

Milk Kefir: Manufacture, Composition And Therapeutic Virtues

Bibliographic review

Kéfir Du Lait : Fabrication, Composition Et Vertus Thérapeutiques

Revue bibliographique

ARROUM S*^{1,2}, SBOUIA¹, FGUIRI I¹, AYEBA N³, HAMMADI M¹, KHORCHANI T¹

¹Laboratoire d'élevage et de la faune sauvage, Institut des Régions Arides (IRA), Médenine, Tunisie

²Institut Supérieur Agronomique de Chott-Meriem, Université Sousse, Tunisie

³Centre Régional des Recherches Agricoles (CRRRA) Sidi Bouzid, Tunisie

*Corresponding author: Arroumsamira2017@gmail.com

Abstract: Kefir is a viscous, foamy liquid that looks like thick cream. It is characterized by a sour, slightly carbonated taste and low alcohol content. This drink, originating in the Caucasus, is obtained by fermenting goat's, cow's or sheep's milk using a particular ferment: kefir grains. This grain is composed by a symbiosis of yeasts and bacteria coated in a matrix of polysaccharides. Kefir had a great importance in human food in several countries. Many studies have highlighted the benefits of its consumption. This review tried to summarize the existing results (from 1967 until now) on the kefir production process, its particular physico-chemical quality and microbiological composition and the virtues of its consumption.

Keywords: Kefir, Kefir grains, physico-chemical quality, microbiological composition.

Resumé: Le kéfir est un liquide visqueux, mousseux, ayant l'aspect d'une crème épaisse. Il est caractérisé par un goût aigrelet, légèrement gazéifié et une teneur faible en alcool. Cette boisson, originaire du Caucase, est, obtenue en faisant fermenter le lait de chèvre, de vache ou de brebis au moyen d'un ferment particulier : Ce ferment est formé par une symbiose de levures et de bactéries enduite dans une matrice de polysaccharides désignée par les grains de kéfir. Le Kéfir représente un des laits fermentés, dont l'importance dans la nourriture humaine est grande, en plusieurs pays. De nombreuses recherches ont mis en évidence l'intérêt de sa consommation. Après avoir présenté ses origines, cet article synthétise les résultats existants sur les techniques de production du kéfir, sa qualité physico-chimique et sa composition microbiologique particulières et les vertus de sa consommation. Cette revue de synthèse s'est basée sur l'évaluation de la littérature existante sur le kéfir du lait allant de 1967 jusqu'à présent.

Mots clés: Kéfir, grains du Kéfir, qualité physico-chimique, composition microbiologique.

1- Introduction

Le kéfir est une boisson lactée visqueuse, légèrement gazéifiée, qui contient de petites quantités d'alcool, aurait ses origines dans les montagnes du Caucase de l'ex-union soviétique. Le mot Kéfir dérivé du mot Türk "Keyif" signifie "bonne sensation" (Leite et al. 2013). Il est également connu sous une variété de noms comprenant kéfir, képhir, kiaphur, kefir, képher, knapon, kefer, kepi, kippi, and kippe (Kesenkas et al. 2017). Sa production artisanale est aussi répandue dans des pays tel que l'Argentine, Taïwan, Portugal, Turquie et France (Thompson et al. 1990 ; Lin et al. 1999 ; Garrote et al. 2001 ; Santos et al. 2003; Gulmez and Guven (2003). Aujourd'hui, le kéfir est produit à échelle commerciale et gagne beaucoup d'intérêt dans plusieurs pays à savoir la Russie, Norvège, Pologne, Roumanie, Allemagne, République tchèque, Hongrie, la Turquie et le Brésil. La boisson au kéfir a une longue tradition de consommation en Europe de l'Est, et elle se répand maintenant dans le monde entier en raison de ses propriétés potentiellement associées à la santé. (Leite et al. 2015; Kesenkas et al. 2017). La qualité du kéfir varie énormément et devrait prendre en compte l'ensemble de ses propriétés, à savoir la composition chimique et valeur nutritionnelle, la microflore (du point de vue quantitatif et qualitatif), les qualités rhéologiques et les caractères organoleptiques. Ainsi, elle est liée à l'origine, à la composition et à la qualité du lait et des grains utilisés, mais aussi aux conditions de production, à la technologie utilisée et les conditions du stockage (Farag et al. 2020). L'arôme, la viscosité et la composition chimique et microbienne du produit final de kéfir peut être affecté par la taille de l'inoculum ajouté au lait, l'apparition de toute agitation pendant la fermentation et la vitesse, la température et la durée des étapes de refroidissement et de mûrissement après la fermentation (Koroleva 1988a).



Plusieurs études sur les vertus et avantages putatives du kéfir sur la santé humaine ont montré qu'au delà de sa valeur nutritionnelle, les vertus du kéfir peuvent inclure l'amélioration de la digestion du lactose pour les individus intolérants aux sucres du lait (Hertzler et al. 2003; Guzel-Seydim et al. 2011), un effet hypocholestérolémique (Huang et al. 2013), la stimulation du système immunitaire (Vinderola et al. 2006; Adiloglu et al. 2013; Chen et al. 2019), un effet antioxydant et antimicrobien (Chen et al. 2015) et un effet anticancéreux (Sharifi et al. 2017). Il existe de plus en plus de preuves que le kéfir peut contenir des ingrédients bioactifs, et l'intérêt à ce produit laitier fermenté unique comme aliment probiotique et/ou fonctionnel a augmenté et le nombre de publications scientifiques traitant ce sujet ne cesse d'accroître. Cet article synthétise les connaissances existantes sur les propriétés microbiologiques et technologiques du kéfir produit à partir de grains, ainsi que les aspects nutritionnels du kéfir, et, enfin, il résumera les études liées aux effets bénéfiques du kéfir sur la santé humaine et son rôle dans la prévention des maladies.

2- Les Grains du kéfir

2-1-Origine et définition

Bien qu'il n'y ait aucun enregistrement de l'origine exacte de production des premiers grains de kéfir dans la littérature (Guzel-Seydim et al. 2010), il a été produit depuis des siècles dans les montagnes du Nord de la région du Caucase (Lopitz-Otsoa et al. 2006). Les grains de kéfir sont des associations symbiotiques qui s'installent spontanément dans une région géographique particulière: Caucase mais la formation des premiers grains de kéfir et la méthode de préparation utilisée par les anciens peuples de cette région mêlent les légendes et la réalité, des rapports scientifiques n'existant pas (Kemp 1984 ; Pidoux 1984). D'ailleurs, les premières publications sont faites par des médecins russes qui rapportent que « la boisson était préparée depuis des temps immémoriaux par les Tartares qui habitaient la région de Caucasse. Ils l'obtenaient en faisant séjourner un certain temps le lait de leurs vaches, chèvres ou brebis, dans des outres ou des cuves en chêne dans lesquelles ils ajoutaient un fragment d'estomac de mouton ou de veau. Le lait acidifié et aigri était consommé et remplacé par du lait frais qui subissait les mêmes modifications à son tour. Les cuves réservées à cet usage n'étaient jamais nettoyées. Une croute spongieuse et jaunâtre a été découverte sur la paroi interne des outres par les Tartares, qui divisée et séchée, fut à l'origine des « grains de Kéfir ». Ces montagnards testèrent leur découverte dans le lait et ils s'aperçurent que les grains assuraient la fermentation et se multiplient. La boisson fut alors, nommée « Kéfir » (Leroi F et al. 2001).

