

*Algerian Journal of
Nutrition and Food Sciences
(AJNFS)*

ISSN: 2773-4366

Journal homepage: fac.umc.edu.dz/inataa/revue/

Estimation de la présence des bactéries mésophiles et thermophiles formant-endospores dans 03 types de laits en poudre

Abdelhamid S., Zouita M., Gomri M.A.

Published online: July 15, 2022.

To cite this article: Abdelhamid, S., Zouita, M., Gomri, M.A. 2022. Estimation de la présence des bactéries mésophiles et thermophiles formant-endospores dans 03 types de laits en poudre. *Algerian Journal of Nutrition and Food Sciences*, 2(2), 1–8

To link to this article: <https://fac.umc.edu.dz/inataa/revue/files/ajnfs0202001.pdf>

Original Article

Estimation de la présence des bactéries mésophiles et thermophiles formant-endospores dans 03 types de laits en poudre

Abdelhamid Soundous¹, Zouita Maissa¹, Gomri Mohamed Amine^{1,2}

¹ INATAA, Université Frères Mentouri Constantine 1 (UFMC1) (Algérie)

² Laboratoire de Recherche Biotechnologie et Qualité des Aliments (BIOQUAL), INATAA, UFMC1 (Algérie)

Received March 5, 2022 Accepted June 22, 2022 Available online July 15, 2022

Abstract Mesophilic and thermophilic spore-forming bacteria are potential contaminants of milk powder and are considered as quality indicators of this product. In this study, we performed an enumeration of mesophilic and thermophilic spore-forming bacteria on 3 types of milk powder used in Algeria: industrial, packaged and breast milk substitute. The 12 samples were evaluated using a heat treatment of i. 80°C for 12 min; ii. 100°C for 30 min; and iii. 106°C for 30 min. A count of contaminating flora and a search for some pathogens were also carried out, and some physico-chemical characteristics (pH, acidity and moisture content) of the quality of these powdered milks were measured. The results obtained show that only the LI-A and LI-B samples used by the dairy plant exceed the standards set for spore-forming bacteria, total and fecal coliforms, mesophilic aerobic germs, yeasts and molds. The other milk powder samples are of good food and health quality, fit for consumption and meet national and international standards.

Keywords Powdered Milk, Endospore-Forming Bacteria, Mesophilic, Thermophilic, Alteration

Résumé Les bactéries formant-endospores mésophiles et thermophiles sont des contaminants potentiels du lait en poudre et elles sont considérées comme des indicateurs de qualité de ce produit. Dans cette étude, nous avons réalisé un dénombrement des bactéries formant-endospores mésophiles et thermophiles sur 3 types de laits en poudre utilisés en Algérie : industriel, conditionnée et substitut au lait maternel. Les 12 échantillons ont été évalués en utilisant un traitement thermique de i. 80°C pour 12 min ; ii. 100°C pour 30 min ; et iii. 106°C pour 30 min. Un dénombrement de la flore de contamination et une recherche de la flore pathogène ont également été réalisés et certains caractères physico-chimiques (pH, acidité et taux d'humidité) de la qualité de ces laits en poudre sont mesurés. Les résultats obtenus montrent que seuls les échantillons LI-A et LI-B utilisés par la laiterie dépassant les normes fixées pour les bactéries formant-endospores, les coliformes totaux et fécaux, les germes aérobies mésophiles et levures et moisissures. Les autres échantillons de lait en poudre sont de bonnes qualités alimentaires et sanitaires, propres à la consommation et répondent aux normes nationales et internationales.

Mots clés Laits en Poudre, Bactéries Formant-Endospores, Mésophiles, Thermophiles, Altération

Introduction

Le corps humain a toujours besoin des apports calorique et nutritionnel suffisants et équilibrés pour son bien-être. Le lait peut constituer une source majeure de ces apports dans notre alimentation quotidienne. En effet, il présente une forte concentration en nutriments (calcium, de phosphore, de riboflavine, de vitamine B12, de sucres, de protéines et de lipides) et joue de ce fait un grand rôle dans le régime alimentaire d'une grande partie de la population humaine (Benhacicen et Madkour, 2019). L'homme s'aperçut rapidement que le lait peut être conservé par les traitements de conservation comme le

chauffage, la transformation en fromage ou par séchage (Jeantet *et al.*, 2007). Actuellement le lait en poudre reste le produit de choix dans les échanges commerciaux de produits laitiers entre les pays (Ghaoues, 2011), il est le produit solide obtenu par l'élimination partielle de l'eau du lait, on distingue trois catégories de laits en poudre : entier, partiellement écrémé et totalement écrémé (FAO, 1995; Karen, 2008). L'objectif de la fabrication du lait en poudre est d'éliminer l'eau afin de freiner le développement microbien (Lapointe-Vignola, 2002). Après la réception du lait cru, un nettoyage et une clarification sont essentiels pour séparer des particules solides ayant de tout petits diamètres. Une fois nettoyé, clarifié et refroidi, il sera stocké dans des silos de stockage refroidis (1 à 5 °C) (Djafer et Djemaa, 2017). L'écrémage consiste à séparer les graisses du lait en utilisant une écrémeuse. Cette opération donne alors le lait écrémé et la crème, une standardisation est essentielle pour ajuster le taux de la matière grasse et la teneur en

* Corresponding author:
Gomri Mohamed Amine
Email address: gomrima@umc.edu.dz
INATAA, UFMC1
7° Km Route de Sétif, RN 5, 25000 Constantine (Algeria)

protéines dans certains cas. L'étape suivante comprend le traitement thermique, qui s'effectue entre 60 °C et 100°C, pendant quelques minutes afin de détruire la totalité des microorganismes pathogènes non sporulant. En ce qui concerne l'élimination de l'eau, elle se fait en deux phases : la concentration qui se fait par évaporation, et le séchage par déshydratation après homogénéisation du liquide concentré (Djafer et Djemaa, 2017).

