

LE SKYR ET LE YAOURT NATURE TRADITIONNEL : FORMULATION ET CARACTÉRISATION COMPARÉE

KAHLOUCHE Amal^{1*}, BENRABAH Abderrahmane¹ et BOUMEDIENE Farida²

1. École Supérieure des Sciences de l'Aliment et des Industries Agroalimentaires (ESSAIA). Beau Lieu, Alger, Algérie

2. Université Dr. Yahia Fares, Médéa, Algérie

Reçu le 30/06/2022, Révisé le 07/11/2022, Accepté le 03/12/2022

Résumé

Description du sujet : Le yaourt est parmi les produits les plus consommés au monde en raison de ses vertus nutritionnelles ; la présente étude essaye de caractériser et d'évaluer les qualités de nouveaux produits de yaourt.

Objectifs : formuler deux types de yaourt nature à aspect différent ; le traditionnel et le skyr ; en valorisant le lait écrémé, et caractériser les différents produits réalisés.

Méthodes : un yaourt nature traditionnel et un yaourt concentré skyr sont fabriqués selon plusieurs formules en modifiant le type de lait, le type d'ensemencement, la durée de fermentation et le temps d'égouttage ; des analyses physicochimiques et microbiologiques sont appliquées sur les produits finis, une caractérisation comparée des recettes choisies pour chaque type de yaourt est effectuée, et enfin une évaluation sensorielle de skyr est réalisée.

Résultats : les paramètres de formulation choisis et le procédé de concentration appliquée sur le skyr par la technique d'égouttage et par l'ajout de solide avaient une grande influence sur la variation de la composition physicochimique des recettes réalisées. Cette variabilité était surtout marquée pour l'extrait sec total et les protéines qui ont été en faveur du skyr (20,65% contre 10,65% pour le yaourt traditionnel), aussi pour la matière grasse où le yaourt traditionnel s'emportait avec une teneur de 2,5% contre 0,31% pour le skyr. L'analyse microbiologique a révélé l'absence de germes pathogènes pour tous les échantillons. Le goût acide, la texture crémeuse et l'arôme naturel du skyr ont été estimés par les dégustateurs.

Conclusion : les résultats obtenus mettent en évidence l'atteinte des objectifs tracés au départ, entre autres, la valorisation du lait écrémé et la caractérisation d'un yaourt concentré skyr qui reste toujours méconnu en Algérie et qui reflète une qualité nutritionnelle considérable vu sa richesse en protéines et sa faible teneur en lipides, c'est un aliment bénéfique pour l'organisme et donc fonctionnel au profit de la santé des consommateurs, particulièrement ceux qui suivent des régimes alimentaires spécifiques. Dans l'avenir, il sera judicieux d'appliquer des enrichissements de skyr par des produits naturels pour créer un yaourt probiotique, fonctionnel possédant les attributs nutritionnels, physicochimiques, texturaux et sensoriels plus intéressants.

Mots clés : Formulation ; Caractérisation ; yaourt nature, skyr ; Protéines.

SKYR AND TRADITIONAL PLAIN YOGHURT: FORMULATION AND COMPARATIVE CHARACTERIZATION

Abstract

Description of the subject: Yoghurt is one of the most consumed products in the world due to its nutritional virtues, the present study tries to characterize and evaluate the qualities of new yoghurt products.

Objective: Formulate two types of plain yoghurt with a different appearance; the traditional and the skyr; using skimmed milk, and characterize the different products made.

Methods: A plain traditional yoghurt and concentrated yoghurt Skyr are produced according to several formulas by modifying the type of milk, the type of seeding, the duration of fermentation and the draining time, physicochemical and microbiological analyses are applied to the finished products, a comparative characterization of the recipes chosen for each type of yoghurt is carried out, and finally, a sensory evaluation of skyr is performed.

Results: The formulation parameters chosen and the concentration applied to the skyr by the draining technique and by the addition of solids had a great influence on the physicochemical composition of the trials carried out. This variability was especially marked for dry extract and protein, which were in favor of skyr (20.65% and 10.65% respectively), and for fat content, where the traditional yoghurt won out with a content of 2.5% against 0.31% for skyr. Microbiological analysis revealed the absence of pathogenic germs in all samples. The acidic taste, creamy texture and natural aroma of the skyr were assessed by the tasters.

Conclusion: The results obtained show that the objectives set out at the outset have been achieved, including the development of skimmed milk and the characterization of a concentrated yoghurt that is still little known in Algeria, the skyr, which reflects a considerable nutritional quality due to its richness in proteins and its low lipid content, and is a food that is beneficial to the body and therefore functional for the health of consumers, particularly those following specific diets. In the future, it will be wise to apply enrichments of skyr with natural products to create a probiotic and functional yoghurt with more interesting nutritional, physicochemical, textural and sensory attributes.

Keywords: Formulation; Characterization; plain yoghurt, skyr; Protein.

*Auteur correspondant: KAHLOUCHE Amal, E-mail: kahlouche@essaia.dz

INTRODUCTION

Le lait, à travers des siècles, était toujours un aliment ancré dans notre consommation et le plus présent dans notre quotidien. Grâce à la richesse de sa composition et la variété de ses constituants, il donne naissance à une très vaste famille de produits. De plus, étant une matière première rapidement périssable, le lait était sujet de différentes transformations par fermentation permettant sa meilleure conservation. Les laits fermentés sont des produits laitiers transformés par une fermentation essentiellement lactique qui aboutit à l'acidification et à la gélification du lait. Ces produits ont rapidement gagné de l'intérêt du fait de leurs caractéristiques organoleptiques agréables (fraîcheur, acidité et onctuosité) [1]. Ils constituent ainsi une alternative intéressante à la consommation du lait et des fromages. Le yaourt, notamment le nature, était identifié pendant longtemps en tant que nourriture saine due à l'action bénéfique de ses deux bactéries vivantes (*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*). Ces dernières concurrencent les bactéries pathogènes aussi bien dans l'aliment que dans l'environnement [2]. Il existe plusieurs types de yaourt, en fonction de différents facteurs liés à son traitement et à ses caractéristiques sensorielles. Les concentrés, par exemple, ont une texture crémeuse comme caractéristique principale, résultant de la séparation du sérum par différents processus [3]. Ces yaourts peuvent porter des noms différents : ymer (Danemark), labneh (Liban) et skyr (Islande) [4]. Le skyr fait partie du régime islandais depuis l'époque des Vikings. Ce type de yaourt prend jusqu'à quatre fois plus de lait dans sa production que le yaourt conventionnel, et il subit une ultrafiltration, qui rend la texture plus douce et fournit une teneur plus élevée en

