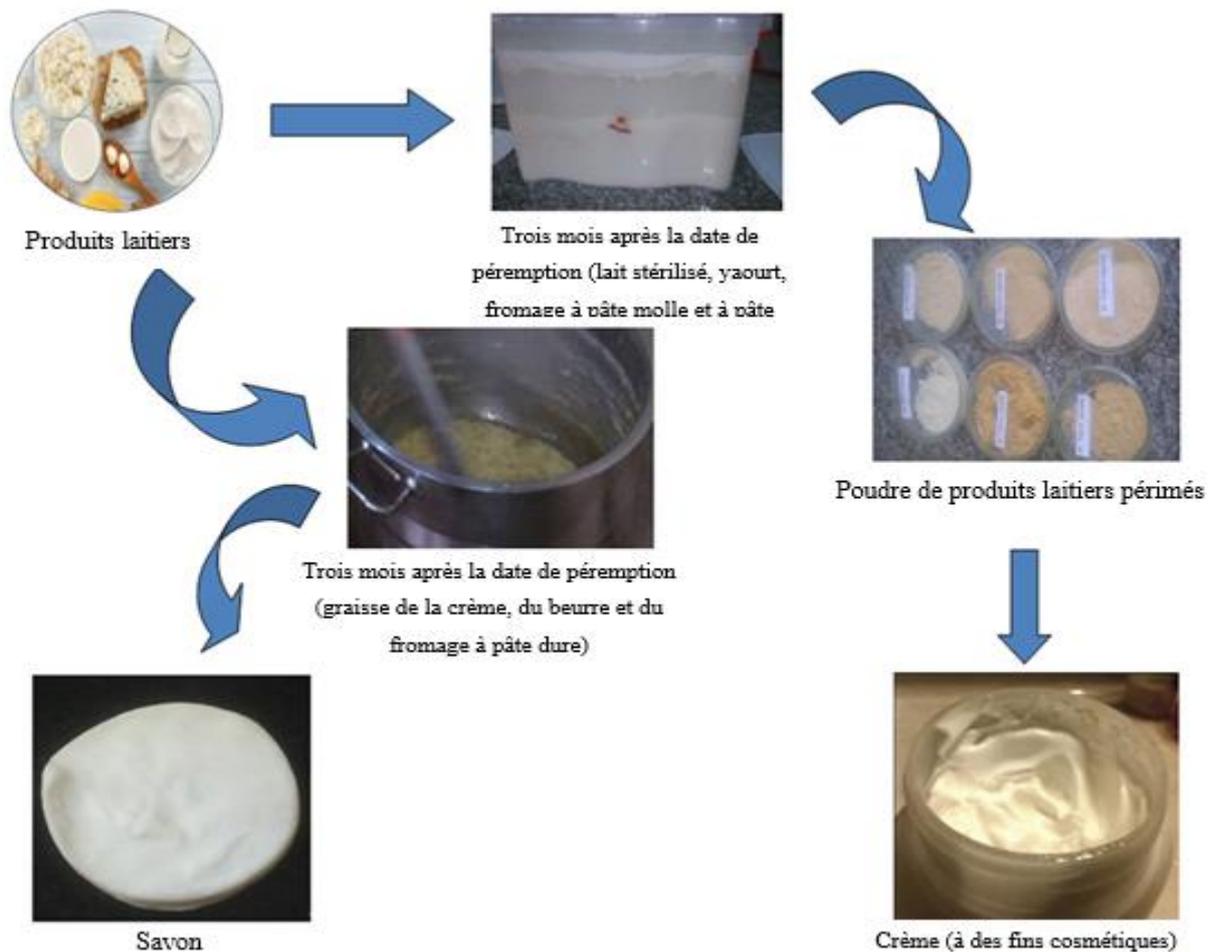


Figure 05 : Préparation de poudre de produits laitiers périmés (Nermeen et al., 2022).

III.2.2. Poudre de yaourt à haute densité en ferments lactiques

Un procédé de production d'une poudre de yaourt a permis d'obtenir une poudre à haute densité en ferments lactiques. La poudre de yaourt qui contient de très fortes teneurs en *S. thermophilus* et *L. bulgaricus* présente d'exceptionnelles capacités de conservation. Il a été démontré qu'aucune perte substantielle en ses bactéries lactiques vivantes n'est observée au bout de quatre mois de conservation à 20 °C de la poudre (Laurant et al., 2017).

Le procédé comprend :

- l'ensemencement d'un substrat laitier, qui a éventuellement subi un traitement thermique au moins équivalent à la pasteurisation, par inoculation d'au moins une souche de *Streptococcus thermophilus* à une concentration d'au moins $5,10 < 8 > \text{ufc/g}$, et d'au moins une souche de

Lactobacillus bulgaricus à une concentration d'au moins 1.10^{10} ufc/g, pour obtenir un substrat laitierensemencé,

- La fermentation lactique du substrat laitier ainsiensemencé, de sorte à produire un lait fermenté ou un yaourt, la pulvérisation du yaourt ainsi produit jusqu'à obtenir une poudre de yaourt qui présente une A_w (activité de l'eau) inférieure ou égale à 0,25, tout en veillant à ce que la(les) valeur(s) de température(s) appliquée(s) lors de la pulvérisation soient suffisamment favorables à la survie de *S. thermophilus* et *L.bulgaricus* pour que la poudre obtenue renferme sous forme vivante ou viable les deux souches, à une concentration d'au moins $5,10^8$ ufc/g et d'au moins $1,10^4$ ufc/g, respectivement.

III.2.3.Applications du yaourt périmé

Les déchets laitiers sont des matières riches en carbone organique et en éléments essentiels, et ils doivent être recyclés pour réduire la pollution de l'environnement (Aïssa et al., 2018).

L'élimination des déchets de l'industrie laitière est un enjeu crucial auquel l'industrie laitière est confrontée en raison des grandes quantités renouvelables. Les usines laitières traitent les produits périmés de plusieurs façons, notamment en ajoutant aux sols agricoles, en éliminant les déchets municipaux dans les décharges et en les transférant à des stations spéciales pour les déchets solides et liquides (Simun et al., 2012).

A. Engrais pour les plantes

Le yaourt périmé peut servir comme fertilisant pour les plantes (Anonyme 07). Pour fabriquer cet engrais naturel, le yaourt est mélangé avec de l'eau et cette solution est utilisée pour l'arrosage (Anonyme 06).

B. Masque pour la peau

Grace à l'acide lactique qu'il contient le yaourt périmé, il est révélé être un excellent exfoliant qui ronge les peaux mortes et élimine le sébum. Pour les peaux acnéiques, grasses ou couperosées, le gommage naturel et fait-maison au yaourt est une alternative parfaite aux produits chimiques (Anonyme 07).

C. En fromage libanais

Un fromage originaire du proche orient, il est traditionnellement préparé à base de yaourt égoutté au lait de chèvre.Ce type de fromage peut être également préparé en utilisant du yaourt périmé (Anonyme 08).

D. En après-champoing

Le yaourt périmé peut être utilisé en masque capillaire ou en après-champoing, il vient à la rescousse des cheveux secs et ternes (**Anonyme 09**).

III.2.4. Fromage périmé

Il est prévu que la production et la consommation de fromage augmentent de 2% /an dans les 10 prochaines années. En particulier dans les pays émergents ; tandis que la consommation du fromage est actuellement en déclin en Europe. Ce déséquilibre devrait intensifier le commerce mondial du fromage qui serait mis en œuvre de manière avantageuse sous la forme de poudres présentant une bonne capacité de réhydratation et facilitant la production de fromages caractérisés par des goûts et des textures adaptés aux nouveaux modèles de consommation (**Marielle et al., 2022**).

III.2.4.1. Préparation et caractéristique de la poudre provenant de fromage périmé

- Une technologie fromagère révolutionnaire, qui consiste à séparer la fabrication de la texture et des arômes moins de 25% de l'énergie et de l'eau consommées, en utilisant une fabrication fromagère classique afin de minimiser le coût de la chaîne d'approvisionnement pour les fromages obtenus, en particulier pour l'exportation à l'échelle mondiale ;
- Le nouveau procédé consiste à sécher, séparément ou ensemble, un préfromage liquide issu de frome Innov et les matrices aromatiques. Cette poudre peut facilement être réhydratée et texturée, à la demande, pour obtenir des nouveaux fromages aux textures et aux goûts variés ;
- Réduire au minimum la perte d'arôme pendant le séchage par pulvérisation, par le piégeage des molécules aromatiques réhydratées tout en prenant en charge la déstructuration de la micelle de caséine ;
- Contrôler les paramètres technologiques (pH, température de texturation, composition de la poudre) ;
- Obtenir des textures fromagères variées allant des textures dures à des textures tartinées réduira l'impact environnemental ou commercial du fromage ;
- Simplifier la production fromagère dans les pays ayant peu de compétences techniques et adapter les caractéristiques organoleptiques aux nouvelles habitudes des consommateurs (**Marielle et al., 2022**).

III.2.4.2. Préparation et caractéristiques de la poudre provenant du fromage Gouda périmé

Les méthodes de séchage par atomisation ou à l'air chaud, opérant en présence d'oxygène à des conditions drastiques de température, restent encore celles utilisées en industrie pour la production des poudres de fromage périmé malgré les risques associés à la détérioration de la qualité du produit. L'effet de la méthode de séchage et des conditions d'opération sur la cinétique de déshydratation et la qualité finale de la poudre de Gouda a été étudié à partir du fromage périmé râpé ou en émulsion (**Ben Abdelkader, 2018**).

La qualité des poudres obtenues à partir des différentes méthodes de séchage est ensuite caractérisée en déterminant plusieurs paramètres tels que la teneur en acide linoléique conjugué (ALC), l'indice de peroxyde, la mouillabilité, la couleur, l'indice d'insolubilité, la masse volumique en vrac et tassée, leur granulométrie, l'écoulement, la température de transition vitreuse et les isothermes de sorption. Les résultats obtenus ont montré que la meilleure qualité nutritionnelle et physico-chimique de la poudre du fromage périmé Gouda a été obtenue par lyophilisation.

Cette poudre a une bonne aptitude au tassement et un excellent comportement d'écoulement. Ces résultats suggèrent que la lyophilisation constitue un procédé prometteur pour la production de poudre de fromage périmé (**Ben Abdelkader, 2018**).