Parmi les microorganismes pouvant entrer dans la chaîne laitière ou via les chaînes de transformation laitière, la présence des bactéries sporulées, sporulantes ou appelées également formant-endospores est particulièrement préoccupante, car elles ont la capacité, lorsqu'elles sont sous forme de spores, de résister à des conditions environnementales extrêmes, ainsi que les endospores survivent aux étapes thermiques appliquées pendant la pasteurisation, l'évaporation et le séchage du lait (Logan et De Vos, 2009; Postollec *et al.*, 2012). Les thermophiles (ayant une température optimale de croissance supérieure ou égale à 50 °C) et les thermotolérants (pouvant survivre à des températures supérieures à 50 °C) sont également des microorganismes prédominants trouvés dans les poudres de lait. D'ailleurs, la présence des thermophiles est utilisée comme mesure d'hygiène et de contrôle des processus de fabrication (Kent *et al.*, 2016). D'autres microorganismes qui peuvent être présents dans le lait en poudre à des niveaux inférieurs comprennent les bactéries sporogènes mésophiles et les

bactéries anaérobies. Si les conditions du processus ne sont pas optimales, une gamme d'autres microorganismes peut être présente, notamment des entérobactéries, des levures et des moisissures (Lindsay *et al.*, 2022).

Dans le cas de la poudre de lait et après la standardisation du lait, la pasteurisation inactive les cellules végétatives, mais présente un effet limité sur les spores bactériennes. La concentration de lait dans l'évaporateur est un danger critique pendant le processus de séchage du lait ; l'eau est éliminée par ébullition à basse pression. Les températures d'évaporation sont inférieures à 66-68 °C afin de ne pas diminuer la qualité de la poudre de lait (Hill et Smythe, 2012).

C'est dans ce contexte que nous avons entamé ce travail qui a pour objectifs de dénombrer la présence des flores bactériennes mésophile et thermophile formant-endospores dans 03 types de lait en poudre ainsi qu'évaluer la qualité hygiénique de ces laits en dénombrant la flore d'altération et en recherchant la présence de la flore pathogène et aussi d'estimer quelques paramètres physico-chimiques indicateurs de la qualité des laits en poudre analysés.

Matériel et méthodes

Échantillons analysés

Pour réaliser cette étude, nous avons choisi (figure 1) :

