

République Algérienne et Démocratique Populaire.

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEN

كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الارض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de l'Univers.

Département D'AGRONOMIE



MÉMOIRE

En : Sciences Alimentaires.

Spécialité : Agroalimentaire et Contrôle de qualité.

Par :

Mlle SELMI Fatine.

Mlle TEHARI Sihem.

Préparation d'un kéfir de lait de chèvre additionné de fruits d'arouses

Soutenue publiquement : le 23 / 06 / 2026, devant les jurys composés de :

Présidente	Mme ADIDA Houria	MCA	Université de Tlemcen
Encadrante	Mme GHANEMI Fatima zohra	MCA	Université de Tlemcen
Co Encadrant	M BENARIBA Kaddour Hicham	MCB	Université de Tlemcen
Examinatrice	Mme MEZIANE Radjaa Kaouthar	MCA	Université de Tlemcen

Année Universitaire :2025-2026



Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation.

*Nous adressons nos sincères remerciements à **Madame Adida houria**, Présidente du jury, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider ce jury et pour l'intérêt porté à notre travail.*

*Nous exprimons notre profonde reconnaissance à **Madame GHANEMI Fatima Zohra**, notre encadrante, pour son accompagnement, ses précieux conseils, sa disponibilité et son soutien tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Nous remercions également **Monsieur BENARIIBA Kaddour Hicham**, notre co-encadrant, pour son aide, ses orientations pertinentes et ses encouragements qui ont contribué à l'aboutissement de ce travail.*

*Nos remerciements s'adressent aussi à **Madame MEZIANE Radja Kaouthar**, examinatrice et chef de formation de AACQ, pour avoir accepté d'évaluer ce mémoire et pour les remarques constructives qu'elle a apportées afin d'en améliorer la qualité.*

Nous remercions également l'ensemble des enseignants et du personnel de l'Université de Tlemcen pour la qualité de la formation reçue et les connaissances acquises tout au long de notre parcours universitaire.

Enfin, nous adressons nos plus vifs remerciements à nos familles, à nos proches et à toutes les personnes qui nous ont soutenus, encouragés et accompagnés durant nos études

Fatine

Dédicace



Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui m'ont soutenue et accompagnée tout au long de mon parcours universitaire.

À mes très chers parents, pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices, leur confiance et leurs encouragements. Vous avez toujours été ma plus grande source de motivation.

*À mes chères sœurs, **Nadjlaa** et **Jaydaa**, pour leur affection, leur soutien et leur présence constante.*

*À mon binôme, **Ghizlane**, pour sa collaboration, sa patience et les efforts partagés tout au long de cette aventure.*

*À mes amies, **Chahinez**, **Hadil**, **Nesrine**, **Radjaa**, **imen** et **fatima** pour leur amitié sincère, leur soutien et les précieux moments passés ensemble.*

*À la famille **Selmi** et à la famille **Mokhtari**, ainsi qu'à mes cousines et cousins, pour leur affection, leurs encouragements et leur bienveillance.*

*Aux âmes disparues, mais dont les traces demeurent à jamais dans nos cœurs : ma tante **Naima**, mes oncles **Mohamed** et **Lakhder**, ainsi que mes grands-parents **Abdelkader** et **Khroufa**. Que Dieu leur accorde Sa miséricorde et les accueille dans Son vaste paradis.*

Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire, j'adresse ma profonde gratitude.



Dédicace

Ghizlene



C'est avec une immense gratitude que je dédie ce travail à toutes les personnes qui ont contribué à mon parcours et qui m'ont soutenue durant ces années d'études.

À mes chers parents pour leur amour infini, leur dévouement, leurs précieux conseils et leurs nombreux sacrifices. Votre soutien a été le pilier de ma réussite.

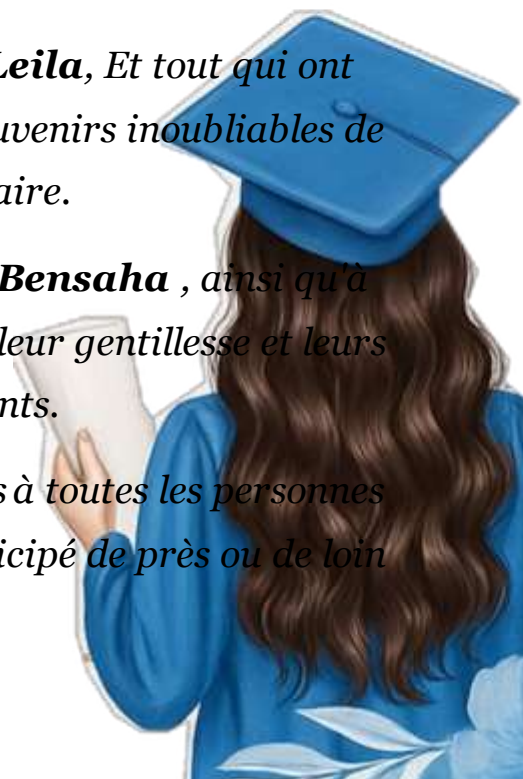
*À mes frères et sœurs, **Nesrine** et **Mohammed** dont l'affection, la présence et les encouragements m'ont apporté force et confiance.*

*À ma binôme **Fatine** pour son engagement, son esprit de coopération et tous les efforts accomplis ensemble tout au long de ce projet.*

*À mes amis **Rajaa**, **Chahinez**, **Anes**, **Leila**, Et tout qui ont partagé avec moi les joies, les défis et les souvenirs inoubliables de cette aventure universitaire.*

*À La famille **Tehari**, **Otmani**, **Bekhti**, **Bensaha**, ainsi qu'à mes cousines et cousins, pour leur soutien, leur gentillesse et leurs encouragements constants.*

Enfin, j'adresse mes sincères remerciements à toutes les personnes qui, par leur aide ou leurs conseils, ont participé de près ou de loin



SOMMAIRE

SOMMAIRE	0
Liste des figures	0
Liste des tableaux	0
Introduction	1
Chapitre I : CHAPITRE I : LE KÉFIR.....	4
1. Généralités sur le kéfir	5
1.1 Définition et origine	5
1.2 Grains de kéfir	5
1.3 Composition des grains de kéfir	6
1.4 Microflore des grains de kéfir	7
2. Processus de fermentation du kéfir et interactions microbiennes	8
3. Facteurs influençant la qualité du kéfir	9
4. Valeur nutritionnelle du kéfir	10
5. Propriétés du kéfir de lait	11
5.1 Propriétés physico-chimiques	11
5.1.1 Propriétés physiques	11
5.1.2 Propriétés chimiques	12
5.2 Propriétés microbiologiques	12
5.3 Propriétés organoleptiques	12
5.4 Propriétés thérapeutiques	13
5.4.1 Propriétés antimicrobiennes	13
5.4.2 Propriétés anti-inflammatoires	13
5.4.3 Propriétés anticancéreuses	14
5.4.4 Propriétés antioxydantes	14
5.4.5 Propriétés antidiabétiques	15
5.4.6 Effets sur le poids corporel	15
5.4.7 Effets sur l'hypertension	16
Chapitre II : LE LAIT DE CHÈVRE.....	17
II.1 Généralités sur le lait de chèvre	18
II.2 Composition biochimique du lait de chèvre	18
II.3 Caractéristiques du lait de chèvre	19
II.3.1 Caractéristiques physiques	19
II.3.1.1 pH	19
II.3.1.2 Acidité	20
II.3.1.3 Densité	20
II.3.1.4 Viscosité	20
II.3.2 Caractéristiques organoleptiques	20
II.3.2.1 Couleur	20
II.3.2.2 Odeur	20
II.3.2.3 Saveur	21

II.3.3 Enzymes	21
II.3.4 Conductivité électrique	21
II.3.5 Point d'ébullition et de congélation	21
II.4 Valeur thérapeutique	22
II.5 Contraintes technologiques de la fermentation	22
Chapitre III : L'ARBOUSE.....	24
III.1 Description botanique	24
III.2 Profil nutritionnel	26
III.2.1 Glucides et fibres alimentaires	26
III.2.2 Protéines, lipides et valeur énergétique	26
III.2.3 Vitamines	26
III.2.4 Minéraux essentiels	27
III.3 Composés bioactifs des fruits	27
III.4 Propriétés biologiques et thérapeutiques des fruits de l'arbousier.....	28
III.4.1 Activité antioxydante	28
III.4.2 Activité antimicrobienne	28
III.4.3 Effets anti inflammatoires et cardioprotecteurs	28
III.4.4 Autres effets potentiels	28
III.5 Transformations et utilisations alimentaires des fruits	29
IV. Matériels & Méthodes	30
IV.1 Population étudiée	31
IV.2 Matériel utilisé	31
IV.2.1 Matériel biologique	31
IV.2.2 Matériel de mesure	32
IV.2.3 Matériel microbiologique	32
IV.2.4 2.4 Matériel physico-chimique:.....	33
IV.3 Méthodes	34
IV.3.1 Préparation du kéfir.....	34
IV.3.2 Mesure des paramètres anthropométriques	34
IV.3.3 Mesure de la pression artérielle.....	35
IV.3.4 Mesure de glycémie	35
IV.3.5 Protocole expérimental.....	35
IV.4 Analyses microbiologiques	36
IV.4.1 Préparation de l'échantillon	36
IV.4.2 Détection et quantification des coliformes totaux	36
IV.4.3 Détection des coliformes fécaux	36
IV.4.4 Recherche de Staphylococcus aureus	37
IV.4.5 Recherche de Salmonella spp.	37
IV.5 Analyses physico-chimiques	38
RÉSULTATS & DISCUSSION	39
1.Résultats.....	40

1.1 Résultats des analyses microbiologiques.....	40
1.2 Résultats des mesures de glycémie	40
1.3 Résultats des mesures PA.....	41
1.4 Résultats des mesures de poids.....	41
1.5 Résultats des analyses physico-chimiques.....	42
2.Discussion.....	42
CONCLUSION.....	49
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	5

Liste des figures

Figure 1 : Grains de kéfir avec l'aspect typique du chou-fleur	6
Figure 2 : Rôle du kéfir dans l'activation de la voie PI3K/AKT	15
Figure 3 : Effets protecteurs du kéfir dans l'hypertension rénovasculaire.....	16
Figure 4 : <i>Arbutus unedo L.</i> – feuilles, fleurs et fruits	26
Figure 5 : Un tensiomètre électronique	32
Figure 6 : Un glucomètre	32
Figure 7 : Balance impédancemètre	32
Figure 8 : VRBL (Violet Red Bile Lactose).	33
Figure 9 : Baird Parker	33
Figure 10 : SS (<i>Salmonella-Shigella</i>)	33
Figure 11 : analyseur de lait lactoscan.....	33
Figure 12 : tellurite de potassium	37
Figure 13 : mélange de jaune d'œuf et d'eau peptonée.....	37
Figure 14 : diminution de la Glycémie.....	40
Figure 15 : diminution de la pression artérielle PAS-PAD.....	41
Figure 16 : évolution de l'IMC.....	41

Liste des tableaux

Tableau 1 : principales bactéries lactiques et levures dominantes	8
Tableau 2 : Profil nutritionnel du kéfir	10
Tableau 3 : Composition moyenne du lait de chèvre et comparaison.....	19
Tableau 4 : les germes recherchés.....	40
Tableau 5 : Résultats des analyses physico-chimiques.....	41

LISTE DES ABRÉVIATIONS

BMC : Bone Mineral Content (contenu minéral osseux)

CO₂ : Dioxyde de carbone

EPS : Exopolysaccharides

GLP-1 : Glucagon-Like Peptide-1 (peptide-1 semblable au glucagon)

GLUT4 : Transporteur de glucose de type 4

HbA1c : Hémoglobine glyquée

HFD : High-Fat Diet (alimentation riche en graisses)

HOMA-IR : Homeostasis Model Assessment of Insulin Resistance

IL-1 β : Interleukine-1 bêta

IL-6 : Interleukine-6

IL-10 : Interleukine-10

IMC : Indice de masse corporelle

LAB : Lactic Acid Bacteria (bactéries lactiques)

NF- κ B : Facteur nucléaire kappa B

PAD : Pression artérielle diastolique

PAS : Pression artérielle systolique

PI3-K : Phosphatidylinositol-3-kinase

SCFAs : Short-Chain Fatty Acids (acides gras à chaîne courte)

SS : Milieu Salmonella-Shigella

TBW : Total Body Water (eau corporelle totale)

TNF- α : Facteur de nécrose tumorale alpha

UFC : Unité formant colonie

VRBL : Violet Red Bile Lactose.

الملخص:

يُعدّ الكفير غذاءً وظيفياً معروفاً بفوائده الصحية بفضل غناه بالكائنات الحية الدقيقة البروبيوتيكية، خاصة بكتيريا حمض اللاكتيك والخمائر. هدفت هذه الدراسة إلى تحضير كفير من حليب الماعز مدعم بثمار القطلب (*Arbutus unedo*) المعروفة بغناها بالمركبات الفينولية والفلافونويدات ومضادات الأكسدة.

أُجريت تحاليل ميكروبيولوجية لتقييم الجودة الصحية للمنتج. وأظهرت النتائج وجوداً منخفضاً للقولونيات الكلية، مع غياب القولونيات البرازية وبكتيريا السالمونيلا، بالإضافة إلى انخفاض حمولة بكتيريا *Staphylococcus aureus*، مما يدل على مطابقة المنتج للمعايير الميكروبيولوجية وخلوه من المخاطر الصحية.

كما أظهرت التحاليل الفيزيائية والكيميائية محتوى من المادة الدهنية بلغ 1.64٪، والمستخلص الجاف منزوع الدسم 2.53٪، والبروتينات 0.92٪، واللاكتوز 1.39٪، والملح 0.20٪. وتشير هذه النتائج إلى قيمة غذائية مقبولة لهذا المنتج.

أُجريت الدراسة على تسع متطوعات تتراوح أعمارهن بين 20 و30 سنة. وقد استهلكت كل مشاركة 100 مل من الكفير يومياً لمدة 10 أيام. وشملت المؤشرات المدروسة سكر الدم، وضغط الدم، ومؤشر كتلة الجسم. وأظهرت النتائج انخفاضاً في مستوى سكر الدم (من 1.04 إلى 0.96 غ/ل)، وضغط الدم الانقباضي (من 106.8 إلى 104.7 ملم زئبق)، وضغط الدم الانبساطي (من 70.4 إلى 64 ملم زئبق). في المقابل، بقي مؤشر كتلة الجسم مستقراً تقريباً طوال فترة الدراسة.

وفي الختام، يبدو أن كفير حليب الماعز المدعم بثمار القطلب يمثل غذاءً وظيفياً واعداً. ومع ذلك، تبقى هناك حاجة إلى إجراء دراسات على عدد أكبر من المشاركين لتأكيد هذه النتائج.

الكلمات المفتاحية: كفير – حليب الماعز – ثمار القطلب – بروبيوتيك – سكر الدم – ضغط الدم – غذاء وظيفي.

Résumé :

Le kéfir est un aliment fonctionnel reconnu pour ses effets bénéfiques sur la santé grâce à sa richesse en micro-organismes probiotiques, notamment les bactéries lactiques et les levures. Cette étude a porté sur la préparation d'un kéfir à base de lait de chèvre enrichi en fruits d'*Arbutus unedo* (arbousier), connus pour leur richesse en composés phénoliques, flavonoïdes et antioxydants.

Des analyses microbiologiques ont été réalisées afin d'évaluer la qualité sanitaire du produit. Les résultats ont montré une faible présence de coliformes totaux, l'absence de coliformes fécaux et de *Salmonella*, ainsi qu'une faible charge en *Staphylococcus aureus*, indiquant que le produit est conforme aux critères microbiologiques et sans risque sanitaire.

Les analyses physico-chimiques ont révélé une teneur en matière grasse de 1,64 %, un extrait sec dégraissé de 2,53 %, des protéines à 0,92 %, un lactose à 1,39 % et une teneur en sel de 0,20 %. Ces résultats témoignent d'une valeur nutritive acceptable de cet aliment.

L'étude a été menée sur neuf volontaires de sexe féminin âgées de 20 à 30 ans. Chaque participante a consommé quotidiennement 100 mL de kéfir pendant 10 jours. Les paramètres suivis étaient la glycémie, la pression artérielle et l'indice de masse corporelle. Les résultats ont montré une diminution de la glycémie (de 1,04 à 0,96 g/L), de la pression artérielle systolique (de 106,8 à 104,7 mmHg) et diastolique (de 70,4 à 64 mmHg). En revanche, l'indice de masse corporelle est resté pratiquement stable durant la période d'étude.

En conclusion, le kéfir de lait de chèvre enrichi en fruits de l'arbousier apparaît comme un aliment fonctionnel prometteur. Toutefois, des études portant sur une population plus large sont nécessaires pour confirmer ces résultats.

Mots-clés : Kéfir – lait de chèvre – fruits de l'arbousier – probiotiques – glycémie – pression artérielle – aliment fonctionnel.