III.2.4.3. Du fromage avarié recyclé en produits frais

11 000 tonnes de fromage avarié ou périmé ont été utilisées ces dernières années pour l'élaboration de mozzarella, gorgonzola et d'autres fromages fondus vendus dans toute l'Europe. Le rapport des enquêteurs cite notamment la marque Galbani (**Abnousse, 2022**).

III.3. Fabrication et caractéristiques du savon

La graisse de produits laitiers périmés (EDPF) est utilisée pour la fabrication du savon. La procédure consiste à chauffer 10 g d'EDPF sur un bain-Marie bouillant (100 °C) pendant 10 heures, puis 4,0 g d'hydroxyde de sodium dans 10 mL d'eau ont été ajoutés sous agitation continue pendant 15 min. La solution épaisse a été laissée pendant une nuit pour assurer une saponification complète. Le pH du savon résultant était de 11 alors que le pH typique du savon est de 9,0. Le savon a été soumis à un lavage par dissolution dans une quantité minimale d'eau, suivi d'une séparation par salage au chlorure de sodium trois fois pour diminuer le pH (**Nermeen et al., 2022**).

III.4. Transformation des déchets laitiers pour la nutrition des plants de blé

Une étude présente une méthode innovante et simple pour extraire les composés riches en azote des produits laitiers périmés. La méthode d'extraction dépend d'une procédure simple qui utilise uniquement la gravité et le traitement thermique. L'engrais organique extrait a été capable de fournir aux plantes de blé leur besoins en nutriments, de plus, il a montré des augmentations significatives par rapport à la nutrition minérale (Vasilyev et al., 2020).

III.5. Transformation des produits laitiers périmés en tissus

Selon l'association agricole italienne, le pays gaspille plus de 30 millions de tonnes de produits laitiers. Une fois la date de péremption dépassée, a désormais droit à une seconde vie. Les produits laitiers périmés sont récupérés et collectés ensuite les transformer alors à un textile 100 % naturel, écologique et économique (Anonyme 10).

Le procédé qui est écologique consiste à isoler la caséine des autres composants du lait (eau, matière grasse et sucre), puis un acide, comme de vinaigre, est utilisé pour séparer les molécules de caséine de la matière liquide. Cette matière première est ensuite séchée jusqu'à obtenir une poudre blanche qui subit plusieurs transformations pour pouvoir être filée. Mélanger à de l'eau et à d'autres composants naturels, la préparation obtenue est enfin extrudée (mise en forme) pour obtenir des fils de différentes tailles (Figure 06) (Anonyme 11).



Figure 06 : la fibre du lait pour fabriquer des tissus (Anonyme 11).

La fibre du lait est utilisée en prêt-à-porter, elle donne des vêtements qui ont la particularité d'être compostables et biodégradables lorsqu'ils ne sont plus utilisés. En outre, ce tissu possède des propriétés antibactériennes, antistatiques et hypoallergéniques qui intéressent aussi le secteur médical. Ainsi, au Japon, la fibre de lait est couramment utilisée pour le linge de lit des hôpitaux (Anonyme 11).

Matériel et méthodes



La préparation de la poudre du yaourt périmé a eu lieu au niveau du laboratoire de biochimie alimentaire et les différentes analyses effectuées ont été réalisées au niveau du laboratoire d'analyses instrumentales de l'université de Bejaia.

Ce présent travail s'intéresse à comparer deux formulations de la poudre du lait : une poudre du yaourt périmé et une poudre du lait en poudre commercialisée en déterminant leurs propriétés physico-chimiques.

IV. Matériels et méthodes analytiques

IV.1. Matières premières

Les yaourts utilisés et la poudre du lait « LOYA » ont été achetés le mois de mai 2022 dans une supérette à Bejaia, On a laissé les boîtes du yaourt dans un réfrigérateur jusqu'au sa date limite de consommation est dépasser. Ensuite, les échantillons du yaourt ont été congelés à (-20 °C) dans un congélateur pendant une durée du temps, puis lyophilisés afin d'éliminer totalement l'eau. La poudre obtenue a été conservée dans un flacon en verre bien fermé dans le réfrigérateur.

IV.2. Paramètres physico-chimiques

IV.2.1. Mesure du pH

✓ Principe

Le pH, exprimant l'acidité ou l'alcalinité d'un milieu, est égal au logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ions H^+ . La mesure du pH de l'échantillon est effectuée par un pH- mètre de marque (AOAC, 2002).

✓ Mode opératoire

Le pH-mètre est d'abord étalonné à l'aide de deux solutions tampons (pH = 7 ; pH = 4). Ensuite, l'électrode est introduite dans deux béchers contenant la poudre du lait (LOYA) (Annexe 03-01) et la poudre du yaourt périmé reconstitué à analyser dont la température doit être 20 °C.

A chaque détermination du pH, l'électrode est retirée, rincée avec l'eau distillée et séchée.

✓ Expression des résultats

La sonde du pH-mètre a été immergée directement dans l'échantillon, ensuite la valeur du pH a été directement affichée sur l'écran du pH-mètre.

IV.2.2. Acidité titrable

✓ Principe

L'acidité titrable mesure la quantité d'acide présente dans un échantillon de lait. L'acidité potentielle est titrée par l'hydroxyde de sodium (N/9) en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré, elle est exprimée en D°.



Une molécule de CH₃-CHOH-COOH sera neutralisée par une molécule de NaOH (**Thapon, 2005**).

✓ Mode opératoire

Une quantité des deux poudres (01 g) est mélangée bien avec 10 mL d'eau distillée jusqu'à la dissolution des deux poudres. Ensuite, 03 gouttes de phénolphthaléine ont été ajoutées et le mélange est titré par la solution sodique (NaOH, 0,01 N) jusqu'au virage rose, faiblement perceptible (Annexe 03-2). Le virage est considéré puis la couleur rose disparaît progressivement.

✓ Expression des résultats

L'acidité s'exprime en gramme d'acide lactique par litre de lait. Dans la pratique, le terme « degré dornic » est souvent utilisé. Le degré dornic (D°) est défini comme le volume en dixième de millilitre (1/10) de NaOH (0,11 N) utilisé pour titrer 10 mL de lait en présence de la phénolphthaléine. Ainsi 01 °D = 01 mg d'acide lactique dans 10 mL de lait, soit 0,1 g/l ou 0,01 % d'équivalent acide lactique (**AFNOR, 1980**).

IV.2.3. Densité

✓ Principe

La méthode pour mesurer la densité est basée sur la détermination de la masse de l'échantillon testé qui est placé dans une petite coupe (pycnomètre) d'un volume connu à une température donnée. Pour calculer la densité : le poids obtenu est divisé par le volume du liquide testé.

✓ Mode opératoire

Le pycnomètre est pesé vide (m₀) puis rempli avec du lait en poudre reconstitué jusqu'au repère (m₁) (Annexe 03-3).

✓ Expression des résultats

La densité est calculée selon l'équation suivante :

$$D \text{ (g/mL)} = (m_1 - m_0) / V$$

Où :

m_0 : poids de pycnomètre vide.

m_1 : poids de pycnomètre après remplissage.

V : volume utilisé.

IV.2.4. Taux d'humidité (%)**✓ Principe**

Détermination de la quantité d'eau contenue dans la poudre de lait après leur séchage par un dessiccateur muni d'un système électronique (infrarouge) permettant de calculer le taux de matière sèche restante.

✓ Mode opératoire

Une coupelle est pesée à l'aide du dessiccateur (Annexe 03-4) puis tarée, ensuite 03 g de la poudre du lait des deux échantillons sont étalés, puis la coupelle est remise dans l'appareil.

La fin d'évaporation se manifeste lorsque la perte du poids reste constante.

✓ Expression des résultats

Le taux d'humidité est indiqué en pourcentage sur l'écran du dessiccateur.

IV.2.5. Degré Brix**✓ Principe**

Le degré Brix (le rapport de solides solubles totaux) est une mesure de la quantité de substances solides dissoutes dans un liquide basée sur sa densité. Cette échelle est utilisée en particulier pour mesurer les sucres dissous. Un degré correspond à 01 gramme de saccharose dans 100 grammes de solution (**Anonyme 12**).

✓ Mode opératoire

A l'aide du réfractomètre, la méthodologie suivante est appliquée :

- Prélèvement d'une goutte de lait reconstitué et la déposer sur le réfractomètre ;
- La valeur lue sur le réfractomètre indique directement le Brix.

✓ Expression des résultats

Le réfractomètre (Annexe 03-5) indique deux valeurs la première c'est le pourcentage de Brix et la deuxième c'est l'indice de réfraction (n).

IV.2.6. Paramètres sensoriels et organoleptiques

Les caractéristiques sensorielles et organoleptiques déterminées pour les deux poudres étudiées sont données dans le tableau IV.

Tableau V : Les paramètres sensoriels effectués pour la poudre du lait

Produits	Paramètres	Méthodes
Poudre du lait	-Aspect et couleur	-Faire la lecture visuellement - La couleur doit être, blanchâtre - Le goût et l'odeur doivent être normaux.
	-Apparence	-L'opacité du lait est due à sa teneur en particules suspendues de matière grasse, de protéines et de certains minéraux. La couleur normale varie du blanc au jaune en fonction de la teneur en carotène de la matière grasse. (Bylund, 2000)

IV.2.7. Test de stabilité

A/Test de Ramsdell

✓ Définition

C'est l'évaluation de l'aptitude d'un lait à subir un traitement thermique, sans déstabilisation par ajout d'une solution de phosphate mono potassique capable de provoquer la coagulation.

✓ Principe

Ce test dû à Ramsdell utilisé notamment en fabrication de lait concentré, permet d'apprécier la stabilité du lait au traitement thermique, en fonction de son équilibre minéral.

✓ Mode opératoire

Une série de tubes contenant des quantités croissantes de la solution de phosphate mono potassique à 0,02 N est préparée ; il s'agit de 0,7 ; 0,8 ; et 0,9 mL. Puis, 05 mL du lait en poudre des deux échantillons sont introduit dans chaque tube. Après agitation, les tubes ont

été placés dans un bain Marie à 100 °C pendant 5 min. Enfin, les tubes ont été refroidis sous courant d'eau froide et observés.

✓ **Expression des résultats**

- Si le lait coagule dans les tubes, le test est positif, donc le lait n'est pas stable.
- S'il y'a pas de coagulation dans les tubes, le test est négatif, ce qui renseigne sur la stabilité du lait (Annexe 04-1).