Les grains de kéfir sont des masses gélatineuses, irrégulières, et de tailles variables (variant entre 0,3 et 3,5 cm), insolubles dans l'eau et dans la plupart des solvants. A l'état frais, ils sont blanchâtres et rappellent le « pop-corn » ou les inflorescences du « chou-fleur » (Figure 1). A l'état sec, ce sont des masses dures, au sein desquelles se trouvent les microorganismes du kéfir dont la vitalité dépend des conditions de dessèchement et de conservation des grains (Loretan et al. 2003). Dans le lait, les grains gonflent et blanchissent (Plessas et al. 2007). Après des fermentations successives, les grains de kéfir peuvent se décomposer en grains de nouvelle génération, qui ont les mêmes caractéristiques que les grains anciens (Gao et al. 2012). Ils sont composés principalement de protéines et de polysaccharides et renferment une microflore complexe. Puisque les grains de kéfir sont capables de métaboliser le lactose, ils peuvent être utilisés pour fermenter le lactosérum, un déchet riche en lactose d'un coût négligeable (Hirota 1987).



Figure 1: Grains de Kéfir

2-2-Formation et production des grains de Kéfir

Les données bibliographiques concernant la production traditionnelle du Kéfir sont insuffisantes. Le mécanisme de formation des grains de kéfir reste à ce jour méconnu. Jamais un grain n'a pu être constitué in vitro à partir de cultures microbiennes. Les grains sont reproduits par fragmentation selon Koroleva (1988b). Après le processus de fermentation, les grains peuvent être récupérés, réutilisés, et cultivés, souvent sur de longues périodes avec une légère augmentation du biomasse (Guzel-Seydim et al. 2011). Cette augmentation dépend des conditions d'incubation (taux, température et temps) et de type des grains.

2-2-1-Les types des grains de kéfir

Les grains de kéfir du lait n'ont pas tous la même apparence. Ils sont tous blanchâtres mais présentent des formes différentes ; Ils sont décrits comme étant de "petites masses ridées, à consistance gélatineuse, de grosseur variable" (Jamotte 1974), des "granules irréguliers gélatineux, blanchâtres ou jaunâtres, de la taille d'une noix" (Kosikowski 1982) ou encore de "petites masses blanches élastiques, en forme de chou-fleur" (Guzel et al. 2000). Les plus connues sont les grains "rond" ou en forme de "choux fleur" et les grains "feuille" qui se présente sous forme plus allongée, avec des parties plus fines et plus plates, ou enroulées sur elles-mêmes et qui se déroulent en les étirant Marshall and Coll (1984).

2-2-2- Composition des grains de kéfir

Les micro-organismes constituent, selon Abraham et Antoni (1999), presque 0,9 % de la masse (humide) des grains de kéfir. Les données relatives à la composition chimique des grains de kéfir mettent en évidence une substance essentiellement constituée d'eau et une fraction non aqueuse contenant principalement des sucres et des protéines. La teneur en eau des grains de kéfir varie en effet entre 80 % et 90 % de leur poids tandis que les fractions polysaccharidique et protéique varient respectivement entre 36 % et 54 % et entre 28 % et 35 % de leur matière sèche (Ottogalli et al. 1973 ; Garrote et al. 2001). La matrice des grains de kéfir contient un polysaccharide spécifique, jamais isolé d'un autre substrat, et nommé pour cette raison kéfirane. Les auteurs à l'origine de son identification, (la Rivière et al. 1967), estiment que le kéfirane constitue près de la moitié de la substance cohésive des grains. Le kéfirane est un hétéropolysaccharide soluble dans l'eau qui a la particularité de gélifier en présence d'alcool (Mukai et al. 1991). Il est un composé de proportions égales de D-glucose et de D-galactose et il est principalement produit par *Lactobacillus kefiranofaciens* (Lopitz-Ostsoa et al. 2006; Zajšek et al. 2011). Le kéfirane représente environ 25% de la masse sèche des graines de kéfir (Pogacic et al. 2013) et ne serait pas le seul constituant de la matrice des grains de kéfir dont la production a une origine microbienne. Abraham et De Antoni (1999) émettent l'hypothèse pour des protéines. Dans leurs travaux de caractérisation des protéines de grains de kéfir, ces auteurs mettent en évidence la présence, dans les grains, de protéines qui par leur masse moléculaire élevée ne peuvent provenir des protéines du lait ou de leur dégradation. En plus des sucres et des protéines, les graines de kéfir contiennent une teneur faible en matière grasse et cendres de l'ordre de 4% et 6% de la matière sèche, respectivement Stepaniak and Fetlinsk (2003).

2-2-3-Microflore des grains de kéfir

Les grains de kéfir sont une culture de départ naturel unique pour la production de kéfir et d'autres produits laitiers fermentés. La composition microbienne de ces grains met en lumière une microflore complexe et dépend de nombreux facteurs, notamment l'origine primaire des grains (Garrote et al. 2001). Elle est souvent composée de plusieurs espèces de bactéries lactiques, de bactéries acétiques et de levures, parfois associées à d'autres micro-organismes, qui constituent un écosystème microbien naturel (Guzel-Seydim et al. 2011; Sarkar 2007) (Tableau 1). En raison de la grande quantité et de la nature complexe des associations entre les espèces impliquées, l'organisation générale de ces micro-organismes dans les grains n'a pas encore été complètement élucidée (Pogačić et al. 2013). Du point de vue quantitatif, les grains de kéfir renferment un nombre variable de bactéries lactiques et de levures. Les valeurs extrêmes d'abondance de ces deux groupes microbiens sont publiées par (Garrote et al. 2001) et (Guzel-Seydim et al. 2005) ; elles sont de $1,5 \cdot 10^8$ ufc.g⁻¹ et 10^9 ufc.g⁻¹ pour les bactéries lactiques et de 10^6 ufc.g⁻¹ et $2,8 \cdot 10^8$ ufc.g⁻¹ pour les levures. Ces bactéries lactiques et ces levures sont responsables de la fermentation de l'acide lactique et alcoolique, respectivement et ils sont aussi combinés à la caséine et aux complexes de sucres dans une matrice de polysaccharide (Guzel-Seydim et al. 2005).

Différents travaux indiquent que la microflore endogène, le ratio entre les différents groupes présents dans le grain de kéfir et la qualité du produit dépendent fortement de l'origine du grain (Garrote et al. 2001; Guzel-Seydim et al. 2005; Korsak et al. 2015; Plessas et al. 2017). Les travaux récents ont montré que cette association physique provient de plus de 50 espèces de micro-organismes différents (Pogacic et al. 2013). Globalement, les lactobacilles sont le groupe le plus fréquent (Tableau 1) de l'ordre de 65 - 80% de la population microbienne avec des lactococci, levures et parfois des bactéries acétiques formant le reste de la proportion des microorganismes présents dans les graines de kéfir (Witthuhn et al. 2005; Kesenkaş and Kinik 2010). Les lactobacilles les plus courants isolés des grains de kéfir sont *Lactobacillus kefir*, *Lactobacillus kefiranofaciens*, *Lactobacillus kefirgranum*, *Lactobacillus parakefir*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus casei*,

Lactobacillus paracasei, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus plantarum*, et *Lactobacillus gasseri* (Vardjan et al. 2013; Parado et al. 2015; Plessas et al. 2017).

Les levures sont aussi importants pour la fermentation du kéfir à cause de la production de l'éthanol et du CO₂. Les graines de kéfir contiennent généralement des levures fermentant le lactose comme *Kluyveromyces lacti* et *Kluyveromyces marxianus* et d'autre ne fermentent pas le lactose telles que *Candida kefir* et *Saccharomyces cerevisiae* (Simova et al. 2002). Outre ces levures, *Saccharomyces unisporus*, *Pichia kudriavzevii*, *Kazachastania aerobia*, *Lachancea meyersii*, *Yarrowia lipolytica* *Kazachastania unispora*, *Issatchenkia occidentalis* et *Kazachastania exigua* ont été isolées des graines de kéfir de différentes origines (Tableau 1).