Abstract :

Kefir is a functional food recognized for its beneficial effects on health due to its richness in probiotic microorganisms, particularly lactic acid bacteria and yeasts. This study focused on the production of goat milk kefir enriched with *Arbutus unedo* (strawberry tree) fruits, which are known for their high content of phenolic compounds, flavonoids, and antioxidants. Microbiological analyses were carried out to assess the sanitary quality of the product. The results showed a low level of total coliforms, the absence of fecal coliforms and *Salmonella*, as well as a low count of *Staphylococcus aureus*, indicating that the product complies with microbiological standards and poses no health risk.

Physicochemical analyses revealed a fat content of 1.64%, solids-not-fat content of 2.53%, protein content of 0.92%, lactose content of 1.39%, and salt content of 0.20%. These results indicate that the product has an acceptable nutritional value. The study was conducted on nine female volunteers aged between 20 and 30 years. Each participant consumed 100 mL of kefir daily for 10 days. The monitored parameters included blood glucose level, blood pressure, and body mass index. The results showed a decrease in blood glucose (from 1.04 to 0.96 g/L), systolic blood pressure (from 106.8 to 104.7 mmHg), and diastolic blood pressure (from 70.4 to 64 mmHg). In contrast, body mass index remained almost stable throughout the study period. In conclusion, goat milk kefir enriched with *Arbutus unedo* fruits appears to be a promising functional food. However, further studies involving a larger population are needed to confirm these findings.

Keywords : Kefir – goat milk – strawberry tree fruits – probiotics – blood glucose – blood pressure – functional food.

INTRODUCTION

Au cours des dernières décennies, nos habitudes alimentaires ont évolué, vers une consommation plus importante d'aliments transformés, pauvres en nutriments. Ce constat a conduit au développement actuel des aliments fonctionnels qui, en plus de leur valeur nutritionnelle classique, fournissent des apports supplémentaires pour améliorer la santé. **(Granato et al., 2020)** Dans ce contexte, les consommateurs s'orientent de plus en plus vers des produits naturels mais également riches en composés bioactifs, capables de contribuer au maintien du bien-être et à la prévention de certaines pathologies. Parmi ces aliments, les produits fermentés occupent une place importante. Le kéfir est une boisson fermentée traditionnelle, obtenue à partir de grains de kéfir, une association symbiotique de bactéries lactiques et de levures, reconnue pour ses effets probiotiques et bénéfiques pour la santé digestive, en particulier en tant que modulateur du microbiote intestinal et du système immunitaire. **(Farnworth.,2005 ; Bourrie et al., 2016).**

Les produits laitiers utilisés sont dans la préparation du kéfir constituant un élément déterminant des caractéristiques nutritionnelle de ce dernier. Le lait de chèvre, pour sa part, est particulièrement intéressant sur le plan nutritionnel il est mieux toléré, moins allergisant et riche en protéine, acides gras et minéraux. **(Park et al., 2007).**

Ces caractéristiques font de cette matière première un bon candidat pour produire des produits fermentés à haute valeur nutritionnelle **(Haenlein., 2004).**

Cependant, malgré leurs nombreux atouts, ces produits fermentés pourraient être perfectionnés sur le plan nutritionnel et fonctionnel en intégrant des ingrédients végétaux riche en composés bioactifs, en tant que stratégie innovante pour répondre à la demande croissante des consommateurs en produits alimentaires sains et fonctionnels.

Dans le cadre du présent projet, l'arbose (*Arbutus unedo*), fruit typiquement méditerranéen, apparaît particulièrement intéressant en raison de sa richesse en polyphénols, vitamine C et autres composés antioxydants, qui ont été largement étudiés pour leurs propriétés biologiques, en particulier leur activités antioxydantes, antimicrobiennes et anti-inflammatoires **(Pallauf et al., 2008 ; Oliveira et al., 2011)**, et qui pourraient donc offrir des perspectives pour l'élaboration de nouveaux produits alimentaires à haute valeur ajoutée. La mise en œuvre conjointe du kéfir de lait de chèvre et de l'arbose pourrait ainsi déboucher sur un produit innovant alliant les bienfaits des probiotiques issus de lait et des composés bioactifs d'origine végétale et qui serait en mesure d'apporter des bienfaits nutritionnels, fonctionnels et sensoriels (goût, arôme et couleur) **(Ranadheera et al., 2010).**

À la lumière des nombreux intérêts du kéfir, un aliment fermenté riche en probiotiques, la recherche d'une amélioration de ses caractéristiques nutritionnelles et fonctionnelles semble encore très prometteuse, de même que celle d'aliments naturels enrichis en composés bioactifs permettant de prévenir certaines pathologies en améliorant le bien-être des consommateurs. L'incorporation de fruits comme l'arbose (*Arbutus unedo*), méditerranéens et riches en molécules antioxydantes, est l'une des voies à explorer.

Mais les travaux consacrés à l'enrichissement du kéfir de lait de chèvre par des fruits comme l'arbose, pourtant largement étudiée pour ses vertus nutritionnelles et biologiques sont encore peu nombreux.

D'où la question suivante : Le développement d'un kéfir de lait de chèvre enrichi en arbose permet-il d'obtenir un produit fermenté innovant possédant des propriétés nutritionnelles, fonctionnelles et sanitaires intéressants ?? L'objectif de notre projet est de réaliser un kéfir de lait de chèvre enrichi en arbose, afin d'en améliorer la valeur nutritionnelle et les propriétés fonctionnelles, pour répondre aux attentes des consommateurs en matière d'alimentation saine et équilibrée, sous forme d'une alternative innovante aux boissons fermentées habituelle, tout en obtenant des bénéfices santé et sensoriels.

Les modalités de ce travail ont été organisées comme suit :

Première partie : Nous présentons l'état de la question concernant le kéfir et les produits fermentés.

Deuxième partie : Généralités sur le lait de chèvre et ses caractéristiques nutritionnelles.

Troisième partie : Présentation de l'arbose et de ses propriétés bioactives.

Quatrième partie : Description du matériel et de la méthode utilisés.

Cinquième partie : présentation des résultats obtenus, discussion et conclusion générale

CHAPITRE I : LE KÉFIR

1. Généralités sur le kéfir

1.1 Définition et origine

Le kéfir est une boisson fermentée obtenue par la fermentation du lait à l'aide de grains de kéfir, qui constituent un consortium symbiotique complexe de micro-organismes comprenant principalement des bactéries lactiques, des levures et des bactéries acétiques. Ces micro-organismes sont intégrés dans une matrice polysaccharidique tridimensionnelle appelée kéfiran, responsable de la structure des grains et du maintien des interactions microbiennes (**Bourrie *et al.*, 2016 ; Farag *et al.*, 2020**).

Au cours du processus de fermentation, ces micro-organismes transforment le lactose du lait en divers métabolites tels que l'acide lactique, l'éthanol, le dioxyde de carbone ainsi que plusieurs composés aromatiques et bioactifs. Cette activité métabolique confère au kéfir ses caractéristiques sensorielles particulières, notamment une texture légèrement visqueuse, une saveur acidulée et une légère effervescence (**Lopitz-Otsoa *et al.*, 2006 ; Prado *et al.*, 2015**).

Le kéfir trouve son origine dans les régions montagneuses du Caucase, où il est consommé depuis plusieurs siècles comme boisson traditionnelle fermentée. Les grains de kéfir étaient historiquement transmis de génération en génération au sein des communautés locales et étaient considérés comme un élément précieux du patrimoine alimentaire. Le terme « kéfir » provient du mot turc *keif*, signifiant « bien-être » ou « sensation de satisfaction », en référence aux effets bénéfiques associés à sa consommation (**Farnworth., 2005**).

Grâce à ses propriétés nutritionnelles et probiotiques, le kéfir suscite aujourd'hui un intérêt croissant dans le domaine des sciences alimentaires et de la nutrition. De nombreuses études ont mis en évidence son potentiel en tant qu'aliment fonctionnel capable de contribuer à l'amélioration de la santé digestive, à la modulation du microbiote intestinal et au renforcement du système immunitaire (**Ahmad *et al.*, 2013 ; Bourrie *et al.*, 2016 ; Lim *et al.*, 2018**).

1.2 Grains de kéfir

Les grains de kéfir constituent l'élément essentiel dans la production de cette boisson fermentée. Ils se présentent sous forme de structures gélatineuses blanchâtres ou légèrement jaunâtres, de taille variable, généralement comprises entre quelques millimètres et plusieurs centimètres de

Diamètre. Leur morphologie irrégulière rappelle souvent celle d'un chou-fleur, caractérisée par une surface plissée et une texture élastique. (Wszolek *et al.*, 2006)

La forme et la taille des grains peuvent varier en fonction de leur origine géographique, des conditions de culture et du substrat utilisé pour la fermentation. On distingue généralement deux types morphologiques principaux : les grains compacts ou arrondis, souvent décrits comme « en chou-fleur », et les grains plus aplatis ou lamellaires, parfois appelés « grains en feuilles ». Malgré ces différences morphologiques, leur organisation structurale et leur composition microbiologique restent relativement similaires (Garrote *et al.*, 2001)

Les grains de kéfir jouent le rôle d'inoculum naturel lors de la fermentation du lait. Lorsqu'ils sont introduits dans le lait, les micro-organismes qu'ils contiennent se multiplient activement et déclenchent un processus de fermentation complexe conduisant à la formation du kéfir. Par ailleurs, les grains ont la capacité de croître et de se multiplier au cours des fermentations successives, ce qui permet leur réutilisation pour la production continue de cette boisson fermentée.



Figure 1 : Grains de kéfir avec l'aspect typique du chou-fleur (Peluzio *et al.*, 2021).

1.3 Composition des grains de kéfir

Les grains de kéfir sont constitués majoritairement d'eau et d'une fraction solide composée principalement de polysaccharides, de protéines et de micro-organismes. La teneur en eau représente généralement entre 80 et 90 % du poids total des grains, tandis que la matière sèche est constituée essentiellement de polysaccharides et de protéines (Garrote *et al.*, 2001 ; Abraham et De Antoni., 1999).

Le principal polysaccharide présent dans les grains de kéfir est le **kéfiran**, un exopolysaccharide hydrosoluble constitué principalement de glucose et de galactose. Ce composé est synthétisé principalement par *Lactobacillus kefiranofaciens* et joue un rôle fondamental dans la formation de la matrice structurale des grains ainsi que dans le maintien de l'organisation tridimensionnelle du consortium microbien (**La Rivière *et al.*, 1967 ; Lopitz-Otsoa *et al.*, 2006 ; Zajšek *et al.*, 2011**).

La fraction protéique des grains provient en grande partie des protéines du lait qui sont incorporées dans la matrice polysaccharidique au cours du processus de fermentation. En plus des polysaccharides et des protéines, les grains contiennent également de faibles proportions de lipides et de cendres, représentant respectivement environ 4 % et 6 % de la matière sèche (**Stepaniak et Fetlińska., 2003 ; Abraham et De Antoni., 1999**).

Cette composition complexe confère aux grains de kéfir une structure tridimensionnelle stable qui permet le maintien des interactions symbiotiques entre les différents micro-organismes.

1.4 Microflore des grains de kéfir

Les grains de kéfir abritent une microflore complexe composée principalement de bactéries lactiques, de levures et, dans une moindre proportion, de bactéries acétiques. Ces micro-organismes coexistent au sein de la matrice polysaccharidique et interagissent de manière symbiotique, formant ainsi un écosystème microbien stable et dynamique (**Garrote *et al.*, 2001 ; Güzel-Seydim *et al.*, 2011**).

Les bactéries lactiques représentent généralement le groupe microbien dominant, avec des concentrations pouvant atteindre 10^8 à 10^9 UFC/g de grains, tandis que les levures sont présentes à des concentrations comprises entre 10^4 et 10^8 UFC/g. Les bactéries lactiques assurent principalement la fermentation du lactose en acide lactique, tandis que les levures participent à la fermentation alcoolique et à la production de dioxyde de carbone (**Pogačić *et al.*, 2013**).

Tableau 1 : principales bactéries lactiques et levures dominantes dans les grains de kéfir (Arroum *et al.*, 2022)

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</i>	(Witthuhn et al. 2004)
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	<i>marxianus</i>	
<i>Lactococcus lactis</i> subsp.	<i>Saccharomyces</i>	(Witthuhn et al. 2004)
<i>Lactis streptococcus thermophilus</i>	<i>cerevisiae</i>	
<i>Lactobacillus curvatus</i>	<i>Kluyveromyces marxianus</i>	(Chen et al. 2008)
<i>Leuconostoc lactis</i>	<i>Yarrowia lipolytica</i>	
<i>Lactobacillus fermentum</i>	<i>Kazachastania exigua</i>	(Korak et al. 2015)
<i>Leuconostoc lactis</i>	<i>Zygosaccharomyces sp.</i>	
<i>Lactobacillus kefir</i>		(Korak et al. 2015)
<i>Lactobacillus kefirifaciens</i>		
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>		(Chen et al. 2021)
<i>Lactobacillus kefirifaciens</i>		
<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Kluyveromyces marxianus</i>	(Chen et al. 2021)
<i>Lactobacillus kefir</i>	<i>Naumovozyma sp.</i>	
<i>Lactobacillus kefirifaciens</i>	<i>Kazachastania kefir</i>	(Chen et al. 2021)
<i>Acetobacter orientalis</i>		
<i>Gluconobacter frateurii</i>	<i>Kluyveromyces marxianus</i>	(Chen et al. 2021)
<i>Lactobacillus kefirifaciens</i>	<i>Pichia kudriavzevii</i>	

Ces levures jouent un rôle important dans la production d'éthanol, de dioxyde de carbone et de composés aromatiques contribuant aux caractéristiques organoleptiques du kéfir (Simova *et al.*, 2002).

La composition microbiologique des grains peut varier selon l'origine géographique des grains, les conditions de culture, la nature du lait utilisé et les paramètres de fermentation (Witthuhn *et al.*, 2005).

2. Processus de fermentation du kéfir et interactions microbiennes :

La fermentation du kéfir est un processus microbiologique complexe qui résulte des interactions métaboliques entre différents micro-organismes présents dans les grains de kéfir, notamment les bactéries lactiques, les levures et les bactéries acétiques. Au cours de ce processus, les bactéries lactiques hydrolysent le lactose du lait et produisent principalement de l'acide lactique, ce qui provoque une diminution progressive du pH du milieu. Cette acidification favorise la coagulation partielle des protéines du lait et contribue à la formation de la texture caractéristique du kéfir. Parallèlement, les levures utilisent les sucres simples issus de la dégradation du lactose et les transforment en éthanol et en dioxyde de carbone, ce qui confère à la boisson sa légère effervescence (Bengoa *et al.*, 2019).

Les interactions entre ces différents micro-organismes conduisent également à la production de divers composés bioactifs, tels que des peptides, des acides organiques, des vitamines et des exopolysaccharides, qui participent à la fois aux qualités sensorielles du produit final et à ses propriétés nutritionnelles et fonctionnelles.

3. Facteurs influençant la qualité du kéfir

La qualité du kéfir dépend de sa composition chimique, de sa microflore, ainsi que de ses propriétés rhéologiques et organoleptiques. Elle est influencée par la qualité du lait, l'origine des grains et les conditions de production.

La microflore des grains joue un rôle essentiel ; elle varie en fonction du temps d'incubation, du rapport grains/lait et de l'utilisation d'un levain. Le lavage répété des grains diminue la quantité de microorganismes acidifiants, ce qui ralentit l'acidification et réduit la production d'acides (**Koroleva et Bavina.,1970**).

Les conditions de conservation influencent également la composition microbienne : à basse température (2–8 °C), l'activité microbienne est ralentie, alors qu'à 18–20 °C, des modifications plus importantes sont observées (**Koroleva et al., 1978**).

Les modifications chimiques, résultant de l'activité microbienne, conditionnent les caractéristiques organoleptiques du produit final.

La fermentation doit être contrôlée afin d'assurer un équilibre entre production d'acide lactique et d'alcool. La fermentation lactique est favorisée à des températures élevées (26–35 °C), tandis que la fermentation alcoolique est favorisée à basse température (5–15 °C). Une température intermédiaire de 18–20 °C permet d'obtenir un équilibre optimal (**Horvath., 1968 ; Petricic et al., 1977**).

Enfin, le traitement du lait influence fortement la texture et la qualité du kéfir. L'homogénéisation améliore la texture, réduit la synérèse et augmente la stabilité du produit (**Szakaly et al., 1982 ; Berzhinskas et al., 1978**).