B/ Test d'ébullition

✓ **Principe**

C'est la température atteinte lorsque la pression de la substance ou la solution est égale à la pression appliquée. Le point d'ébullition est légèrement supérieur au point d'ébullition d'eau, soit 100,5°C (**Vignola, 2002**). Comme pour le point de congélation, le point d'ébullition est influencé par la présence de solides solubilisés. Par conséquent il augmente avec la concentration du lait et diminue avec la pression (**Aboutayeb, 2011**).

✓ **Mode opératoire**

Dans deux tubes à essai, 05 mL d'eau distillée avec 0,5 g du lait en poudre des deux échantillons sont introduit. Ainsi, les tubes fermés sont placés les dans un bain Marie à 100 °C pendant 5min. Après ébullition ; les tubes ont été refroidi et tournés deux à trois fois sans agitation.

✓ **Expression des résultats**

- Si le lait s'écoule le long des parois du tube, sans laisser de traces de grumeaux le lait est donc normal.
- Si le lait laisse des grumeaux le long des parois du tube, ce lait donc est coagulé (Annexe 04-2).

C/Test de stabilité à l'alcool (Guiraud, 1998)

La stabilité à l'alcool est l'aptitude du lait à subir un traitement thermique sans coagulation.

✓ **Principe**

Si un lait est en phase d'acidification, un ajout d'alcool (éthanol) volume, entraine une déstabilisation des protéines du lait qui coagulent proportionnellement à l'acide.

✓ **Mode opératoire**

Dans des tubes à essai, 02 mL du lait reconstitué ont été versés, puis 02 mL d'alcool (éthanol) ont été versés dans chaque tube, ensuite les mélanges ont été homogénéisés par deux retournements successifs sans agitation.

✓ **Expression des résultats**

- Résultat négative, lorsque le lait ne coagule pas et s'écoule le long des parois du tube sans laisser des traces ;
- Résultat positive, lorsque le lait coagule et laisse des grumeaux au long des parois du tube (Annexe 04-3).

IV.2.8. Variation du pH et de l'acidité du lait à différentes températures en fonction du temps

✓ **Principe**

Dans le but d'étudier le comportement du pH et de l'acidité (paramètres indispensables pour le suivi de la conservation du lait) des échantillons de lait déjà décrit, l'évolution de ces deux paramètres ont été suivi à plusieurs températures (**Sbouï, 2009**).

✓ **Mode opératoire**

Les deux échantillons du lait ont été incubés à différentes températures (ambiante, 20 et 55 °C) afin de déterminer le pH et l'acidité en fonction de temps (la 01^{ère} heure jusqu'aux 04 heures).

IV.2.9. Epreuve au bleu de méthylène

✓ **Principe**

Ce test donne une idée de la quantité de germes présents dans le lait, de leur activité et de leur vitesse de multiplication. Il permet d'identifier des différences de niveau de contamination du lait et de mettre en évidence des problèmes éventuels d'hygiène notamment du matériel.

L'épreuve au bleu de méthylène consiste à ajouter au lait une substance colorée (bleu de méthylène), qui le colore en bleu et qui donne par réduction un leuco dérivé incolore. La rapidité de changement de coloration du mélange (lait-bleu de méthylène) incubé à 37 °C est en fonction du nombre de bactéries présentes (**Ouadghiri, 2009**).

✓ Mode opératoire

Avant ensemencement, le lait reconstitué est agité et 10 mL ont été prélevés. Ensuite, 01 mL de bleu de méthylène est introduit dans chaque tube. Les tubes ont été bien mélangés par 02 retournements successifs et non par agitation, puis ils étaient incubés à 20, 37 et à 55 °C dans un bain-Marie. Ainsi les tubes ont été retournés toutes les ½ heures.

✓ Expression des résultats

Le bleu de méthylène devient blanc lorsqu'il est ajouté au lait. Cependant, s'il existe une activité bactériologique dans le lait, il devient bleu. Le détail est illustré dans le tableau V.

Tableau VI : Qualification des laits en fonction des tests de réduction (Tourette, 2002).

Qualité de l'échantillon	Temps de réduction du bleu de méthylène
Lait contaminé	$T < 2$ heures
Lait peu contaminé	$2 \text{ heures} < T < 4 \text{ heures}$
Lait de bonne qualité	$4 \text{ heures} > T$



*Résultats et
discussion*

V.1. Caractéristiques de la poudre de lait « LOYA » et de la poudre de yaourt périmé

V.1.1. Analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques de la poudre de « LOYA » et de la poudre de yaourt périmé (Annexe 02) sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VII : Résultats des paramètres physico-chimiques du « LOYA » et de la poudre de yaourt périmé.

Paramètres	Poudre du lait						Norme nationales du lait	Norme de yaourt
	LOYA			Yaourt périmé				
pH	06,25			03,87			06,60-6,80	4,50-4,80
Acidité	11,70			42,30			15-18°C	80-90°C
Densité	1,049			1,06			1,030 -1,034	0,919
Humidité	3,296 %			10,44 %			3 % - 5%	4%
Brix	07 %			06 %			/	/
L'indice de réfraction	1,3438			1,3412			1.3440-103485	/
Test à l'alcool	N	N	P	P	P	P	P	P
Test d'ébullition	Stable			N'est pas stable			100,50°C	/
Test de Ramsdell	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	P	P
	N	N	P	P	P	P		

N : Négative ; P : Positive.

V.1.1.1. pH

Le pH est un paramètre très important à connaître car il permet de prévenir le risque de contamination microbienne. Une valeur basse de pH est favorisée pour freiner la croissance de la majorité des microorganismes (Chaiblane et al., 2021).

La valeur du pH de la poudre de lait « LOYA » est conforme, car elle se situe dans la norme recommandée et elle est voisine du pH d'un lait normal (06,50). Ceci nous renseigne sur la stabilité et la fraîcheur du lait cru utilisé pour produire la poudre de lait « LOYA » et que les conditions de transport et de stockage ont été respectées.

Par contre, la valeur du pH de poudre de yaourt périmé n'est pas conforme, car elle ne se situe pas dans la norme recommandée et elle est inférieure au pH d'un yaourt normal (04,50).

Cette baisse est due probablement à une contamination et multiplication microbienne juste après l'ouverture de l'emballage. Et nous assure qu'une partie du lactose du lait s'est dégradée en acide lactique, ce qui entraîne une augmentation de la concentration du lait « en ions hydronium (H_3O^+) et donc une diminution du pH, car : $pH = \log 1/[H_3O]$.

Ceci nous indique qu'au-delà de la date limite (DLC ou DLUO), le produit est toujours consommable, mais ses qualités peuvent être amoindries : moins de goût, moins de vitamines, consistance différentes (**Belaidouni, 2015**).

V.1.1.2. Acidité

Le dosage de l'acide lactique permet de déterminer le degré Dornic. Les valeurs d'acidité calculées sont de 11.70 et 42.3 D° pour la poudre « LOYA » et la poudre du yaourt périmé, respectivement. Les résultats obtenus par l'acidité titrable pour « LOYA » sont conformes à la norme qui est $< 22D^\circ$, ce qui témoigne de la fraîcheur et de la richesse du lait en phosphates, citrates et protéines (**Amiot et al., 2002**). Et est en place afin de protéger les consommateurs. Par contre, les résultats obtenus pour la poudre de yaourt périmé sont inférieur à la norme qui est $>80 D^\circ$.

Il existe une relation inversement proportionnelle entre le pH et l'acidité dornic durant la fermentation du lait ; l'acidité d'un produit laitier dépend de sa teneur en acide lactique. Plus le produit est acide, plus il contient de l'acide lactique.

V.1.1.3. Densité

La densité de la poudre « LOYA » est de 1,031 et celle de la poudre du yaourt périmé 1,06. La poudre « LOYA » est de bonne qualité car le lait cru utilisé ne contient aucune trace de débris et de sédiment ; n'avoir pas de flaveur étrangère et de couleurs et d'odeurs anormales ; ne contient qu'un faible nombre de bactéries ; et exempt de produits chimiques (par exemple, antibiotique, détergents) et ayant une composition et une acidité normales ainsi que des bonnes pratiques d'hygiène appliquées (**FAO, 2022**). Cela indique la conformité à la norme qui est de 01,028 à 01,033. Tandis que, celle de la poudre de yaourt périmé n'est pas en parfait accord avec la norme qui est de 01,0324. Et cela revient peut être au type de lait, la

méthode de préparation, ou même au type de l'alimentation donnée aux animaux (**Ouadghiri, 2009**).

V.1.1.4. Humidité

Les résultats obtenus des analyses pour le test d'humidité, montre que la teneur en eau de la poudre de lait « LOYA » est conforme à la norme qui exige un taux maximum de 5 %. Ceci laisse suggérer que les conditions de production des poudres (séchage, stockage, emballage et transport) ont été respectées. La faible teneur en eau de la poudre lui confère une protection contre les altérations microbiennes susceptibles de la rendre impropre à la consommation. En contrepartie, le résultat obtenu pour la poudre du yaourt périmé est supérieur à la norme. L'instabilité des taux d'humidité dans les poudres de lait donnera son instabilité à la conservation, entrainera des altérations microbiennes et donnera une mauvaise aptitude à la transformation.

Selon **Vignola (2002)** et **Jeantet (2008)**, une bonne conservation du lait en poudre se fait à l'abri de l'humidité et de l'air ambiant, à une température inférieure à 30°C, ce qui évitera la baisse de la valeur biologique des laits en poudre conditionnés. En outre, d'après **Pougheon (2001)**, l'allure de la croissance d'un micro-organisme dépend de la disponibilité de l'eau dans un produit alimentaire conditionné, c'est-à-dire l'activité de l'eau.

V.1.1.5. Degré de Brix et indice de réfraction

Le degré de Brix dans la poudre « LOYA » est de 07,00%. Cette valeur est légèrement supérieure à celle de la poudre de yaourt périmé qui est de 06,00%. Cette petite différence est justifié par le fait que le milieu est complexe (lait), c'est-à-dire contenant de nombreux ingrédients, le degré Brix ne s'assimile pas au taux de sucres présents mais à la matière sèche soluble dans le milieu, car l'angle sera dévié par la présence d'autres éléments, minéraux.

La mesure du degré Brix est fortement liée à la température qui est de 20°C car elle a une influence sur l'indice de réfraction.

L'indice de réfraction de la poudre « LOYA » est de 1,3438. Cette valeur est légèrement supérieure à celle de la poudre de yaourt périmé qui est de 1,3412. Cette différence est justifié par le contrôle de la pureté de « LOYA » et la variation du la poudre de yaourt périmé en fonction de la concentration ou de la fraction molaire des constituants de la poudre reconstituée.