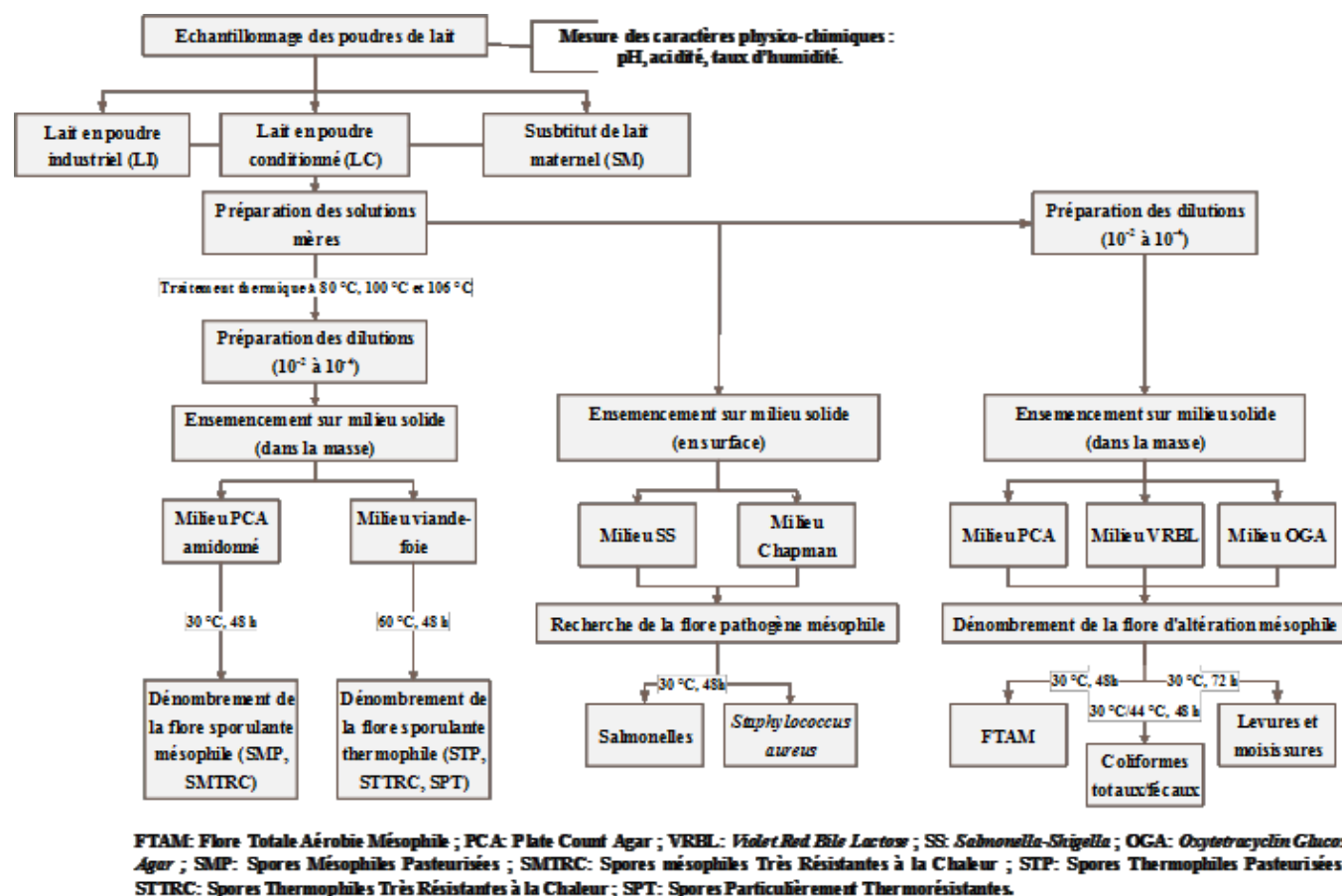


Figure 1. Démarche expérimentale adoptée pour cette étude.

- 06 échantillons de laits en poudre destinés à l'industrie (pour la fabrication du lait reconstitué pasteurisé, codés LI) provenant de deux laiteries localisées au niveau des Wilayas de Batna et de Constantine à hauteur de 03 échantillons par usine. Ces prélèvements concernent le lait écrémé en poudre (0% p/p) avec des prélèvements depuis un lot distinct pour chaque échantillon. Ainsi, environ 500 g de poudre de lait écrémé sont prélevés à l'aide d'une spatule désinfectée à partir des sacs entreposés au niveau de chaque usine puis sont récupérés dans des récipients stériles en verre ;
- 03 échantillons (codés LC) de laits en poudre conditionnés en sacs de 500 g de 03 marques différentes : C1 (usine implantée à Alger), C2 (Béjaia) et C3 (Blida), ont été prélevés depuis 03 commerces différents localisés au niveau de la commune de Constantine ;
- 03 échantillons (codés SM) de 03 formulations différentes (LF : sans lactose, FM : formule de croissance avec Omega-3 et Omega-6 et GF : avec des bactéries de bifidus) de substituts de lait maternel (laits en poudre destinés au nourrisson), conditionnés dans des boîtes de 500 g ont été récupérés au niveau de la commune de Batna.

Analyses physico-chimiques

Les analyses physicochimiques contribuent à la protection du consommateur pour tous les paramètres qui n'entraînent pas de modifications visibles des caractéristiques du produit (tout ce qui n'est pas détectable visuellement) (JORA, 2015).

Les valeurs de pH, de l'acidité titrable et de l'humidité de tous les échantillons ont été mesurées d'après les méthodes décrites par le JORA (2005 ; 2015).

Analyses microbiologiques

Dénombrement des flores bactériennes formant-endospores mésophile et thermophile

Deux traitements sont effectués sur 100 mL de solution mère de chaque échantillon. Chaque traitement comprenant un traitement thermique pour inactiver les cellules bactériennes végétatives, et une incubation pour récupérer les spores viables. Les températures choisies (80, 100 et 106 °C) correspondent à celles pouvant être rencontrées lors de l'utilisation des poudres analysées (chauffage, cuisson, pasteurisation, stérilisation, etc.) (Kent *et al.*, 2016; Murphy *et al.*, 2016).

Pour le dénombrement de la flore sporulant aérobie le milieu PCA supplémentée par 0,2 % (p/v) d'amidon soluble a été utilisé. Tandis que le milieu viande-foie a été utilisé pour le dénombrement de la flore formant-endospores anaérobie (stricte ou facultative) (y compris *Clostridium*) ou facultative (Eijlander *et al.*, 2019).

La flore bactérienne formant-endospore, mésophiles et thermophiles, aérobies et anaérobies a été dénombrée à partir des échantillons de lait en poudre analysés. Ces derniers ont été traités à différentes températures afin d'estimer la présence de tous ces groupes sporulants

(Kent *et al.*, 2016) :

- dénombrement des Spores Mésophiles Pasteurisées (SMP) (80 °C pour 12 min, incubation à 30 °C pendant 48h) ;
- dénombrement des Spores Mésophiles Très Résistantes à la Chaleur (SMTRC) (100 °C pour 30 min, incubation à 30 °C pendant 48h) ;
- dénombrement des Spores Thermophiles Pasteurisées (STP) (80 °C pour 12 min, incubation à 60 °C pendant 48h) ;
- dénombrement des Spores Thermophiles Très Résistantes à la Chaleur (STTRC) (100 °C pour 30 min, incubation à 60 °C pendant 48h) ;
- dénombrement des Spores Particulièrement Thermorésistantes (SPT) (106 °C pour 30 min, incubation à 60 °C pendant 48h).

Recherche de la flore d'altération et pathogène

Le dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM), des coliformes totaux et fécaux, des levures et des moisissures, la recherche des streptocoques et des salmonelles ont été réalisés sur les échantillons non traités thermiquement selon les méthodes décrites par le JORA (2000 ; 2005 ; 2015).

Résultats et discussion

L'objectif de cette recherche consiste à dénombrer la présence des flores bactériennes mésophiles et thermophiles formant-endospores ainsi que celle des flores d'altération et pathogènes dans des échantillons de lait en poudre.