4. Valeur nutritionnelle du kéfir

Tableau 2 : Profil nutritionnel du kéfir (rosa *et al.*, 2017)

Propriétés nutritionnelles	Constituants nutritionnels	Montants
Vitamine (mg/kg)	Vitamine A	< 1
	Vitamine B2	< 5.5
	Vitamine B1	< 10
	Vitamine K	< 1
Acide aminé (mg/100 g)	Lysine	376
	Valine	220
	Méthionine	137
	Phénylalanine	231
	Thréonine	182
Macro-élément minéral (%)	Calcium	0.84
	Phosphore	0.30
	Potassium	1.65
	Magnésium	1.46
Micro-élément (mg/kg)	Zinc	3.10
	Fer	92.4
	Cuivre	7.32
	Cobalt	14.6
Cendre (%)	Contenu en cendres	0.55–0.66

Composés bioactifs du kéfir

Parmi les principaux composés bioactifs présents dans le kéfir, on retrouve :

- **Exopolysaccharides (EPS)** : le kéfiran, polysaccharide produit majoritairement par *Lactobacillus kefiranofaciens*, est connu pour ses propriétés antimicrobiennes, immunomodulatrices et sa capacité à protéger la barrière intestinale (Gao *et al.*, 2019).
- **Biopeptides** : issus de la dégradation enzymatique des protéines du lait durant la fermentation, ces peptides bioactifs présentent des effets antioxydants, antihypertenseurs, anti-inflammatoires et antimicrobiens (Korcz *et al.*, 2018 ; Leblanc *et al.*, 2017).
- **Acides organiques** : tels que l'acide lactique et l'acide acétique, produits par les micro-organismes, qui participent à l'acidification du kéfir et à l'inhibition de certains agents pathogènes (Vasileva *et al.*, 2020).
- **Phénols et flavonoïdes** : ces composés phénoliques, particulièrement présents dans les kéfirs à base d'eau ou enrichis en extraits végétaux, contribuent à l'activité antioxydante observée in vitro et chez l'animal (Leite *et al.*, 2013).

Dans l'ensemble, la présence de ces composés bioactifs explique les effets nutritionnels et fonctionnels attribués au kéfir, renforçant son intérêt en tant qu'aliment fonctionnel et boisson bénéfique pour la santé.

5. Propriétés du kéfir de lait :

5.1 Propriétés physico-chimiques

5.1.1 Propriétés physiques

Les bactéries lactiques présentes dans le kéfir fermentent le lactose en acide lactique, ce qui entraîne une acidification rapide du milieu. Cette activité provoque une diminution du pH jusqu'à environ 4,6 en 15 à 20 heures, conférant au kéfir son caractère acide. Cette acidification résulte principalement de l'accumulation d'acides organiques issus du métabolisme microbien (Arroum *et al.*, 2022 ; Suriasih *et al.*, 2020).

5.1.2 Propriétés chimiques

La composition chimique du kéfir dépend du type de lait utilisé ainsi que de la composition microbiologique des grains. Les principaux paramètres variables sont l'acidité, la matière grasse, l'alcool et le dioxyde de carbone.

- **Matière grasse** : liée à l'origine du lait (vache, chèvre, brebis) et au procédé de fabrication, avec une légère diminution après fermentation.
- **Acide lactique** : généralement compris entre 0,6 et 0,9 %, selon les conditions de fermentation.
- **Alcool et CO₂** : issus de l'activité des levures, avec des teneurs plus élevées dans le kéfir traditionnel que dans le kéfir industriel. L'éthanol ($\approx 0,1-0,3$ %) et le CO₂ confèrent au kéfir son caractère légèrement effervescent et stimulant (**Farnworth., 2005**).

5.2 Propriétés microbiologiques

Le kéfir est constitué d'une communauté microbienne symbiotique complexe comprenant des bactéries lactiques, des levures et des bactéries acétiques. Sa composition varie selon l'origine des grains, le type de lait et les conditions de fermentation (**Farag *et al.*, 2020**).

Durant la fermentation, le pH acide (3,0 à 5,0) favorise le développement de microorganismes acidotolérants. Le kéfir contient également des souches à potentiel probiotique contribuant à ses effets bénéfiques sur la santé (**Slattery *et al.*, 2019**).

5.3 Propriétés organoleptiques

Les caractéristiques sensorielles du kéfir (arôme, saveur et texture) dépendent du type de lait, de la composition des grains et des conditions de fermentation (**Otles et Cagindi., 2003**).

Le kéfir se distingue par une saveur légèrement acide, une texture crémeuse et une sensation pétillante due à la présence d'éthanol et de CO₂. Les levures et les bactéries impliquées dans la fermentation jouent un rôle essentiel dans le développement de ces propriétés organoleptiques. Par ailleurs, des variations existent selon le lait utilisé, par exemple un goût plus prononcé et une texture plus crémeuse pour le kéfir de lait camelin (**Kavas., 2015**).

5.4. Propriétés thérapeutiques

5.4.1 Propriétés antimicrobiennes :

L'activité antimicrobienne du kéfir est principalement due aux bactéries lactiques (LAB), qui inhibent la croissance des micro-organismes pathogènes en entrant en compétition pour les nutriments et en produisant différents composés antimicrobiens. Durant la fermentation, plusieurs substances bioactives sont formées, notamment les acides organiques (acide lactique et acétique), le dioxyde de carbone, le peroxyde d'hydrogène, les bactériocines et certains peptides issus de la dégradation des protéines du lait, contribuant à l'inhibition des bactéries pathogènes (Abadi *et al.*, 2023 ; Lima *et al.*, 2018).

De plus, les micro-organismes du kéfir produisent des acides gras à chaîne courte (SCFAs), qui abaissent le pH intestinal et renforcent l'effet antimicrobien (Shen *et al.*, 2018). Le kéfir peut ainsi inhiber plusieurs bactéries pathogènes telles que *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae* et *Enterococcus faecalis*. L'efficacité antimicrobienne dépend toutefois de la composition des grains de kéfir et des conditions de fermentation (Tun-Aytekin *et al.*, 2019 ; Demir., 2020 ; Gut *et al.*, 2022).

5.4.2 Propriétés anti-inflammatoires

Le kéfir réduit l'inflammation grâce à plusieurs mécanismes complémentaires. Il diminue les cytokines pro-inflammatoires, telles que l'IL-1 β , le TNF- α et l'IL-6, tout en augmentant les médiateurs anti-inflammatoires comme l'IL-10 et le CXCL-1, via les voies de signalisation NF- κ B et MAPK (Chuang *et al.*, 2023 ; Liao *et al.*, 2023 ; Rosa *et al.*, 2016).

Ses micro-organismes et peptides, qui modulent le microbiote intestinal contribuent également à l'effet anti-inflammatoire en régulant positivement l'expression de gènes anti-inflammatoires et en limitant les médiateurs pro-inflammatoires (Carasi *et al.*, 2015 ; Chen *et al.*, 2019).

De plus, le kéfiran, les exopolysaccharides et les vésicules extracellulaires protègent la barrière intestinale et inhibent les voies inflammatoires clés, ce qui réduit l'activation des cellules épithéliales et la production de cytokines (Kang *et al.*, 2020 ; ; Seo *et al.*, 2018).

5.4.3 Propriétés anticancéreuses

Le kéfir possède des effets anticancéreux liés à la présence de composés bioactifs tels que les peptides et les polysaccharides, notamment le kéfiran. Ces substances stimulent le système immunitaire, activent les macrophages et favorisent l'apoptose (mort programmée) des cellules cancéreuses en régulant certaines protéines impliquées dans ce processus (**Fatahi *et al.*, 2021 ; Rajoka *et al.*, 2019**).

Par ailleurs, le kéfir contribue à l'équilibre du microbiote intestinal en réduisant les cytokines pro-inflammatoires (IL-1 β , IL-6, TNF- α) et en favorisant la croissance de bactéries bénéfiques, ce qui participe à la protection de l'organisme contre certaines maladies (**Brasiel *et al.*, 2025 ; Sharifi *et al.*, 2017**). Les peptides et polysaccharides du kéfir peuvent ainsi agir directement ou indirectement contre le développement des cellules cancéreuses (**Jenab *et al.*, 2020**).

5.4.4. Propriétés antioxydantes

Le kéfir possède un fort potentiel antioxydant, capable de neutraliser les radicaux libres et de réduire le stress oxydatif (**Cai *et al.*, 2020 ; Lopusiewicz *et al.*, 2020**). Son activité antioxydante peut être renforcée en l'enrichissant avec des microalgues comme *Arthrospira platensis* et *Chlorella vulgaris*, grâce à l'effet synergique des exopolysaccharides (EPS), des peptides bioactifs et des acides organiques présents (**Ilikkan et Bağdat., 2023 ; Laela *et al.*, 2021**).

Des études sur des modèles animaux ont montré que le kéfir améliore les défenses antioxydantes en restaurant le glutathion, la capacité antioxydante totale et l'activité de la catalase, tout en réduisant la peroxydation lipidique et la production de NO. L'ingestion de grains naturels de kéfir améliore ainsi l'état antioxydant global et diminue les niveaux de malondialdéhyde. Enfin, des formulations probiotiques de kéfir ont été rapportées pour limiter le stress oxydatif lié au vieillissement et améliorer les fonctions neurocomportementales (**Ghoneum *et al.*, 2020 ; Noori *et al.*, 2014**).

5.4.5 Propriétés antidiabétiques :

Le kéfir possède des effets antidiabétiques prouvés grâce à l'activation du transporteur GLUT4 et de la voie PI3-K, favorisant l'absorption du glucose [94]. (Teruya et al., 2002)

Il inhibe également les enzymes digestives α -amylase et α -glucosidase, réduisant la glycémie postprandiale. Le kéfir enrichi de Rhodiola montre une activité inhibitrice plus élevée de l' α -glucosidase. (Kwon et al., 2006)

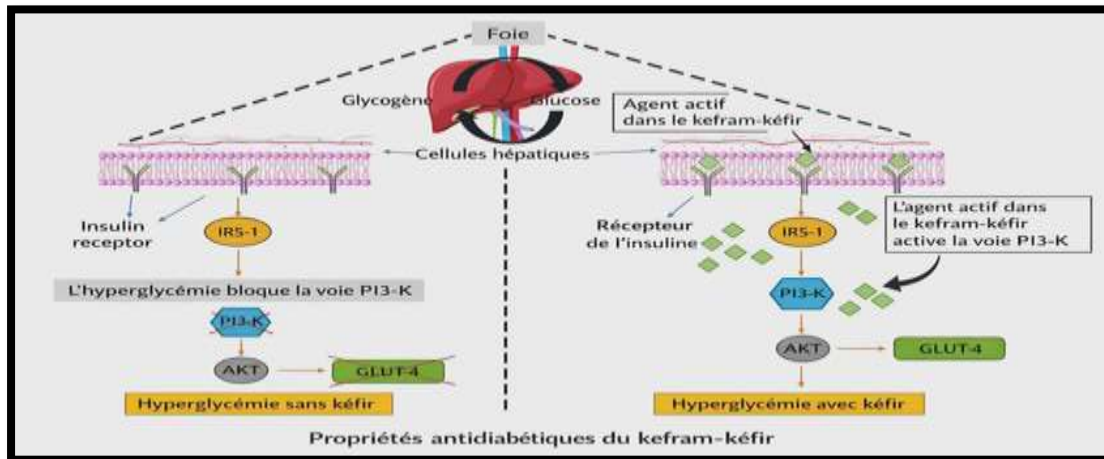


Figure 2 : Rôle du kéfir dans l'activation de la voie PI3K/AKT et l'amélioration de la captation du glucose en situation d'hyperglycémie. (Athira et al., 2026).

-L'activation de la PI3-kinase, qui stimule l'absorption du glucose par le biais de la signalisation de l'insuline, est à l'origine des effets antidiabétiques du kéfir-kéfir. IRS-1 : premier substrat du récepteur de l'insuline ; PI3K : kinase 3 des phosphoinositides ; GLUT4 : transporteur de glucose 4 ; PKB : kinase B (aussi connu sous le nom d'Akt). (Ostadrahimi et al., 2015)

5.4.6 Effets sur le poids corporel :

-Plusieurs études suggèrent que le kéfir peut contribuer à la régulation du poids corporel. Les probiotiques et peptides bioactifs présents dans le kéfir influencent le métabolisme des lipides et du glucose, améliorant la sensibilité à l'insuline et réduisant l'accumulation de graisse.

(Kobyliak et al., 2016, Million et al., 2017)

Chez l'homme, certaines études cliniques ont montré que la consommation régulière de kéfir pouvait améliorer le profil lipidique, réduire l'indice de masse corporelle (IMC) et favoriser la perte de poids chez les individus en surpoids ou obèses. (Asemi et al., 2020)

5.4.7 Effets sur l'hypertension :

Le kéfir exerce également des effets hypotenseurs, principalement grâce à ses peptides bioactifs générés par la fermentation. Ces peptides ont la capacité d'inhiber l'enzyme de conversion de l'angiotensine (ECA), contribuant ainsi à la réduction de la tension artérielle. (Pihlanto., 2006)

Chez l'homme, la consommation régulière de kéfir a été associée à une baisse modérée mais significative de la pression artérielle chez les sujets hypertendus ou pré-hypertendus, suggérant un effet bénéfique en tant qu'aliment fonctionnel. (Karras *et al.*, 2019)

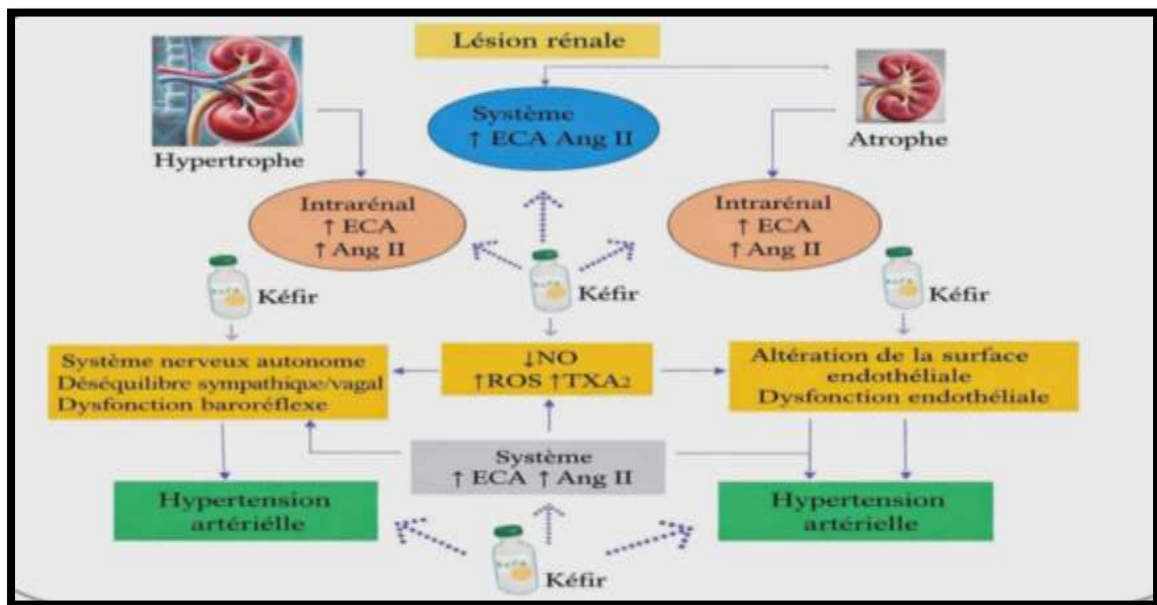


Figure 3 : Effets protecteurs du kéfir dans l'hypertension rénovasculaire (Athira *et al.*, 2026)

CHAPITRE II : LE LAIT DE CHÈVRE

1. Généralités sur le lait de chèvre

Le lait de chèvre est défini comme le produit de la sécrétion normale de la glande mammaire de la chèvre saine (*Capra hircus*), obtenu par une ou plusieurs traites, sans addition ni soustraction de ses constituants naturels. Il constitue un aliment complet et nutritif largement consommé dans plusieurs régions du monde (**Park et Haenlein., 2006**).

À l'échelle mondiale, le lait de chèvre joue un rôle important dans l'alimentation humaine, notamment en Afrique, en Asie et dans les pays méditerranéens où l'élevage caprin est très répandu. Dans ces régions, il représente une source essentielle de protéines animales pour les populations rurales et contribue à la sécurité alimentaire (**Bhardwaj et al., 2018**).

Sur le plan physico-chimique, le lait de chèvre est un liquide blanc opaque, légèrement sucré et homogène. Sa composition est globalement comparable à celle du lait de vache et comprend principalement de l'eau, des protéines, des lipides, du lactose, ainsi que des vitamines et des minéraux indispensables à l'organisme (**Loewenstein et al., 1980 ; Prajapati et al., 2017**).

La production mondiale de lait de chèvre est particulièrement concentrée dans certains pays d'Asie et d'Afrique, notamment l'Inde, le Pakistan, le Bangladesh et le Soudan, qui représentent une part importante de la production globale (**Dhanalakshmi et Gawdaman., 2013**). Ce lait peut être consommé frais ou transformé en différents produits laitiers tels que les fromages, les yaourts et d'autres produits fermentés.

En raison de sa digestibilité élevée et de ses propriétés nutritionnelles, le lait de chèvre suscite un intérêt croissant dans les domaines de la nutrition et de la santé humaine. Plusieurs études ont montré qu'il peut contribuer à améliorer la digestion et à renforcer le système immunitaire (**López-Aliaga et al., 2000 ; Maesela et al., 2019**).