protéines [5]. En général, le skyr peut être caractérisé par une couleur blanche, corps doux et lisse, et saveur légèrement acide [6]. Bien que la demande de ce produit enregistre une croissance exponentielle dans le monde, grâce à ses vertus nutritionnelles, sa texture et sa saveur incontournables, il reste toujours méconnu pour le consommateur algérien. La présente étude a comme objectif, d'une part, de formuler et de caractériser deux types de yaourt nature le traditionnel et le concentré, et d'autre part, de dévoiler les vertus du skyr en comparant sa composition physicochimique à celle du yaourt nature traditionnel suivi d'une analyse de sa qualité organoleptique.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Matières premières

Afin de formuler les différentes recettes des deux yaourts ciblés, Nous avons utilisés plusieurs type de lait (le cru enrichi, l'écramé enrichi et le reconstitué) qui ont été soumis à des analyses physicochimiques à savoir : le pH, l'acidité, la densité, la matière grasse, l'extrait sec total et dégraissé et le test des antibiotiques. Les matières premières sont fournies par la laiterie ARIB-GIPLAIT de la wilaya d'Ain-Defla.

2. Processus de fabrication et formulation du skyr et yaourt nature traditionnel

Le processus de transformation du lait en yaourt nature, en général, dépend de plusieurs paramètres, ces derniers ont été sujets à plusieurs modifications afin d'optimiser la qualité organoleptique et d'améliorer le goût, la saveur et la texture. Ces facteurs sont : le type de lait, la durée de fermentation, le type d'ensemencement et le temps d'égouttage (étape spécifique pour le skyr). Nous avons réalisé 8 recettes pour le skyr et 7 recettes pour le yaourt nature traditionnel (tableaux 1 et 2).

Tableau 1 : Les différentes recettes du skyr réalisées

Les échantillons	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Type de lait	Lait reconstitué	Lait reconstitué	Lait reconstitué	Lait reconstitué	Lait enrichi	Lait enrichi	Lait enrichi	Lait enrichi
Quantité de poudre	340g/l eau	340g/l eau	140g/l Eau	140g/l eau	100g/l lait écrémé	100g/l lait écrémé	100g/l lait écrémé	100g/l lait écrémé
Temps de fermentation	16 H	16 H	6 H	8 H	8 H	12 H	18 H	18 H
Type d'ensemencement	Mixte	Mixte	Mixte	Indirect	Indirect	Indirect	Indirect	Direct
Temps d'égouttage	12 H	24 H	8 H	8 H	8 H	4 H	4 H	4 H

S : Skyr ; H : Heures

Tableau 2 : Les différentes recettes du yaourt nature traditionnel réalisées

Les échantillons	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
Type de lait	Lait enrichi	Lait enrichi	Lait enrichi	Lait enrichi	Lait enrichi	Lait enrichi
Quantité de poudre	114 g/l	115 g/l	113 g/l	40 g/l	55 g/l	57 g/l
	lait écrémé pasteurisé	lait écrémé pasteurisé	lait écrémé pasteurisé	lait écrémé pasteurisé	lait de vache pasteurisé	lait de vache pasteurisé
Temps de fermentation	6 H	8 H	8 H	6 H	8 H	8 H
Type d'ensemencement	Direct	Direct	Direct	Direct	Direct	Direct

Y : Yaourt traditionnel ; H : Heures

La formulation de différents essais a été effectuée selon le diagramme de fabrication des yaourts exprimé en figure 1, avec une étape

supplémentaire d'égouttage pour le skyr, qui a pour but de concentrer le gel formé après la fermentation.

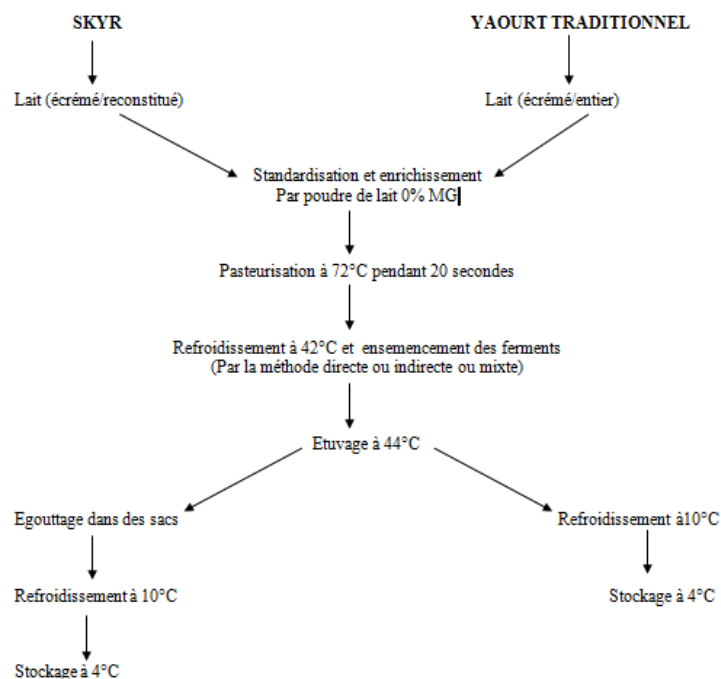


Figure 1 : Diagramme de fabrication du skyr et du yaourt traditionnel

3. Caractérisation physicochimiques des produits finis

Les analyses réalisées pour la caractérisation physicochimique des différents essais fabriqués sont : le pH mesuré à l'aide d'un pH-mètre (Hanna ; instrument 8521.model 8571n, Singapore), l'acidité selon la norme (IDF / ISO / AOAC) [7], la matière grasse par la méthode acido-butyrique de Gerber (NF V 04-210, AFNOR 1993), l'extrait sec total (EST) à l'aide d'un dessiccateur, l'extrait sec dégraissé (ESD) par la formule $ESD (\%) = EST (\%) - MG (\%)$ et le taux des protéines par la méthode de Kjeldahl (N1185/1990).