Les résultats d'analyse de l'acidité titrable varient entre 13 et 17,5°D. La valeur maximale est enregistrée pour l'échantillon LI-C et la valeur minimale est enregistrée pour l'échantillon SM-FM. Les résultats de l'acidité titrable de tous les échantillons étudiés sont conformes à la norme qui est de moins 18 °D selon le JORA (2015). Selon Afif *et al.* (2008) et Michel *et al.* (2002), l'acidification spontanée des différents laits en poudre est liée aux proportions relatives de flores d'intérêt technologique et de flore d'altération du lait qui sont les flores protéolytiques et lipolytiques dont les bactéries formant-endospores mésophiles et thermophiles sont un constituant majeur (Sadiq *et al.*, 2016).

L'acidité dépend également de la teneur en caséine, en sels minéraux et en ions, des conditions hygiéniques lors de traitement, de la flore microbienne totale et son activité métabolique et de la manutention et du stockage du lait en poudre (Labioui *et al.*, 2009).

D'après les résultats présentés dans le tableau 1, nous constatons que l'humidité des échantillons varie entre 2% et 6% ce qui correspond à la norme nationale qui est de moins 6% (p/p). Les microorganismes sont plus actifs dans une teneur d'eau élevée. Leur croissance dans les produits déshydratés est inhibée et leur survie peut alors être très basse (Delhalle *et al.*, 2008). La teneur en humidité a une influence sur la qualité de conservation des poudres alimentaires. Selon Kelly et Fox (2016),

Tableau 1. Résultats de l'analyse physico-chimique pour les différents échantillons de laits en poudre analysés.

Échantillon	pH	Acidité (°D)	Humidité % (p/p)
Industriel	LI-1	14,5 ± 0,52	6
	LI-2	14,5 ± 0,40	4
	LI-3	14,0 ± 0,0	4
	LI-A	15,0 ± 0,45	2
	LI-B	15,16 ± 0,23	4
	LI-C	17,5 ± 0,45	2
Substitut	SM-LF	14 ± 0,70	4
	SM-FM	13 ± 0,70	2
	SM-GF	15 ± 0,35	2
Conditionné	LC-C1	16 ± 0,35	2
	LC-C2	15 ± 0,35	2
	LC-C3	16,5 ± 0	2

Tableau 2. Résultats du dénombrement des bactéries mésophiles et thermophiles formant endospores (exprimés en UFC/g).

Échantillon	Flore	Bactéries mésophiles formant-endospores		Bactéries thermophiles formant-endospores		
		SMP	SMTRC	STP	STTRC	SPT
Industriel	LI-1	0,05×10 ⁴	Abs	0,04×10 ⁴	0,05×10 ⁴	0,05×10 ⁴
	LI-2	Abs	0,05×10 ⁴	0,04×10 ⁴	Abs	Abs
	LI-3	0,01×10 ⁴	0,05×10 ⁴	0,02×10 ⁴	0,03×10 ⁴	0,03×10 ⁴
	LI-A	240×10 ⁴	252×10 ⁴	Abs	Abs	Abs
	LI-B	167×10 ⁴	170×10 ⁴	Abs	Abs	Abs
	LI-C	Abs	Abs	0,05×10 ⁴	Abs	0,01×10 ⁴
Substitut	SM-LF	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
	SM-FM	0,03×10 ⁴	0,01×10 ⁴	Abs	0,05×10 ⁴	Abs
	SM-GF	Abs	0,05×10 ⁴	Abs	0,05×10 ⁴	Abs
Conditionné	LC-C1	0,05×10 ⁴	Abs	Abs	Abs	Abs
	LC-C2	Abs	0,01×10 ⁴	Abs	Abs	Abs
	LC-C3	0,01×10 ⁴	0,02×10 ⁴	0,05×10 ⁴	Abs	Abs

SMP : spores mésophiles pasteurisées ; SMTRC : spores mésophiles très résistantes à la chaleur ; STP : spores thermophiles pasteurisées ; STTRC : spores thermophiles très résistantes à la chaleur ; SPT : spores spécialement thermorésistantes ; Abs : absence. ; LC-C1 : lait en poudre conditionné C1 ; LC-C2 : lait en poudre conditionné C2 ; LC-C3 : lait en poudre conditionné C3 ; LI : lait en poudre industriel ; LI : lait en poudre industriel ; SM : substitut maternel.

Tableau 3. Résultats du dénombrement de la flore d'altération et de la recherche de la flore pathogène (exprimés en UFC/g).

Échantillon	Flore	FTAM	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Levures et moisissures	Staphylocoques	Salmonelles
Industriel	LI-1	0,36×10 ⁴	7,18×10 ⁴	7,18×10 ⁴	Abs	Abs	Abs
	LI-2	0,09×10 ⁴	0,45×10 ⁴	0,45×10 ⁴	0,09×10 ⁴	Abs	Abs
	LI-3	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
	LI-A	115×10 ⁴	10,2×10 ⁴	10,2×10 ⁴	104×10 ⁴	Abs	Abs
	LI-B	116×10 ⁴	7,4×10 ⁴	7,4×10 ⁴	111×10 ⁴	Abs	Abs
	LI-C	Abs	Abs	Abs	0,09×10 ⁴	Abs	Abs
Substitut	SM-LF	Abs	Abs	Abs	0,09×10 ⁴	Abs	Abs
	SM-FM	0,09×10 ⁴	Abs	Abs	0,18×10 ⁴	Abs	Abs
	SM-GF	0,09×10 ⁴	Abs	Abs	0,09×10 ⁴	Abs	Abs
Conditionné	LC-C1	0,18×10 ⁴	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
	LC-C2	0,09×10 ⁴	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
	LC-C3	0,18×10 ⁴	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

FTAM : flore totale aérobie mésophile ; Abs : absence. ; LC-C1 : lait en poudre conditionné C1 ; LC-C2 : lait en poudre conditionné C2 ; LC-C3 : lait en poudre conditionné C3 ; LI : lait en poudre industriel ; SM : substitut maternel.

une teneur élevée en humidité de départ diminuera la qualité de conservation.

