

ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΣΤΟ ΓΙΔΙΝΟ ΓΑΛΑ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Louis Pasteur: « Η σημασία του απείρως μικρού στη φύση είναι απείρως
μεγάλη»

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΓΡΟΔΙΑΤΡΟΦΗ»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΣΤΟ ΓΙΔΙΝΟ ΓΑΛΑ ΚΑΙ
ΟΦΕΛΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ»**

**της μεταπτυχιακής φοιτήτριας: ΟΡΦΑΝΙΔΟΥ ΧΡΥΣΑΝΘΗΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΟΣ ΓΕΩΠΟΝΟΣ**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

ΑΘΗΝΑΤΖΩΡΑ, ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ, 2024

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΓΡΟΔΙΑΤΡΟΦΗ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΣΤΟ ΓΙΔΙΝΟ ΓΑΛΑ ΚΑΙ
ΟΦΕΛΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ»**

**“Probiotic microorganisms in goat's milk and their benefits for
human health”**

Μεταπτυχιακή φοιτήτρια: Ορφανίδου Χρυσάνθη

Τριμελής εξεταστική επιτροπή:

1. ΑΘΗΝΑ ΤΖΩΡΑ, ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ, (ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ)
2. ΧΡΥΣΟΥΛΑ ΒΟΙΔΑΡΟΥ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ
3. ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΚΟΥΦΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Περίληψη

Η κατανάλωση του γίδινου γάλακτος έχει αυξηθεί ραγδαία την τελευταία δεκαετία, είτε ως ρόφημα, είτε ως συστατικό στην παρασκευή γαλακτοκομικών προϊόντων. Η παρούσα διπλωματική αποτελεί βιβλιογραφική ανασκόπηση και αποτελείται από τρεις ενότητες που έχουν ως εξής: 1. Σύντομη εννοιολογική εισαγωγή στους μικροοργανισμούς που θεωρούνται προβιοτικοί. Ανάλυση των κριτηρίων που πρέπει να πληρούν οι εν λόγω μικροοργανισμοί για να χαρακτηρίζονται ως προβιοτικοί. 2. Το γίδινο γάλα ως φορέας προβιοτικών. 3. Παρουσίαση των πρόσφατων αποτελεσμάτων ερευνών-μελετών για τους προβιοτικούς μικροοργανισμούς στο γίδινο γάλα και περιγραφή των ωφελειών τους για την ανθρώπινη υγεία. Τα προβιοτικά γενικά συνιστούν μικροοργανισμούς που θεωρούνται ωφέλιμοι για την ανθρώπινη υγεία. Τα προβιοτικά βοηθούν στη διατήρηση της ισορροπίας της φυσιολογικής εντερικής χλωρίδας και την αντιμετώπιση των προβλημάτων του πεπτικού συστήματος. Βρίσκονται σε διάφορα τρόφιμα, μεταξύ των οποίων και το ζυμούμενο γίδινο γάλα. Το γίδινο γάλα, όπως και το γάλα από άλλα ζώα, είναι μια πλούσια πηγή πρωτεΐνης, ασβεστίου, βιταμινών και μετάλλων. Ωστόσο, φαίνεται να υπερτερεί έναντι του αγελαδινού γάλακτος από πολλές απόψεις. Περιέχει προβιοτικούς μικροοργανισμούς, όπως τα βακτήρια γαλακτικού οξέος (LAB) στα οποία ανήκουν διάφορα στελέχη με πιο διαδεδομένα εκείνα που ανήκουν στα γένη *Lactobacillus* και *Bifidobacteria*. Τα πολλαπλά οφέλη των προβιοτικών αυτών εμπεριέχουν τη διατήρηση της φυσιολογικής εντερικής χλωρίδας, προστατεύοντας τον οργανισμό μας από επιθέσεις παθογόνων μικροοργανισμών. Επίσης, βελτιώνουν την πέψη και την απορρόφηση θρεπτικών ουσιών, ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα και μειώνουν τον κίνδυνο ανάπτυξης διαταραχών του πεπτικού συστήματος, όπως η διάρροια ή η εμφάνιση εντερικών φλεγμονών. Επιπλέον, πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει ότι η κατανάλωση γίδινου γάλακτος με προβιοτικούς μικροοργανισμούς μπορεί να συνδεθεί με μειωμένο κίνδυνο ανάπτυξης αλλεργιών και ανοσολογικών διαταραχών. Η κατανάλωση γίδινου γάλακτος που περιέχει προβιοτικούς μικροοργανισμούς, δηλαδή το ζυμούμενο γίδινο γάλα, μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη βελτίωση της υγείας. Το γίδινο γάλα μπορεί να ενσωματωθεί εύκολα στη διατροφή μας με διάφορους τρόπους, όπως με την κατανάλωσή του ως ποτού, ή χρησιμοποιώντας το ως συστατικό σε διάφορα γαστρονομικά προϊόντα. Η απομόνωση των διάφορων στελεχών που είναι υπεύθυνα για τις ευεργετικές του ιδιότητες γίνεται με πολλές μεθόδους. Η απομόνωση και ο χαρακτηρισμός στελεχών από το νωπό γίδινο γάλα και η αξιολόγηση των προβιοτικών τους ιδιοτήτων και των τεχνολογικών τους ιδιοτήτων, αποτελεί αντικείμενο ερευνών τα τελευταία χρόνια. Τα απομονωμένα στελέχη πρέπει να πληρούν κάποιες προϋποθέσεις για να θεωρηθούν ασφαλή για την ανθρώπινη υγεία. Συνοψίζοντας, το γίδινο γάλα με τους προβιοτικούς μικροοργανισμούς που περιέχει αποτελεί μια εξαιρετική επιλογή με πολλαπλά οφέλη για την υγεία μας. Η κατανάλωσή του μπορεί να συμβάλει στη διατήρηση μιας υγιούς εντερικής χλωρίδας και στην πρόληψη διαφόρων παθολογιών.