Tableau 1 : Bactéries lactiques et levures dominantes dans les grains de Kéfir

Bactéries lactiques	Levures	Référence
<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Candida inconspicua</i>	(Simova et al. 2002)
<i>Lactobacillus helveticus</i>	<i>Candida maris</i>	
<i>Lactobacillus paracasei</i> subsp. <i>paracasei</i>	<i>Kluyveromyces marxianus</i>	
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	
<i>Lactococcus lactis</i> subsp.		
<i>Lactis streptococcus thermophilus</i>		
<i>Lactobacillus curvatus</i>	<i>Kluyveromyces marxianus</i>	(Witthuhn et al. 2004)
<i>Leuconostoc lactis</i>	<i>Yarrowia lipolytica</i>	
<i>Lactobacillus fermentum</i>	<i>Kazachastania exigua</i>	(Witthuhn et al. 2004)
<i>Leuconostoc lactis</i>	<i>Zygosaccharomyces sp.</i>	
<i>Lactobacillus kefir</i>		(Chen et al. 2008)
<i>Lactobacillus kefiranoferiens</i>		
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>		
<i>Lactobacillus kefiranoferiens</i> ,		(Kesmen et al. 2011)
<i>Lactococcus lactis</i>		
<i>Lactobacillus kefir</i> ,	<i>Kluyveromyces marxianus</i> ,	(Korsak et al. 2015)
<i>Lactobacillus kefiranoferiens</i> ,	<i>Naumovozyma sp.</i> ,	
<i>Acetobacter orientalis</i>	<i>Kazachastania kefir</i>	
<i>Gluconobacter frateurii</i>		
<i>Lactobacillus kefiranoferiens</i>	<i>Kluyveromyces marxianus</i>	(Chen et al. 2021)
	<i>Pichia kudriavzevii</i>	

3-Préparation du Kéfir du lait

Principalement, le kéfir peut être produit à partir de différents types de laits tels que lait de vache, de brebis ou de chèvre en appliquant la méthode artisanale ou le traitement commercial.

Ainsi, la production artisanale implique l'inoculation du lait par une certaine quantité de grains de kéfir et une fermentation longue de 18-24 h à 20-25 °C, tandis que la méthode commerciale implique l'inoculation du lait avec des cultures pures isolées de kéfir (Leite et al. 2013).

Après incubation, les grains de kéfir sont séparés du produit fermenté (Guzel-Seydim et al. 2011 ; Rosa et al. 2017 ; Azizkhani et al. 2021). A la fin du processus de la fermentation, les grains de kéfir sont récupérés et réutilisés avec une légère augmentation de la biomasse des grains, une étape différente de celle de la production d'autres produits laitiers fermentés.



Figure 2: Préparation artisanal du Kéfir

4- Consommation du Kéfir

Pendant longtemps, le Kéfir du lait fut préparé au foyer ou artisanalement. L'industrialisation au cours du XIX^{ème} et XX^{ème} siècle a modifié et intensifié son mode de production (Lipinska 1987). C'est en Russie, que le Kéfir est le plus populaire avec une consommation annuelle de 5 litres/habitant (Kosikowski 1977). Il a ensuite vaincu d'autres pays : la Pologne (0.8 litre/an/habitant), la la Hongrie, les pays scandinaves,

l'Allemagne, la Suisse, la Hollande, la Grèce, l'Autriche, le Brésil, l'Israël et les Etats-Unis (Vedamuthu 1977; Zourari and Anifantakis 1988; Libudzisz and Piatkiewicz 1990). La consommation de kéfir est une culture en pleine croissance et il est devenu populaire dans plusieurs parties du monde, particulièrement les pays d'Asie, l'Europe, l'Amérique latine et les Etats Unis. En raison des bienfaits allégués au kéfir pour la santé, il est devenu un aliment laitier fonctionnel important et, par conséquent, la recherche de ce produit a augmenté au cours des dernières décennies (Guzel-Seydim et al. 2011). Le marché du kéfir de lait dans l'Asie pacifique et orientale à lui seul a été estimé d'une valeur de 201.1 million de dollar américain en 2020 (Maret Data Forecast, 2022). Toutefois, la consommation de ce produit reste limitée dans plusieurs parties dans le monde et même dans des pays considérés comme le berceau du kéfir. Une étude récente réalisée en Turquie sur un échantillon de 400 personnes âgées de 19 à 65 ans a montré que seul 15,8% des individus interrogé consomment le kéfir. Cette étude a révélé que la majorité des participants (95,2 %) ont déclaré consommer du kéfir en raison de ses effets positifs sur la santé, tandis que la principale raison de ne pas consommer de kéfir était le manque de connaissances (71,0 %) (Bilic et al. 2012).

Le kéfir est consommé depuis des siècles et, en raison de ses bienfaits pour la santé, de plus en plus de consommateurs intègrent le kéfir dans leur alimentation en tant que produit probiotique potentiel ; sa popularité croissante est également due à la demande croissante de produits à faible teneur en lactose (le lactose est décomposé par les micro-organismes au cours du processus de fermentation (Egea et al. 2020). Le kéfir a récemment été désigné comme l'une des "9 tendances alimentaires à surveiller en 2021" par l'Institute of Food Technologist (IFT 2021). De plus, selon (Hamida et al. 2021), la pandémie de COVID-19 a provoqué une augmentation de la conscience des consommateurs quant à leur santé, et les consommateurs recherchent des produits pour renforcer le système immunitaire. Rien qu'en 2020, les ventes mondiales d'aliments et de boissons fonctionnels associés à des bienfaits pour la santé ont été estimées à 377,8 milliards de dollars américains (Azizi et al. 2021). La taille du marché des produits à base de kéfir devrait augmenter de 456 millions de dollars américains de 2021 à 2025, avec un taux de croissance annuel composé de 4,37 % en 2021 (Technavio.com 2021).

Au nord de l'Afrique, les produits laitiers fermentés traditionnels sont populaires, en particulier jben, lben et smen (Benkerroum 2013) mais le kéfir de lait reste encore méconnu. Une étude récente réalisée en Tunisie a montré clairement que la consommation du kéfir reste encore très limitée de l'ordre de 18% des individus interrogés, par contre 59% connaissaient le kéfir et 49% l'ont qualifié d'aliment fonctionnel à vertus thérapeutique (Gaidi 2016). La promotion et les campagnes publicitaires et éducatives peuvent être nécessaires pour promouvoir et sensibiliser les consommateurs pour remplacer les aliments conventionnels par leurs alternatives fonctionnelles.

5-Caractéristiques physicochimiques du kéfir

5-1- Caractéristiques physiques

Du côté physique, le kéfir est une boisson laitière fermentée rafraîchissante, naturellement gazéifiée avec un goût légèrement acide. L'activité des bactéries lactiques conduit principalement à l'acidification du lait. Les bactéries lactiques se caractérisent en effet par la propriété de produire de l'acide lactique à partir de sucre, disponible sous la forme de lactose dans le lait. Elles fermentent les sucres presque exclusivement en acide lactique. En fait, dans le lait et à température ambiante, les lactocoques se développent rapidement et produisent rapidement de l'acide lactique. Ainsi, dans ces conditions, ils abaissent le pH à environ 4,6 en 15 à 20 heures. Ce pour cela que (kolovera 1988) leur attribue le rôle d'acidifiant dans la fermentation du kéfir. La prolongation de la période d'incubation de 24 à 48 et 72 heures diminue significativement le pH de 11,83 et 20,42% respectivement. En effet, le pH du kéfir est le résultat de l'accumulation des acides organiques (l'acide lactique principalement), produits du catabolisme du lactose par les bactéries lactiques du kéfir (Suriasih et al. 2020).