Imran et al. (2008), lors d'une étude ciblant des échantillons de lait collectés sur les marchés locaux à Peshawar, au Pakistan, ont constaté que les résultats concernant la densité,

et l'acidité titrable, répondent aux exigences en les comparants aux normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), ce qui corrobore les résultats relatifs à notre échantillon « LOYA ».

Rezkellah et Mekhnache (2013), ont démontré, lors d'une étude réalisée sur la poudre du lait, la conformité du produit aux normes nationales recommandées par **JORA N° 69, (1993)** et par la **FAO (2010)**, concernant l'acidité Dornic, et la similitude avec nos résultats (LOYA), indique un lait de bonne qualité physicochimique. De même, nos résultats sont similaires à ceux enregistrés par **Soceanu et al. (2015)**, ayant notés que la qualité de lait en poudre était conforme aux normes pour la densité, le pH, et l'acidité.

En contrepartie, nos résultats sont en contradiction avec ceux de **Cristina et al. (2008)**, ayant enregistré une augmentation de l'acidité titrable et une diminution de la teneur en matière sèche totale.

V.1.1.6. Paramètres sensoriels et organoleptiques

Les résultats des paramètres sensoriels et organoleptiques sont récapitulés dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Résultats des paramètres sensoriels effectués pour les poudres des laits.

Produit	Paramètre	Résultats	
Poudre du lait		Poudre du lait « LOYA »	Poudre du yaourt périmé
	Aspect et couleur	Jaunâtre	Blanche
	Apparence	Normal	Odeur et gout du yaourt

- **Aspect et couleur**

- ✓ Pour la poudre du lait « LOYA », la couleur est jaunâtre ce qui indique qu'elle est riche en matière grasse, et elle a un aspect normal car ne présente ni des grumeaux ni l'aspect brûlés.
- ✓ Pour la poudre du yaourt périmé, la couleur est blanche par rapport à la couleur du yaourt, et elle présente des grumeaux

- **Apparence**

- ✓ Pour la poudre « LOYA » le gout et l'odeur sont francs, sans odeur de cuit ou étrange à celle du lait, ce qui confirme la stabilité et la fraîcheur de la poudre.
- ✓ Pour la poudre du yaourt périmé le gout et l'odeur sont forts et ne ressemblent pas à ceux du lait normal.

V.1.1.7. Tests de stabilités

▪ Test de ramsdell

Les résultats obtenus pour le test de ramsdell indiquent que les échantillons de poudre du lait « LOYA » présentent une charge normale en ions phosphates, donc le test est négatif, la poudre « LOYA » peut subir un traitement thermique sans problème de coagulation. Tandis que, les résultats obtenus pour les échantillons de la poudre du yaourt périmé sont positifs ce qui provoque une coagulation du lait lors du traitement thermique.

▪ Test à l'alcool

- ✓ Pour la poudre du lait « LOYA » les résultats obtenus sont négatifs parce que le lait ne coagule pas et s'écoule le long des parois du tube sans laisser des traces, cela indique que le lait présente une bonne stabilité.
- ✓ Pour la poudre du yaourt périmé les résultats obtenus sont positifs parce que le lait coagule et laisse des grumeaux au long des parois du tube, cela indique que le lait n'est pas stable.

▪ Test à l'ébullition

Les résultats montrent l'absence d'une coagulation concernant la poudre du lait « LOYA », en effet le lait ne commence à coaguler que lorsque l'acidité dépasse 21D°, le lait se prend en masse (Guiraud, 1998). De plus, la poudre de lait « LOYA » ne présentent pas de précipitation ni de floculation, ce qui révèle que le lait est stable à la chaleur. En revanche, la poudre de yaourt périmé présente une précipitation et de floculation, ce qui révèle que le lait ni pas stable à la chaleur.

V.1.1.8. Évolution du pH et d'acidité du lait à différentes températures en fonction du temps

- ✓ **Incubation à 20 °C** : les résultats du pH et de l'acidité titrable après incubation à 20 °C pendant 4h sont représentés en annexe N°05-1, 05-2 et dans les figures 09 et 10.

• Acidité titrable (D°)

Les résultats obtenus pour le lait préparé avec la poudre « LOYA » après incubation à 20 °C, montrent qu'il n'y a pas une évolution de l'acidité au cours d'incubation, nous remarquons une légère variation n'atteignant pas une importante différence entre les analyses effectuées, sachant que la norme en vigueur exige une acidité titrable entre 12 et 14 D°, donc le lait est stable à 20 °C.

Cependant, pour le lait préparé avec la poudre du yaourt périmé nous constatons que l'acidité est inférieure à la norme qui est entre 80 et 90 D°. Les ferments du yaourt transforment le lactose en acide lactique au cours du processus de fermentation. Cette fermentation ne peut se dérouler, qu'à une certaine température : dans ce cas à une faible température de 20 °C, les bactéries ne travaillent pas.

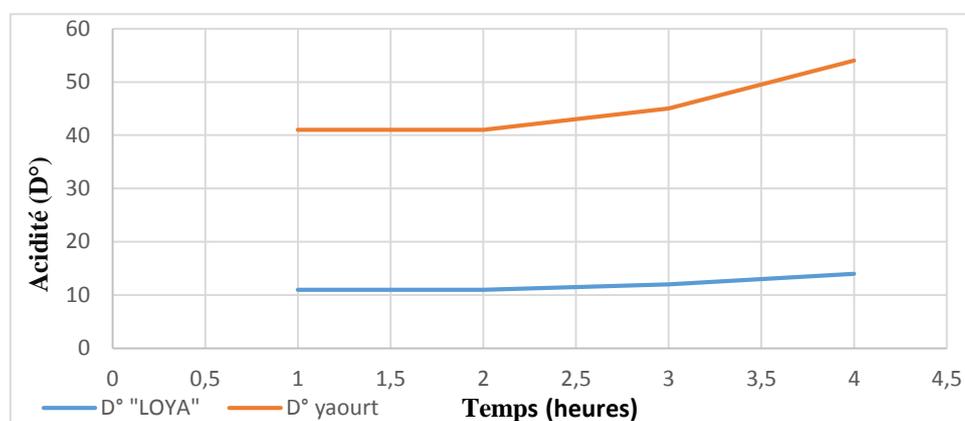


Figure 07 : Evolution de l'acidité titrable au cours de l'incubation à 20°C en fonction du temps.

- **pH**

Les résultats obtenus du lait en poudre « LOYA » et du lait de poudre du yaourt périmé après incubation à 20 °C montrent que la mesure du pH effectuée sur une période de 4 h ne présente que de très faibles variations au cours du temps car le pH varie seulement de 6,38 à 6,96 pour le lait à base de la poudre « LOYA » et de 4,03- 4,22 pour le lait à base de la poudre du yaourt périmé. Ces légères variations sont des fluctuations qui s'expliqueraient par les erreurs de manipulations ou par manque de sensibilité du pH-mètre.

Les valeurs du pH restent fiables, et conformes aux normes, pour « LOYA » (6,5) et pour la poudre du yaourt périmé (4,5). Ils sont par conséquent stables.

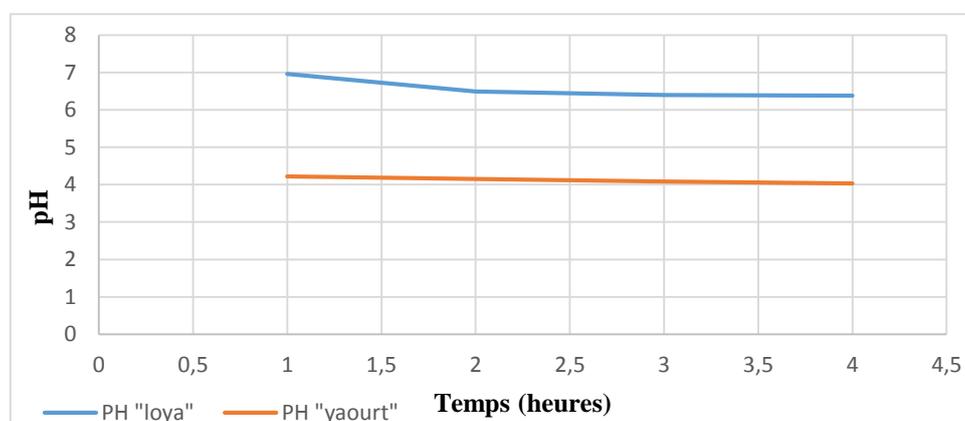


Figure 08 : Évolution du pH au cours de l'incubation à 20°C en fonction du temps.

✓ Incubation à 37 °C

Les résultats du pH et de l'acidité titrable après incubation à 37 °C pendant 4h sont représentés en annexes N° 05-3, 05-4 et dans les figures 11 et 12.

• Acidité titrable (D°)

Les résultats obtenus pour le lait en poudre « LOYA » montrent qu'il n'y a pas une évolution de l'acidité au cours d'incubation, nous notons une stabilité de l'acidité jusqu'à la 4^{ème} heure. Les valeurs de l'acidité du lait sont conformes car elles sont dans l'intervalle de la norme. Le lait est stable, cette stabilité pourrait s'expliquer par l'absence d'une activité bactérienne, ce qui témoigne de la bonne qualité hygiénique du produit.

A l'inverse, pour le lait de poudre du yaourt périmé nous observons que l'acidité dornic augmente en fonction du temps, et cela est dû à l'accumulation de l'acide lactique obtenue par la transformation de lactose par l'action des ferments lactiques.

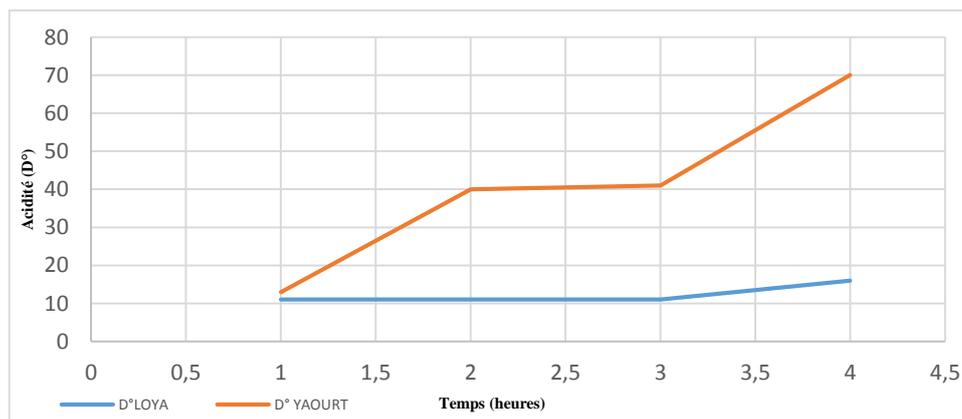


Figure 09 : Évolution de l'acidité titrable au cours de l'incubation à 37°C en fonction du temps.