4. Analyses microbiologiques des produits finis

La qualité hygiénique des nos yaourts a été évaluée par des analyses microbiologiques effectuées selon le protocole du Journal Officiel de la République Algérienne N°35,1998 [8]. Les germes recherchés sont : les germes totaux sur milieu PCA, les coliformes totaux en milieu

liquide qui est le bouillon lactosé bilié au vert brillant (BLVBL), les coliformes fécaux sur gélose lactosée à 0,5% de désoxycholate de sodium, les levures et moisissures sur milieu Sabouraud, les salmonelles sur milieu solide SS après leur enrichissement dans un bouillon au sélénite SFB, et les Enterobacteriacees sur VRBG.

5. Caractérisation physicochimique comparée du skyr et du yaourt nature traditionnel

En se basant sur la caractérisation effectuée précédemment, nous avons choisi, pour chaque type de yaourt, la formule la plus satisfaisante et intéressante du point de vue nutritionnel et la plus adéquate aux normes (Tableau 3). Trois répétitions sont appliquées pour chaque formule. L'étude comparative des paramètres physicochimiques a été réalisée après homogénéisation des moyennes. Les paramètres analysés sont : pH, Acidité, EST, matière grasse et protéines.

Tableau 3: Les recettes du Skyr et yaourts nature traditionnel comparées

Echantillon	S	Y
Type de lait	Lait écrème enrichi	Lait de vache enrichi
Quantité de poudre	100g/l lait écrémé	40 g/l lait de vache
Temps de fermentation	12H	8H
Type d'ensemencement	Indirect	Direct
Temps d'égouttage	4h	4h

S : Skyr ; Y : Yaourt traditionnel ; H :Heures.

6. Évaluation sensorielle du Skyr

Les exigences des consommateurs en matière de propriétés sensorielles sont un facteur crucial pour le succès commercial lors du lancement d'un nouveau produit sur le marché. C'est pourquoi le test de préférences du consommateur a été effectué. L'objectif de cette analyse est la caractérisation organoleptique du skyr fabriqué à la méthode artisanale. Pour cela, nous avons réalisé une évaluation d'un ensemble de propriétés sensorielles qui sont : le goût, l'arôme, et la texture. Cette analyse met en œuvre le sujet comme «instrument de mesure». Son but est de décrire la nature des perceptions de manière à donner une carte d'identité du produit analysé, reproductible et compréhensible par tous. Dans notre travail, nous avons utilisé l'analyse hédonique qui consiste à présenter l'échantillon d'une façon monadique et le sujet doit exprimer son avis sur des caractères bien précis [9]. La dégustation a été faite par 28 panélistes naïfs [10]. Ce sont les stagiaires et travailleurs de l'entreprise GIPLAIT-Arib âgés de 18 à 55 ans. Au moment de la dégustation, chaque membre avait en face un échantillon du skyr et une fiche de dégustation où ils sont appelés à évaluer tous les paramètres cités précédemment en cochant l'appréciation la plus perçue. Les résultats de l'analyse de la dégustation sont représentés par le graphique secteur où chaque appréciation est représentée par une tranche dont sa taille est proportionnelle aux choix et l'estimation révélés par le panel.

RÉSULTATS

1. Analyses physicochimiques des laits destinés à la fabrication des yaourts fabriqués

Les résultats des analyses physicochimiques des laits utilisés pour le skyr et le yaourt traditionnel sont rapportés dans le tableau 4 et tableau 5 respectivement. Les valeurs du pH des laites destinés à la fabrication du skyr concorde avec les normes de la JORA qui définissent un intervalle de 6,6-6,8. Quant à l'acidité, La valeur la plus faible a été enregistrée pour le LEE1, tandis que la plus forte valeur a été enregistrée pour LR 4. Ces résultats sont semblables à ceux rapportés par Tourneur et al. [11], à savoir 18 D°-21D. La densité dépassait 1040 g/cm³ pour tous les échantillons, AFNOR 1986 [12] et JORA 2003 [13] imposent un intervalle de [1028-1036] (g/cm³), ce dépassement est probablement provoqué par l'ajout de lait en poudre 0% MG. De plus, l'extrait sec a une relation proportionnelle avec la poudre de lait ajoutée, ce qui explique les valeurs fluctuantes de nos résultats. L'extrait sec de LR1 et LR2 sont les plus importants de l'ordre de 25,2%, contrairement à celui de LR3 (13,25%), cela est dû à la petite quantité de poudre de lait ajoutée pour cet échantillon. La teneur moyenne en MG dans les laits analysés varie de 0 g/l (le cas de LR1, LR2, LR3, LR4) à 5g/l (pour LEE2). Ces résultats sont relativement conformes aux normes apportés par le Ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance de la République française en 2009 exigeant un taux qui ne dépasse pas les 4 g/l pour le lait destiné à la fabrication de yaourt maigre.