5- 2-Composition chimique du kéfir

La composition et les propriétés du kéfir ainsi que la concentration des composants bioactifs dépendent également du type de lait mais aussi du type de la culture appliquée. Le kéfir a une saveur distincte en raison de la présence de divers composés produits au cours du processus de fermentation (Farnworth 2005). L'acide lactique est le principal métabolite produit; Les autres métabolites importants sont le dioxyde de carbone et l'éthanol à de faibles concentrations et composants aromatiques, tels que l'acétaldéhyde et l'acétone (GuzelSeydim et al. 2011; Pogacic et al. 2013); les peptides bioactifs, les vitamines, les exopolysaccharides et les bactériocines (Bergmann et al. 2010 ; Pogačić et al. 2013). Ces composés peuvent agir indépendamment ou en combinaison pour fournir les nombreux effets bénéfiques sur la santé attribués à la consommation de kéfir (Farnworth 2005). Concernant la composition chimique du kéfir, l'eau est le composant majeur d'environ 90% suivie des sucres (6%), matière grasse (3,5%), protéines (3%) et les cendres (0,7%) (Sarkar

2008). La FAO / OMS (2001) a proposé une définition de kéfir basé sur la composition microbienne des grains de kéfir et le produit final de kéfir (Tableau 2).

Tableau 2 : Description du kéfir du Codex Alimentaires

Définition

Culture de départ préparée à partir de grains de kéfir, de *Lactobacillus kefir* et d'espèces des genres *Leuconostoc*, *Lactococcus* et *Acetobacter* poussant dans une forte relation spécifique. Les grains de kéfir constituent à la fois des levures fermentant le lactose (*Kluyveromyces marxianus*) et des levures ne fermentant pas au lactose (*Saccharomyces unisporus*, *Saccharomyces cerevisiae* et *Saccharomyces exiguus*).

Composition

Protéine de lait (% poids / poids)	min. 2,8
Matière grasse du lait (% m / m)	<10
Acidité titrable, exprimée en% d'acide lactique (% m / m)	min. 0,6
Éthanol (% vol./w)	non déclaré
Somme des microorganismes spécifiques constituant la culture de départ (cfu / g, au total)	min. 10 ⁷
Levures (cfu / g)	min. 104

De la Norme Codex pour les laits fermentés CODEX STAN 243-2003

5.2.1. Acides lactiques

L'acide lactique du kéfir est presque exclusivement sous la forme de son isomère L(+), forme la plus assimilable par l'organisme humain. Les teneurs en acide lactique communément citées pour le kéfir, et confirmées par les mesures de Lacrosse, sont comprises entre 6 et 10 g/l. Il semblerait cependant qu'elles puissent être beaucoup plus élevées : une teneur de 15 g/l a en effet été mesurée dans un lait fermenté à partir de grains argentins. Ces teneurs sont dans l'ensemble, comparables à celles d'un yaourt (Veronique 2008). Le kéfir peut contenir des quantités relativement élevées d'acide acétique : 0,9 g/l alors que celle d'un yaourt est de 0,2 g/l. Ce composé contribue probablement à la perception "acide" du kéfir (Veronique 2008).

5.2.2. Lactose

La quantité de lactose restant après fermentation varie de 20 g/l à 35 g/l. D'autre en mesurent toutefois une quantité moindre dans un kéfir traditionnel : 14 g/l (Veronique 2008). Malgré la présence de lactose résiduel, le kéfir peut, être consommé sans problème par les personnes intolérantes au lactose. A quantités égales, le lactose ingéré par l'intermédiaire de kéfir est effectivement mieux digéré et mieux toléré par l'homme adulte que celui ingéré par la consommation de lait Hertzler et Clancy (2003). Cette amélioration de la digestion et de la tolérance au lactose proviendrait de la libération, dans le tube digestif, de β -galactosidase microbienne (Veronique 2008). (Sabir et al. 2010) rapportent que les taux d'acide lactique et d'exopolysaccharides produits les bactéries lactiques du kéfir étaient de 8,1 - 17,4 et 173 - 378 mg/ml respectivement.

5.2.3. Protéines, matière grasse et acide linoléique conjugué

Les teneurs en protéines, en MG et en acide linoléique conjugué (CLA) du kéfir sont essentiellement déterminées par celles du lait utilisé. Durant la fermentation, la digestibilité des protéines s'améliore grâce à la protéolyse et à l'action de coagulation des acides (Rosa et al. 2017) et leur digestibilité seraient équivalentes à celles des laits caillés (Veronique 2008). Le profil en acides aminés dépend essentiellement du profil du lait d'origine utilisé comme substrat de fermentation (Ferreira 2010). C'est ainsi que (Ismail et al. 2011) ont rapporté que le kéfir est particulièrement riche en proline (52,19%); cystine (11,34); et serine (8,12%) des acides aminés libres dans la culture de kéfir. Cependant, des travaux de recherche ont montré les acides aminés du kéfir étudié contenait par ordre décroissant : lysine (376 mg/ 100 g); isoleucine (262 mg/100 g); phénylalanine (231 mg/ 100 g); valine (220 mg/100 g); thréonine (183 mg/100 g); méthionine (137 mg/100 g); and tryptophane (70 mg/100 g) Liutkevicius et Sarkinas,(2004). La teneur en MG du kéfir dépend aussi du choix du lait utilisé : entier, demi-écrémé ou écrémé. Elle diminue toutefois après la fermentation lactique. Du kéfir préparé à partir d'un lait à 3,5% de MG affiche un taux compris entre 3,0 % et 3,1 % (Veronique 2008). La teneur du lait en isomères t9, t11 du CLA a augmentée après fermentation par des grains de kéfir (Guzel-seydim Z et al. 2006), car les *Lactobacillus* principalement *Lb. acidophilus* présente dans les grains de kéfir utilise l'acide linoléique qui est le produit de la lipolyse de la MG du lait pour synthétiser le CLA et qui est ensuite convertie par hydrogénation et isomérisation en

isomères (Vieira C et al. 2015). Cette composante isomérique du CLA ne représente toutefois qu'une petite fraction de l'ensemble des isomères du CLA (Veronique 2008).

5.2.4. Alcool et CO₂

La teneur en éthanol et en CO₂ du kéfir dépend du procédé de fabrication appliqué (Farnworth, 2005). Elle est plus élevée dans le kéfir traditionnel que dans le kéfir industriel. Un lait acidifié à partir de grains a une teneur en éthanol comprise entre 0,1 % et 0,3 %. La teneur en alcool dans les kéfirs industriels atteint par contre au maximum 0,04 % (Veronique 2008).

Pour un lait acidifié à partir de grains de kéfir, le taux de CO₂ est compris entre 0,08 % et 0,2 %. Il peut toutefois être beaucoup plus élevé : 3 % de CO₂ ont été mesurés dans un lait acidifié à partir de grains argentins (Veronique 2008). L'éthanol et le dioxyde de carbone donnent au kéfir son effet stimulant et caractéristique effervescent (Ismail et al. 2011).