Λέξεις κλειδιά: Προβιοτικά, γίδινο γάλα, οφέλη προβιοτικών

ABSTRACT

Probiotic Microorganisms in Goat Milk and Benefits for Human Health

The consumption of goat milk has increased rapidly in the last decade, either as a beverage or as an ingredient in manufacturing dairy products. This thesis is a literature review consisting of three sections: 1. Brief conceptual introduction to microorganisms considered probiotic. Analysis of the criteria these microorganisms must meet to be characterized as probiotics. 2. Goat milk as a carrier of probiotics. 3. Presentation of recent research-study results on probiotic microorganisms in goat milk and description of their benefits for human health. Probiotics generally consist of microorganisms considered beneficial for human health. They help maintain the balance of the normal intestinal flora and address digestive system issues. They are found in various foods, including fermented goat milk. Goat milk is a rich protein, calcium, vitamins, and minerals source. However, it excels in many aspects compared to cow's milk. It contains probiotic microorganisms, such as lactic acid bacteria (LAB), including various strains belonging mainly to genus *Lactobacillus* and *Bifidobacterium*. The multiple benefits of these probiotics include maintaining normal intestinal flora and protecting our body from attacks by pathogenic microorganisms. They also improve digestion and nutrient absorption, strengthen the immune system, and reduce the risk of developing digestive disorders such as diarrhea or intestinal inflammations. Additionally, recent studies have shown that consuming goat milk with probiotic microorganisms may be associated with a reduced risk of allergies and immune disorders. The consumption of goat milk containing probiotic microorganisms i.e., fermented goat milk, can significantly contribute to health improvement. Goat milk can be easily incorporated into our diet in various ways, whether consumed as a beverage or used as an ingredient in various dairy products. The isolation of different strains responsible for their beneficial properties is carried out using various methods. The isolation and characterization of strains from raw goat milk and the evaluation of their probiotic properties and technological features have been the subject of research in recent years. The isolated strains must meet certain criteria to be considered safe for human health. In summary, goat milk with probiotic microorganisms is an excellent choice with multiple health benefits. Its consumption can contribute to maintaining a healthy intestinal flora and preventing various pathologies.

Keywords: Probiotics, goat milk, benefits of probiotics

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη ΟΡΦΑΝΙΔΟΥ ΧΡΥΣΑΝΘΗ του ΟΜΗΡΟΥ, μεταπτυχιακή φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων του Μεταπτυχιακού Προγράμματος: «Περιβάλλον και Αγροδιατροφή» του Τμήματος χημείας, δηλώνω υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και οι πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα

ΧΡΥΣΑΝΘΗ ΟΡΦΑΝΙΔΟΥ

Ευχαριστίες:

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής μελέτης θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους συνέβαλαν στην εκπόνηση της.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κα Αθηνά Τζώρα για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και για την καθοδήγηση καθ' όλη την διάρκεια της μελέτης.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές καΧρυσούλα Βοίδαρουκαι κοΙωάννη Σκούφο,που δέχθηκαν να είναι μέλη της τριμελούς επιτροπής και αφιέρωσαν χρόνο στην αξιολόγηση αυτής της εργασίας.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	9
1. Προβιοτικά	9
1.1 Ιστορία και ορισμός των προβιοτικών	9
1.2. Κατηγορίες μικροοργανισμών που χρησιμοποιούνται ως προβιοτικά	10
1.2.1. <i>Lactobacillus</i>	11
1.2.2. <i>Bifidobacterium</i>	12
1.2.3. <i>Bacillus</i>	13
1.2.4. <i>Enterococcus</i>	13
1.2.5. <i>Saccharomyces</i>	14
1.3 Χαρακτηριστικά προβιοτικών βακτηρίων γαλακτικού οξέος	15
1.3.1 Οφέλη βακτηρίων γαλακτικού οξέος (LAB).....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	17
2. Κριτήρια- Μηχανισμοί δράσης προβιοτικών	17
2.1. Παραγωγή αντιμικροβιακών ενώσεων	18
2.2. Παραγωγή ευεργετικών ενώσεων.....	19
2.3 Ανταγωνιστικός αποκλεισμός παθογόνων μικροοργανισμών	20
2.4 Αυξημένη προσκόλληση στον εντερικό βλεννογόνο.....	20
2.5 Ενίσχυση επιθηλιακού φραγμού.....	22
2.6 Προβιοτικά και ανοσοποιητικό σύστημα	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	27
3. Σύνθεση ,θρεπτικές και θεραπευτικές ιδιότητες του γίδινου γάλακτος	27
3.1 Σύνθεση γίδινου γάλακτος	28
3.2 Διατροφικές και θεραπευτικές αξίες του γίδινου γάλακτος.....	34
3.2.1 Επιδράσεις στα βρέφη	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	38
4.1 Το γίδινο γάλα ως φορέας προβιοτικών	38
4.2 Οφέλη προβιοτικών για την ανθρώπινη υγεία.....	39
4.2.1 Τα προβιοτικά και η Υγεία	39
4.3 Ευεργετικές επιδράσεις των προβιοτικών	40
4.4 Απομόνωση στελεχών από το γίδινο γάλα και τα οφέλη τους στην ανθρώπινη υγεία..	42
4.5 Προϊόντα γίδινου γάλακτος και τα οφέλη τους στην ανθρώπινη υγεία	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	51
5. Συμπεράσματα.....	51
Βιβλιογραφία	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. Προβιοτικά

1.1 Ιστορία και ορισμός των προβιοτικών.

Η λέξη «προβιοτικό» προέρχεται από την ελληνική γλώσσα «probios» που σημαίνει «για τη ζωή» σε αντίθεση με τα «αντιβιοτικά» που σημαίνει «κατά της ζωής». Ο όρος προβιοτικά επινοήθηκε για πρώτη φορά από τους Lilly & Stillwell, 1965 και χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει «ουσίες» που εκκρίνονται από έναν μικροοργανισμό και διεγείρουν την ανάπτυξη ενός άλλου. Έτσι εξηγείται γιατί αντιπαραβλήθηκε με τον όρο αντιβιοτικό. Ωστόσο, αυτός ο γενικός ορισμός δεν ήταν ικανοποιητικός. Το 1989, ο Fuller προσπάθησε να βελτιώσει τον ορισμό για τα προβιοτικά με την ακόλουθη περιγραφή: «Ζωντανό μικροβιακό συμπλήρωμα διατροφής το οποίο επιδρά ευεργετικά στο ζώο ξενιστή βελτιώνοντας την εντερική μικροβιακή ισορροπία του». Αυτός ο αναθεωρημένος ορισμός δίνει έμφαση και εισάγει την πτυχή της ευεργετικής επίδρασης του προβιοτικού στον ξενιστή (Salminen et al., 1999). Η Sanders, 2003 αργότερα ορίσε τα προβιοτικά ως ζωντανούς μικροοργανισμούς οι οποίοι όταν χορηγούνται σε επαρκείς ποσότητες ωφελούν την υγεία του ξενιστή. Σήμερα η καθολική έννοια του όρου «προβιοτικό» καθιερώθηκε από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (Food and Agriculture Organization (FAO, ΟΗΕ) και τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (World Health Organization, (WHO, ΠΟΥ) και ακολούθησε τον ορισμό της Sanders (Cardarelli et al., 2007; Saulnier, 2009). Γενικά, ο ορισμός των προβιοτικών περιλαμβάνει κάποια απλά κριτήρια που επιτρέπουν σε κάποιον να συμπεράνει εάν συγκεκριμένα στελέχη μικροοργανισμών θεωρούνται προβιοτικά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα τρόφιμα καθώς και ως συμπληρώματα διατροφής (Binda et al., 2020). Ένα από αυτά επισημαίνει ότι τα προβιοτικά πρέπει να είναι υπεύθυνα για τη διατήρηση της ισορροπίας του μικροβιακού πληθυσμού της γαστρεντερικής χλωρίδας (gastrointestinal tract, GT) (Holzapfel et al., 2018).