Tableau 4 : Analyses physico-chimiques des laits destinés pour la fabrication du skyr

Échantillons	Lait reconstitué (LR)				Lait écrémé enrichi (LEE)			
	LR1	LR2	LR3	LR4	LEE1	LEE2	LEE3	LEE4
pH	6,6	6,89	6,5	6,4	6,7	6,67	6,62	6,67
Acidité (D°)	18	18	17	21	15	16	17	18
Densité (g/cm ³)	+1040	+1040	+1040	+1040	+1040	+1040	+1040	+1040
Extrait sec total EST%	25,2	25,2	13,25	14,52	19,03	19,79	18	18,02
Matière grasse MG(g/l)	0	0	0	0	3	5	4	4
Test antibiotique	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

Tableau 5 : Analyses physico-chimiques des laits destinés pour la fabrication du yaourt traditionnel

Échantillons	Lait écrémé enrichi (LEE)			Lait entier enrichi (LEnE)		
	LEE1	LEE2	LEE3	LEnE1	LEnE2	LEnE3
pH	6,58	6,59	6,59	6,62	6,60	6,41
Acidité (D°)	18	19	16	17	16	21
Densité (g/cm ³)	+1040	+1040	+1040	+1040	+1040	+1040
Extrait sec total (%)	12,23%	13,41%	14,45%	12,55%	13,52%	12,92%
Matière grasse (g/l)	5	6	4	33	29	29
Test antibiotique	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

Les valeurs du pH des laits destinés à la fabrication du yaourt nature traditionnel varient de 6,41 à 6,62 et correspondent aux normes JORA. De plus, l'acidité varie de 16D° à 21D° se rapprochant à celle apportées par Cheftel & Cheftel [15], sauf pour l'échantillon LEnE3 qui était légèrement acide en raison des conditions de stockage. Tous les échantillons ont une densité identique de l'ordre de 1040 g/cm³. Pour la fabrication de nos yaourts nature, nous avons utilisé deux types de laits ; un lait entier enrichi et un lait écrémé enrichi, ceci explique la différence flagrante entre les valeurs de la matière grasse obtenue chez les deux laits. Toutes les valeurs sont quasiment conformes aux normes [12 et 13] (environ 3g/l et 28 - 36 g/l respectivement). Les antibiotiques sont absents dans tous les types de lait utilisés.

2. Analyses des produits finis

2.1. Analyses physicochimiques

Les tableaux 6 et 7 récapitulent les paramètres physicochimiques des différentes recettes du skyr et du yaourt nature traditionnel respectivement. Le pH est inversement proportionnel au temps de fermentation accordé [16]. Selon le tableau 6, l'essai S7 a un pH de 4 avec une fermentation de 18 H, largement inférieur au pH de l'essai S4 (4,8) où la fermentation était la plus courte (8h). Selon la norme française, le pH des yaourts concentrés varie de 3,8 à 4,5, proche de l'intervalle apporté par la norme islandaise [4-4,5]. Nous remarquons alors que le pH de nos recettes respecte les deux intervalles hormis le S3 et le S4. Dans le même contexte, nous constatons que l'acidité de la S4 est la plus basse avec une valeur de 66°D, ceci est justifié par la courte durée de fermentation accordé (8h), par contre la valeur la plus élevée était atteinte par la S7 (100°D) où la fermentation a duré 24h. Nos résultats s'adaptent aux normes algériennes [14], à l'exception de S3 et S4 où les temps de fermentation accordés n'étaient pas suffisants.

De plus, le taux de matière grasse des recettes S1, S2, S3 et S4 est quasiment nul, ceci est expliqué par le type de lait utilisé (lait reconstitué par la poudre du lait 0% MG). Les recettes S5, S6, S7 et S8, avaient un taux de lipides variant de [0,26-0,4], ces recettes ont été fabriquées par le lait écrémé enrichi avec de la poudre du lait 0% MG. Néanmoins, tous les résultats obtenus sont relativement minimes et correspondent à ceux discernés par plusieurs travaux rapportés par Reykdal *et al.* [17], Muniz Pereira *et al.* [18] et Gudmundsson & Kristbergsson [5] [0,14%-0,36%], 0,3 % et 0,2% de MG respectivement. Cela signifie que le skyr est classé comme un yaourt maigre. La norme islandaise exige que la matière sèche du Skyr soit comprise entre 18% et 20% [5]. En outre, l'étude de Muniz Pereira *et al.* [3] a évalué le taux de matière sèche du skyr à 18 à 22%. C'est pourquoi, nous concluons que toutes nos recettes sont conformes aux normes islandaises et aux études menées sur ce type de yaourt, à l'exception de S1 et S2, qui présentent un EST relativement élevé résultant de la grande quantité du lait en poudre ajoutée lors de la reconstitution (340g/l). L'aspect de variation de l'ESD ressemble à celui de l'EST et cela n'est qu'une conséquence logique due aux basses teneurs de MG du skyr. Aussi, nous remarquons que les teneurs en protéines de nos recettes se situent entre [10,64 % -15,60 %]. La recette S2 est la plus riche en matière protéique (15,6 %), ceci est probablement dû au taux important de la matière sèche. Les résultats montrent que la teneur en protéines de nos recettes sont toutes supérieures à 10%, cette valeur est conforme à celle notée par la norme islandaise qui exige un taux protéique minimal de 10 % pour les yaourts concentrés et concordent aussi aux résultats apportés par Muniz Pereira *et al.* [3]. Ainsi, le skyr est doublement riche en protéines par rapport au yaourt conventionnel.