Qualité microbiologique du lait

L'analyse microbiologique, a été effectuée sur 12 échantillons de 03 types de laits en poudre : i. lait écrémé en poudre destiné à l'industrie ; ii. Lait en poudre conditionné et commercialisé ; et substitut au lait maternel pour nourrisson. Les résultats ont été exprimés en unité formant colonie par gramme d'échantillon analysé (UFC/g). Ils sont rapportés dans le tableau 2 pour le dénombrement des flores bactériennes mésophiles et thermophiles formant endospores, et dans le tableau 3 pour le dénombrement de flore d'altération et la recherche de la flore pathogène.

Dénombrement des flores bactériennes formant-endospores mésophiles et thermophiles

Les résultats de dénombrement de la flore thermorésistante formant-endospores (tableau 2) ont montré que le nombre de bactéries mésophiles est le plus élevé dans les laits en poudre industriels (LI-1, LI-2, LI-3, LI-A, LI-B et LI-C) et il varie entre $0,05 \times 10^4$ et 252×10^4 UFC/g. Tandis qu'il se situe entre $0,05 \times 10^4$ et $3,2 \times 10^4$ UFC/g dans les substituts au lait maternel (SMLF, SM-FM et SM-GF). Concernant les laits en poudre commercialisés (LC-C1, LC-C2 et LC-C3), le nombre varie entre $0,05 \times 10^4$ et $2,1 \times 10^4$ UFC/g. Le nombre des bactéries thermophiles est négligeable dans tous les échantillons et varie entre $0,05 \times 10^4$ et 2×10^4 UFC/g dans les laits en poudre industriels. Il est de $0,5 \times 10^4$ UFC/g dans le substitut maternel LC-LY, et de $0,05 \times 10^4$ UFC/g dans les laits en poudre commercialisés SMFM et SM-GF. Cette flore est absente du reste des échantillons. Il a été démontré dans la littérature scientifique que les spores mésophiles sont les plus répandues dans le lait cru stocké en vrac. Toutefois, les paramètres de la recherche de spores sont importants. En effet, les nombres de spores mésophiles et thermophiles détectés dans le lait cru et les poudres laitières diffèrent considérablement selon la méthode de test (Miller *et al.*, 2015). Les bactéries formant-endospores sont une cause principale des préoccupations pour les fabricants d'ingrédients laitiers en poudre et peuvent être classée comme étant de nature thermophile ou mésophile (Watterson *et al.*, 2014). Avec les bactéries thermophiles formant endospores étant plus répandus dans le produit final (lait en poudre), ce qui ne correspond pas à nos résultats. Le *US Dairy Export Council* (UDEC) a fixé des seuils stricts de tolérance pour les spores mésophiles (<1000 UFC/g) et thermophiles (<500 UFC/g) dans les poudres laitières. Ces seuils prennent en compte les facteurs qui conduisent à leur prolifération et à leur survie dans les usines de transformation durant les étapes de transformation et de traitement des laits en poudre dans une optique de contrôler et de réduire leur présence (Watterson *et al.*, 2014). De nos résultats, il s'avère que le dénombrement des bactéries mésophiles formant endospores SMP et SMTRC des laits en poudre

conditionnés et des substituts maternelles est en dessous de la norme fixée par l'UDEC. Par contre, les 2 laits en poudre industriels LI-A et LI-B présentent un résultat supérieur à la norme. Lorsque l'on compare entre les résultats des flores mésophiles SMP et SMTRC dans les échantillons LI-A et LI-B, nous remarquons qu'il y a une légère hausse enregistrée pour la flore SMTRC. Cette flore peut être utilisée comme un bon indicateur de l'efficacité des traitements thermiques que subissent les poudres (Kent *et al.*, 2016). D'ailleurs, Kent *et al.* (2016) ont remarqué une variation dans le nombre de spores mésophiles entre le début et la fin du traitement thermique. Ils ont aussi remarqué une légère diminution de $\log 1,41$ UFC/g pour la flore SMTRC et une légère augmentation de $\log 2,00$ UFC/g pour la flore SMP. Inversement, tous les comptes de spores thermophiles avaient tendance à augmenter entre le début et la fin du même traitement.

Lorsque nous comparons entre les résultats des 03 types de lait en poudre, nous remarquons que les échantillons des laits en poudre industriels sont les plus contaminés par la flore aérobie thermophile et mésophile avec un nombre au-dessus de la norme dans les deux échantillons (LI-A et LI-B) pour cette dernière. Ce qui peut s'expliquer par une contamination croisée potentielle par des sporulant pendant le traitement. Par conséquent, ces résultats mettent en évidence l'importance de la qualité du lait cru avec une moindre formation de spores bactériennes, mais aussi l'importance d'un assainissement adéquat des protocoles au sein des usines afin d'éviter cette contamination croisée et maintenir un faible nombre de spores pendant le traitement et dans le produit final (Martinez *et al.*, 2017).