2. Composition biochimiques de lait de chèvre :

La composition physico-chimique du lait de chèvre se caractérise par la présence de constituants essentiels qui déterminent à la fois sa valeur nutritionnelle et ses propriétés technologiques. Comme les autres laits de mammifères, il est principalement composé d'eau, de matières grasses, de protéines, de lactose et de minéraux. Ces différents éléments jouent un rôle fondamental dans la qualité nutritionnelle du lait et influencent également son aptitude à la

transformation en produits laitiers fermentés, tels que le fromage et le kéfir. Le tableau suivant présente la composition moyenne du lait de chèvre pour 100 g de produit, en comparaison avec celle du lait de vache.

Tableau 3 : Composition moyenne du lait de chèvre et comparaison avec le lait de vache (Coveney et Darnton-Hill., 1985 ; Grandpierre *et al.*, 1988)

Nutriments	Unité	Chèvre	Vache
Eau	g	87,5	87,7
Énergie	kJ	296	272
	kcal	71	65
Protéines	g	3,3	3,3
Caséines/lactalbumine	–	83/17	82/18
Lipides	g	4,5	3,8
Glucides	g	4,6	4,7
Na	mg	40	50
K	mg	180	150
Ca	mg	130	120
Mg	mg	20	12
P	mg	110	95
Fe	mg	0,04	0,05
Cu	mg	0,05	0,02
Zn	mg	0,30	0,35

3. Caractéristiques du lait de chèvre

3.1 Caractéristiques physiques :

3.1.1 pH

Le pH est un indicateur important de la qualité et de la fraîcheur du lait. Il renseigne notamment sur la stabilité physico-chimique du produit. Le pH du lait de chèvre se situe généralement entre 6,45 et 6,90, avec une valeur moyenne d'environ 6,7. Cette valeur est légèrement supérieure à celle du lait de vache, dont le pH moyen est d'environ 6,6 (Remeuf *et al.*, 1989 ; Le Jaouen *et al.*, 1990).

3.1.2 Acidité

L'acidité titrable du lait correspond principalement à la quantité d'acide lactique formée à partir du lactose. Chez le lait de chèvre, elle est généralement comprise entre 14 et 18 °D (degrés Dornic). Durant la lactation, cette acidité reste relativement stable et représente environ 0,16 à 0,17 % d'acide lactique (**Ait Amer Meziane., 2008 ; Veinoglou *et al.*, 1982**).

3.1.3 Densité

La densité du lait de chèvre est une caractéristique physique relativement stable, avec une valeur moyenne d'environ 1,022, qui reste légèrement inférieure à celle du lait de vache (1,036) (**Bidot.,2017**). De manière générale, la densité du lait mesurée à 15 °C varie entre 1,028 et 1,035, selon sa composition, notamment sa teneur en matières sèches (**Amiot *et al.*, 2002**).

3.1.4 Viscosité

La viscosité représente la résistance du lait à l'écoulement et dépend principalement de sa composition, en particulier de la teneur en matières grasses et en matière sèche. Une étude réalisée sur trente et un animaux a montré que la viscosité du lait de chèvre à 27 °C varie entre 12,88 et 15,85, avec une valeur moyenne d'environ 13,4 (**Puri., 1963**).

3.2 Caractéristiques organoleptiques

3.2.1 Couleur

Le lait de chèvre se distingue par sa couleur plus blanche que celle du lait de vache. Cette teinte est principalement due à l'absence de β -carotène, pigment responsable de la coloration légèrement jaunâtre du lait bovin (**Chilliard., 1997**). La blancheur du lait est un critère visuel important qui influence la perception de fraîcheur et de qualité par le consommateur.

3.2.2 Odeur

L'odeur du lait de chèvre est généralement peu prononcée, mais elle peut varier en fonction de l'alimentation de l'animal et des conditions de stockage. La matière grasse du lait a tendance à absorber les odeurs provenant des récipients ou de l'environnement. Lors du processus d'acidification, l'odeur peut évoluer vers une note légèrement aigre, conséquence de la

production d'acide lactique (**Amiot *et al.*, 2002**). Ces variations olfactives sont donc un indicateur sensible de la qualité et de la fraîcheur du lait.

3.2.3 Saveur

Le lait de chèvre présente une saveur légèrement douce et caractéristique, plus prononcée que celle du lait de vache. Cette spécificité gustative est principalement attribuée à la présence de certains acides gras libres, qui contribuent à son goût distinctif et influencent la perception sensorielle par le consommateur (**Duteurtre *et al.*, 2005**).

3.3 Enzymes :

L'activité propre d'enzymes telles que la phosphatase alcaline, les lipases et autres protéines Catalytiques à un impact sur la stabilité, la qualité ainsi que les propriétés fonctionnelles du Lait de chèvre. Ces enzymes ont un rôle crucial dans la digestion et la transformation des Éléments du lait. (**Patel et Goyal., 2015**).

3.4 Conductivité électrique :

La conductivité électrique du lait est un indicateur physico-chimique essentiel qui est lié à la Concentration en ions et à la condition de la glande mammaire. Des changements dans la Conductivité peuvent signaler des modifications de la composition ou des infections latentes (**Díaz *et al.*, 2012**).

3.5 Point d'ébullition et de congélation :

Le point d'ébullition et le point de congélation du lait constituent des paramètres physicochimiques importants, car ils reflètent sa composition en eau, en matières grasses, en lactose et en sels minéraux. Le lait de chèvre se caractérise généralement par un point

D'ébullition légèrement inférieur à celui du lait de vache. Son point de congélation se situe entre $-0,54\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $-0,57\text{ }^{\circ}\text{C}$, ce qui est lié à sa composition particulière, notamment en lactose, en minéraux et en protéines (**Jenness., 1980 ; Park *et al.*, 2007**).

4. Valeur thérapeutique :

La consommation de lait de chèvre est associée à plusieurs effets bénéfiques sur la santé, au-delà de sa simple valeur nutritionnelle. En effet, certaines études ont montré que les oligosaccharides présents dans ce lait possèdent des propriétés prébiotiques. Ils favorisent ainsi la croissance des bactéries intestinales bénéfiques, contribuant à l'équilibre du microbiote. Cette action participe à l'amélioration de la santé digestive et au renforcement de la barrière intestinale **(El-Agamy *et al.*, 2009)**.

Par ailleurs, le profil lipidique du lait de chèvre, caractérisé notamment par une forte teneur en acides gras à chaîne moyenne, joue un rôle important dans la régulation du métabolisme lipidique. Ces acides gras sont rapidement oxydés par l'organisme, ce qui peut contribuer à l'amélioration du profil lipidique sanguin et à la prévention des maladies cardiovasculaires **(Haenlein., 2004)**.

D'un point de vue immunitaire, le lait de chèvre renferme également des protéines bioactives et des peptides ayant des propriétés antimicrobiennes et immunomodulatrices. Des composés tels que la lactoferrine, ainsi que certains peptides libérés lors de la digestion, sont capables d'inhiber la croissance de micro-organismes pathogènes tout en stimulant la réponse immunitaire innée. Ces mécanismes participent à la réduction de l'inflammation et au renforcement des défenses naturelles de l'organisme **(Park *et al.*, 2007)**.

Enfin, le lait de chèvre contient divers composés à activité antioxydante, notamment des vitamines (A et E) ainsi que des peptides issus de la digestion. Ces éléments contribuent à neutraliser les radicaux libres et à limiter le stress oxydatif, impliqué dans le vieillissement cellulaire et le développement de maladies chroniques (Karatat et al., 2017). Cette activité antioxydante est encore renforcée dans les produits fermentés à base de lait de chèvre, tels que le yaourt ou le kéfir, grâce à l'action des microorganismes probiotiques qui produisent des peptides bioactifs supplémentaires **(Zhu et al., 2021)**.

5. Contraintes technologiques de la fermentation :

Les particularités de la composition du lait de chèvre, telles que la faible teneur en caséine α_1 , la richesse en caséine β , la petite taille des globules gras, ainsi qu'une teneur élevée en minéraux et en acides gras à chaîne moyenne, peuvent entraîner des contraintes technologiques lors de la transformation en produits dérivés. Ces caractéristiques se traduisent généralement par la formation de gels plus mous et fragiles, des rendements de fabrication plus faibles, ainsi qu'un goût légèrement salé et une saveur caprine marquée, ce qui peut limiter l'acceptabilité des produits, notamment les yaourts et les fromages.

Afin de surmonter ces contraintes, plusieurs approches ont été proposées, notamment l'optimisation des traitements thermiques, le mélange avec du lait de vache, les modifications enzymatiques et l'utilisation de procédés membranaires. Ces stratégies visent à améliorer la texture, le rendement ainsi que les propriétés sensorielles des produits laitiers caprins (**Akshit et al., 2023**).

CHAPITRE III : L'ARBOUSIER

1. Description botanique :

L'arbousier (*Arbutus unedo*) est un arbuste ou petit arbre persistant appartenant à la famille des Ericaceae, largement répandu dans le bassin méditerranéen. Il peut atteindre 9 à 12 m de hauteur et se caractérise par un feuillage dense, composé de feuilles simples, coriaces, alternes, de couleur vert foncé et à surface brillante. Ses fleurs, blanches et en forme de cloche, apparaissent généralement en automne (Orwa *et al.*, 2009 ; Sánchez-Mata et Tardío., 2016).

Le fruit, appelé arbose, est une baie sphérique charnue, de couleur rouge à maturité, mesurant environ 1 à 3 cm de diamètre. Sa maturation est lente (près de 12 mois) et s'accompagne de changements physico-chimiques importants affectant la texture, la couleur et la saveur. Les fruits immatures sont acides et astringents, tandis qu'à maturité avancée, ils deviennent sucrés, moins astringents et plus aromatiques (Alarcão-e-Silva *et al.*, 2001 ; Ayaz *et al.*, 2000).

Sur le plan nutritionnel, les fruits de l'arbousier présentent un intérêt notable grâce à leur richesse en sucres fermentescibles, fibres alimentaires, minéraux et acides gras insaturés. Ils constituent également une source importante de composés bioactifs, notamment les vitamines (vitamine C, vitamine E), les caroténoïdes et divers composés phénoliques tels que les acides phénoliques, flavonoïdes, anthocyanes et l'arbutine, responsables de leur forte activité antioxydante (Pallauf *et al.*, 2008 ; Ruiz-Rodríguez *et al.*, 2011).

En raison de leur goût optimal uniquement à maturité avancée, les arboises sont peu consommées à l'état frais. Elles sont principalement valorisées dans l'industrie agroalimentaire sous forme de produits transformés tels que confitures, gelées, jus, ainsi que des boissons fermentées (Alarcão-e-Silva *et al.*, 2001). Par ailleurs, l'arbousier est largement utilisé en médecine traditionnelle, où différentes parties de la plante (fruits, feuilles, écorce) sont reconnues pour leurs propriétés antiseptiques, diurétiques, digestives et anti-inflammatoires (Oliveira *et al.*, 2011).

Compte tenu de sa richesse en composés bioactifs et de ses propriétés fonctionnelles, l'arbousier présente un fort potentiel de valorisation dans le domaine agroalimentaire, notamment pour le développement d'aliments fonctionnels et de produits nutraceutiques, contribuant ainsi à la valorisation des ressources locales et au développement durable (Ruiz-Rodríguez *et al.*, 2011).



Figure 4 : *Arbutus unedo* L. – feuilles, fleurs et fruits à maturité (Miguel *et al.*, 2014)

2. Profil nutritionnel :

2.1. Glucides et fibres alimentaires

Les fruits d'arbousier (*Arbutus unedo* L.) contiennent une importante proportion de glucides, constituant la majeure partie de leur teneur sèche, avec des glucides totaux pouvant atteindre des valeurs élevées (>70 %). Ils renferment également une quantité significative de fibres alimentaires, qui contribuent à la régulation du transit et possèdent des effets prébiotiques. (Trabelsi *et al.*, 2019)

2.2. Protéines, lipides et valeur énergétique

En plus des glucides et des fibres, les fruits d'arbousier fournissent des protéines et des lipides, bien qu'à des niveaux modérés. Ces constituants participent à la densité énergétique du fruit et soutiennent des fonctions métaboliques de base dans l'organisme. (Goulas et Manganaris., 2012)

2.3. Vitamines

Les fruits d'arbousier sont une source notable de vitamine C (acide ascorbique), un antioxydant important pour la protection cellulaire, la synthèse du collagène et la fonction immunitaire. Certains travaux rapportent aussi des traces de vitamines liposolubles, telles que la vitamine E (tocophérols) et des caroténoïdes, renforçant l'activité antioxydante totale du fruit. (D'Antuono *et al.*, 2001)

2.4. Minéraux essentiels

Les fruits d'arbousier apportent plusieurs minéraux essentiels : principalement le potassium (K), suivi du calcium (Ca), du magnésium (Mg) et du phosphore (P). Ils contiennent également des oligo-éléments comme le fer (Fe) et le zinc (Zn), nécessaires au métabolisme et à l'homéostasie. (Šavikin *et al.*, 2010)

3. Composés bioactifs des fruits

Les fruits d'*Arbutus unedo* sont considérés comme une source importante de composés bioactifs, en particulier les polyphénols et les flavonoïdes, qui contribuent à leurs propriétés nutritionnelles et biologiques. Les polyphénols représentent une grande famille de métabolites secondaires produits par les plantes. Ils comprennent notamment les acides phénoliques, les flavonoïdes, les tanins et les anthocyanes. Ces composés jouent un rôle essentiel dans la protection des végétaux contre les stress environnementaux et présentent également plusieurs effets bénéfiques pour la santé humaine, notamment des activités antioxydantes et anti-inflammatoires (Pallauf *et al.*, 2008).

Plusieurs études ont montré que les fruits d'arbousier renferment une grande diversité de composés phénoliques. Parmi les principaux composés identifiés figurent l'acide gallique, l'acide protocatéchique et différents dérivés phénoliques. Les fruits contiennent également des anthocyanes responsables de la coloration rouge caractéristique des fruits mûrs, notamment la cyanidine-3-O-galactoside et la delphinidine-3-O-glucoside. Ces composés contribuent largement aux propriétés antioxydantes des fruits et à leur intérêt dans le domaine de la nutrition fonctionnelle (Ruiz-Rodríguez *et al.*, 2011).

Les flavonoïdes constituent également une fraction importante des composés bioactifs présents dans *Arbutus unedo*. Des analyses phytochimiques ont permis d'identifier plusieurs flavonoïdes tels que la quercétine, la rutine, l'hyperoside et l'isoquercitrine. Ces molécules possèdent différentes activités biologiques, notamment des effets antioxydants, antimicrobiens et anti-inflammatoires. La concentration de ces composés peut varier en fonction de plusieurs facteurs,

tels que l'origine géographique, les conditions climatiques et le stade de maturité des fruits (Maleš *et al.*, 2006).

En raison de leur richesse en polyphénols et flavonoïdes, les fruits d'arbousier présentent un potentiel intéressant dans le développement d'aliments fonctionnels et de produits nutraceutiques. Ces composés bioactifs contribuent non seulement à la valeur nutritionnelle des fruits, mais également à leurs effets protecteurs contre le stress oxydatif et certaines maladies chroniques (Oliveira *et al.*, 2011).

4. Propriétés biologiques et thérapeutiques des fruits de l'arbousier

4.1. Activité antioxydante

Les fruits d'*Arbutus unedo* montrent une activité antioxydante significative liée à leur richesse en phénols et flavonoïdes, capables de piéger les radicaux libres et de réduire le stress oxydatif. Une étude a montré que les extraits de fruits présentent une forte activité de piégeage du radical DPPH reflétant leur potentiel antioxydant élevé. (Masmoudi *et al.*, 2020)

4.2. Activité antimicrobienne

Des extraits de fruits et de sirop d'*Arbutus unedo* ont démontré une activité antibactérienne contre plusieurs espèces bactériennes. Par exemple, un extrait de sirop de fruits a inhibé la croissance d'*Aeromonas hydrophila* à des concentrations d'environ 100 mg/ml. (Essaidi *et al.*, 2023)

4.3. Effets anti-inflammatoires et cardioprotecteurs

Le potentiel anti-inflammatoire a été démontré pour des extraits d'*Arbutus unedo* dans des études biologiques, montrant qu'ils peuvent inhiber certains médiateurs pro-inflammatoires et stabiliser les membranes cellulaires, ce qui est lié à leurs composés phénoliques. De plus, certaines études sur les huiles essentielles de la plante (incluant les fruits et les feuilles) montrent des effets anti-inflammatoires *in vivo*, suggérant un intérêt pour la réduction de l'inflammation systémique. (Moualek *et al.*, 2016 ; Al Mijalli *et al.*, 2022)

4.4. Autres effets potentiels

Des investigations ont mis en évidence que des extraits d'Aunedo inhibent des enzymes impliquées dans le métabolisme glucidique (α -glucosidase et α -amylase), suggérant un potentiel hypoglycémiant intéressant pour les maladies métaboliques.