Tableau 6 : Analyses physicochimique effectuées sur les essais du skyr

Échantillons	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
pH	4,25	4,3	4,7	4,8	4,4	4,38	4	4,2
Acidité (D°)	90	87	67	66	90	90	100	83
Matière grasse (%)	0	0	0	0	0,33	0,4	0,26	0,4
Extrait sec total (%)	34,5	35,2	27,77	26,52	22,59	21,2	20	21,77
Extrait sec dégraissé ESD (%)	34,5	35,2	27,77	26,52	22,01	20,8	20,64	21,37
Dosage de protéine (%)	14,49	15,6	13,09	12,56	10,99	10,75	10,75	10,94

S : Skyr

Tableau 7 : Analyses physicochimique effectuées sur les essais du yaourt traditionnel

Échantillons	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
pH	4,2	4,3	4,4	4,4	4,5	4,3
Acidité (D°)	91	90	83	85	80	83
Matière grasse (%)	0,43	0,52	0,34	2,6	2,4	2,5
Extrait sec total (%)	15,23	15,41	15,85	14,31	14,92	14,12
Extrait sec dégraissé (%)	14,8	14,89	15,51	11,71	12,52	11,62
Taux de protéines (%)	4,92	4,98	5,24	4,62	4,82	4,5

Y : Yaourt traditionnel

Selon le tableau 7, le pH de nos produits varie de 4,2 à 4,5, il a une relation étroite avec la quantité de poudre du lait ajoutée (teneur en lactose) [19]. Cette dernière était de l'ordre de 114g/l pour Y1, son pH est le plus bas (pH 4,2). Le pH le plus élevée (pH 4,5) était enregistré pour l'essai Y6 où l'enrichissement du lait était réalisé avec seulement 55g/l de lait en poudre. La législation sur le pH final des yaourts, diffère d'un pays à un autre [20]. Beaucoup de pays expriment l'acidité du yaourt directement par le pH final (pH < 4,6 pour l'Espagne, pH < 4,5 pour les Pays-Bas, l'Australie et le Mexique, en Algérie [4-4,5], à cet égard tous les essais sont conformes aux normes déjà mentionnées.

L'acidité des essais du yaourt traditionnel réalisés varie de 80 à 93°D, et concorde avec les normes JORA 2017 [14], qui requiert une valeur de 80 à 100°D. Pour la MG, nous observons deux allures, la première comprend Y1, Y2 et Y3 qui ont des teneurs en MG minimales comprises entre [0,34-0,52%]. Ce sont les essais réalisés par le lait écrémé enrichi par la poudre du lait 0% MG. Alors que la deuxième allure englobe les recettes Y4, Y5 et Y6, qui ont des valeurs plus élevées variant de [2,4-2,6%] réalisés par le lait entier enrichi. Ces teneurs en MG sont conformes à la norme fixée par la FAO (1995) [21], selon laquelle, un yaourt partiellement écrémé doit contenir moins de 3 % (en poids) de matière grasse.

L'EST le plus élevée est enregistré pour le yaourt Y3 avec un taux de 15,85 % et le plus faible est pour le Y6 (14,12%). En pratique, les teneurs en matière sèche pour le yaourt à base du lait entier ou partiellement écrémé se situent entre 14 et 16 % (en poids), ce qui concorde avec les résultats obtenus. De plus, nous observons que les ESD des essais Y1, Y2, et Y3 fabriqués à partir du

lait écrémé se rapprochent des taux de matière sèche totale (environ 15%) car la teneur en matière grasse était négligée, contrairement à celle des Y4, Y5 et Y6 où les ESD sont à 11,5%, qualifié de très bas par rapport à leur extrait sec total. Les résultats ont démontré que le taux de protéines varie d'une production à une autre, il se situe dans l'intervalle [4,54 %-5,24 %]. Cette différence est due à la variation de la teneur de la masse protéique des matières premières utilisées, néanmoins les valeurs sont adaptées à celle signalée par le Codex Alimentarius [22], qui exige un minimum de 2,7% de protéines, et correspondent aux résultats rapportés par Belfodil & Ammar Aouchiche [23].

2.2. Analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées selon le protocole du Journal Officiel de la République Algérienne N°35, 1998 et 2017 [8, 14], sur les essais du skyr et du yaourt traditionnel fabriqués sont rapportés dans les tableaux 8 et 9. Les résultats témoignent de l'absence totale des coliformes totaux, fécaux et de la flore mésophile aérobie totale (FMAT), qui sont des indicateurs sanitaires, dévoilant le bon état microbiologique des produits et des matières premières utilisées. Il en est de même pour les autres germes pathogènes recherchés du genre : Entérobactéries et Salmonelles, qui peuvent altérer les yaourts et causer des toxico-infections alimentaires pour les consommateurs. L'absence des levures et des moisissures pour les deux types de yaourt fabriqué a été aussi constatée. Une éventuelle présence de ces dernières pouvait engendrer des altérations graves des aliments qui les rendent impropres à la consommation.

Nous constatons ainsi, la conformité de nos yaourts aux critères fixés par JORA 1998 et 2007 [8, 14]. Cette qualité hygiénique est assurée grâce au bon respect des règles d'hygiène lors de la manipulation, la

formulation, l'ensemencement, l'efficacité des traitements thermiques appliqués sur les matières premières, et le respect des normes de transformation et de conservation des produits.

Tableau 8 : Analyses microbiologiques effectuées sur les essais du skyr

Germes recherchés	S5	S6	S7	S8	Normes JORA (1998), (2017)
Coliformes totaux $(10)^{-2}$	Abs	Abs	Abs	Abs	10
Coliformes totaux $(10)^{-3}$	Abs	Abs	Abs	Abs	10
Coliformes fécaux $(10)^{-2}$	Abs	Abs	Abs	Abs	1
Coliformes fécaux $(10)^{-3}$	Abs	Abs	Abs	Abs	1
Enterobacteriaceae $(10)^{-2}$	Abs	Abs	Abs	Abs	$10 - (10)^2$
Enterobacteriaceae $(10)^{-3}$	Abs	Abs	Abs	Abs	$10 - (10)^2$
FAMT $(10)^{-2}$	Abs	Abs	Abs	Abs	10
FAMT $(10)^{-3}$	Abs	Abs	Abs	Abs	10
Levures et moisissures $(10)^{-2}$	Abs	Abs	Abs	Abs	$< (10)^2$
Salmonella $(10)^{-2}$	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence dans 25 g
Salmonella $(10)^{-3}$	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence dans 25 g

Tableau 9 : Analyses microbiologiques effectuées sur les essais de yaourt traditionnel