Dans une étude publiée par Cho *et al.* (2018), les résultats d'une analyse complète de la composition microbienne d'aliments pour nourrissons ont révélé que la matière première était la source des microflore sporulantes mésophiles et thermophiles détectées dans les produits intermédiaires et le produit final. Les étapes de traitement thermique de toutes les usines de fabrication étudiées étaient efficaces pour l'inactivation des mésophiles, mais les bactéries survivantes sont restées dans tous les produits intermédiaires. La population de thermophiles n'a pas été affectée par aucune étape de transformation des usines de fabrication et les thermophiles obligatoires qui ne peuvent pas croître dans les conditions générales utilisées pour l'analyse des bactéries viables ont également été détectés.

Recherche de la flore d'altération

Dénombrement de la Flore Totale Aérobie Mésophiles

La flore mésophile aérobie totale est la flore la plus dénombrée dans les laboratoires de microbiologie alimentaire (Afif *et al.*, 2008). Elle nous renseigne sur la qualité hygiénique du lait en poudre et des produits alimentaires en général (Boudechiche, 2019).

Le dénombrement effectué sur nos échantillons montre une présence remarquable des germes totaux dans les laits en poudre industriels (LI-A et LI-B) de $11,5 \times 10^5$ et

de $11,6 \times 10^5$ UFC/respectivement. Ces mêmes échantillons ont présenté les valeurs les plus élevées de présence des flores formant-endospores mésophiles et thermophiles, ce qui pourrait confirmer une importante contamination de ces poudres, causées par l'inefficacité du traitement thermique ou par les mauvaises conditions d'hygiène durant le processus de transformation ou lors du stockage. Ces valeurs sont supérieures à la norme nationale qui est estimée à 5×10^5 UFC/g. À l'inverse, nous remarquons une présence très négligeable dans les laits en poudre industriels (LI-1 et LI-2) qui varie entre $0,09 \times 10^4$ et $0,36 \times 10^4$ UFC/g et une absence totale dans les échantillons (LI-3 et LI-C).

Dans les échantillons de substituts maternels, la recherche montre une présence très négligeable dans 02 échantillons parmi les 03 qui sont (SM-FM et SM-GF) avec une valeur de $0,09 \times 10^4$ UFC/g, le troisième échantillon montre une absence totale des germes.

Dans les échantillons de lait en poudre commercialisé (LC-C1, LC-C2 et LC-C3), la présence est aussi négligeable et varie entre 0,09 et $0,18 \times 10^4$ UFC/g dans tous les échantillons, avec un nombre au-dessous de la norme qui est estimée à 5×10^5 UFC/g, cela confirme l'efficacité et l'importance de la pasteurisation dans la réduction de la charge microbienne

Dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Les résultats montrent la présence des coliformes totaux/fécaux dans les laits en poudre industriels (LI-1, LI-2, LI-A et LI-B) avec des valeurs qui varient entre 0,45 et $10,2 \times 10^4$ UFC/g. Ces valeurs dépassent la norme fixée à 50 UFC/g par JORA (1998). Par contre, il y a une absence totale de cette flore dans le reste des laits en poudre industriels analysés et dans tous les échantillons de laits commercialisés et de substituts maternels (SM-FM, SM-GF et SM-LF) et (LC-C1, LC-C2 et LC-C3).

Selon Lamontagne *et al.* (2002) et Guiraud et Rosec (2004), le dénombrement des coliformes dans le lait permet d'évaluer les conditions d'hygiène qui prévalaient lors de la production ou de la transformation du lait. D'après Labioui *et al.* (2009), la présence des coliformes indique que le lait en poudre a été préparé dans des conditions non hygiéniques. Selon Bachtarzi *et al.* (2015), la qualité hygiénique peut être dégradée lors de la traite. La contamination par cette flore peut provenir de la peau et des trayons mal nettoyés ou au cours de la transformation et d'emballage. La manipulation augmente les possibilités de contamination du lait, en accroissant la surface de contact entre le lait et les microorganismes du milieu ambiant, surtout lorsque ce dernier est souillé. La présence de ces germes considérés comme pathogènes est probablement due à la mauvaise qualité hygiénique des récipients utilisés dans la filière (Seme *et al.*, 2015).

Également, le dénombrement d'une forte population de coliformes fécaux est synonyme d'une contamination par des matières fécales des produits alimentaires (Lamontagne *et al.*, 2002; Guiraud et Rosec, 2004).

Selon Joffin (2010), trouver une concentration excessive de ces bactéries intestinales dans un aliment signifie une contamination fécale ; c'est-à-dire un contact anormal entre l'aliment et les matières fécales. Il faut signaler que ces germes peuvent exister aussi dans l'environnement (Guiraud et Rosec, 2004).

Dénombrement des levures et moisissures

Les levures et les moisissures sont présentes dans les laits en poudre industriels (LI-1 et LI-C) avec une valeur négligeable de $0,09 \times 10^4$ UFC/g. Par contre leur présence dans les échantillons (LI-A et LI-B) dépasse la norme de 2×10^3 UFC/g indiquée par le JORA (1998) avec des valeurs de $10,4 \times 10^5$ et de $11,1 \times 10^5$, respectivement.

Ces 2 dernières valeurs reflètent les mauvaises conditions de stockage, de transport et d'hygiène. En effet, l'humidité excessive, les températures élevées sont autant de facteurs facilitant la croissance fongique et la toxogénèse. En nous basant sur ces données et en les corrélant aux résultats obtenus pour les flores d'altération et sporulante, nous pouvons dire que les lots de lait en poudre industriel (LI-A et LI-B) ont une qualité non satisfaisante et qu'ils sont probablement mal conservés.