4-3- Caractéristiques microbiologiques

Le kéfir possède une flore diversifiée et complexe, prédominante, comprenant des espèces définies et non définies de levure et de bactérie et en quantités variables. Il contient des bactéries bénéfiques y compris diverses espèces de lactobacilles, de lactocoques, de leuconostocs et d'acétobactéries et de levures Otles and Cagindi (2003). Alors les composants de Kéfir tels que diverses souches de lactobacilles et de levures peut agir comme un probiotique.

La composition microbienne du kéfir est considérée comme une communauté symbiotique et varie considérablement en fonction de la source de lait, de la teneur en matières grasses, de l'origine des grains de kéfir, des paramètres de fermentation et d'autres facteurs (Farag et al. 2020). Cette variabilité est devenue problématique dans la poursuite d'une description « générique » des micro-organismes présents dans le kéfir. Les méthodes traditionnelles basées sur la culture pour étudier le microbiote du kéfir ont été progressivement déplacées vers des approches métagénomiques ciblées et non ciblées (Brianda et al.2022). Différents travaux ont étudié les espèces microbiennes dans le kéfir à l'aide d'une analyse séquentielle à haut débit (Nalbantoglu et al. 2014 ; Korsak et al. 2015 ; Walsh et al. 2016). La composition microbienne du grain de kéfir est constituée de 65 à 90 % de bactéries de la famille des Lactobacillaceae, avec des membres des genres Lactococcus, Streptococcus, Leuconostoc et Acetobacter, et des levures complétant la portion restante (Bourrie et al. 2016 ; Bengoa et al. 2019). Ces souches représentent la majorité de la population bactérienne dans le grain mais seulement 20 % dans la boisson fermentée finale ; les 80 % restants sont constitués de *L. kefir*, suggérant un changement de composition majeur au cours de la fermentation du lait (Shen et al. 2018 ; Blasche et al.2021). Pendant la fermentation, le pH du kéfir varie de 3,0 à 5,0 en raison de fortes concentrations d'acides organiques ; étant donné ce pH acide, il est clair que le kéfir fournit un environnement qui améliore la dominance des espèces résistantes aux acides (Kim et al. 2019). (Dobson et al. 2011) ont également détecté des membres de la famille des bactéries Pseudomonadaceae, Enterobacteriaceae et Clostridiaceae.

Les levures identifiées dans le kéfir comprennent des membres de *Candida*, *Debaryomyces*, *Kazachstania*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, *Saccharomyces*, *Torulasporea* et d'autres espèces. (Rosa et al. 2017 ; Farag et al. 2020). Les genres de levures les plus abondants varient selon les rapports. (Korsak et al. 2015) ont signalé *Kluyveromyces marxianus* et *Kazachstania* spp. comme les levures les plus abondantes, alors que (Marsh et al. 2013) ont signalé que les espèces les plus abondantes étaient *Kazachstania barnettii* et *Kazachstania unispora*. Les deux travaux ont utilisé une analyse basée sur les séquences.

Des revues approfondies sur la composition du microbiote des boissons au kéfir et des céréales peuvent être trouvées ailleurs (Nielsen et al. 2014 ; Arslan 2015 ; Rosa et al. 2017 ; Bengoa et al., 2019). Les consortiums de kéfir contiennent potentiellement des souches au statut probiotique largement accepté, et des gènes codant pour des fonctionnalités probiotiques ont également été détectés dans le microbiote de kéfir (Walsh et al. 2016 ; Slattery et al. 2019). Des preuves solides suggèrent que le microbiote du kéfir dépend de la zone géographique d'origine, des conditions de fermentation et surtout de la source de lait (Farag et al. 2020).

4-4- Caractéristiques sensorielles

Les qualités organoleptiques du kéfir sont associées aux modifications chimiques, résultant de l'activité microbienne des grains; elles dépendent de la composition de ses grains et du processus de fermentation et de maturation Otles and Cagindi (2003). En outre, le type et le volume du lait affectent ses propriétés (Altay et al. 2013). Contrairement aux autres laits fermentés, le kéfir se caractérise par sa saveur spécifique typique des levures, une consistance crémeuse et une sensation en bouche pétillante provenant de constituants tels que l'acide acétique, l'éthanol et le CO₂. De telles propriétés reposent sur des processus de fermentation menés

par des levures, des bactéries lactiques et acides acétiques et d'autres microorganismes contenus dans les grains du kéfir (Arslan 2015).

5- Vertus thérapeutiques du kéfir

Le nom kéfir est dérivé du mot turc keyif qui signifie «bonne santé» (Yerlikaya 2014). Il est devenu populaire dans de nombreux pays en raison de son activité probiotique, de ses caractéristiques sensorielles uniques et de ses propriétés nutritionnelles et thérapeutiques (Leite et al. 2013). Le kéfir est utilisé pour traiter diverses affections. Les aspects de la santé les plus concernés sont liés au développement de tumeurs cancéreuses, aux défenses immunitaires, à la réponse allergique du système immunitaire et à la cholestérolémie. (Ninane et al.2009) Parmi les bienfaits du kéfir pour la santé figurent la propriété antimicrobienne et l'activité cicatrisante (Rodrigues et al. 2005), l'effet antimutagène et antioxydant (Liu et al. 2005), les propriétés hypocholestérolémiques (Huang et al. 2013), l'activité bêtaglucosidase (Leite et al. 2013), anti-allergénique propriétés, activité anti-inflammatoire, et la stimulation de la système immunitaire (Lee et al. 2007 ;Vinderola et al. 2006). Il joue ainsi un rôle important dans le contrôle des niveaux élevés de cholestérol, protégeant ainsi des dommages cardio-vasculaires Akalin and Ötles (2002).

La consommation régulière de kéfir peut aider à soulager tous les troubles intestinaux, favoriser le transit intestinal, réduire les flatulences et créer un système digestif plus sain. Il nettoie efficacement tout le corps qui aide à établir un écosystème interne équilibré pour la santé optimale et la longévité et pourtant facilement digéré, fournit des bactéries bénéfiques et des levures, vitamines et minéraux et protéines complètes et est un aliment nourrissant pour contribuer à un système immunitaire sain (Lee et al. 2007).

Conclusion

Cet article synthétise les résultats existants sur la qualité physico-chimique, la composition microbiologique et les vertus de ce produit.

Le kéfir est une boisson issue de la fermentation du laitensemencé par les grains de Kéfir. Ces grains du Kéfir sont également, un levain constitué des associations de bactéries lactiques et de levures, qui produisent une fermentation principalement lactique et faiblement alcoolique du lait.

Le Kéfir est considéré comme probiotique et apporte les nutriments nécessaires pour garantir une bonne santé en tant qu'aliment vivant.