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Normes JORA (1998), (2017)
Coliformes totaux $(10)^{-2}$	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10
Coliformes totaux $(10)^{-3}$	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10
Coliformes fécaux $(10)^{-2}$	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	1
Coliformes fécaux $(10)^{-3}$	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	1
Enterobacteriaceae $(10)^{-2}$	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	$10 - (10)^2$
Enterobacteriaceae $(10)^{-3}$	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	$10 - (10)^2$
FAMT $(10)^{-2}$	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10
FAMT $(10)^{-3}$	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10
Levures et moisissures $(10)^{-2}$	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	$< (10)^2$
Salmonella $(10)^{-2}$	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence dans 25 g
Salmonella $(10)^{-3}$	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence dans 25 g

3. Caractérisation physicochimique comparée du skyr et du yaourt nature traditionnel

Tous les résultats des paramètres physicochimiques du skyr et du yaourt traditionnel figurent dans les histogrammes ci-dessous (Fig. 2). Les figures, nous font constater que les valeurs du pH ($4,36 \pm 0,05$ et $4,4 \pm 0,06$) se rapprochent pour les deux yaourts, ces valeurs sont légèrement inférieures aux normes AFNOR (1986) [12]. Cela est probablement dû à la durée d'incubation accordée. De même, l'acidité moyenne du skyr est de $90,33 \pm 0,57^\circ\text{D}$, celle du yaourt est de $82,66 \pm 2,51^\circ\text{D}$. Ces valeurs concordent avec les normes du codex Alimentarius [22], qui l'a délimité à un intervalle de $60-120^\circ\text{D}$. La matière grasse du skyr est de 0,31%, conforme à la norme FAO (1995) établit pour les yaourts concentrés maigre [21]. Elle est remarquablement inférieure à celle enregistrée pour le yaourt traditionnel, qui s'avère plus gras (2,5%). Cette dissemblance est expliquée par le type du lait utilisé pour chaque yaourt (lait écrémé

enrichi avec du lait en poudre 0% MG et lait entier enrichi). La valeur de l'EST du Skyr est de 20,65%. Elle est légèrement élevée par rapport à la norme AFNOR (1996) qui exige un intervalle 12%-20% [12]. Ceci peut être expliqué par l'ajout de quantité importante de poudre de lait 0% (100g/l) et par le temps d'égouttage accordé (12h). Contrairement à la valeur de l'extrait sec du yaourt qui était plus bas ($14,45\% \pm 0,00\%$). Cet état de fait est dû au référentiel adopté stipulant la non soumission de ce type de yaourt à l'égouttage. Néanmoins, la valeur reste conforme à la norme JORA 2017 [14].

La teneur en protéines du skyr est de 10,65%, cette richesse est due aux concentrations appliquées, d'une part sur le lait en ajoutant 100g de poudre de lait et d'autre part, sur le produit finis par la technique d'égouttage. Cette valeur est doublement supérieure de celle du yaourt (4,65%).

4. Évaluation sensorielles du skyr

Les sens ne se limitent pas à une réaction physiologique mais prennent en compte l'expérience des dégustations. Les paramètres organoleptiques sélectionnés sont : Le goût, la texture et l'arôme. L'évaluation organoleptique du skyr a été effectuée par des personnes naïves travaillant dans le complexe laitier –Arib- et qui connaissent la qualité sensorielle d'une grande gamme de yaourt. L'analyse est effectuée sur le pourcentage des différentes appréciations collectées. Les résultats de l'analyse des avis du panel interrogé sont apportés dans la figure 3. Selon la figure 3a, le goût légèrement acide s'emporte sur les autres goûts proposés (64%), cela est typique pour le skyr, puisque sa coagulation demande une durée de fermentation plus importante comparativement à celui du yaourt conventionnel [24]. En outre, 75% des

dégustateurs ont appréciés la texture crémeuse (Fig. 3b). Cette dernière est due grâce à la qualité du lait initiale (lait écrémé enrichi) et/ou la qualité du dosage des ferments, aussi, le temps d'égouttage accordé et l'action physique du malaxage du produit finis avait favorisé sa crémosité [3]. D'après la figure 3c, il est clair que l'arôme nature représente la quasi-totalité des choix des panélistes (93%). Cet aspect naturel est provoqué par la fermentation lactique poussée suite au temps de fermentation accordé. Nous concluons de l'analyse des résultats de dégustation que les caractéristiques gustatives des produits réalisés sont très semblables au skyr européen commercialisé [25], entre autres l'acidité, la crémosité et le goût naturel, d'où son acceptabilité totale par les dégustateurs.