Les laits en poudre des substituts maternels (SM-FM, SM-GF et SM-LF) et commercialisés (LC-C1, LC-C2 et LC-C3) ont marqué une absence totale des levures et moisissures. Ce qui indique un respect des conditions d'hygiène lors de leur production, transport et stockage. Les formes végétatives et sporulantes des champignons peuvent contaminer les aliments à faible activité d'eau (Aw). La décontamination des poudres alimentaires est particulièrement difficile. (Laroche *et al.*, 2005).

Recherche des staphylocoques

La recherche des staphylocoques s'effectue pour l'évaluation de la qualité sanitaire des produits alimentaires, plus particulièrement les produits laitiers, la présence de cette espèce peut provoquer des intoxications alimentaires (Vignola, 2002). L'absence totale de ce germe dans les 12 échantillons analysés est conforme aux normes algériennes qui requièrent une absence totale.

Les staphylocoques constituent un risque réel pour la santé publique dans les produits transformés, car il peut produire dans certaines conditions des entérotoxines thermostables résistant aux traitements thermiques (Seme *et al.*, 2015). Selon Afif *et al.* (2008), *Staphylococcus aureus* portés soit par manipulateur au cours d'emballage, la contamination serait due à une mauvaise hygiène des mains, les instruments, ou soit par de mauvaises conditions de stockage et de conditionnement.

Recherche des salmonelles

La recherche de ce genre microbien pathogène/toxinogène, a montré son absence totale dans tous les échantillons du lait en poudre analysé. Ces laits en poudre semblent donc être conformes aux normes nationales qui requièrent leur absence totale (JORA, 1998).

Conclusion

Le problème fondamental de la filière lait en Algérie est la pénurie de son approvisionnement et l'insuffisance de sa production, ce qui nécessite une utilisation croissante du lait en poudre importé.

Parallèlement, le manque d'attention et d'ignorance des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication engendre des difficultés pour garantir une bonne qualité du lait reconstitué. Sur le territoire national, on trouve différentes marques de lait en poudre qui doivent répondre à des critères stricts de qualité.

Notre étude avait pour but d'évaluer la présence de la flore bactérienne formant-endospores dans 03 types de laits en poudre utilisés en industrie ou commercialisés dans les wilayas de Constantine et de Batna.

Les résultats de dénombrement de la flore d'altération et la flore pathogène montrent que la qualité du lait en poudre conditionnée et substituée au lait maternel est acceptable et conforme aux normes du *Journal Officiel Algérien* (1998) alors que le lait en poudre industriel est en deçà.