Références bibliographiques

- Abraham A G and Antoni G L (1999)** Characterization of kefir grains grown in cow's milk and in soya milk. *J. Dairy Res.* 66,p.327-333.
- Adiloglu AK, Günülates, N, Isler M, Senol A, (2013)** The effect of kefir consumption on human immune system: a cytokine study. *Bir Sitokin Çalışması* 47, 273–281.
- Akalin S, Ötles S (2002)** Beslenme probiyotiklerin önemi. *Gıda*, 9: 70-74.
- AltayF, Karbancıoğlu-GülerF, Daskaya-Dikmen, C,Heperkan D(2013)** A review on traditional Turkish fermented nonalcoholic beverages: Microbiota, fermentation process and quality characteristics. *International Journal of Food Microbiology*, 167, 44–56. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2013.06.016
- Arslan S (2015)** A review: chemical, microbiological and nutritional characteristics of kefir, *CyTA . Journal of Food*, 13:3, 340-345, DOI: 10.1080/19476337.2014.981588
- Azizkhani M, Saris P.E.J, BaniasadiM (2021)** An in vitro assessment of antifungal and antibacterial activity of cow, camel, ewe, and goat milk kefir and probiotic yogurt. *J. Food Meas. Charact.*, 15 , pp.406-415 <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00645-4>
- Bengoa A.A, C. Iraporda, G.L. Garrote, A.G. Abraham (2019)** Kefir micro-organisms: Their role in grain assembly and health properties of fermented milk. *J. Appl. Microbiol.*, 126 (2019), pp. 686-700
- Benkerroum, N. (2013)** Traditional fermented foods of North African countries: technology and food safety challenges with regard to microbiological risks. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(1), 54-89.<https://doi.org/10.1111/jam.14107> 30218595
- BergmannR SD O, Pereira M A, Veiga S M.O M, Schneedorf J M, Oliveira N.M.S, Fiorini J E (2010)** Microbial profile of a kefir sample preparations: grains in natura and lyophilized and fermented suspension. *Food Science and Technology*, 30(4), 1022-1026. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612010000400029>
- Bilici S, Köksal E, KÜÇÜKERDÖNMEZ Ö, Şanlı N.(2012)** Consumers' Kefir consumption: A pilot study in Turkey ;*HealthMED*, 6(3).
- Bourrie BCT,Willing BP, Cotter PD (2016)** The microbiota and health promoting characteristics of the fermented beverage kefir *Front. Microbiol.*, 7 (2016) <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00647> 27199969
- Brianda D.González Orozco, Israel García Cano, RafaelJiménez Flores, Valente B.Alvárez (2022)** Invited review: Milk kefir microbiota—Direct and indirect antimicrobial effects. *Journal of Dairy Science* (2022).

- Chen HC, Wang SY, Chen MJ (2008)** Microbiological study of lactic acid bacteria in kefir grains by culture-dependent and culture-independent methods. *Food Microbiol.* 25, 492-501
- Chen Z, Shi J, Yang X, Nan B, Liu Y, Wang Z (2015)** Chemical and physical characteristics and antioxidant activities of the exopolysaccharide produced by Tibetan kefir grains during milk fermentation, *Int. Dairy J.* 43 (2015) 15–21
- Chen HL, Hung K.F, Yen CC., Laio C.H, Wang J-L, Lan Y.W, et al (2019)** Kefir peptides alleviate particulate matter < 4 µm (PM 4.0)-induced pulmonary inflammation by inhibiting the NF-κB pathway using luciferase transgenic mice. *Sci. Rep.* 9 (1) (2019) 1–13
- Chen Zhina, Tian Liu, Tao Ye, Xijuan Yang, Yongzhen Xue, Yeqiao Shen, Qing Zhang, Xiaomei Zheng (2021)** Effect of lactic acid bacteria and yeasts on the structure and fermentation properties of Tibetan kefir grains. *International Dairy Journal*, 114, 104943, ISSN 0958-6946, <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104943>.
- Blasche S, Kim Y, Mars RAT et al. (2021)** Metabolic cooperation and spatiotemporal niche partitioning in a kefir microbial community. *Nat Microbiol* 6, 196–208 <https://doi.org/10.1038/s41564-020-00816-5>
- Codex Alimentarius Commission (2003)** Codex Standard for fermented milks 243-2003 http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/marco/Codex_Alimentarius/normativa/codex/stan/CODEX_S_TAN_243.asp (2003)
- De Oliveira Leite A.M, Miguel M.A.C, Peixoto R.S, Rosado A.S, Silva J.T, Paschoalin flosi VM (2013)** Microbiological, technological and therapeutic properties of kefir: a natural probiotic beverage. *Brazilian Journal of Microbiology* 44 (2), 341-349. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822013000200001>.
- Dobson A.O.O'Sullivan, P.D. Cotter, P. Ross, C. Hill (2011)** High-throughput sequence-based analysis of the bacterial composition of kefir and an associated kefir grain. *FEMS Microbiol. Lett.*, 320 (2011), pp. 56-62 <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2011.02290.x> 21517943
- Egea M.B., D.C. Santos, J.G. Oliveira Filho, J.C. Ores, KPTakeuchi, A.C. Lemes (2020)** A review of nondairy kefir products: Their characteristics and potential human health benefits. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, pp. 1-17 <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1844140>
33153292
- FAO/OMS Codex Alimentarius (2000)** Lait et produit laitiers. 2e édition-Rome: FAO; OMS- 136p.
- Farag, M.A, S.A. Jomaa, A. Abd El-Wahed, H. R. El-Seedi. (2020)** The many faces of kefir fermented dairy products: Quality characteristics, flavour chemistry, nutritional value, health benefits, and safety. *Nutrients* 12:346. <https://doi.org/10.3390/nu12020346>
- Farnworth E.R (2005)** Kefir: a complex probiotic. *Food Science and Technology Bulletin: Foods*, 2(1), 1-17
- Ferreira C (2010)** Quefir como alimento funcional. In *Alimentos Funcionais – Componentes Bioativos e Efeitos Fisiológicos (Quefir as a functional food. In Functional Foods – Bioactive Components and Physiological Effects)*, vol. 1, pp. 111–122 [NMB Costa and CO Rosa, editors]. Rio de Janeiro: Editora Rubio LTDA.
- Gao J, Gu.F, Abdella.N. H, Ruan H, He.G (2012)** Investigation on culturable microflora in Tibetan kefir grains from different areas of China. *J. Food Sci.* 77, p.425–433
- Garrote GL., Abraham A.G., De Antoni G.L. (2001)** Chemical and microbiological characterisation of kefir grains. *Journal of Dairy Research* 68: 639-652.
- Gaidi S (2016)** Importance de l'utilisation des grains de kéfir dans la région d'El-Hamma et optimisation de ses conditions de fabrication. *Mémoire de Mastère professionnel. Institut Supérieur de Biologie Appliquée Medenine*. p 43
- Gulmez M, Gu'ven A (2003)** Survival of *Escherichia coli* 0157:H7, *Listeria monocytogenes* 4b and *Yersinia enterocolitica* 03 in different yoghurt and kefir combinations as prefermentation contaminant. *Journal of Applied Microbiology* 95: 631-636.
- Guzel-Seydim Z, Seydim A, Greene A, Bodine (2000)** Determination of organic acids and volatile flavor substance in Kefir during fermentation. *Journal of food composition and Analysis*, 13, 35-43.
- Guzel-Seydim Z, Wyels J T, Seydim A. C, Greene A. K. (2005)** Turkish kefir and kefir grains: Microbial enumeration and electron microscopic observation. *International Journal of Dairy Technology*, 58, 25–29. <http://dx.doi.org/10.1111/idt.2005.58.issue-1>
- Guzel-Seydim Z, Seydim A, Greene A. (2006)** Determination of antimutagenic properties of acetone extracted fermented milks and changes in their total fatty acid profiles including conjugated linoleic acids. *Int. J. Dairy Technol. USA.* 59: 209-215p.
- Güzel-Seydim Z.B., Kök-Taş T. and Greene A.K. 2010** Kefir and Koumiss: Microbiology and Technology. In F. Yıldız (Ed.), *Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products* (pp. 143-163). Boca Raton, USA: CRC Press.
- Guzel-Seydim Z. B, Kok-Tas T, Greene A. K, Seydim A. C (2011)** Review: functional properties of kefir. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(3), 261-268. <http://dx.doi.org/10.1080/10408390903579029>. PMID: 21390946,
- Hamida R S, Shami A, Ali M.A. Almohawes Z.N, Mohammed A.E, Bin-Meferij MM (2021)** Kefir: A protective dietary supplementation against viral infection. *Biomed. Pharmacother.*, 133 (2021), Article 110974 <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110974>
33186795
- Hertzler S, Clancy S (2003)** Kefir improves lactose digestion and tolerance in adults with lactose maldigestion. *J. Am. Diet. Assoc.* 130: 582-587p.