• pH

Une très faible variation du pH du lait en poudre « LOYA » au cours du temps est constatée car le pH varie de 6,09 à 6,63. Ces variations sont probablement dues aux erreurs de manipulation et manque de sensibilité du pH-mètre, mais les valeurs restent toujours conformes aux normes.

Même quand la température atteint 37 °C, le pH du lait n'est pas abaissé, donc le lait de poudre « LOYA » est de bonne qualité. D'un autre côté, pour le lait de la poudre du yaourt périmé, une diminution du pH diminue pendant toute la durée de l'incubation est observée. Cela est probablement dû à la transformation de lactose qui se trouve dans le lait en acide lactique par l'action des ferments lactiques du yaourt.

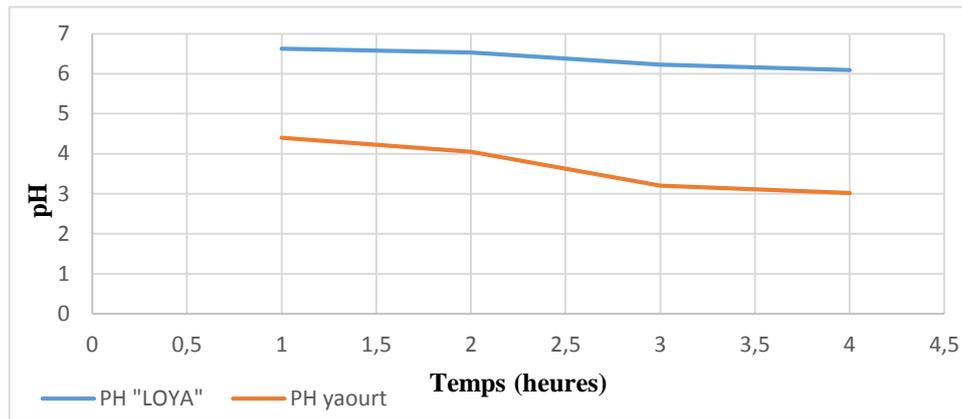


Figure 10 : Évolution du pH au cours de l'incubation à 37°C en fonction du temps.

✓ Incubation à 55 °C

La variation des résultats du pH et de l'acidité titrable après incubation à 55 °C pendant 4 h sont représentés en annexes N° 05-5, 05-6 et dans les figures 13 et 14.

• Acidité titrable (D°)

Concernant la poudre du lait « LOYA », les valeurs de l'acidité ne sont pas conformes car elles ne sont pas dans l'intervalle de la norme (12 à 14). Une augmentation de l'acidité en fonction du temps est constatée. Le lait n'est pas stable, cette déstabilisation pourrait s'expliquer par une activité bactérienne. De même, pour le lait de la poudre du yaourt périmé, une augmentation de l'acidité au long des 4 h est notée. Cette augmentation pourrait être due à l'accumulation de l'acide lactique obtenue par la transformation de lactose en acide lactique par l'action des ferments lactiques.

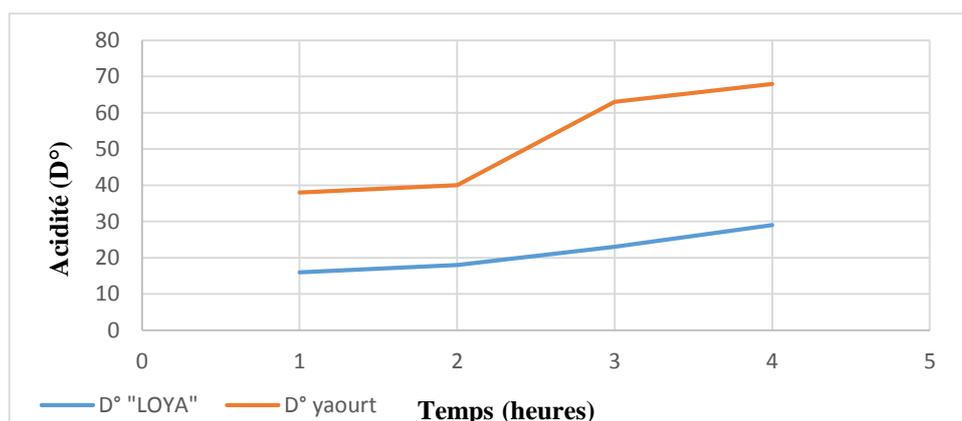


Figure 11 : Évolution de l'acidité titrable au cours de l'incubation à 55°C en fonction du temps.

- pH

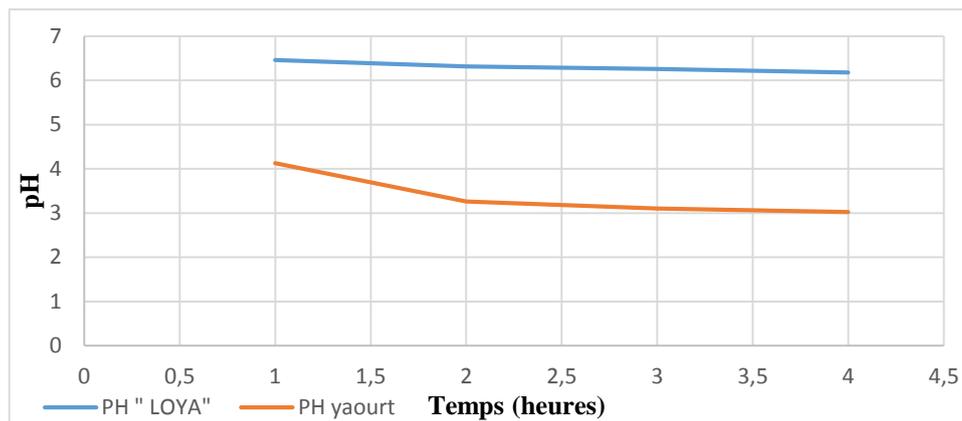


Figure 12 : Évolution du pH au cours de l'incubation à 55°C en fonction du temps.

D'après les résultats de lait en poudre « LOYA », nous remarquons même à 55 °C, le pH du lait n'est pas abaissé il varie de 6,18 à 6,46. Les très faibles variations pourraient être dues aux erreurs de manipulation, mais les valeurs restent toujours conformes à la norme. Par conséquent, le lait de poudre « LOYA » peut supporter les températures élevées ce qui atteste de la bonne qualité de la poudre. À l'opposé, concernant la poudre de yaourt périmé, nous constatons une diminution du pH ce qui signifie une cinétique d'acidification rapide à cause des ferments lactiques qui se trouvent dans le yaourt qui transforme le lactose en acide lactique.

Au cours du processus de fermentation, l'acide lactique du yaourt amène le pH du lait de 6,8 à 4,5 pour le yaourt, cette acidité évite le développement de bactéries pathogènes (**Mami, 2013**).

D'après les résultats obtenus par le suivi de l'évolution du pH et l'acidité dornic à différentes températures en fonction du temps nous avons constaté que :
Un pH qui diminue inversement à l'acidité qui augmente tout au long du suivi et cela présente un effet inhibiteur sur la flore lactique tout en gardant le taux de ces ferments conforme à la norme.

La principale conséquence de l'acidification est l'augmentation de la concentration d'acide lactique dans le milieu, qui signifie la diminution du pH de celui-ci (**Tamagnini et al., 2006**).

Le pH et l'acidité dépendent de la teneur en caséine, en sels minéraux et en ions, le pH évolue avec la composition du lait, une teneur élevée en substances acides : protéines, anions phosphates, citrate ou acides lactiques s'accompagne d'un pH faible (**Menassel, 2019**).

V.1.1.9. Epreuve au bleu de méthylène**• Incubation à 20 °C**

Les germes présents dans le lait reconstitué « LOYA » sont moins actifs à 20°C en fonction du temps.

Le bleu de méthylène ne se décolore pas rapidement (légèrement bleu). Cela indique que notre échantillon est de bonne qualité et le lait est faiblement contaminé bien que nous l'avons laissé plus de 04 heures.

Le lait reconstitué paraît s'acidifiant lentement après 48h. L'acidification lente du lait reconstitué peut être expliquée principalement par son pouvoir tampon, par l'émulsion de sa matière grasse (particularité des globules gras) ainsi par la suspension colloïdale des protéines.

• Incubation à 37 °C

Les germes présents dans le lait sont actifs à 37°C car ils consomment l'oxygène dissout dans le lait. Le bleu de méthylène se décolore quand le milieu s'appauvrit en oxygène. Le temps de décoloration du bleu de méthylène donne ainsi une mesure du niveau de contamination du lait : une décoloration rapide signifie beaucoup de germes dans le lait à activité élevée.

• Incubation à 55 °C

Les germes présents dans le lait sont plus actifs à 55°C. Le bleu de méthylène ne se décolore pas rapidement (bleu). Cela indique que notre échantillon est de bonne qualité et le lait est faiblement contaminé bien que nous l'avons laissé plus de 04 heures.

Pour la poudre du yaourt périmé, d'après les résultats obtenus pendant une lecture plus de 04 heures sur notre échantillon, nous avons observé une décoloration très rapide de bleu de méthylène à différentes températures d'incubation (20, 37 et 55°C). Ce qui nous confirme que notre lait reconstitué est très contaminé et de mauvaises qualités microbiologiques. Les bactéries vivantes présentes dans le lait réduisent le bleu de méthylène et le rendent incolore.

V.2. Analyse comparative des deux types de poudre de lait

Les qualités d'une bonne poudre de lait sont l'aptitude à la reconstitution de façon à obtenir facilement un liquide homogène, exempt de particules macroscopiques. Elle est sous la dépendance des propriétés de mouillabilité, de dispersibilité et de solubilité. Ces qualités dépendent de la qualité du lait cru mis en œuvre, du traitement thermique du lait, de la méthode de concentration et de séchage et des conditions de stockage (**Vigola, 2002**).