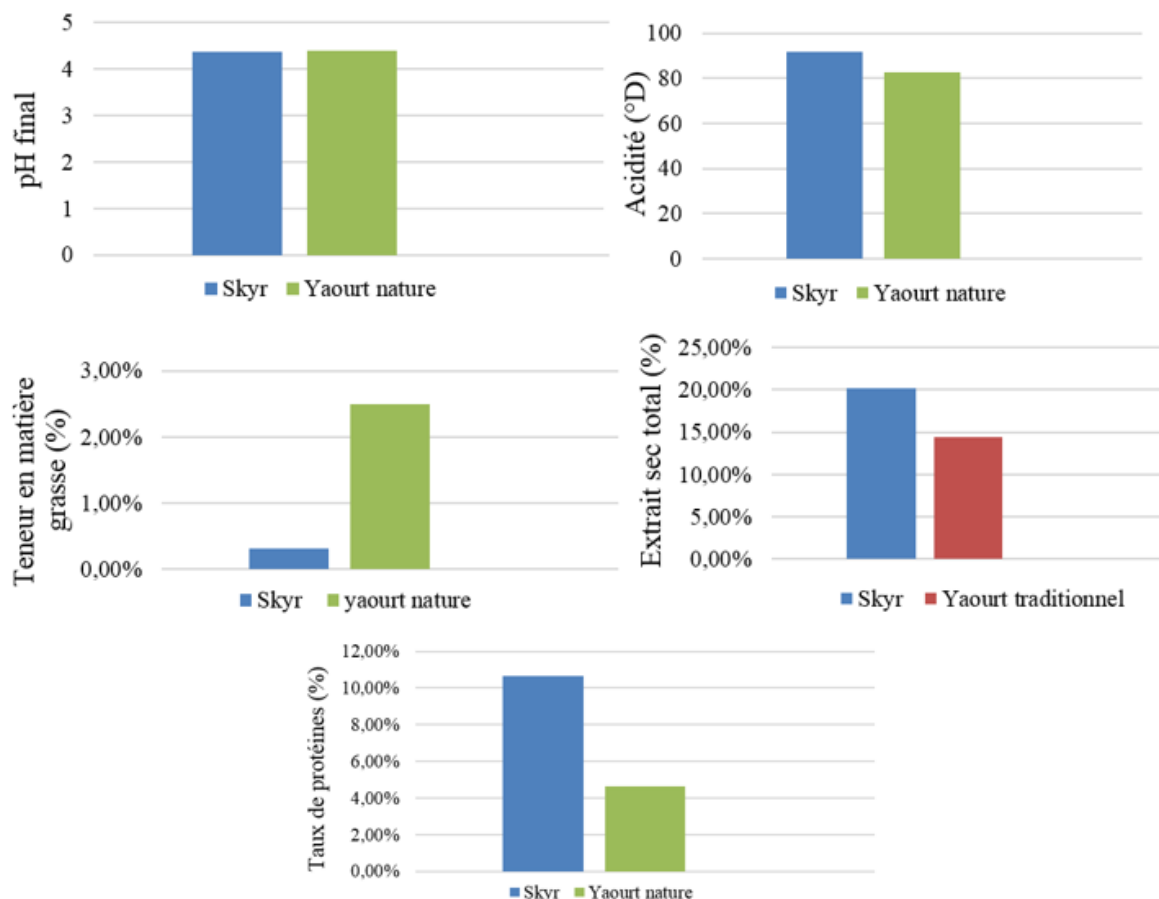


Figure 2 : Paramètres physicochimiques du skyr et du yaourt traditionnel

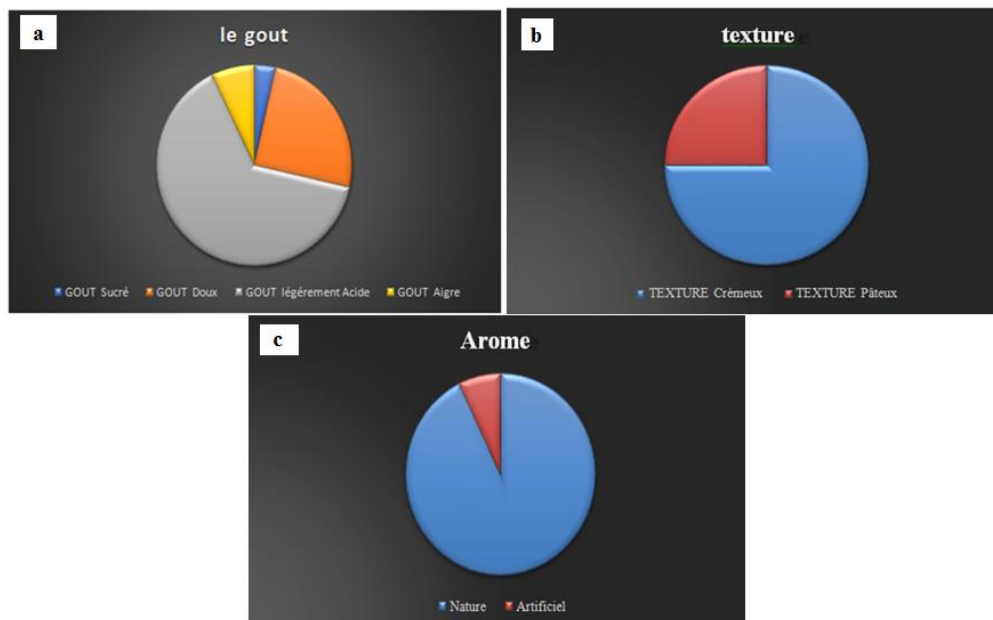


Figure 3 : Analyses sensorielles du skyr

a : Résultat des avis du panel sur le goût du skyr, b: Résultat des avis du panel sur la texture du skyr, c: Résultat des avis du panel sur l'arôme du skyr

CONCLUSION

L'un des objectifs de la présente étude est de fabriquer deux types de yaourts nature à aspect différent. L'un est traditionnel et l'autre est concentré via la formulation de différentes recettes mettant en valeur le type du lait utilisé et la concentration ou non du produit fini par égouttage. Une évaluation des paramètres physicochimiques des différents produits fabriqués a permis de caractériser les deux types de yaourts étudiés et d'exprimer la différence de composition. En effet, le yaourt traditionnel réalisé par le lait cru enrichi est le plus gras avec un taux de matière grasse d'environ 2,5 %, contrairement à celui fabriqué par un lait écrémé et au skyr, qui affichent des taux de lipides très minimes (en moyenne 0,45 et 0,3% respectivement). En revanche, les teneurs en protéines sont en faveur du skyr par rapport aux yaourts nature traditionnels réalisés (> 10 % p/p). De plus, le processus d'égouttage appliqué sur les recettes du skyr a permis d'obtenir des taux élevés de matière sèche comparativement à ceux des yaourts traditionnels. Quant aux paramètres du pH et d'acidité, ils sont tributaires de la durée de fermentation accordée pour chaque essai et du taux d'intégration de l'extrait sec dégraissé. En somme, toutes les formules effectuées s'adaptent aux normes exigées. En outre, le test sensoriel effectué sur le skyr exprime d'une manière générale une qualité satisfaisante. Les panélistes ont apprécié sa texture crémeuse et son goût naturel. L'ensemble des analyses microbiologiques, montrent la conformité de nos produits aux