- Hirota T (1987)** Microbiological studies on kefir grains. Reports of Research Laboratory Snow Brand Mi/k Products Co, (84), 67-128
- Huang Y, Wu F, Wang X, Sui Y, Yang L, Wang, J. (2013)** Characterization of *Lactobacillus plantarum* Lp27 isolated from Tibetan kefir grains: a potential probiotic bacterium with cholesterol-lowering effects. *Journal of Dairy Science*, 96(5), 2816- 2825. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-6371>. PMID:23498003
- IFT (2021)** 9 Food Trends to Watch For in 2021 <https://www.ift.org/news-and-publications/blog/2021/2021-food-tech-predictions> (2021),
- Ismail A.A, Ghaly M.F. et El-Naggar A. K. (2011)** Some physicochemical analyses of kefir produced under different fermentation conditions. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 70: 365-372.
- Kemp N (1984)** Kefir, the champagne of cultured dairy products. *Cult. Dairy Prod. J.* 19,p. 29-30.
- Kesenkaş H, Kınık Ö, Süt ve Süt İçecekleri. In: Ötleş S, Akçiçek (2010) E. (Eds.), İçecekler Beslenme Ve Sağlık.** Palme Yayıncılık, Ankara, pp. 133–165.
- Kesmen Z; Kacmaz N (2011)** Determination of Lactic Microflora of Kefir Grains and Kefir Beverage by Using Culture-Dependent and Culture-Independent Methods. *J. Food Sci.* 2011, 76, 276–283.
- Kim D, DJeong, H Kim, K.Seo (2019)** Modern perspectives on the health benefits of kefir in next generation sequencing era: Improvement of the host gut microbiota. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 59 (2019), pp. 1782-1793 <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1428168> 29336590
- Korsak N, Taminiau B, Leclercq M, Nezer C, Crevecoeur S, Ferauche C, Detry E, Delcenserie V, Daube G (2015)** Short communication: Evaluation of the microbiota of kefir samples using metagenetic analysis targeting the 16S and 26S ribosomal DNA fragments. *J. Dairy Sci.* 2015, 98, 3684–3689.
- Koroleva NS (1988a)** Technology of kefir and kumys. *Bulletin of the International Dairy Federation* 227: 96-100.
- Koroleva NS (1988b)** Starters for fermented milks, section 4: kefir and kumys starters. *Bulletin of the International Dairy Federation* 227: 3540
- Kosikowsk FV (1977)** In cheese and fermented milk foods. 2nd ed. Edwards brothers, Ann Arbor, Michigan, p.37.
- Kosikowski F (1982)** Fermented milks. Ed Cheese and fermented milk foods. USA. 37-48p.
- Kuo CY, Lin CW (1999)** Taiwanese kefir grains: their growth, microbial and chemical composition of fermented milk. *Aust. J. Dairy Technol.* 54, 19-23
- Lasa I, Penades JR. (2006)** Bap: a family of surface proteins involved in biofilm formation. *Research in Microbiology*, 157, pp 99-107.
- La rivière j W M, Kooiman P, Schmidt K (1967)** Kefiran, a novel polysaccharide produced in the kefir grain by *Lactobacillus brevis*. *Arch. Microbiol.*, 59, 269-278.
- Leite AMO, MAL Miguel, RS Peixoto, AS Rosado, J T Silva, VM.F Paschoalin (2013)** Microbiological, technological and therapeutic properties of kefir: A natural probiotic beverage *Braz. J. Microbiol.*, 44 (2013), pp. 341-349 <https://doi.org/10.1590/S1517-83822013000200001> 24294220
- Leite A M O, M. A L Miguel, R S Peixoto, P Ruas-Madiedo, V M. F Paschoalin, B. Mayo and S. Delgado.(2015)** Probiotic potential of selected lactic acid bacteria strains isolated from Brazilian kefir grains. *Journal of dairy science*, 98(6), 3622-3632
- González-Orozco, B D, García-Cano I, Jiménez-Flores R, Álvarez V. B. (2022)** Invited review: Milk kefir microbiota—Direct and indirect antimicrobial effects. *Journal of Dairy Science* Vol. 105 No. 5, *J. Dairy Sci.* 98:3622–3632. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9265>
- Lee MY, Ahn K S, Kwon O K, Kim M J, Kim M. K., Lee I. Y., Oh S. R & Lee H. K. (2007)** Anti-inflammatory and antiallergic effects of kefir in a mouse asthma model. *Immunobiology*, 212(8), 647-654. <http://dx.doi.org/10.1016/j.imbio.2007.05.004>. PMID:1786
- Lamontagne M (2002)** Produits laitiers fermentés. IN «science et technologie du lait, transformation du lait». Ed presses internationales polytechniques.
- Leroi F, Pidoux M, Xavier D (2001)** Lés kefir: des associations bactéries lactiques-levures . <https://www.researchgate.net/publication/288925549>. January 2001
- Libudzis Z, et Piatkiewicz .A (1990)** *Dairy Industries International*, 55,(7), p.31.
- Lin C-W, Chen H-L. and Liu J-R. (1999)** Identification and characterization of lactic acid bacteria and yeasts isolated from kefir grains in Taiwan. *Australian Journal of Dairy Technology* 54: 14-18.
- Liu JR, Chen MJ, Lin CW. (2005)** Antimutagenic and antioxidant properties of milk-kefir and soymilk-kefir. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(7), 2467-2474. <http://dx.doi.org/10.1021/jf048934k>. PMID: 15796581
- Liutkevicius A et Sarkinas A. (2004)** Studies on the growth conditions and composition of kefir grains as a food and forage biomass. *Veterinarija ir Zootechnika*, 25: 64–70.
- Lipinska E. (1987)** Milk the vital force, p.609
- Loretan T, Mosert J F, Viljoen B C. (2003)** Microbial flora associated with South African house hold kefir. *S. Afr. J. Sci.* 99 92–94.
- Lopitz-Otsoa F, Rementería A, Elguezaba, N, Garaizar J (2006)** Kefir: a symbiotic yeast-bacteria community with alleged healthy capabilities. *Revista Iberoamericana de Micología* 23, 67–74.
- Maret Data Forecast, (2022)** référence en ligne consulté le 03/03/2022 <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/apac-kefir-market>