Dans notre étude, bien qu'il n'y ait pas beaucoup de similarité entre les valeurs trouvées au niveau des analyses des deux types de lait en poudre, il y a une différence très importante qui joue un rôle déterminant dans l'appréciation de la qualité. D'après cette analyse nous pouvons dire que la poudre du lait « LOYA » a une qualité physico-chimique appréciable et une très bonne qualité bactériologique, contrairement à la poudre du yaourt périmé qui ne représente pas une bonne qualité ce qui nous confirme que cette transformation n'est pas vraiment appréciable dans le domaine alimentaire. Toutefois, cette poudre peut avoir d'autres plusieurs applications telles que l'élaboration d'Un textile 100% naturel, et d'un nouveau genre, à la fois écologique et résistant. D'autres parts, il sera intéressant d'extraire la matière grasse de produits laitiers périmés comme le yaourt et son exploitation pour la formulation des crèmes à raser, des shampoings et du savon. En outre, les protéines contenues dans la poudre du yaourt périmé peuvent être utilisées pour préparer de crèmes thérapeutiques et cosmétiques pour la peau.

De plus, les produits laitiers périmés peuvent être gérés de manière à préserver l'environnement en les convertissant en engrais organiques pour les plantes.

Conclusion



Transformer un yaourt périmé possède des vertus anti-gaspillage et écologique, en outre il présente des vertus économique.

Au terme de ce travail, il conviendrait de retenir que :

Le lait est le meilleur aliment depuis plus de 10 000 ans. Auparavant l'Homme consommait d'autres aliments d'origine animale grâce à la chasse et à la cueillette : viande, poisson, œuf, miel. Empiriquement, il s'était rendu comptes que le lait était plus complet que les autres, mais également qu'il était très périssable. Pour le conserver, il découvrit les laits fermentés, puis inventa les fromages ; puis la révolution scientifique, technologique et industrielle permis de mettre au point une nouvelle façon de conserver le lait qu'est la manière la plus sûre, fiable et longue de conservation de lait dénommé « poudre de lait ».

Ce travail vise deux axes de recherche, le premier concerne le yaourt, la poudre du lait, et plus particulièrement la transformation du produit laitier périmé qui est le yaourt en lait en poudre.

En seconde phase, nous avons procédé à un suivi de la composition physico-chimique du lait en poudre « LOYA » et yaourt périmé, ainsi que la variation de son pH et acidité titrable à différentes températures d'incubation qui sont 20, 37 et 55 °C et une étude comparative entre la qualité du lait commercialisé « LOYA » et la poudre du yaourt périmé fabriqué. En réalisent des analyses physico-chimiques (en évaluant la teneur en humidité, densité, acidité titrable, ainsi que le pH).

Il en ressort :

Les résultats des analyses physico-chimiques ont précisé que le produit « LOYA » est conforme pour les déterminations effectuées conformément à l'arrêté interministériel n° 54 du 24/07/2002 (journal officiel), (pH = 6,25, acidité Dornic = 11,70, densité = 1,04 g/ml, humidité = 3,296% et le degré de Brix = 7%). De plus, une évolution du pH et de l'acidité au cours d'incubation n'est pas observée. D'ailleurs, même à 55 °C, le pH du lait n'est pas abaissé il varie de 6,18 à 6,46. L'épreuve au bleu de méthylène indique aussi que l'échantillon est de bonne qualité et le lait est faiblement contaminé. Par conséquent, la poudre du lait « LOYA » est de haute qualité, et cela est dû aux procédés stricts et professionnels appliqués sur tous les niveaux de la chaîne de fabrication, et aux conditions d'hygiène respectées.

En revanche, la poudre du yaourt périmé n'est pas conforme aux normes (pH = 3,87, acidité Dornic = 42,30, densité = 1,06 g/mL, humidité = 10.44% et le degré e Brix = 6%).

Tant que un milieu de composition chimique et physique complexe, toutefois éminemment périssable par suite de sa forte teneur en eau, de son pH voisin de la neutralité et de sa richesse en lactose qui le rendent rapidement altérable par voie microbienne et par voie enzymatique. Par ailleurs, la fragilité de ses équilibres physico-chimiques peut conduire facilement à une déstabilisation par voie physique, en particulier sous l'action de chocs mécaniques et thermiques.

La chaîne de froid n'est pas respectée, l'activité de la charge microbienne positive diminue avec le temps après la date limite de conservation (DLC). La poudre du yaourt périmé possédait un certain nombre de particularité de composition chimique et physique qui peuvent influencer son aptitude à la conservation.

Il est à signaler que d'autres analyses sont nécessaires afin de montrer les avantages liés à la valorisation du yaourt périmé tels que le dosage des protéines, des sucres et de la matière grasse. D'autres parts, il sera utile de diriger ce travail vers des zones non alimentaires ou des industries non alimentaires. D'ailleurs, il est possible de formuler à partir de la poudre élaborée des crèmes cosmétiques, du savon et des engrais pour les plantes.

Références



Bibliographiques

Références bibliographiques

▲

- Ababsa A. (2012).** Recherche de bactériocines produites par les bactéries lactiques du lait. Thèse de MAGISTER en Génie microbiologique. Université FERHAT Abbas- SETIF.
- Feldsine, P., C. Abeyta, et al. (2002).** "AOAC International methodscommittee guidelines for validation of qualitative and quantitative foodmicrobiological official methods of analysis." Journal of AOAC International 85(5) : 1187-1200.
- Aboutayeb R. (2011).** Technologie du lait et dérivés laitiers. Janvier 2011. <http://www.azaquar.com/doc/technologie-des-laits-de>(consulter le 14/06/2022).
- AFNOR. (1980).** Recueil de normes françaises, laits et produits laitiers : méthodes d'analyses.
- Amiot J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P. & Simpson R. (2002).** Composition propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. In : Science et technologie du lait - Transformation du lait. *Presse Internationale*, Polytechnique.Canada.

■

- Balet, J.-M., 2016.** Gestion des déchets.
- Bourlioux, P. (2007).** Histoire des laits fermentés. Cahiers de Nutrition et de Diététique, 42, 9-14.
- Belaidouni, F-Z (2015).** La date de péremption des aliments. Mémoire en science des aliments. Université Abou BekrBelkaid – Tlemcen ; p51.
- Bourlioux, P., V. Braesco and D. D. G. Mater. (2011).** Yaourts et autres laits fermentés. Cahiers de Nutrition et de Diététique, 46, 305-314.
- Burillard, L., Daumas, V., Glaz, M., Kouyoumdjian, I., Lobrot, S., Logier, D., Mallot, N., Marchand, C. (2016).** La fermentation alimentaire.
- Bylund G. (2000).** handbook-of-dairy-processing. Editor : Teknotext AB lustrations : Origrit AB, 20-45-60-75-87-120.

●

- CNIEL. (2018).** « L'économie laitière en chiffres », Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière (CNIEL), Paris, Edition 2018, 192 p.
- Cristina S., Mihaela-AncuŃa R., E.Dumitras D., Gus C., AnamariaJimborean M., A.Socaci S. & Laslo C. (2008).** Physico-chemical changes in whole milk powder during different storage conditions. *Bulletin UASVM Agriculture*. **65**, 400-404 p.

CRYONEXT. Aide à la lyophilisation. [En ligne]. Disponible sur <http://www.cryonext.fr/lyophilisateurs/aide-a-la-lyophilisation-cryonext.pdf> [consulté le 16 MAI 2022].

CRYOTEC .Lyophilisateur . [En ligne]. Disponible sur : <http://www.cryotec.fr/nos-produits/lyophilisateur/> [consulté le 16 MAI 2022].

D

Desorby S. (2018). « Cryogénéisation et lyophilisation » projet professionnel. Université Delloiraine, France. 5p.

Douaer A. (2018). « Effets des extraits de mélisse citronnelle (*Mélissa officinalis* L.) Sur la qualité physicochimique microbiologique et organoleptique d'un lait fermenté alicament type yaourt ferme » Mémoire de fin d'étude en Biotechnologie Alimentaire. Université Abdelhamide Ibn Badis-Mostaganem, 7p.

Drider D. et Prevost H(2009). Bactéries lactiques : Métabolisme générale des bactéries lactiques. Edition ECONOMICA. Paris 577 p.

E

Eissa, M.A. ; Nasralla, N.N. ; Gomah, N.H. ; Osman, D.M. ; El-Derwy, Y.M. (2018).Evaluation of natural fertilizer extracted from expired dairy products as a soil amendment. J. SoilSci. Plant Nutr. **2018**, 18, 694.

EUROTHERM. Le procédé de lyophilisation. [En ligne]. Disponible sur <http://www.eurotherm.tm.fr/freeze-drying> [consulté le 16 MAI 2022]

F

FAO (2008). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine –lait de consommation.

FAO (2021). Nutrition durant la pandémie de la Covid-19.

FAO (2022). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine.

FIT(2018). « Les techniques de séchage », FIT SA, site web de la société : <https://www.fitsa-group.com/produit/fat-filled/>

G

Guiraud P. (1998). Microbiologie alimentaire. Paris : Ed : Dunod, pp 330-397. ISBN : 210 00 3666 1.

Guiraud J.P., 1998. Microbiologie alimentaire. Edition Dunod. Paris, 137p.

H

Hedoux A., Lyophilisation de produits pharmaceutiques et biopharmaceutiques. Techniques de l'ingénieur. [En ligne]. 10 sept. (2013). Disponible sur <https://www.techniques->

ingenieur.fr/base-documentaire/biomedical-pharma-th15/mise-en-forme-des-medicaments-42611210/lyophilisation-de-produits-pharmaceutiques-et-biopharmaceutiques-pha2026/ [consulté le 16 MAI 2022]

I

Ibelhoulen et debiche.2015 : « enquête sur le yaourt Danone et évaluation des paramètres physicochimiques (viscosité, acidité Dornic,PH) et microbiologiques (flore lactique) du yaourt Danone Yaoumi » Mémoire fin de cycle en Génie biologique. Université de Bejaia, 9p.

IndianDepartment of Environmental Management. (2002). Properdisposal of dairywaste and cleanuptime requirements office of land quality. www.idem.IN.gov. 100 NorthSenate Avenue. Indianapolis, 317, 234–6965.