Une étude préclinique a aussi montré que l'extrait de fruit peut atténuer une neurotoxicité induite par paraquat chez des rats, ce qui suggère un effet neuroprotecteur potentiel lié à une forte capacité antioxydante. (Tenuta *et al.*, 2020 ; Ait L'Haj *et al.*, 2023)

5. Transformations et utilisations alimentaires des fruits

Les fruits d'arbousier peuvent être consommés directement, frais ou séchés, bien que leur durée de conservation soit limitée. Une étude a évalué le comportement post-récolte de ces fruits à différentes températures (0–6 °C) et a montré qu'un stockage à froid (0 °C) permet de mieux préserver leur qualité physico-chimique, leur teneur en vitamine C ainsi que leurs caractéristiques sensorielles (Guerreiro *et al.*, 2018). Traditionnellement, ces fruits sont également transformés en confitures, marmelades ou boissons fermentées dans de nombreuses régions méditerranéennes, soit sous forme de pulpe, soit cuits, afin d'améliorer leur saveur et prolonger leur durée de vie (Morales., 2022). Pour optimiser leur conservation, des traitements technologiques ont été étudiés, tels que l'ajout de jus de citron ou de jus d'orange amer, qui permettent de diminuer le pH et d'inactiver la microflore, contribuant ainsi au maintien de la qualité nutritionnelle des fruits pendant le stockage (El Mejhed *et al.*, 2024).

Matériels et Méthodes

1. Population étudiée :

Cette recherche a été menée auprès de neuf participantes volontaires, de sexe féminin, âgées de 20 à 30 ans. Les sujets ont consommé quotidiennement, pendant une période de 10 jours, un kéfir élaboré à partir de lait de chèvre enrichi en jus d'arbousier.

Préalablement au début de l'expérimentation, divers paramètres anthropométriques et physiologiques ont été évalués afin de déterminer l'état initial des participantes et de surveiller l'impact du produit consommé sur certains indicateurs de santé.

Les mesures réalisées incluent le tour de taille, le tour de hanche, le tour de bras, la glycémie ainsi que la pression artérielle. Des données corporelles ont également été recueillies à l'aide d'une balance à impédancemètre, à savoir le poids corporel, l'indice de masse corporelle (IMC), la masse musculaire, la masse osseuse, le contenu minéral osseux (BMC), les besoins caloriques, le pourcentage de masse grasse (Fat) et le taux d'eau corporelle totale (TBW).

2. Matériel utilisé

2.1 Matériel biologique :

La préparation de la boisson a nécessité le matériel suivant :

- **Grains de kéfir** (inoculum)
- **Lait de chèvre** (substrat de fermentation)
- **L'arbousier** (ingrédient aromatique/secondaire)
- **Récipients de fermentation** (bocaux en verre stériles)
- **Matériel de conservation** (bouteilles hermétiques, réfrigération)
- **Mixeur** (destiné au broyage des fruits)

2.2 Matériel de mesure :

Les mesures anthropométriques et physiologiques des volontaires ont été réalisées à l'aide des équipements suivants :

- Un mètre ruban
- Une balance impédancemètre électronique
- Un glucomètre
- Un tensiomètre électronique



Figure 5 : Un tensiomètre électronique (*photo original*)



Figure 6 : Un glucomètre (*photo original*)



Figure 7 : Balance impédancemètre (*photo original*)

2.3 Matériel microbiologique

Le matériel microbiologique employé comprenait des éléments suivants :

- des boîtes de Petri ;
- des milieux de culture ;
- une étuve d'incubation ;

- des pipettes et du matériel stérile ;
- un bec Bunsen ;
- de l'eau peptonée stérile ;
- la gélose VRBL ;
- la gélose Baird Parker ;
- le milieu SS (Salmonella-Shigella).



Figure 8 : VRBL (Violet Red Bile Lactose).
(Photo google)



Figure 9 : Baird Parker
(photo google)



Figure 10 : SS (Salmonella-Shigella).
(Photo google)

2.4 Matériel physico-chimique :



Figure 11 : analyseur de lait lactoscan (Photo google)

3. Méthodes :

3.1 Préparation du kéfir

La boisson fermentée a été élaborée en ensemençant du lait de chèvre avec des grains de kéfir, auquel on a ajouté de l'arboise. Après la fermentation, le kéfir a été consommé frais.



3.2 Mesure des paramètres anthropométriques

Les paramètres anthropométriques ont été mesurés au début, au milieu et à la fin l'étude afin de suivre l'évolution corporelle des participantes. Le poids corporel ainsi que les différentes composantes de la composition corporelle (masse grasse, masse hydrique, masse musculaire, indice de masse corporelle, etc.) ont été déterminés à l'aide d'une balance impédancemètre. Les participantes étaient pesées en position debout, pieds nus, sur une surface plane.

La taille a été mesurée à l'aide d'un mètre ruban. Les sujets se tenaient debout, pieds joints et dos droit contre un mur, et une marque a été réalisée au sommet de la tête pour déterminer la stature.

3.3 Mesure de la pression artérielle

La pression artérielle a été suivie régulièrement durant toute la période expérimentale à l'aide d'un tensiomètre électronique (Omron M2, Healthcare HEM-7121-E). Les mesures ont été réalisées un jour sur deux pendant 10 jours.

Les participants étaient installés en position assise, au repos, dans un environnement calme. Le brassard était positionné autour du bras gauche, à la hauteur du cœur, directement sur la peau ou sur un vêtement léger. Pendant la mesure, il était demandé aux participantes de s'abstenir de parler ou de bouger. Les résultats étaient enregistrés après le dégonflement complet du brassard.

3.4 Mesure de la glycémie

La glycémie a été évaluée par prélèvement capillaire à l'aide d'un glucomètre (Vital Check MM 1200). Une goutte de sang prélevée chez les volontaires le matin a été déposée sur une bandelette réactive (Vital Check MS-2), puis analysée immédiatement par l'appareil.

Les mesures ont été effectuées un jour sur deux durant toute la période expérimentale afin de suivre l'évolution de la glycémie.

3.5 Protocole expérimental

Avant le début de l'étude, les participantes ont été informées du protocole et ont donné leur consentement éclairé pour y prendre part.

L'intervention a consisté en la consommation quotidienne de 100 mL de kéfir de lait de chèvre enrichi en arbose pendant une période de 10 jours, administrée chaque matin.

Le suivi expérimental a été organisé selon un calendrier prédéfini :

- Les paramètres anthropométriques (poids, composition corporelle et taille) ont été mesurés au début, à mi-parcours et à la fin de l'étude ;
- La glycémie et la pression artérielle ont été évaluées un jour sur deux durant l'ensemble du protocole.

Toutes les mesures ont été réalisées dans des conditions standardisées afin d'assurer la fiabilité et la reproductibilité des résultats.

4. Analyses microbiologiques

Des examens microbiologiques ont été conduits dans le but de vérifier la qualité microbiologique et l'absence l'innocuité du produit à l'étude. L'ensemble des opérations a été réalisé dans des conditions aseptiques, à proximité d'un bec Bunsen, afin de prévenir toute contamination extérieure.

4.1 Préparation de l'échantillon

Un prélèvement de 10 ml de kéfir a été effectué, puis introduit dans 90 ml d'eau peptonée stérile pour constituer la dilution mère au 10^{-1} . Après homogénéisation, des dilutions décimales successives ont été préparées en fonction des besoins des diverses analyses microbiologiques.

4.2 Détection et quantification des coliformes totaux

Les coliformes totaux ont été détectés par la méthode d'ensemencement en profondeur sur milieu gélosé VRBL (Violet Red Bile Lactose).

Un volume approprié de la dilution sélectionnée a été introduit dans une boîte de Petri stérile, puis le milieu VRBL, préalablement fondu et refroidi à environ 45 °C, a été versé. Après homogénéisation et solidification du milieu, les boîtes ont été incubées à 30 °C pendant une durée de 24 heures.

Les colonies caractéristiques, présentant une teinte rouge violacé et entourées d'un halo, ont été comptées.

La norme microbiologique de référence était établie à 3×10^4 UFC/mL.

4.3 Détection des coliformes fécaux

La détection des coliformes fécaux a été effectuée sur le même milieu VRBL. Les boîtes ont été incubées à 37 °C pendant une durée de 24 heures afin de permettre la croissance des coliformes d'origine fécale.

Le dénombrement des colonies caractéristiques a été réalisé selon la même procédure.

Le seuil microbiologique fixé était de 30 UFC/mL.

4.4 Recherche de *Staphylococcus aureus*

La détection de *Staphylococcus aureus* a été réalisée sur milieu gélosé Baird Parker, enrichi avec deux gouttes de tellurite de potassium et deux gouttes d'un mélange de jaune d'œuf et d'eau peptonée.

Après l'ensemencement, les boîtes de Petri ont été placées en incubation à 37 °C durant 48 heures. Les colonies caractéristiques identifiées étaient de couleur noire, d'aspect brillant, et présentaient un halo clair en périphérie.

La norme microbiologique retenue était de 3×10^2 UFC/mL.



Figure 14 : tellurite de potassium (*photo original*)



Figure 15 : mélange de jaune d'œuf et d'eau peptonée. (*Photo original*)

4.5 Recherche de *Salmonella* spp.

La recherche de *Salmonella* spp. a été effectuée sur milieu SS (Salmonella-Shigella). Après avoir ensemencé les dilutions appropriées, les boîtes de Pétri ont été mises en incubation à une température de 30 °C durant 24 heures.

Les colonies présentant les caractéristiques morphologiques typiques de *Salmonella* ont été identifiées.

Conformément aux normes microbiologiques en vigueur, la présence de *Salmonella* doit être totalement exclue dans l'échantillon analysé.

5. Analyses physico-chimiques

Les caractéristiques physico-chimiques du lait ont été déterminées à l'aide d'un **analyseur de lait Lactoscan**, permettant de mesurer les paramètres suivants :

- La teneur en matière grasse (%),
- La teneur en sel
- L'extrait sec dégraissé (ESD, %),
- La température de l'échantillon au moment de l'analyse.
- Le Lactose
- Les Proteines

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Résultats

1.1 Résultats des analyses microbiologiques :

Tableau 4 : les germes recherchés.

Les germes recherchés	Résultats obtenus	Spécification (UFC /ml)
Les Coliformes totaux	1 UFC /ml	3×10^4
Les coliformes fécaux	0 UFC/ml	30
<i>Staphylococcus a</i> coagulase +	99 UFC/ml	3×10^2
<i>Salmonella</i> spp	Absence	Absence dans 25g

On remarque une très faible présence des coliformes totaux (1 UFC/ml), l'absence des coliformes fécaux et de *Salmonella* spp., ainsi qu'une faible charge de *Staphylococcus aureus* (99 UFC/ml). Ces résultats montrent une bonne qualité microbiologique du kéfir de lait analysé, selon la spécification.

1.2 Résultats des mesures de la glycémie :

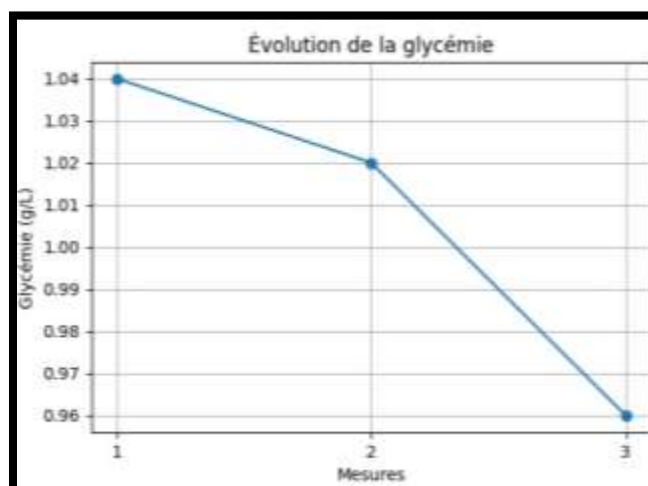


Figure 16 : diminution de glycémie

On remarque une diminution progressive de la glycémie au cours des trois mesures, passant de 1,04 g/L à 0,96 g/L

1.3 Résultats des mesures de la pression artérielle

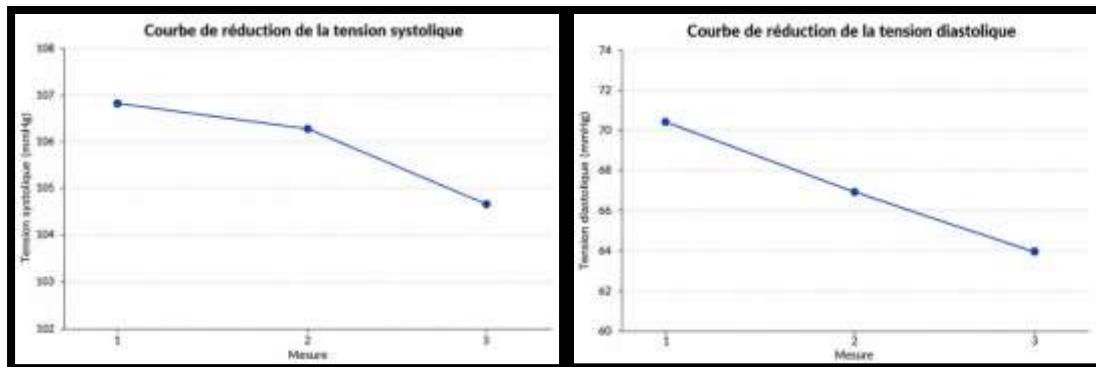


Figure 17 : diminution de la pression artérielle PAS-PAD

Les courbes montrent une diminution progressive de la tension artérielle systolique et diastolique au cours des différentes mesures. La tension systolique est passée d'environ 106,8 mmHg lors de la première mesure à 104,7 mmHg lors de la troisième mesure. De même, la tension diastolique a diminué de 70,4 mmHg à 64 mmHg.

1.4 Résultats des mesures du poids

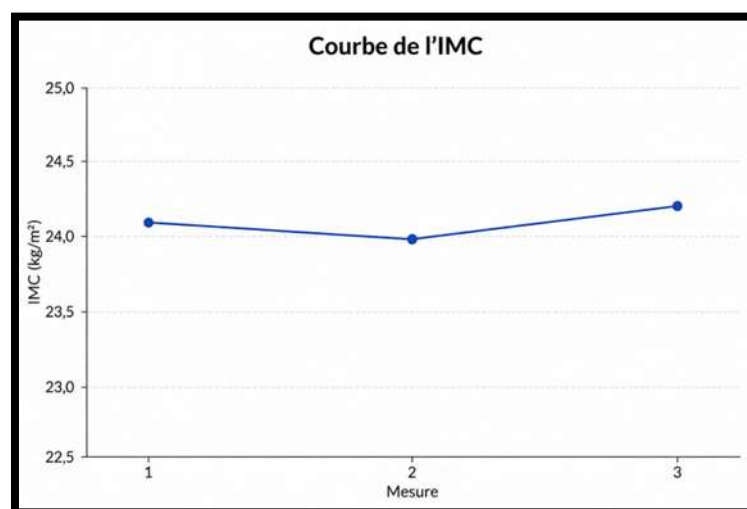


Figure 18 : évolution de IMC

La courbe de l'IMC montre une légère variation au cours des différentes mesures. Une petite diminution de l'IMC est observée entre la première et la deuxième mesure, suivie d'une légère augmentation lors de la troisième mesure. Globalement, les valeurs restent relativement stables autour de 24 kg/m².

1.5 Résultats des analyses physico-chimiques

Tableau 5 : Résultats des analyses physico-chimiques

Paramètre	Le kéfir de lait de chèvre étudié	Kéfir de lait de vache (article)	Lait de chèvre (article)
Matière grasse	1.64%	3,63 % (Aroua et al., 2023)	4,22 % (Kozxan & Bupebayeva.,2024)
Extrait sec dégraissé	2.53%	8,07 % (Aroua et al., 2023)	≈ 8,9 % (Park et al., 2007)
Protéine	0.92%	3,07 % (Aroua et al., 2023)	4,85–5,02 % (Costa et al., 2014)
Lactose	1.39%	4,10 % (Aroua et al., 2023)	3,23–3,30 % (Saanen Cabirol, 2022)
Teneur en sel	0.20%	0,75 % (Gamba et al., 2020)	0,56–0,99 % (Mahmood & Usman, 2010)

L’analyse physicochimique du kéfir de lait de chèvre additionné d’arbousier a révélé des teneurs relativement faibles en matière grasse, extrait sec dégraissé, protéines, lactose et sel. La comparaison avec les données de la littérature montre que les valeurs obtenues sont inférieures à celles rapportées pour le kéfir de lait de vache et le lait de chèvre. La diminution la plus marquée concerne les protéines et le lactose, tandis que la matière grasse et l’extrait sec dégraissé présentent également des valeurs réduites.

2. Discussion :

Dans notre travail, nous avons observé une baisse progressive de la glycémie, passant de 1,04 g/L lors du premier prélèvement à 0,96 g/L au troisième prélèvement, suite à l'ingestion de kéfir de lait de chèvre enrichi en arbousier. Cette réduction témoigne d'un impact positif du produit sur la régulation de la glycémie.

Ces résultats rejoignent ceux rapportés par (**Susanti *et al.*, 2022**), selon lesquels l'administration de kéfir de lait de chèvre entraînait une baisse marquée de la glycémie chez des modèles animaux hyperglycémiques. Les auteurs ont noté des niveaux glycémiques plus faibles dans les groupes ayant reçu le kéfir par rapport au groupe contrôle. Cet effet a été expliqué par l'action des probiotiques présents dans le kéfir, qui améliorent le métabolisme du glucose, influencent positivement la flore intestinale et renforcent la sensibilité à l'insuline.