normes. Ceci témoigne du contrôle rigoureux de toutes les matières premières entrant dans la fabrication des deux types de yaourt, ainsi que le respect des conditions d'hygiène lors des processus de préparation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Meghachou W. (2017). Approche méthodologique à la modélisation par les plans d'expériences pour l'élaboration d'un yaourt. Thèse de Magistère en biotechnologie, Faculté des sciences, Université d'Oran. p 64
- [2]. Chandan, R. C., Gandhi, A., & Shah, N. P. (2017). Yogurt: Historical background, health benefits, and global trade. In *Yogurt in health and disease prevention* Elsevier., E-Publishing., 1st ed. USA Ngendra S. (Eds), pp. 1–29.
- [3]. Muniz Pereira C. ; Muniz Pereira D ; De Medeiros A. ,Hiramatsu E. ; Ventura M , Bolini H. , Pereira, C. T. M., de Medeiros, A. C., Ventura M. B., Pereira D. M. & Bolini, H. M. A. (2021). Do the Colors of the Label and the Sweetening Agent Information Influence the Sensory Expectations Consumer? A Case Study with Skyr-Type Yogurt. *Food Sci and tech.*,150 : 2 -9
- [4]. Tamine, A.Y. , Robinson, R.K. (2007).Yoghurt: Science and Technology. In *Food science and technology and nutrition*. 3rd ed. Boston, USA : Boca (Edit) pp. 3367.
- [5]. Gudmundsson, G. & Kristbergsson, K. (2016). Modernization of skyr processing: Icelandic acid-curd soft cheese. *Modernization of traditional food processes and products* Springer, Boston, MA:McElhatton (Edit). (pp. 45-53).
- [6]. Nsabimana, C., Jiang, B. & Kossah, R. (2005). Manufacturing, properties and shelf life of labneh: a review. *Inter. J. of Dairy Tech.* 58, 129–137.
- [7]. IDF/ISO/AOAC Tripartite (2020). *J. of AOAC Inter.*,75 : 65-83
- [8]. Journal Officiel de la République Algérienne N 35. (1998). Critères microbiologiques relatifs à certaines denrées alimentaire.

- [9]. **Depled F., (2009)** : Evaluation Sensorielle, Manuel Méthodologique, *Lavoisier*, 3rd ed, Paris, France : Tec et Doc (Edit) pp. 102-127.
- [10]. **Stone, H., & Sidel, J. L. (2004)**. *Sensory Evaluation Practices*. London, U.K.: Elsevier Academic Press.
- [11]. **Tourneur C., CU D. N., Lenoir J. & Veisseyre R. (1967)**. L'influence de l'emploi du lait concentré sur certaines caractéristiques des fabrications fromagères. *Le Lait*, 47(467), 383-392.
- [12]. **AFNOR. (1986)**. Recueil des normes françaises. Lait et produits laitiers. Méthodes d'analyses.
- [13]. **Journal Officiel de la République Algérienne N°69. (2003)**. Critères physicochimiques relatifs à certaines denrées alimentaires.
- [14]. **Journal Officiel de la République Algérienne N 39. (2017)**. Critères microbiologiques relatifs à certaines denrées alimentaire.
- [15]. **Cheftel J. & Cheftel H. (1978)**. Introduction à la Biochimie et à la Technologie des aliments, Edition Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.
- [16]. **Morabito, D. (1994)**. Production de l'acide lactique par *Lactobacillus casei* sur lactosérum: études cinétiques , modélisation et simulation de procédé intégré. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine-France. 180p.
- [17]. **Reykdal, O., Rabieh, S., Steingrimsdottir, L. & Gunnlaugsdottir, H. (2011)**. Minerals and trace elements in Icelandic dairy products and meat. *J. of Food Comp. and Anal.*, 24(7), 980-986.
- [18]. **Muniz Pereira C. ; Muniz Pereira D. ; Medeiros A. ; De Medeiros A. ; Hiramatsu E. ; Ventura, M. B. & Bolini, H.M.A. (2021)**. Skyr yogurt with mango pulp, fructo oligosaccharide and natural sweeteners: Physical aspect and drivers of liking. *LWT. Food sci. and tech.*, 150 : 112054.
- [19]. **Koïche, M., (2011)**. Effet des bactéries lactiques locales du yaourt sur l'intolérance au lactose. Thèse de Doctorat en Agronomie, Ecole nationale supérieure agronomique (ENSA), Alger. P.117.
- [20]. **Corrieu G. & Luquet F-M., (2005)**. *Bactéries lactiques et probiotiques*. 2en Ed., Paris France : Tec. Et Doc. Lavoisier (Edit), pp : 307.
- [21]. **FAO (1995)**. Lait et produits laitiers dans la nutrition humaine : Alimentation et Nutrition 28p.
- [22]. **Codex alimentarius (Codex Stan 206-1999)**. Norme générale pour l'utilisation de termes de laiterie.
- [23]. **Belfodil A. & Ammar Aouchiche A. (2018)**. Caractérisation physico- chimique et microbiologique des yaourts industriels collectés dans la willaya de Bordj Bou Arreridj : Evaluation *In vitro* des effets relatifs aux levains thermophiles. Mémoire. Master en Sciences Biologiques, Université B.B.A. Algerie. 84p.
- [24]. **Bergamaier D. (2002)**. Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de *Lb. rhamnosus* RW-9595M d'un milieu à base de perméat de lactosérum. Thèse de Doctorat. Université de Laval, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Quebec. 108p.
- [25]. **Muniz Pereira C. ; Muniz Pereira D. ; Medeiros A. & Bolini, H.M.A. (2020)**. Influence of a prebiotic and natural sweeteners on the sensory profile of skyr yogurt with mango pulp. *J. of food sci.* 1-14.