Institut Danone. L'alimentation pour la santé. [En ligne]. Disponible sur : <http://institutdanone.org/objectif-nutrition/les-procedes-de-conservation-des-aliments/dossier-les-proce-des-de-conservation-des-aliments/> [consulté le 16 MAI 2022]

Isabelle Tourette, 2002 : Filières laitières en Afrique et points critiques pour la maîtrise des dangers sanitaires des laits et produits laitiers- Université Montpellier II. France, UFR sciences, diplôme d'études supérieures spécialisées : productions animales en région chaudes, 5 34 095 MONTPELLIER Cedex 5, p15-16.

ISO 2811-1 : 2016. Spécifie une méthode de détermination de la masse volumique des peintures, vernis et produits assimilés au moyen d'un pycnomètre de Gay- Lussac.

J

Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Shuck P et Brule G. (2008). Les produits laitiers (2^e Ed.), Edition Tec et Doc, Lavoisier (3) Paris, P31, P4-37, P185.

JORA. N° 69. (1993). Arrêté interministériel du 29 Safar 1414, correspondant au 18 août 1993, relatif aux spécifications et à la présentation de certains laits de consommation.

K

Kim, H. J., Feng, H., Kushad, M. M., &fan, X. (2006).Effects of ultrasound, irradiation and acidicelectrolyzed water on germination of alfalfa and broccoliseeds and *Escherichia coli* O157 :H7. Journal of Food Science, 71(6), m168em173.

L

Lucas, A., Sodini, I., Monnet, C., Joplivet, P., et Corrien, G. (2004). Probioticcell and acidification in fermentedmilkssupplementedwithmilkproteinhydrolysates International Dairy Journal, 14, pp, 47-53.

Laurent, M., Pierre, A., Yvo, G., Christophe, D., Pierre, J., Francis, L.(2017). Poudre de lait fermenté ou yaourt à haute densité en ferments lactiques. European patent office.

<https://patents.google.com/patent/EP1971209A2/fr>

LYOPHARM. La lyophilisation. [En ligne]. Disponible sur <http://www.lyopharm.it/fr/lyophilisation.htm> [consulté le 16 MAI 2022]



Mahaut M. Jeantet R. Brule G et Schuck P. (2005). Les produits industriels laitiers. Ed : Tec et Doc ; Lavoisier. France, pp 1-40

Makambalan'deke. PM. (2012). « contribution à l'étude de la conformité du lait sec micro conditionne aux prescriptions règlementaires et normatives au Sénégal : Dakar » Thèse de Doctorat Médecine vétérinaire. Université cheikh antaDiop de Dakar, congo, 24p.

Mami A. (2013). Recherche des bactéries lactique productrices de bactériocine à large spectre d'action vis-à-vis des germes impliqués dans la toxi-infection alimentaires en Algérie. Microbiologie Appliquée. Thèse de doctorat. Université d'Oran. 176P.

Mamine.F, Montaigne.E et Boutonnet.J.P (2018). Perception de la qualité des produits laitiers et comportement du consommateur algérien.

Marielle Harel-Org, Gilles Garric. 2022 : « Nouvelle technologie fromagère utilisent de la poudre fromagère, utile pour réduire l'impact environnemental du commerce international de fromage » STLO- science et technologie du lait et de l'œuf. <http://hal.inrae.fr/hal-03257564>



Nermeen N. Nasralla a, Nanis H. Gomahb,c, Morsy M. Aly d, Jelan A. Abdel-Aleem e, Ahmed R. A. Hammam b,f, Dina M. Osman b, Yaser M.A. El-Derwy. (2022) « Compositional characteristics of dairy products and their potential non-dairy applications after shelf-life ». Dairy Science Department, Faculty of Agriculture, New Valley University, El-Kharga, Egypt. www.sciencedirect.com/journal/current-research-in-food-science



Ouadghiri. M. (2009). biodiversité des bactéries lactiques dans le lait cru et ses dérivés « Lben » et « Jben » d'origine marocaine. Mémoire magister université Mohammed V agdal.



Pougheon S (2001) : Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France : 34(102 pages). Rome : F.A.O- XXI- 271p.

Pougheon S. & Goursaud J. (2001). Le lait, caractéristiques physicochimiques In Debry G., Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris. France, 566 p.



Rezkellah S. & Mekhnache F. (2013). Etude de l'influence de la qualité microbiologique (lait cru, poudre du lait) sur le lait pasteurisé. Mémoire de fin de cycle en vue de

l'Obtention du diplôme en Master Biotechnologies, Agro Ressources, Aliment, Nutrition. Option : Industrie Laitière. Université Abderrahmane Mira. Bejaia. Algérie, 17-18-20.

Imran M., Khan H., Shah Hassan S. & Khan R. (2008). Physicochemical characteristics of various milk samples available in Pakistan. *Journal of Zhejiang University Science B. Pakistan.* **9**, 546-551p.

S

Saif Alharbi, Ali Majrashi, Adel M. Ghoneim, Esmat F. Ali, Abdullah S. Modahish, Fahmy A. S. Hassan and Mamdouh A. Eissa, 2021 : « A New Method to Recycle Dairy Waste for the Nutrition of Wheat Plants » *Agronomy* **2021**, 11, 840. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050840>.

Sboui, A. ; korchani, T. ; Djegham, M. ; Belhadj, O. (2009). Comparaison de la composition physico-chimique du lait camelin et bovin du sud tunisien ; variation du PH et de l'acidité à différentes températures. *Afrique science* **05** (2), 293-304.

Serra, M., Trujillo, A.J., Guamis, B., Ferragut, V. (2009). Evaluation of physical properties during storage of set and stirred yogurts made from ultra-high pressure homogenization-treated milk. *Food hydrocolloids*, **23** : 82-91.

Soceanu A., Popescu V. & Dobrin S. (2015). Physico-chemical characterisation of some samples of fresh milk and milk powder. *Ovidius University Annals of Chemistry. Romania.* **26**, 57-60 P.

Sodini, I. et Beal, C. (2012). Fabrication des yaourts et laits fermentés. *Techniques de l'Ingénieur (F 6315)*. Paris- France : Pp16

SOY, B., (2011). Milk powder production.
<http://www.docstoc.com/docs/70425205/MilkPowderProduction>.

Simun, Z. ; Neven, A. ; Jasmina, H. ; Dubravka. (2012). S. Mineral elements in milk and dairy products. *Mljekarstvo*, **62**, 111–125.

T

Tabka. M. (2008). « Optimisation du réseau de distribution des produits laitiers ». Thèse de Doctorat Génie industriel. Université trois- rivières Québec, 3 p.

Thapon L. 2005. Science et technologie du lait. Edition agrocompus-Rennes. 47 p.

Tlemsani A, Ramdane S A, Djermoun A et Megateli S. (2018). « le contexte de durabilité en industrie laitière Algérienne approche par les résidus d'entreprise dans la région de Tiaret » *Revue*, 946 p. ISSN (Print) : 2170-1652, www.agrobiologia.net.

Taleb. A. (2017). « Contrôle et qualité d'un lait déshydraté ». Mémoire de master II en biologie. Université Aboubekr Belkaid de Tlemcen, 18 p.

▼

Vasilyev, O. ; Nursov, I. ; Ivanov, Y. ; Ilyin, A. ; Terentyeva, M. (2020). Use of residues of the dairy industry as a fertilizer for spring wheat. IOP Conf. Series : Earth Environ. Sci. 2020, 604, 012013.

Vignola C.L (2002). Science et technologie du lait. Transformation du lait, École polytechnique Montréal, ISBN : 29-34 (600 pages).

Vignola C. (2002). Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. 2ème édition : Presses Internationales Polytechniques. Canada, 3-75 p.

■

Zouari A. (2019). « Etude physique et biochimique de la poudre de lait de chamelle séchée par le procédé d'atomisation : étude comparative avec le lait de vache » Thèse de Doctorat Génie biologique. Université de Sfax Ecole nationale d'ingénieurs de Sfax, Tunis, Edition 2019, 26-32-33p.

Site web :

Anonyme 01 : <http://www.onsalus.com/cuales-son-los-estreptococcus-del-grupo-a-20817.html> (consulter le 16/05/2022)

Anonyme 02 : <http://www.indiamart.com/proddetail/lactobacillus-bulgaricus-probiotic-20433736497.html> (consulter le 16/05/2022).

Anonyme 03 : http://www.longuevergne.free.fr/le_lait.html (consulter le 16/05/2022)

Anonyme 04 : <http://www.alamyimages.fr/photos-images> (consulter le 16/05/2022)

Anonyme 05 : <https://www.bio-ecoloblog.com/recyclage-des-dechets-ses-avantages-et-ses-inconvenients/#:~:text=Il%20permet%20de%20r%C3%A9duire%20la,gaz%20%C3%A0%20effet%20de%20serre>. (Consulter le 20/06/2022).

Anonyme 06 : <https://www.Mesrecettes.info/yaourt-périme> (Consulter le 26/05/2022)

Anonyme 07 : <https://www.Mesrecettes.info/yaourt-périme>

Anonyme 08 : <https://parismatch.be/lifestyle/beaute/177941/5-bonnes-raisons-de-conserve-ses-yaourts-perimes>

Anonyme 09 : [https://parismatch.be/lifestyle/beaute/177941/5-bonnes-raisons-de-conserve-ses-yaourts-périmés](https://parismatch.be/lifestyle/beaute/177941/5-bonnes-raisons-de-conserve-ses-yaourts-perimes)

Anonyme 10 : <https://parismatch.be/lifestyle/beaute/177941/5-bonnes-raisons-de-conserve-ses-yaourts-perimes>

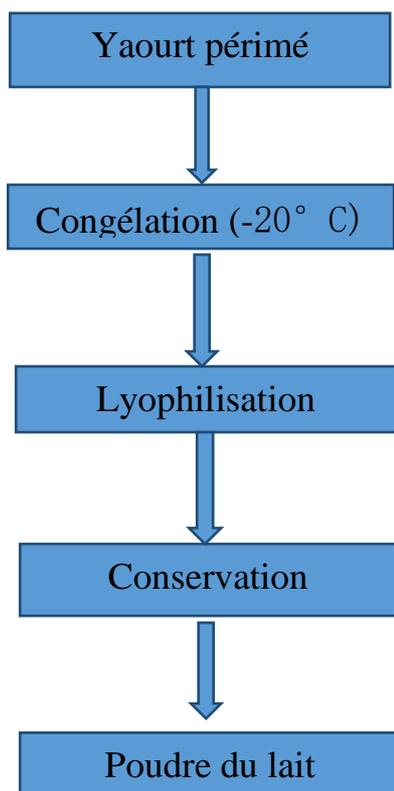
Anonyme 11 :<https://www.produits-laitiers.com/la-fibre-de-lait-du-lait-pour-fabriquer-des-tissus/> (consulter le 25/05/2022)

Anonyme 12 :<http://culturesciencephysique.ens-lyon.fr> (consulter le 14/06/2022).