Par ailleurs, la diminution observée dans notre expérience pourrait également être attribuée à l'arbousier (*Arbutus unedo*). En effet, (**Wahabi *et al.*, 2025**) ont montré qu'un extrait aqueux de cette plante réduisait significativement la glycémie chez des rats soumis à une épreuve de tolérance au glucose. Selon ces auteurs, cet effet serait dû à la teneur élevée de l'arbousier en composés phénoliques, tels que l'acide chlorogénique et les flavonoïdes, qui limitent l'absorption intestinale du glucose et améliorent la tolérance glucidique.

Ainsi, la baisse glycémique observée dans notre étude pourrait découler d'une action combinée entre les probiotiques du kéfir de lait de chèvre et les substances bioactives de l'arbousier. Les premiers favoriseraient le métabolisme des sucres, tandis que les polyphénols du second réduiraient l'absorption du glucose et en faciliteraient l'utilisation par l'organisme. Ces constatations confirment le potentiel du kéfir de lait de chèvre enrichi en arbousier en tant qu'aliment fonctionnel susceptible d'aider à maîtriser la glycémie.

Selon nos résultats, l'IMC des participantes est demeuré relativement stable après la consommation du kéfir de lait de chèvre enrichi en arbousier, sans fluctuation notable pendant la durée de l'étude. Cette absence d'effet significatif pourrait s'expliquer par la courte période d'intervention, la dose administrée, ou encore la taille limitée de l'échantillon. En effet, l'évolution de l'IMC est un indicateur qui demande généralement un suivi prolongé pour observer des changements significatifs.

Cependant, le kéfir de lait de chèvre présente un potentiel anti-obésité., (**Radiati *et al.*, 2025**) ont constaté que les exopolysaccharides issus de ce kéfir inhibent l'activité de certaines

enzymes clés de l'adipogenèse, telles que la PEPCK, la G6PDH et la LPL, ce qui limite l'accumulation des lipides et la formation des adipocytes. Selon ces auteurs, ces composés pourraient être valorisés comme ingrédients fonctionnels dans la prévention de l'obésité.

Par ailleurs, l'ajout d'arbousier (*Arbutus unedo*) pourrait également participer à la régulation du poids corporel. (**Wahabi *et al.*, 2023**) ont montré qu'un extrait aqueux de fruits d'arbousier exerçait une activité anti-obésité marquée chez des rats nourris avec un régime riche en graisses. Le traitement a entraîné une réduction de 21,8 % du gain de poids, accompagnée d'une diminution notable des tissus adipeux abdominal et épидидymaire. Les auteurs ont également observé une amélioration du profil lipidique, avec une baisse du cholestérol total, des triglycérides et du LDL, ainsi qu'une hausse du HDL. Ces effets bénéfiques ont été attribués à la forte teneur de l'arbousier en composés phénoliques et flavonoïdes, connus pour leurs propriétés antioxydantes et leur capacité à réduire le stress oxydatif. En outre, l'extrait d'arbousier a montré des effets favorables sur la glycémie, ainsi qu'une protection des fonctions hépatique et rénale.

Ainsi, même si notre étude n'a pas révélé de réduction significative de l'IMC, les données disponibles dans la littérature suggèrent que la combinaison du kéfir de lait de chèvre et de l'arbousier pourrait avoir des effets positifs sur le métabolisme des lipides et le contrôle pondéral. Des recherches supplémentaires, avec une durée plus longue et un effectif plus large, seraient nécessaires pour confirmer ces bénéfices chez l'humain.

- Nous avons aussi constaté une baisse de la pression artérielle chez nos participants après la prise du kéfir de lait de chèvre enrichi en arbousier. En moyenne, la pression systolique est passée d'environ 106,8 mmHg à 104,7 mmHg, tandis que la pression diastolique a baissé de 70,4 mmHg à 64 mmHg. Dans l'ensemble, on observe une tendance à la diminution de la tension tout au long de l'étude.

En regardant de plus près la pression systolique, on observe une diminution progressive lors des trois mesures. Dès la deuxième prise, on note une nette réduction par rapport à la valeur de départ, et cette baisse s'est maintenue jusqu'à la troisième mesure. Cela laisse penser que le produit agit rapidement et que son effet dure dans le temps.

Nos résultats vont dans le même sens que ceux de (**Zhao *et al.*, 2025**). Chez des patients hypertendus légers à modérés, ces auteurs ont observé une baisse similaire de la pression systolique après 12 semaines de supplémentation en peptides de kéfir, par rapport à un groupe

qui recevait simplement de la poudre de lait de chèvre. Cette cohérence est rassurante quant à la validité de nos données.

Concernant la pression diastolique, on note aussi une diminution régulière entre la première et la troisième mesure. Même si la baisse est moins marquée que pour la systolique, elle confirme tout de même que le kéfir a un effet bénéfique sur l'ensemble du profil tensionnel. Dans l'étude de (Zhao *et al.*, 2025), la pression diastolique avait également baissé de façon significative dans le groupe traité (-12,91 mmHg contre -9,36 mmHg chez les témoins), ce qui correspond bien à ce que nous avons observé.

D'autres travaux se sont intéressés aux plantes riches en composés actifs, comme l'arbousier. Par exemple, (Afkir *et al.*, 2008) ont montré que donner régulièrement des extraits aqueux d'arbousier à des rats rendus hypertendus empêchait l'installation de l'hypertension. Après 4 semaines, la pression systolique des rats sous L-NAME seul avait grimpé de 54 %, alors qu'elle n'avait augmenté que de 29 % chez ceux qui recevaient aussi un extrait de feuilles, et de 49 % avec un extrait de racines. Selon les auteurs, les extraits d'arbousier, surtout ceux issus des racines, ralentissent clairement la montée de la tension, tout en améliorant la réactivité des vaisseaux et le fonctionnement des reins. Ces effets viendraient probablement des polyphénols de la plante, connus pour leurs propriétés antioxydantes et leur action protectrice sur les vaisseaux.

Du coup, on peut se demander si l'association du kéfir (grâce à ses peptides qui inhibent l'enzyme de conversion de l'angiotensine) et de l'arbousier (avec ses effets vasculoprotecteurs) pourrait avoir un intérêt particulier pour réguler la pression artérielle. Mais pour l'instant, ce n'est qu'une hypothèse, et il faudrait des études complémentaires pour la confirmer.

Enfin, nous n'avons constaté aucun effet secondaire chez nos participants, ce qui suggère que ce kéfir de lait de chèvre est bien toléré. C'est un point important si l'on envisage de l'utiliser comme complément alimentaire pour la santé cardiovasculaire.

-Les résultats microbiologiques du kéfir de lait de chèvre obtenus dans notre étude ont montré une charge de 1 UFC/ml pour les coliformes totaux, une absence des coliformes fécaux, une concentration de 99 UFC/ml de *Staphylococcus aureus* à coagulase positive et une absence de *Salmonella* spp. Ces résultats ont été comparés à ceux rapportés par (Cissé *et al.*, 2019) pour des laits fermentés de chèvre commercialisés au Burkina Faso, ainsi qu'aux critères microbiologiques fixés par le Journal Officiel algérien pour les laits fermentés (Lben, Raib).

La teneur en coliformes totaux observée dans notre kéfir (1 UFC/ml) est très inférieure à la valeur maximale autorisée de 3×10^4 UFC/ml ainsi qu'aux charges rapportées dans les laits fermentés de chèvre étudiés par (Cissé *et al.*, 2019), qui ont atteint $1,98 \times 10^3$ UFC/ml. Cette faible contamination traduit une bonne qualité hygiénique du produit et de bonnes conditions de fabrication.

L'absence de coliformes fécaux (0 UFC/ml) indique l'absence de contamination d'origine fécale. Cette valeur est conforme à la norme réglementaire fixée à 30 UFC/ml pour les laits fermentés, ce qui témoigne d'un respect satisfaisant des conditions d'hygiène au cours de la production.

Concernant les *staphylocoques* à coagulase positive, la valeur obtenue (99 UFC/ml) demeure inférieure à la limite réglementaire de 3×10^2 UFC/ml. Les niveaux observés dans notre étude sont également nettement plus faibles que ceux signalés dans certains échantillons de lait fermenté de chèvre, où des concentrations comprises entre $1,54 \times 10^3$ et $1,97 \times 10^3$ UFC/ml ont été enregistrées. Cette différence pourrait être attribuée à une meilleure maîtrise des conditions d'hygiène et de fermentation.

Enfin, *Salmonella* spp. Était absente dans tous les échantillons analysés, ce qui est conforme aux exigences réglementaires imposant son absence dans 25 g de produit. L'absence de ce microorganisme pathogène constitue un indicateur important de la sécurité microbiologique du kéfir de lait de chèvre et confirme sa conformité aux critères de qualité sanitaire requis.

Au regard des résultats obtenus, le kéfir de lait de chèvre élaboré dans notre étude présente une qualité microbiologique satisfaisante. Les faibles charges en germes indicateurs de contamination, associées à l'absence des microorganismes pathogènes recherchés, traduisent de bonnes conditions d'hygiène lors de la préparation du produit. Ainsi, le procédé de fermentation par les grains de kéfir a permis d'obtenir un produit microbiologiquement conforme et apte à la consommation.

-La composition physico-chimique du kéfir de lait de chèvre additionné d'arbousier présente des différences par rapport aux données rapportées dans la littérature concernant le kéfir de lait de vache et le lait de chèvre. Ces variations peuvent être attribuées à plusieurs facteurs, notamment la nature du lait utilisé, les conditions de fermentation, les caractéristiques des grains de kéfir, l'ajout du fruit d'arbousier ainsi que certaines limites liées à la méthode analytique employée.

Concernant la matière grasse, les résultats obtenus apparaissent inférieurs à ceux rapportés pour le kéfir de lait de vache (**Aroua *et al.*, 2023**) et pour le lait de chèvre (**Kozxan et Bupebayeva., 2024**). Cette diminution pourrait être liée à l'activité enzymatique des microorganismes du kéfir, capables de modifier certains constituants lipidiques au cours de la fermentation. Elle pourrait également s'expliquer par les variations naturelles de la composition du lait de chèvre, qui dépendent de nombreux facteurs tels que la race des animaux, le stade de lactation, la saison, les conditions d'élevage et l'alimentation (**Park *et al.*, 2007**).

L'extrait sec dégraissé obtenu dans cette étude est également inférieur aux données rapportées pour le kéfir de lait de vache (**Aroua *et al.*, 2023**) et le lait de chèvre (**Park *et al.*, 2007**). Cette observation peut être attribuée à la consommation d'une partie des constituants nutritifs par les bactéries lactiques et les levures au cours de la fermentation. En effet, ces microorganismes utilisent différents substrats présents dans le lait pour assurer leur croissance et leur activité métabolique, ce qui peut entraîner une modification de la composition finale du produit.

La teneur en protéines observée est plus faible que celle décrite dans la littérature pour le kéfir de lait de vache (**Aroua *et al.*, 2023**) et le lait de chèvre (**Costa *et al.*, 2014**). Cette diminution pourrait être expliquée par l'activité protéolytique des microorganismes du kéfir qui hydrolysent les protéines du lait en peptides et en acides aminés. Ces composés sont ensuite utilisés dans différents processus métaboliques liés à la croissance microbienne et à la production de substances bioactives.

De même, la teneur en lactose apparaît inférieure à celle rapportée dans les études de (**Aroua *et al.*, 2023 ; Saanen Cabirol., 2022**). Ce résultat est attendu puisque le lactose constitue la principale source d'énergie des bactéries lactiques et des levures présentes dans les grains de kéfir. Au cours de la fermentation, ce sucre est progressivement transformé en acide lactique, en éthanol, en dioxyde de carbone et en divers métabolites, ce qui entraîne naturellement une réduction de sa concentration dans le produit final.

La teneur en sel est également inférieure aux valeurs rapportées pour le kéfir de lait de vache et le lait de chèvre (**Gamba *et al.*, 2020 ; Mahmood et Usman., 2010**). Cette différence pourrait être liée aux caractéristiques initiales du lait utilisé ainsi qu'aux modifications physicochimiques induites par la fermentation.

Par ailleurs, l'ajout du fruit d'arbousier pourrait avoir contribué aux différences observées. Ce fruit est riche en sucres, fibres, composés phénoliques et antioxydants susceptibles d'influencer l'activité des microorganismes du kéfir et, par conséquent, la composition physicochimique

Finale du produit. Les interactions entre ces composés bioactifs et la flore fermentaire peuvent modifier l'intensité des phénomènes de fermentation et affecter certains paramètres mesurés.

Enfin, les écarts observés par rapport aux données de la littérature pourraient également être liés aux limites analytiques du Lactoscan utilisé pour les mesures. Cet appareil est principalement conçu pour l'analyse du lait et sa précision peut être réduite lorsqu'il est appliqué à des produits fermentés complexes tels que le kéfir. La présence d'acides organiques, de microorganismes, d'exopolysaccharides et d'autres métabolites issus de la fermentation peut influencer les mesures obtenues et conduire à une sous-estimation de certains paramètres. Cette hypothèse doit être prise en considération lors de l'interprétation des résultats.

Dans l'ensemble, les différences observées entre notre produit et les données rapportées dans la littérature résultent probablement de l'effet combiné de la fermentation kéfirique, des caractéristiques propres au lait de chèvre, des variations liées à la race et à l'alimentation des animaux, de l'ajout du fruit d'arbousier ainsi que des limites de la méthode analytique utilisée.

CONCLUSION

Aujourd'hui, on sait bien que les aliments fonctionnels sont une piste intéressante en nutrition et pour éviter certaines maladies chroniques. Ce qui les rend spéciaux, c'est qu'en plus de leurs qualités nutritives de base, ils apportent des effets positifs grâce à des composés actifs ou à des micro-organismes probiotiques. Dans ce travail de Master, on a voulu fabriquer un kéfir à base de lait de chèvre avec ajout d'arbose (*Arbutus unedo* L.), dans l'idée d'améliorer ses qualités nutritionnelles, fonctionnelles et même gustatives. Ce produit mélange les bienfaits probiotiques du kéfir et l'effet antioxydant des composés bioactifs de l'arbose.

D'abord, on a préparé le kéfir : on a fait fermenter du lait de chèvre avec des grains de kéfir, puis on l'a enrichi avec de l'arbose. Ensuite, on a fait des analyses microbiologiques pour vérifier que le produit était sain. Les résultats montrent qu'il y a très peu de coliformes totaux (1 UFC/ml), pas de coliformes fécaux ni de *Salmonella*, et peu de *Staphylococcus aureus* (99 UFC/ml). Tout cela indique une bonne qualité microbiologique du kéfir obtenu.

Par ailleurs, les analyses physico-chimiques ont montré des teneurs en matière grasse (1,64 %), en extrait sec dégraissé (2,53 %), en protéines (0,92 %), en lactose (1,39 %) et en sel (0,20 %) inférieures à celles rapportées dans la littérature, ce qui s'explique par l'activité métabolique des micro-organismes du kéfir, les caractéristiques du lait de chèvre, l'ajout de l'arbose et les limites de la méthode analytique.

Ensuite, on a testé l'effet de cette boisson fermentée sur plusieurs paramètres physiologiques chez des volontaires qui ont bu 100 mL de kéfir tous les jours pendant 10 jours. Les résultats montrent une baisse progressive de la glycémie : elle est passée de 1,04 g/L à 0,96 g/L. La pression artérielle a aussi baissé : la pression systolique est passée d'environ 106,8 mmHg à 104,7 mmHg, et la diastolique de 70,4 mmHg à 64 mmHg. Par contre, l'indice de masse corporelle (IMC) est resté assez stable, autour de 24 kg/m², avec juste de toutes petites variations.

Malgré ces résultats encourageants, il y a quelques limites à garder en tête : le petit nombre de participantes, la durée assez courte de l'expérience, et le fait qu'on n'a pas contrôlé leur alimentation pendant l'étude. Tout ça peut influencer ce qu'on a observé et empêche de tirer des conclusions trop générales.

Au final, cette étude laisse penser que le kéfir de lait de chèvre à l'arbose a un bon potentiel comme aliment fonctionnel, grâce à ses effets probiotiques, antioxydants, hypoglycémiants et hypotenseurs. Mais il faudrait d'autres recherches pour confirmer scientifiquement ces effets et mieux comprendre comment ils fonctionnent.