Références bibliographiques

- Afif, A., Faïd, M., Najimi, M. 2008. Qualité microbiologique du lait cru produit dans la région de Tadla au Maroc. *Reviews in Biology and Biotechnology*, 7(1), 2-7.
- Bachtarzi, N., Amourache, L., Dehkal, G. 2015. Qualité du lait cru destiné à la fabrication d'un fromage à pâte molle type Camembert dans une laiterie de Constantine (Est algérien). *Int J Innov. Sci. Res.*, 17(1), 34-42.
- Benhacicen, L., Madkour, S. 2019. Risque de contamination par des germes anaérobies sulfite-réducteurs du lait écrémé en poudre. Master, Université de Bouira.
- Boudechiche, D. 2019. Evaluation de la qualité microbiologique d'un lait pasteurisé et un lait U.H.T. selon la durée de conservation. Université Bordj Bou Ariridj.
- Celestino, E.L., Iyer, M., Roginski, H. 1997. The effects of refrigerated storage of raw milk on the quality of whole milk powder stored for different periods. *Int Dairy J.*, 7(2-3), 119-127.
- Cho, T.J., Kim, H.W., Kim, N.H., Park, S.M., Kwon, J.I., Kim, Y.J., Lee, K.W., Rhee, M.S. 2018. New insights into the thermophilic spore-formers in powdered infant formula: Implications of changes in microbial composition during manufacture. *Food Control*, 92, 464-470. [https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.05.036]
- Delhalle, L., Saegerman, C., Farnir, F., Korsak Koulagenko, N., Daube, G. 2008. L'évaluation quantitative du risque microbiologique: revue de trois modèles liés à Salmonella dans les aliments. In *Annales De Médecine Vétérinaire : ULg-Université de Liège*, 152, 116-129.
- Djafer, M., Djemaa, Y. 2017. L'étude de faisabilité d'une unité de transformation laitière (lait en poudre) région centre. Université de Tlemcen, pp. 17-66.
- Eijlander, R.T., Van Hekezen, R., Bienvenue, A. 2019. Spores in dairy—new insights in detection, enumeration and risk assessment. *Int J Dairy Technol.*, 72(2), 303-315.
- FAO. 1995. *Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine*. Ed. Food & Agriculture Organisation. ISBN 9252035346.
- Ghaoues, S. 2011. Evaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de laits reconstitués partiellement écrémés commercialisés dans l'est Algérien. Magister Université Mentouri Constantine.
- Guiraud, J.-P., Rosec, J.-P., 2004. *Pratique des normes en microbiologie alimentaire*. Ed. Afnor. ISBN 2124452118.
- Hill, B.M., Smythe, B.W. 2012. Endospores of thermophilic bacteria in ingredient milk powders and their significance to the manufacture of sterilized milk products: *An Industrial Perspective. Food Reviews Int.*, 28(3), 299-312. [10.1080/87559129.2011.635487]
- Jeantet, R., Croguennec, T., Mahaut, M., Schuck, P., Brule, G. 2007. *Les produits laitiers*. Ed. Tec & Doc Lavoisier, Paris (France). 184 p. p. ISBN 2743010320.
- Joffin, C. 2010. Microbiologie alimentaire. 6^e Ed. Canopé, CRDP de Bordeaux (France). 344 p.
- JORA (Journal Officiel de la République algérienne). 1998. Critères microbiologiques relatifs à certaines denrées alimentaires. Critères microbiologiques des laits et des produits laitiers. Journal Officiel de la République algérienne, p. 35.
- JORA. 2000. Arrêté du 17 décembre 2000 rendant obligatoire la méthode de détermination de la teneur en matière grasse dans le lait. (JO n° 74 - 2000).
- JORA. 2004. Arrêté du 24 mai 2004 rendant obligatoire une méthode de recherche des staphylocoques à coagulase positive pour le lait en poudre. (JO n° 43 - 2004).
- JORA. 2005. Arrêté du 23 janvier 2005 rendant obligatoire une méthode de recherche des salmonella dans le lait et les produits laitiers. (JO n° 42 - 2005).
- JORA. 2015. Rendant obligatoire la méthode horizontale pour le dénombrement des levures et moisissures par comptage des colonies dans les produits dont l'activité d'eau est inférieure ou égale à 0,95, p. 22.
- Karen, S. 2008. Dried Dairy Ingredients. Wisconsin Center for Dairy Research, 60.
- Kelly, A.L., Fox, P.F., 2016. Manufacture and properties of dairy powders. In: *Advanced Dairy Chemistry*. Ed. Springer, pp. 1-33.
- Kent, D.J., Chauhan, K., Boor, K.J., Wiedmann, M., Martin, N.H. 2016. Spore test parameters matter: Mesophilic and thermophilic spore counts detected in raw milk and dairy powders differ significantly by test method. *J Dairy Sci.*, 99(7), 5180-5191. [https://doi.org/10.3168/jds.2015-10283]
- Labioui, H., Elmoualdi, L., Benzakour, A., El Yachoui, M., Berny, E., Ouhssine, M. 2009. Etude physicochimique et microbiologique de laits crus. *Bull Soc Pharm Bordeaux*, 148(2009), 7-16.
- Lamontagne, M., Champagne, C., Reitz-Ausseau, J., Moineau, S., Gardner, N., Lamoureux, M., Jean, J., Fliss, I. 2002. Microbiologie du lait. Science et technologie du lait. Transformation du lait. Fondation de technologie laitière du Québec Inc. Québec, Canada: Presses Internationales Polytechnique, pp. 89-91.
- Lapointe-Vignola, C. 2002. *Science et technologie du lait: transformation du lait*. Ed. : Presses inter Polytechnique. ISBN 255301029X.
- Laroche, C., Fine, F., Gervais, P. 2005. Water activity affects heat resistance of microorganisms in food powders. *Int J Food Microbiol.*, 97(3), 307-315. [https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.04.023]
- Lindsay, D., Collin, R., Van Hekezen, R. 2022. Microorganisms in Milk Powders. In Mcsweeney, P.L.H., Mcnamara, J.P. (eds.): *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 3rd

- Ed., Academic Press, Oxford, pp. 329-337. [<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22974-0>]
- Logan, N.A., De Vos, P. 2009. Genus I. *Bacillus*. *Bergey's manual of systematic bacteriology*, 3, 21-128.
- Machiels, D., Istasse, L.. 2002. La réaction de Maillard: importance et applications en chimie des aliments. *Ann Méd Vét*, 146, 347-352.
- Martinez, B.A., Stratton, J., Bianchini, A. 2017. Isolation and genetic identification of spore-forming bacteria associated with concentrated-milk processing in Nebraska. *J Dairy Sci.*, 100(2), 919-932. [<https://doi.org/10.3168/jds.2016-11660>]
- Miller, R.A., Kent, D.J., Watterson, M.J., Boor, K.J., Martin, N.H., Wiedmann, M. 2015. Spore populations among bulk tank raw milk and dairy powders are significantly different. *J Dairy Sci.*, 98(12), 8492-8504. [<https://doi.org/10.3168/jds.2015-9943>]
- Murphy, S.C., Martin, N.H., Barbano, D.M. Wiedmann, M. 2016. Influence of raw milk quality on processed dairy products: How do raw milk quality test results relate to product quality and yield? *J Dairy Sci.*, 99(12), 10128-10149. [<https://doi.org/10.3168/jds.2016-11172>]
- Postollec, F., Mathot, A.-G., Bernard, M., Divanac'h, M.-L., Pavan, S., Sohier, D. 2012. Tracking spore-forming bacteria in food: From natural biodiversity to selection by processes. *Int J Food Microbiol.*, 158(1), 1-8. [<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.03.004>]
- Sadiq, F.A., Flint, S., He, G. 2018. Microbiota of milk powders and the heat resistance and spoilage potential of aerobic spore-forming bacteria. *Int Dairy J.*, 85, 159-168.
- Seme, K., Pitala, W., Osseyi, G. 2015. Qualité nutritionnelle et hygiénique de laits crus de vaches allaitantes dans la région maritime au Sud-Togo. *Eur Sci J.*, 2015, 11(36).
- Watterson, M.J., Kent, D.J., Boor, K.J., Wiedmann, M., Martin, N.H. 2014. Evaluation of dairy powder products implicates thermophilic sporeformers as the primary organisms of interest. *J Dairy Sci.*, 97(4), 2487-2497. [<https://doi.org/10.3168/jds.2013-7363>].