- Marsh A.J, O O'Sullivan, C Hill, R.P Ross,P.D Cotter (2013)** Sequencing-based analysis of the bacterial and fungal composition of kefir grains and milks from multiple sources PLoS One, 8 (2013), Article e69371 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069371> 23894461
- Marshall VM, ColW M, Brooker BE (1984)** Journal of Applied Bacteriology,57,p.491.
- Mukai T, Watanabe N, Toba T, Itoh T, Adachi S. (1991)** Gel-forming characteristics and rheological properties of kefir. J. Food Sci. 56, 1017-1026
- Nalbantoglu U, Cakar A, Dogan H, Abaci N, Ustek D, Sayood K, Can H (2014)** Metagenomic analysis of the microbial community in kefir grains Food Microbiol., 41 (2014), pp. 42-51
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.01.014> 24750812
- Nielsen B. , G.C. Gürakan, G Ünlü (2014)** Kefir: A multifaceted fermented dairy product Probiotics Antimicrob. Proteins, 6 (2014), pp. 123-135 <https://doi.org/10.1007/s12602-014-9168-0> 25261107
- NinaneV, Mukandayambaje R, Berben G (2009)** Probiotiques, aliments fonctionnels et kéfir: le point sur la situation réglementaire en Belgique et sur les avancées scientifiques en matière d'évaluation des effets santé du kéfir. BASE.
- Otlés Semih, Cagindi Ozlem, (2003)** Kefir: A Probiotic Dairy-Composition, Nutritional and Therapeutic Aspects. Pakistan Journal of Nutrition, 2: 54-.<https://scialert.net/abstract/?doi=pjn.2003.54.59>
- Jamotte P (1974)** Note technique sur le kéfir. Station laitière de l'Etat. Belgique.
- Ottogalli G, Resminip V (1973)** Composition microbiologica, chimica ed ultrastruttura dei granuli di kefir. Ann.Microbiol. 23, p.109-121.
- Pidoux M. (1984)** Les kéfirs : kéfirs lactés et kéfirs sucrés. Tech. Lait Avril, p.29-33.
- Plessas S, Trantallidi M, Bekatorou A, Kanellaki M, Nigam P, Kouti-nas A A. (2007)** Immobilization of kefir and Lactobacillus casei on brew-ery spent grains for use in sourdough wheat bread making. Food Chem. 105, p.187–194.
- PogačićT, ŠinkoS, Zamberlin Š, Samaržija D (2013)** Microbiota of kefir grains. Mljekarstvo, 63(1), 3-14.
- Prado M R, Blandón L M, Vandenberghe L P S, Rodrigues C, Castro G R, Thomaz-Soccol V, Soccol C R (2015)** Milk kefir: composition, microbial 598 cultures, biological activities, and related products. Frontiers in microbiology, 6, 599 1177. doi: 10.3389/fmicb.2015.01177
- Rodrigues K. L, CaputoL R, Carvalho JC, Evangelista J, Schneedorf, J M (2005)** Antimicrobial and healing activity of kefir and kefir extract. International Journal of Antimicrobial Agents, 25(5), 404-408. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2004.09.020>. PMID:15848295
- Rosa D D, Dias MMS, Grzeskowiak LM, Reis SA, Conceição LL, Carmo G. Peluzio M (2017)** Milk Kefir: nutritional, microbiological and health benefits. Nutrition Research Reviews, 30, 82–96 doi:10.1017/S0954422416000275
- Sabir F, Beyatli Y, Cokmus C, Onal-Darilmaz D (2010)** Assessment of potential probiotic properties of Lactobacillus spp., Lactococcus spp., and Pediococcus spp. strains isolated from kefir. J Food Sci. 2010 Nov-Dec; 75(9):M568-73. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01855.x. PMID: 21535612.
- Santos A, San MauroM, SanchezA, TorresJM , Marquina D (2003)** The antimicrobial properties of different strains of Lactobacillus spp. isolated from kefir. Systematic and Applied Microbiology 26: 434-437.
- Sarkar, S. (2007)** Potential of kefir as a dietetic beverage—a review.British Food Journal.
- Sarkar S (2008)** Biotechnological innovations in kefir production: a review. Br Food J 110, 283–295.
- Sharifi M; Moridnia A; Mortazavi D; Salehi M (2017)** Kefir: A powerful probiotics with anticancer properties. Med. Oncol. (2017), 34, 183–189.
- Shen YDH Kim, Chon JW, Kim H, Song KY, Seo KH (2018)** Nutritional effects and antimicrobial activity of kefir (grains) J. Milk Sci. Biotechnol., 36 (2018), pp. 1-13 <https://doi.org/10.22424/jmsb.2018.36.1.1>
- Slattery C, Cotter PD, Toole PWO (2019)** Analysis of health benefits conferred by Lactobacillus species from kefir Nutrients, 11 (2019), pp. 1-24 <https://doi.org/10.3390/nu11061252> 31159409
- Stepaniak L, Fetliński A (2003)** Kefir. W: Encyklopedia of dairy Sciences (red. H. Roginski, JF Fuquay, PF Fox).
- Suriasih K, Sucipta IN, Sucipta Putri W C W, Wirawan I P S (2020)** Chemical Characteristics And Microbiological Kefir Beverages From Bali Cattle During Storage. International Journal of Scientific and Technology Research 9 (8): 135 - 138.
- Takao M, Naofumi W, Takahiro T, Takatoshi I,Susumu Ai (1991)** GelForming Characteristics and Rheological Properties of Kefiran <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1991.tb14630.x>
- Technavio.com (2021)** Sample report: Kefir Products Market by Product and Geography - Forecast and Analysis 2021-2025 <https://www.technavio.com/report/kefir-products-market-industry-analysis> (2021),
- Simova E, Beshkova, Angelov A, Hristozova Ts, Frengova G, Spasov Z. (2002)** Lactic acid bacteria and yeasts in kefir grains and kefir made from them. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 28, 1-6
- Thompson JK., Johnston DE, MurphyRJ, Collins MA (1990) Characteristics of a milk fermentation from rural Northern Ireland which resembles kefir. Irish Journal of Food Science Technology 14: 35-49.
- VardjanT, Lorbeg PM, Rogelj I, Majhenic AC (2013)** Characterization and stability of lactobacilli and yeast microbiota in kefir grains. Journal of Dairy Sciences 96, 2729–2736.
- Vedamuthu ER (1977)** Journal of food protection, 40, (11), p.801

- Veronique L. (2008)** Caractérisation du consortium microbien d'un grain de kéfir. Dissertation originale présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en sciences agronomiques et ingénierie biologique. Belgique.14-34p
- Veira C, Álvares T, Gomes L (2015)** Kefir Grains Change Fatty Acid Profile of Milk during Fermentation and Storage. PLOS ONE J. Grèce. 10: 11-13p.
- Vinderola G, Perdigón G, Duarte , Farnworth E, Matar C. (2006)** Effects of the oral administration of the products derived from milk fermentation by kefir microflora on immune stimulation. The Journal of Dairy Research, 73(4), 472-479. <http://dx.doi.org/10.1017/S002202990600197X>. PMID:16827951
- Wang YY, Li HR, Jia SF, Wu ZJ, Guo BH (2006)** Analysis of bacterial diversity of kefir grains by denaturing gradient gel electrophoresis and 16S rDNA sequencing. Wei Sheng Wu Xue Bao, 46, 310-313.
- Walsh AM, Crispie F, Kilcawley K, Sullivan OO (2016)** Microbial succession and flavor production in the fermented dairy beverage kefir mSystems, 1 (2016), pp. e00016-e00052
<https://doi.org/10.1128/mSystems.00052-16>
- Witthuhn RC, Schoeman T, Britz T (2004)** Isolation and characterization of the microbial population of different South African kefir grains. Int. J. Dairy Technol. 57, 33-37
- Witthuhn R C, Schoeman T, Britz T J (2005)** Characterisation of the microbial population at different stages of kefir production and kefir grain mass cultivation. J. Dairy Sci. 15. 383-389.
<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.07.016>
- Yerlikaya O (2014)** Starter cultures used in probiotic dairy product preparation and popular probiotic dairy drinks. Food Science and Technology, 34(2), 221-229.
- Zajšek K, Kolar M, Goršek A (2011)** Characterisation of the exopolysaccharide kefir produced by lactic acid bacteria entrapped within natural kefir grains. Int. J. Dairy Technol.64 544–548. 10.1111/j.1471-0307.2011.00704.x
- Zourari A, Anifantakis EM (1988)** Le kéfir. Caractères physico-chimiques, microbiologiques et nutritionnels. Technologie de production. Une revue. Le Lait, INRA Editions 1988, 68 (4), pp.373-392. fahal-00929138f