Pour aller plus loin, on pourrait envisager plusieurs choses : · allonger la durée de l'expérience et du suivi des volontaires ;

· augmenter le nombre de participants pour que les résultats soient plus représentatifs ;

· tester différentes doses de kéfir pour voir l'effet selon la quantité bue ;

· imposer un régime alimentaire standardisé pendant l'étude, pour éviter les variations qui brouillent les résultats ;

· ajouter d'autres paramètres biochimiques comme l'HbA1c (hémoglobine glyquée), le bon et le mauvais cholestérol (HDL/LDL), les triglycérides, ou encore des marqueurs du stress oxydatif et de l'inflammation ;

· faire des études sur d'autres tranches d'âge, et aussi chez des personnes ayant des problèmes métaboliques ;

· approfondir l'évaluation sensorielle et technologique du produit, pour qu'il soit mieux accepté par les consommateurs.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abadl, M. M. T., Marzlan, A. A., Sulaiman, R., Abas, F., & Meor Hussin, A. S. (2023). Optimization of coconut milk kefir beverage by RSM and screening of metabolites and peptides. *Fermentation*, 9(5), 430.
- Abraham, A. G., & De Antoni, G. L. (1999). Microbiological and biochemical aspects of kefir grains. *Journal of Dairy Research*, 66(2), 175–187.
- Ahmad, Z., Wang, Y., Asif, A., Khan, S. T., Nisa, M., Ahmad, H., & Afreen, A. (2013). Kefir and health: A contemporary perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5), 422–434.
- Ait L'Haj, Z., et al. (2023). Bioactive compounds of *Arbutus unedo* L. fruits and neuroprotective effects in experimental models. *Frontiers in Neuroscience*, 17, 1244603.
- Ait Amer Meziane, M. (2008). *Contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du lait de chèvre*. (Thèse de magister).
- Akshit, F., et al. (2023). Technological constraints in goat milk fermentation. *International Journal of Dairy Technology*.
- Al Mijalli, S. H., Al-Ghamdi, A. S., et al. (2022). Chemical composition and anti-inflammatory activity of essential oils from *Arbutus unedo* L. *Life*, 12(11), 1785.
- Alarcão-e-Silva, M. L. C. M., Leitão, A. E. B., Azinheira, H. G., & Leitão, M. C. A. (2001). Chemical composition of the strawberry tree (*Arbutus unedo*) fruits at different stages of ripening. *Journal of Food Composition and Analysis*, 14(1), 27–35.
- Amiot, J., & Lapointe-Vignola, C. (2002). *Science et technologie du lait*. Éditions SEPAIC.
- Arroum, S., et al. (2022). Milk kefir: Manufacture, composition and therapeutic virtues. *Journal of New Sciences*, 86.
- Asemi, Z. et al. (2020). Effects of kefir on weight in overweight adults: RCT. *European Journal of Nutrition*.
- Athira, M. K., Singh, B. P., Sarkar, P., et al. (2026). A comprehensive review on kefir: Composition, microbial diversities and biological significances on human health. *Discover Food*, 8.

- Ayaz, F. A., Kadioğlu, A., Reunanen, M., & Karppinen, S. (2000).** Sugar, non-volatile and phenolic acids composition of strawberry tree (*Arbutus unedo*) fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 13(2), 171–177.
- Bellikci-Koyu, E., et al. (2019).** Effects of Regular Kefir Consumption on Gut Microbiota in Patients With Metabolic Syndrome: A Parallel-Group, Randomized, Controlled Study. *Nutrients*, 11(9), 2089.
- Bengoa, A. A., Iraporda, C., Garrote, G. L., & Abraham, A. G. (2019).** Kefir micro-organisms: Their role in grain assembly and health properties of fermented milk. *Journal of Applied Microbiology*, 126(3), 686–700.
- Berzhinskas, G., Urbenes, S., & Puidokas, L. (1978).** Influence of multiple-stage pasteurization of milk on the consistency of kefir. *XX International Dairy Congress, Brief Communications*, 840-841.
- Bhardwaj, A., Pal, Y., & Legha, R. A. (2018).** Nutritional and therapeutic value of goat milk. *International Journal of Chemical Studies*.
- Bidot, P. (2017).** *La densité du lait*. Cours de technologie laitière.
- Bourrie, B. C. T., Willing, B. P., & Cotter, P. D. (2016).** The microbiota and health-promoting characteristics of the fermented beverage kefir. *Frontiers in Microbiology*, 7, 647.
- Brasiel, P. G., Medeiros, J. D., Almeida, T. C., et al. (2025).** Preventive effects of kefir on colon tumor development in Wistar rats. *Journal of Developmental Origins of Health and Disease*, 16.
- Cai, Y., Sounderrajan, A., & Serventi, L. (2020).** Water kefir: a review of its microbiological profile, antioxidant potential and sensory quality. *Acta Scientiarum Nutrition and Health*, 6, 10–17.
- Carasi, P., Racedo, S. M., Jacquot, C., Romanin, D. E., Serradell, M. A., & Urdaci, M. C. (2015).** Impact of kefir-derived *Lactobacillus kefir* on the mucosal immune response and gut microbiota. *Journal of Immunology Research*, 2015.
- Chen, H. L., Hung, K. F., Yen, C. C., Liao, C. H., Wang, J. L., Lan, Y. W., & Chen, C. M. (2019).** Kefir peptides alleviate pulmonary inflammation. *Scientific Reports*, 9.

Chen, Y. T., et al. (2018). Sugary kefir strain *Lactobacillus mali* APS1 ameliorated hepatic steatosis. *Molecular Nutrition & Food Research*, 62, 1700903.

Chilliard, Y. (1997). Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre comparées à celles du lait de vache et humain. *Annales Pharmaceutiques Françaises*, 59, 51.

Chuang, K. C., Lai, Y. W., Ko, C. H., Yen, C. C., Chen, H. L., Lan, Y. W., et al. (2023). Therapeutic effects of kefir peptides on adjuvant-induced arthritis in rats through anti-inflammation and downregulation of matrix metalloproteinases. *Life Sciences*, 317, 121411.

Coveney, J., & Darnton-Hill, I. (1985). Goat's milk and infant feeding. *Medical Journal of Australia*, 143, 508-510.

D'Antuono, I., et al. (2001). Polyphenolic composition and antioxidant activity of *Arbutus unedo* L. fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 123–129.

Demir, H. (2020). Comparison of traditional and commercial kefir microorganism compositions and inhibitory effects on certain pathogens. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 375–386.

Dhanalakshmi, B., & Gawdaman, G. (2013). Nutritional and therapeutic benefits of goat milk. *International Journal of Science and Research*.

Díaz, J. R., Romero, G., Muelas, R., & Peris, C. (2012). Effect of intramammary infection on milk electrical conductivity in Murciano-Granadina goats. *Journal of Dairy Science*, 95(2), 718–726.

Duteurtre, G., Faye, B., & Alary, V. (2005). Le lait de chèvre : caractéristiques organoleptiques et physicochimiques. In *L'élevage caprin : production et valorisation*. Versailles.

El Mejhed, B., Kzaiber, F., Oussama, A., & Terouzi, W. (2024). Postharvest preservation and quality improvement of *Arbutus unedo* L. fruits using barrier technologies. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*.

El-Agamy, E. I., et al. (2009). Bioactive components in camel and goat milk. *Small Ruminant Research*.

- Essaidi, I., Chouaibi, M., Haj Koubaier, H., et al. (2023).** Antibacterial activity of *Arbutus unedo* L. fruit-based products and their application in food systems. *Journal of Food Science and Technology*, 60(11), 2835–2845.
- Farag, M. A., Jomaa, S. A., El-Wahed, A. A., & El-Seedi, H. R. (2020).** The many faces of kefir fermented dairy products: Quality characteristics, nutritional value, health benefits and safety. *Nutrients*, 12(6), 1761.
- Farnworth, E. R. (2005).** Kefir -- A complex probiotic. *Food Science and Technology Bulletin: Functional Foods*, 2, 1–17.
- Fatahi, A., Soleimani, N., & Afrough, P. (2021).** Anticancer activity of kefir on glioblastoma cancer cells. *International Journal of Food Science*, 2021, 8180742.
- Gao, J., Zhang, H., Hou, Q., Xue, Y., & Huang, Q. (2019).** Kefir grain microbiota and kefir fermentation: A review. *Food Research International*, 116, 494–505.
- Garofalo, C., Osimani, A., Milanović, V., et al. (2015).** Bacteria and yeast microbiota in milk kefir grains from different Italian regions. *Food Microbiology*, 49, 123–133.
- Garrote, G. L., Abraham, A. G., & De Antoni, G. L. (2001).** Chemical and microbiological characterization of kefir grains. *Journal of Dairy Research*, 68(4), 639–652.
- Ghoneum, M., Abdulmalek, S., & Pan, D. (2020).** Reversal of age-associated oxidative stress in mice by kefir. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology*, 34.
- Goulas, V., & Manganaris, G. A. (2012).** Exploring the phytochemical content and the antioxidant potential of *Arbutus unedo* L. fruits. *Food Chemistry*, 131(3), 787–793.
- Granato, D., Barba, F. J., Kovačević, D. B., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., & Putnik, P. (2020).** Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual Review of Food Science and Technology*, 11, 93–118.
- Grandpierre, C., Ghisolfi, J., & Thouvenot, J. P. (1988).** Étude biochimique du lait de chèvre. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 23, 367–374.
- Guerreiro, C., Barros, L., Carvalho, A. M., & Ferreira, I. C. F. R. (2018).** Influence of storage conditions on physicochemical and antioxidant properties of *Arbutus unedo* L. fruits. *Food Research International*, 105, 765–772.

- Gut, A. M., Vasiljevic, T., Yeager, T., & Donkor, O. N. (2022).** Antimicrobial properties of traditional kefir. *International Dairy Journal*, 124, 105180.
- Güzel-Seydim, Z. B., Kok-Tas, T., Greene, A. K., & Seydim, A. C. (2011).** Bioactive properties of kefir. *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 817–826.
- Haenlein, G. F. W. (2004).** Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*, 51(2), 155–163.
- Hamsho, M., et al. (2025).** Effect of Different Kefir Dosages on Inflammation Status, Metabolic Profile, and Anthropometric Measurements in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*.
- Horvath, G. Y. (1968).** The kefir and its production. *Tejipar*, 17, 84-88.
- Ihkkkan, O. K., & Bağdat, E. S. (2023).** The effect of kefir enrichment with *Arthrospira platensis* and *Chlorella vulgaris* on kefir microbiota, antioxidant and physicochemical properties. *Journal of Applied Phycology*, 35, 713–720.
- Jenab, A., Roghanian, R., Ghorbani, N., Ghaedi, K., & Emtiazi, G. (2020).** The efficacy of electrospun PAN/kefir nanofiber and kefir in mammalian cell culture. *International Journal of Nanomedicine*, 15, 717–728.
- Jenness, R. (1980).** Composition and characteristics of goat milk: Review 1968–1979. *Journal of Dairy Science*, 63(10), 1605–1630.
- Kang, E. A., Choi, H. I., Hong, S. W., Kang, S., Jegal, H. Y., Choi, E. W., Park, B. S., & Kim, J. S. (2020).** Extracellular vesicles derived from kefir grain *Lactobacillus* ameliorate intestinal inflammation. *Biomedicines*, 8(11), 522.
- Karras, S. N., et al. (2019).** Kefir consumption lowers blood pressure in prehypertensive subjects. *Nutrition Research*.
- Kavas, G. (2015).** Kefir produced from different types of milk: Characteristics and sensory properties. *International Journal of Dairy Technology*, 68(3), 389–395.
- Kobyliak, N., et al. (2016).** Probiotics and weight regulation. *Journal of Nutritional Biochemistry*.
- Korcz, E., Kántor, Z., & Papp-Imre, A. (2018).** Bioactive peptides in fermented milk products: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(10), 2185–2199.

- Koroleva, N. S., & Bavina, N. A. (1970).** Effects of conditions of kefir fungus cultivation on the microflora and biochemical characteristics of kefir starters. *XVIII International Dairy Congress*, Vol. 1E, 413.
- Koroleva, N. S., Bavina, N. A., & Rozhkova, I. V. (1978).** Changes of microflora of kefir during storage. *XX International Dairy Congress, Brief Communications*, Vol. E, 844.
- Kwon, Y. I., Apostolidis, E., & Shetty, K. (2006).** Anti-diabetes functionality of kefir culture-mediated fermented soymilk. *Food Biotechnology*, 20, 13–29.
- La Rivière, J. W., Bourdichon, F., & Rémond, C. (1967).** Kefiran, a polysaccharide of kefir grains. *Journal of Dairy Science*, 50(8), 1173–1180.
- Laela, N., Legowo, A. M., & Fulyani, F. (2021).** Effect of kefir-spirulina on glycemic status and antioxidant activity in hyperglycemic rats. *Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 101–110.
- Le Jaouen, J. C. (1990).** *The Making of Farmstead Goat Cheeses*. Cheesemakers' Journal.
- LeBlanc, J. G., Chain, F., Martín, R., Bermúdez-Humarán, L. G., Courau, S., & Langella, P. (2017).** Beneficial effects on host energy metabolism of short-chain fatty acids produced by probiotic bacteria. *Microbial Cell Factories*, 16(1), 79.
- Leite, A. M. O., Miguel, M. A. L., Peixoto, R. S., Rosado, A. S., Silva, J. T., & Paschoalin, V. M. F. (2013).** Microbiological, technological and therapeutic properties of kefir. *Brazilian Journal of Microbiology*, 44(2), 341–349.
- Liao, C. H., Yen, C. C., Chen, H. L., Liu, Y. H., Chen, Y. H., Lan, Y. W., Chen, K. R., Chen, W., & Chen, C. M. (2023).** Novel kefir exopolysaccharides mitigate systemic inflammation. *Antioxidants*, 12(9), 1724.
- Lim, S. B., Tingirikari, J. M. R., Kwon, Y. W., Li, L., Jin-Ho, S., & Han, N. S. (2018).** Isolation of lactic acid bacteria starters from *Jeung-pyun* for sourdough fermentation. *Food Science and Biotechnology*, 27(1), 73–78.
- Lima, M. D. S. F., Silva, R. A., Silva, M. F., Silva, P. A. B., Costa, R. M. P. B., Teixeira, J. A. C., Porto, A. L. F., & Cavalcanti, M. T. H. (2018).** Brazilian kefir-fermented sheep's milk as a source of antimicrobial peptides. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 10(3), 446–455.
- Loewenstein, M., Speck, S. J., & Barnhart, H. M. (1980).** Research on goat milk composition and its nutritional value. *Journal of Dairy Science*.

- López-Aliaga, I., Alférez, M. J. M., Barrionuevo, M., Lisbona, F., & Campos, M. S. (2000).** Study of nutritive utilization of goat milk compared with cow milk. *Journal of Dairy Research*, 67(2).
- Lopitz-Otsoa, F., Rementeria, A., Elguezabal, N., et al. (2006).** Kefir: A symbiotic yeasts--bacteria community with alleged healthy capabilities. *Revista Iberoamericana de Micología*, 23, 67–74.
- Łopusiewicz, Ł., Drozłowska, E., Trocer, P., Kwiatkowski, P., Bartkowiak, A., Gefrom, A., & Sienkiewicz, M. (2020).** Effect of fermentation with kefir grains on physicochemical and antioxidant properties of lupin beverages. *Molecules*, 25(24), 5791.
- Maesela, M. A., Thakur, M. P., & Penna, A. L. B. (2019).** Health benefits of fermented goat milk products. *Food Research International*.
- Maleš, Ž., Plazibat, M., Bilušić Vundać, V., & Žuntar, I. (2006).** Qualitative and quantitative analysis of flavonoids of *Arbutus unedo* L. *Acta Pharmaceutica*, 56(2), 245–250.
- Masmoudi, M., Ammar, I., Ghribi, H., & Attia, H. (2020).** Physicochemical properties and antioxidant activity of *Arbutus unedo* L. fruit extracts. *Food Bioscience*, 35, 100543.
- Miguel, M. G., Faleiro, M. L., Guerreiro, A. C., & Antunes, M. D. (2014).** *Arbutus unedo* L.: Chemical and biological properties. *Molecules*, 19, 15799–15823.
- Million, M., et al. (2017).** Link between microbiota, obesity and probiotics. *Gut Microbes*.
- Morales, D., et al. (2022).** Use of *Arbutus unedo* L. fruits as functional food ingredients. *Foods*, 11(5), 1120.
- Moualek, I., Aiche, G. I., Mestar Guechaoui, N., Lahcene, S., & Houali, K. (2016).** Antioxidant and anti-inflammatory activities of *Arbutus unedo* L. aqueous extract. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(11), 937–944.
- Mutalub, Y. B., et al. (2025).** AB-kefir modulates gut microbiota and ameliorates obesity, metabolic and vascular insulin resistance. *Journal of Functional Foods*, 128, 106802.
- Noori, N., Bangash, Y., Motaghinejad, M., Hosseini, P., & Noudoost, B. (2014).** Kefir protective effects against nicotine cessation-induced anxiety and cognition impairments in rats. *Advanced Biomedical Research*, 3, 251.