Annexes



Annexe 01 : Diagramme de fabrication de la poudre du yaourt périmé.



Annexe 02 : photographies de la poudre du yaourt périmé.

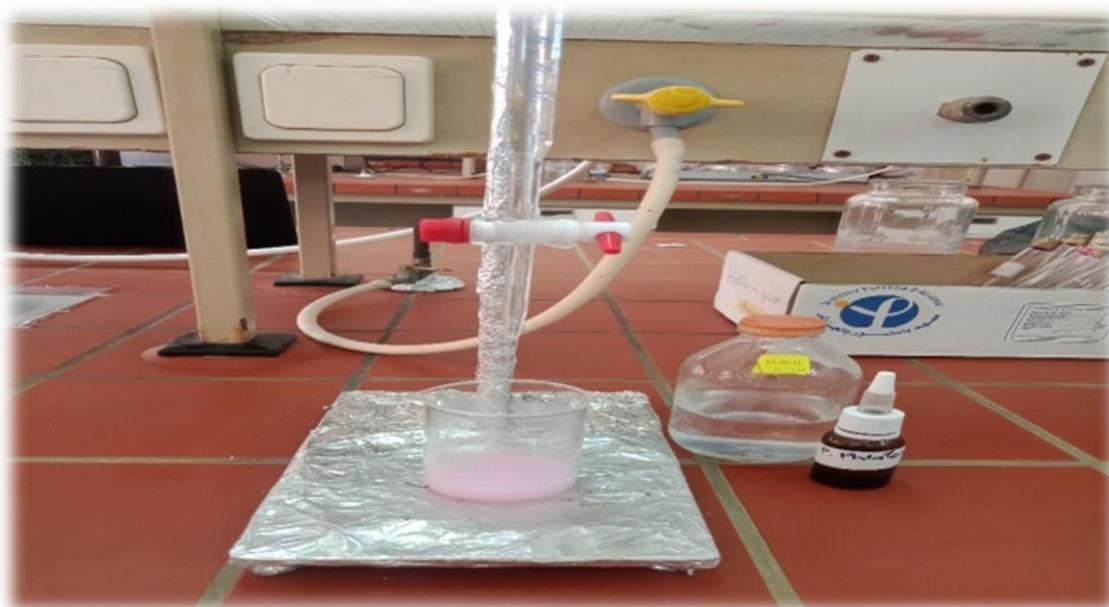


Annexe 03 : photographies du matériel utilisé pour la détermination des propriétés physico-chimiques

Annexe 03-1 : photographie du pH-mètre utilisé (HANNA instruments).



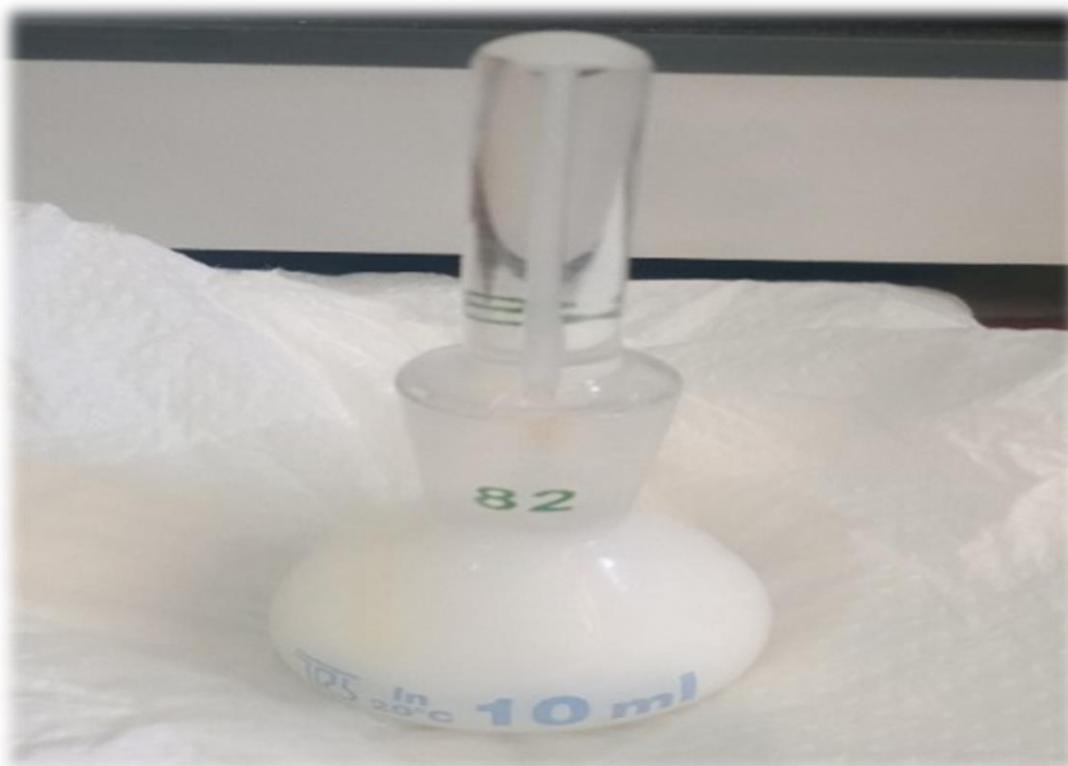
Annexe 03-2 : détermination de l'acidité par la titration.



Annexe 03-3 : photographie de dessiccateur infrarouge (RADWAG)



Annexe 03-4 : photographie de pycnomètre



Annexe 03-5 : photographie d'un refractomètre (AR 12)



Annexe 04 : photographie des tubes représentant les résultats d'analyse physico-chimiques

Annexe 04-1 : photographie des tubes représentant les résultats de test du Ramsdell après refroidissement



Annexe 04-2 : photographie destubes représentant les résultats du test d'ébullition



Annexe 04-3 : Tubes représentant les résultats de test de la stabilité à l'alcool



Annexe 05 : résultats d'évolution du pH et d'acidité du lait à différentes température en fonction du temps

Annexe 05-1 : Suivi de l'acidité titrable à 20 °C en fonction du temps.

Temps	D° de la poudre « LOYA »	D° de la poudre du yaourt périmé
1 h	11	41
2 h	11	41
3 h	34	45
4 h	41	54

Annexe 05-2 : Suivi du pH à 20 °C en fonction du temps.

Temps	pH de la poudre « LOYA »	pH de la poudre du yaourt périmé
1 h	6,96	4,22
2 h	6,49	4,15
3 h	6,40	4,08
4 h	6,38	4,03

Annexe 05-3 : Suivi de l'acidité titrable à 37 °C en fonction du temps

Temps	D° de la poudre « LOYA »	D° de la poudre du yaourt périmé
1 h	11	35
2 h	11	40
3 h	11	41
4 h	14	70

Annexe 05-4 : Suivi de pH à 37° C en fonction du temps

Temps	pH de la poudre « LOYA »	pH de la poudre du yaourt périmé
1 h	6,63	4,40
2 h	6,53	4,16
3 h	6,23	4,09
4 h	6,09	4,01

Annexe 05-5 : Suivi de l'acidité titrable à 55 °C en fonction du temps.

Temps	D° de la poudre « LOYA »	D° de la poudre du yaourt périmé
1 h	16	38
2 h	18	40
3 h	23	63
4 h	29	68

Annexe 05-6 : Suivi de pH à 55 °C en fonction du temps.

Temps	pH de la poudre « LOYA »	pH de la poudre du yaourt périmé
1 h	6,46	4,13
2 h	6,32	4,13
3 h	6,26	4,08
4 h	6,18	4,03

Résumé

De nombreux produits laitiers deviennent inutilisables après avoir été jetés à la fin de leur durée de vie, ce qui pose des problèmes économiques et environnementaux. Donc la valorisation des déchets laitiers est une solution idéale pour préserver l'environnement et l'économie. Notre travail est porté sur une transformation d'un yaourt périmé en poudre du lait. Cette dernière est comparée à une poudre du lait commercialisé « LOYA » en contrôlant les paramètres physico-chimiques selon les normes recommandées. Les résultats obtenus montrent que le pH, l'acidité, la densité, l'humidité et le degré de Brix sont conformes et sont de 6,25, 11,70 D°, 1,04 g/mL, 3,296% et 7%, respectivement. En outre, le suivi du pH et d'acidité du lait à différentes températures en fonction du temps a révélé sa stabilité. Par conséquent, la poudre du lait « LOYA » est conforme et de bonne qualité. En revanche, la poudre du yaourt périmé n'est pas conforme aux normes (pH = 3,87, acidité Dornic = 42,30, densité = 1,06 g/mL, humidité = 10,44% et le degré Brix = 6%) et son pH et acidité ne sont pas stables à différentes températures en fonction de temps. Cela signifie qu'elle est impropre à la consommation humaine du point de vue de sécurité et de la qualité. Par conséquent, il est utile de diriger ces substances vers des industries non alimentaires pour être utilisées dans la fabrication par exemple des crèmes cosmétiques, savons et engrais pour les plantes.

Mots clés : lait, poudre du lait, produits laitiers périmés, valorisation, analyse physico-chimique.

Abstract

Many dairy products become unusable after being thrown away at the end of their life, which causes economic and environmental problems. So the valorisation of dairy waste is an ideal solution to preserve the environment and the economy. Our work is focused on a transformation of an expired yogurt into milk powder. The latter is compared to a commercialized milk powder "LOYA" by controlling the physicochemical parameters according to the recommended standards. The results obtained showed that the pH, acidity, density, moisture and Brix degree are in accordance and are 6.25, 11.70 D°, 1.04 g/mL, 3.296% and 7%, respectively. In addition, the monitoring of pH and acidity of milk at different temperatures over time revealed its stability. Therefore, the milk powder "LOYA" is consistent and of good quality. On the other hand, the expired yogurt powder does not comply with the standards (pH = 3.87, Dornic acidity = 42.30, density = 1.06 g/mL, moisture = 10.44% and Brix degree = 6%) and its pH and acidity are not stable at different temperatures over time. Therefore, it is useful to direct these substances to non-food industries to be used in the manufacture of e.g. cosmetic creams, soaps and fertilizers for plants.

Keywords : milk, milk powder, expired dairy products, valorisation, physico-chemical analysis.