- Oliveira, I., Baptista, P., Malheiro, R., & Pereira, J. A. (2011).** Chemical characterization and bioactive properties of strawberry tree (*Arbutus unedo*) fruits. *Industrial Crops and Products*, 32(2), 104–110.
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., & Simons, A. (2009).** *Agroforestry database: A tree reference and selection guide version 4.0*. World Agroforestry Centre.
- Ostadrahimi, A., Taghizadeh, A., Mobasser, M., Farrin, N., Payahoo, L., Beyramalipoor Gheshlaghi, Z., & Vahedjabbari, M. (2015).** Effects of kefir consumption on metabolic parameters in patients with type 2 diabetes. *Iranian Journal of Public Health*, 44(2), 228–237.
- Otles, S., & Cagindi, O. (2003).** Kefir: A probiotic dairy-composition, nutritional and therapeutic aspects. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2(2), 54–59.
- Pallauf, K., Rivas-Gonzalo, J. C., del Castillo, M. D., Cano, M. P., & de Pascual-Teresa, S. (2008).** Characterization of the antioxidant composition of strawberry tree (*Arbutus unedo*) fruits. *Food Chemistry*, 107(4), 1602–1608.
- Park, Y. W., & Haenlein, G. F. W. (2006).** *Handbook of milk of non-bovine mammals*. Blackwell Publishing.
- Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. F. W. (2007).** Physicochemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68, 88–113.
- Patel, R. K., & Goyal, A. (2015).** Comparative physicochemical properties of goat, cow and buffalo milk. *International Journal of Dairy Technology*, 68(3), 301–311.
- Peluzio, M. D. C. G., Dias, M. D. M., Martinez, J. A., & Milagro, F. I. (2021).** Kefir and intestinal microbiota modulation: Implications in human health. *Frontiers in Nutrition*, 8, 638740.
- Petricic, A., Gruner, M., & Jacopovic, L. (1977).** Effect of processing conditions on ethanol content and acidity of kefir. *Mljekarstvo*, 27, 181–185.
- Pihlanto, A. (2006).** Bioactive peptides from fermented milk and cardiovascular effects. *International Dairy Journal*.
- Pogačić, T., Callewaert, R., Van de Wiele, T., & De Vuyst, L. (2013).** Structural and functional characterization of kefir grains. *International Journal of Food Microbiology*, 165, 188–196.

- 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 cultures, biological activities and related products. *Frontiers in Microbiology*, 6, 1177.
- Prajapati, D. B., Kapadiya, D. B., & Singh, R. R. B. (2017).** Composition and health benefits of goat milk. *Journal of Food Science and Technology*.
- Puri, B. R. (1963).** Studies on the viscosity of goat milk. *Indian Journal of Dairy Science*, 16, 97–101.
- Rajoka, M. S. R., Mehwish, H. M., Fang, H., Padhiar, A. A., Zeng, X., Khurshid, M., He, Z., & Zhao, L. (2019).** Anti-tumor activity of exopolysaccharide produced by *Lactobacillus kefir*. *Journal of Functional Foods*, 63, 103588.
- Ranadheera, R. D. C. S., Baines, S. K., & Adams, M. C. (2010).** Importance of food in probiotic efficacy. *Food Research International*, 43(1), 1–7.
- Remeuf, F., Cossin, V., Dervin, C., & Lenoir, J. (1989).** Relations entre les caractéristiques physico-chimiques du lait de chèvre et son aptitude à la coagulation. *Le Lait*, 69(5), 499–518.
- Rosa, D. D., Grześkowiak, L. M., Ferreira, C. L. L. F., Fonseca, A. C. M., Reis, S. A., Dias, M. M., et al. (2016).** Kefir reduces insulin resistance in metabolic syndrome model. *Food & Function*, 7, 3390–3401.
- Rosa, D. D., et al. (2017).** Nutritional profile of kefir. *Journal of Dairy Science*.
- Ruiz-Rodríguez, B. M., Morales, P., Fernández-Ruiz, V., Sánchez-Mata, M. C., Cámara, M., Díez-Marqués, C., Pardo-de-Santayana, M., Molina, M., & Tardío, J. (2011).** Valorization of wild strawberry tree (*Arbutus unedo*) fruits as a source of functional compounds. *Food Research International*, 44(5), 1244–1253.
- Sánchez-Mata, M. C., & Tardío, J. (2016).** *Mediterranean wild edible plants: Ethnobotany and food composition tables*. Springer.
- Šavikin, K., et al. (2010).** Nutritional composition and mineral content of *Arbutus unedo* L. fruits from the Mediterranean region. *Food Chemistry*, 121(3), 782–788.
- Seo, M. K., Park, E. J., Ko, S. Y., Choi, E. W., & Kim, S. (2018).** Therapeutic effects of kefir-derived extracellular vesicles in mice. *Journal of Dairy Science*, 101, 8662–8671.

- Sharifi, M., Moridnia, A., Mortazavi, D., Salehi, M., Bagheri, M., & Sheikhi, A. (2017).** Kefir: A powerful probiotic with anticancer properties. *Medical Oncology*, 34(1), 1–7.
- Shen, Y., Kim, D. H., Chon, J. W., Kim, H., Song, K. Y., & Seo, K. H. (2018).** Nutritional effects and antimicrobial activity of Kefir (Grains). *Journal of Milk Science and Biotechnology*, 36, 1–13.
- Simova, E., Beshkova, D., Angelov, A., Hristozova, T., Frengova, G., & Spasov, Z. (2002).** Lactic acid bacteria and yeasts in kefir grains. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 28, 1–6.
- Slattery, L., O'Callaghan, J., & Fitzgerald, G. F. (2019).** Kefir: A probiotic fermented milk product. *Frontiers in Microbiology*, 10, 2577.
- Stepaniak, L., & Fetlińska, E. (2003).** Chemical composition and nutritional properties of kefir grains. *Food Research International*, 36(2), 171–177.
- Suriasih, K., et al. (2020).** Kefir: Microbiological and physicochemical characteristics. *Food Research*, 4(1), 12–20.
- Szakaly, S., Obert, G., & AL-Khafajik, M. (1982).** Effect of homogenization on the keeping quality of Sour milk products. *XXI International Dairy Congress*, Vol. 1, Book 1, 291.
- Tenuta, M. C., et al. (2020).** Inhibitory effects of *Arbutus unedo* L. extracts on carbohydrate-hydrolyzing enzymes. *Food Chemistry*, 315, 126221.
- Teruya, K., Yamashita, M., Tominaga, R., Nagira, T., Shim, S. Y., Katakura, Y., Tokumaru, S., Tokumaru, K., Barnes, D., & Shirahata, S. (2002).** Fermented milk, Kefram-Kefir enhances glucose uptake into insulin-responsive muscle cells. *Cytotechnology*, 40, 107–116.
- Tingirikari, J. M. R., et al. (2024).** Kefir: a fermented plethora of symbiotic microbiome and health. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 43, 152.
- Trabelsi, N., et al. (2019).** Chemical composition, nutritional value and functional properties of *Arbutus unedo* L. fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 78, 123–130.
- Tun-Aytekin, O., Seker, A., & Arisoy, S. (2019).** Effect of gastrointestinal simulation on bioactivities of kefir. *International Journal of Food Science & Technology*, 55, 283–292.

- Vasileva, T., Kumburova, V., & Ivanova, I. (2020).** Kefir microbiota and health benefits: A review. *Food Bioscience*, 34, 100509.
- Veinoglou, B., Anifantakis, E., & Kandarakis, I. (1982).** Physico-chemical properties of goat's milk in Greece. *Journal of Dairy Research*, 49(2), 315–320.
- Witthuhn, R. C., Schoeman, T., & Britz, T. J. (2005)** . Characterization of microbial population in kefir grains. *Journal of Applied Microbiology*, 98, 200–207.
- Wszolek, M., Tamime, A. Y., Muir, D. D., & Barclay, M. N. I. (2006).** Kefir. In A. Y. Tamime (Ed.), *Fermented milks* (pp. 174–216). Blackwell Science.
- Zajšek, K., Levic, J., & Klančnik, A. (2011).** Characterization of kefir produced by *Lactobacillus kefiranofaciens*. *Food Technology and Biotechnology*, 49, 373–380.
- Zhu, Y., et al. (2021).** Antioxidant activity of fermented goat milk. *Food Chemistry*.
- Wang, H., & Guo, M. (2023).** *The influence of microbial composition on physicochemical properties and volatile compounds of goat milk kefir.*
- Costa, W. K. A., Souza, E. L. de, Beltrão-Filho, E. M., Vasconcelos, G. K. V., Santi-Gadelha, T., Gadelha, C. A. de A., Franco, O. L., Queiroga, R. de C. R. do E., & Magnani, M. (2014).** Comparative Protein Composition Analysis of Goat Milk Produced by the Alpine and Saanen Breeds in Northeastern Brazil and Related Antibacterial Activities.
- Scano, P., & Caboni, P. (2022).** *Seasonal Variations of Milk Composition of Sarda and Saanen Dairy Goats.*
- Kozykan, S., & Bupebayeva, L. K. (2024).** *The value of goat milk and its beneficial properties*
- Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. F. W. (2007).** Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk
- Mahmood A., Usman S. (2010).** *A Comparative Study on the Physicochemical Parameters of Milk Samples Collected from Buffalo, Cow, Goat and Sheep of Gujrat, Pakistan*
- Doudach, L., Naceiri Mrabti, H., Al-Mijalli, S.H., Kachmar, M.R., Benrahou, K., Assaggaf, H., Qasem, A., Abdallah, E.M., Rajab, B.S., Harraoui, K., Mekkaoui, M., Bouyahya, A., & Faouzi, M.E.A. (2022).** Phytochemical, Antidiabetic, Antioxidant, Antibacterial, Acute and Sub-Chronic Toxicity of Moroccan *Arbutus unedo* Leaves. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*,

- Afkir, S., Nguelefack, T.B., Aziz, M., et al. (2008).** *Arbutus unedo* prevents cardiovascular and morphological alterations in L-NAME-induced hypertensive rats. *Journal of Ethnopharmacology*
- Wahabi, S., Rtibi, K., Ataouni, A., & Sebai, H. (2023).** Anti-Obesity Actions of Two Separated Aqueous Extracts From Arbutus (*Arbutus unedo*) and Hawthorn (*Crataegus monogyna*) Fruits Against High-Fat Diet in Rats via Potent Antioxidant Target. *Dose-Response*
- Cissé H., Muandze-Nzambe J.U., Somda N.S., Sawadogo A., Drabo S.M., Tapsoba F., Zongo C., Traoré Y. & Savadogo A. (2019).** *Assessment of safety and quality of fermented milk of camels, cows, and goats sold and consumed in five localities of Burkina Faso.*
- Gamba, R. R., Yamamoto, S., Abdel-Hamid, M., Sasaki, T., Michihata, T., Koyanagi, T., & Enomoto, T. (2020).** Chemical, Microbiological, and Functional Characterization of Kefir Produced from Cow's Milk and Soy Milk. *International Journal of Microbiology*
- Aroua, M., Ben Haj Koubaier, H., Bouacida, S., Ben Saïd, S., Mahouachi, M., & Salimei, E. (2023).** Chemical, Physicochemical, Microbiological, Bioactive, and Sensory Characteristics of Cow and Donkey Milk Kefir during Storage.
- Zhao S, Sun Z, Liu X, Chen X, Tian F, Sun Y, Shen L.** Therapeutic efficacy of Xinruikang on blood pressure and arterial stiffness in mild-to-moderate hypertension: A double-blind, randomized controlled trial. *J Dairy Sci.* 2025
- Afkir, S., Nguelefack, T.B., Aziz, M., Zoheir, J., Cuisinaud, G., Bnouham, M., Mekhfi, H., Legssyer, A., Lahlou, S. et Ziyat, A. (2008).** *Arbutus unedo* prevents cardiovascular and morphological alterations in L-NAME-induced hypertensive rats.

الملخص:

يُعد الكفير غذاءً وظيفياً معروفاً بفوائده الصحية بفضل غناه بلكائنات الحية الدقيقة البروبيوتكية، خاصة بكتيريا حمض اللاكتيك والخمائر. هدفت هذه الدراسة إلى تحضير كفير من حليب الماعز مدعّم بثمار القطلب (*Arbutus unedo*) المعروفة بغناها بالمركبات الفينولية والفلافونويدات ومضادات الأكسدة.

أجريت تحليل ميكروبيولوجي لتقييم الجودة الصحية للمنتج. وأظهرت النتائج وجوداً منخفضاً للقولونيات البرازية وبكتيريا السلمونيلا، بالإضافة إلى انخفاض حمولة بكتيريا *Staphylococcus aureus*، مما يدل على مطابقة المنتج للمعايير الميكروبيولوجية وخلوه من المخاطر الصحية.

كما أظهرت التحاليل الفيزيائية والكيميائية محتوى من المادة الدهنية بلغ 1.64٪، والمستخلص الجاف منزوع الدسم 2.53٪، والبروتينات 0.92٪، واللاكتوز 1.39٪، والملح 0.20٪. وتشير هذه النتائج إلى قيمة غذائية مقبولة لهذا المنتج.

أجريت الدراسة على تسع متطوعات تتراوح أعمارهن بين 20 و30 سنة. وقد استهلكت كل مشاركة 100 مل من الكفير يومياً لمدة 10 أيام. وشملت المؤشرات المدروسة سكر الدم، وضغط الدم، ومؤشر كتلة الجسم. وأظهرت النتائج انخفاضاً في مستوى سكر الدم (من 1.04 إلى 0.96 غ/ل)، وضغط الدم الانقباضي (من 106.8 إلى 104.7 ملم زئبق)، وضغط الدم الانبساطي (من 70.4 إلى 64 ملم زئبق). في المقابل، بقي مؤشر كتلة الجسم مستقراً تقريباً طوال فترة الدراسة.

وفي الختام، يبدو أن كفير حليب الماعز المدعّم بثمار القطلب يمثل غذاءً وظيفياً واعداً. ومع ذلك، تبقى هناك حاجة إلى إجراء دراسات على عدد أكبر من المشاركين لتأكيد هذه النتائج.

الكلمات المفتاحية: كفير – حليب الماعز – ثمار القطلب – بروبيوتيك – سكر الدم – ضغط الدم – غذاء وظيفي.

Résumé :

Le kéfir est un aliment fonctionnel reconnu pour ses effets bénéfiques sur la santé grâce à sa richesse en micro-organismes probiotiques, notamment les bactéries lactiques et les levures. Cette étude a porté sur la préparation d'un kéfir à base de lait de chèvre enrichi en fruits d'*Arbutus unedo* (arbousier), connus pour leur richesse en composés phénoliques, flavonoïdes et antioxydants.

Des analyses microbiologiques ont été réalisées afin d'évaluer la qualité sanitaire du produit. Les résultats ont montré une faible présence de coliformes totaux, l'absence de coliformes fécaux et de *Salmonella*, ainsi qu'une faible charge en *Staphylococcus aureus*, indiquant que le produit est conforme aux critères microbiologiques et sans risque sanitaire.

Les analyses physico-chimiques ont révélé une teneur en matière grasse de 1,64 %, un extrait sec dégraissé de 2,53 %, des protéines à 0,92 %, un lactose à 1,39 % et une teneur en sel de 0,20 %. Ces résultats témoignent d'une valeur nutritive acceptable de cet aliment.

L'étude a été menée sur neuf volontaires de sexe féminin âgées de 20 à 30 ans. Chaque participante a consommé quotidiennement 100 mL de kéfir pendant 10 jours. Les paramètres suivis étaient la glycémie, la pression artérielle et l'indice de masse corporelle. Les résultats ont montré une diminution de la glycémie (de 1,04 à 0,96 g/L), de la pression artérielle systolique (de 106,8 à 104,7 mmHg) et diastolique (de 70,4 à 64 mmHg). En revanche, l'indice de masse corporelle est resté pratiquement stable durant la période d'étude.

En conclusion, le kéfir de lait de chèvre enrichi en fruits de l'arbousier apparaît comme un aliment fonctionnel prometteur. Toutefois, des études portant sur une population plus large sont nécessaires pour confirmer ces résultats.

Mots-clés : Kéfir – lait de chèvre – fruits de l'arbousier – probiotiques – glycémie – pression artérielle – aliment fonctionnel

Abstract :

Kefir is a functional food recognized for its beneficial effects on health due to its richness in probiotic microorganisms, particularly lactic acid bacteria and yeasts. This study focused on the production of goat milk kefir enriched with *Arbutus unedo* (strawberry tree) fruits, which are known for their high content of phenolic compounds, flavonoids, and antioxidants. Microbiological analyses were carried out to assess the sanitary quality of the product. The results showed a low level of total coliforms, the absence of fecal coliforms and *Salmonella*, as well as a low count of *Staphylococcus aureus*, indicating that the product complies with microbiological standards and poses no health risk.

Physicochemical analyses revealed a fat content of 1.64%, solids-not-fat content of 2.53%, protein content of 0.92%, lactose content of 1.39% and salt content of 0.20%. These results indicate that the product has an acceptable nutritional value.

The study was conducted on nine female volunteers aged between 20 and 30 years. Each participant consumed 100 mL of kefir daily for 10 days. The monitored parameters included blood glucose level, blood pressure, and body mass index. The results showed a decrease in blood glucose (from 1.04 to 0.96 g/L), systolic blood pressure (from 106.8 to 104.7 mmHg), and diastolic blood pressure (from 70.4 to 64 mmHg). In contrast, body mass index remained almost stable throughout the study period.

In conclusion, goat milk kefir enriched with *Arbutus unedo* fruits appears to be a promising functional food. However, further studies involving a larger population are needed to confirm these findings.

Keywords : Kefir – goat milk – strawberry tree fruits – probiotics – blood glucose – blood pressure – functional food.