Ένας εντυπωσιακός αριθμός μικροβιακών ειδών και γενών θεωρούνται προβιοτικά. Μεταξύ αυτών, περιλαμβάνονται είδη των γενών *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Bacillus*, *Saccharomyces* και *Enterococcus* (Socol et al., 2010). Τα πιο αντιπροσωπευτικά είδη είναι τα: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus johnsonii*, *Lactobacillus gasseri*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*,

Lactobacillus plantarum, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium infantis*, *Enterococcus faecalis*, και *Enterococcus faecium*.

1.2. Κατηγορίες μικροοργανισμών που χρησιμοποιούνται ως προβιοτικά

Τα προβιοτικά προϊόντα μπορεί να περιέχουν ένα ή περισσότερα επιλεγμένα μικροβιακά στελέχη. Οι ανθρώπινοι προβιοτικοί μικροοργανισμοί ανήκουν κυρίως στα ακόλουθα γένη: *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, και *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*. Τα *Lactobacillus* και *Bifidobacterium* είναι αυτά που χρησιμοποιούνται συνήθως ως προβιοτικά, όπως επίσης η ζύμη *Saccharomyces boulardii*, η *E. coli* και είδη *Bacillus*.

Ο *Lactobacillus*, ήταν το πρώτο προβιοτικό που ανακαλύφθηκε και ανήκει στα βακτήρια γαλακτικού οξέος (*Lactic acid bacteria*, LAB). Τα LAB είναι ένας σημαντικός τύπος βακτηρίων που χρησιμοποιούνται ευρέως στις βιομηχανίες τροφίμων, γαλακτοκομικών, προβιοτικών και ποτών. Φυσικά για να χρησιμοποιηθούν στις βιομηχανίες αυτές πρέπει πρώτα να αξιολογούνται ως προς την ασφάλειά τους για την ανθρώπινη υγεία με το χαρακτηρισμό ως GRAS. Τα μέλη των γενών *Lactococcus* και *Lactobacillus* παίρνουν πιο συχνά την πιστοποίηση GRAS το οποίο σημαίνει πως μπορούν να θεωρηθούν ασφαλή προς κατανάλωση (*Generally-Recognised-As-Safe*, GRAS), ενώ τα μέλη των γενών *Streptococcus* και *Enterococcus* και ορισμένα άλλα γένη LAB είναι πιο δύσκολο να τη λάβουν καθώς περιέχουν ορισμένα παθογόνα (Markowiak & Ślizewska, 2017; Salminen et al., 1998; Zhang et al., 2022). Έτσι, αυτά τα βακτήρια καθώς και νέα είδη διερευνώνται συνεχώς και υπόκεινται σε κλινικές δοκιμές για την πιθανή χρήση τους στις βιομηχανίες τροφίμων και γαλακτοκομικών προϊόντων και ως εναλλακτικά αντιβιοτικά σε ιατρικές θεραπείες για τον άνθρωπο (Lashani et al., 2020; Rokni-Zadeh et al., 2020).

Ένας αυξανόμενος αριθμός επιστημονικών μελετών περιλαμβάνει την επιλογή νέων στελεχών με διαφορετικές και συγκεκριμένες λειτουργικές ιδιότητες. Νέες μικροβιακές ομάδες (π.χ. διάφορες ζύμες και είδη από το γένος *Bacillus*) ταυτοποιούνται και δοκιμάζονται συνεχώς. Οι νέοι αυτοί μικροοργανισμοί συνήθως απομονώνονται από τον άνθρωπο λόγω του ότι θεωρείται μια ασφαλής πηγή απομόνωσης μικροοργανισμών για την ανάπτυξη προϊόντων. Ωστόσο σήμερα χρησιμοποιούνται νέες πηγές απομόνωσης, όπως τα γαλακτοκομικά προϊόντα, τα φρούτα, τα δημητριακά και τα απόβλητα (de Melo Pereira et al., 2018). Επίσης τα

τελευταία χρόνια, έρευνες έχουν επικεντρωθεί κυρίως στη διερεύνηση των συνθηκών καλλιέργειας και τη βιωσιμότητα των προβιοτικών στελεχών κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και την αποθήκευση. Ένα παράδειγμα είναι η διερεύνηση για την ευαισθησία που παρουσιάζουν οι μικροοργανισμοί αυτοί σε τιμές χαμηλού pH, στα γαστρικά, χολικά, παγκρεατικά και εντερικά υγρά, την προσκόλληση σε απομονωμένα κύτταρα ή κυτταρικές καλλιέργειες και τις αλληλεπιδράσεις με άλλους (παθογόνους) μικροοργανισμούς (George Kerry et al., 2018). Μικροοργανισμοί από πολλά διαφορετικά γένη χρησιμοποιούνται ως προβιοτικά (Πίνακας 1). Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα στελέχη είναι μέλη της ετερογενούς ομάδας βακτηρίων γαλακτικού οξέος: *Lactobacillus* και *Bifidobacteria* (Ouwehand et al., 2002). Ωστόσο, ορισμένα στελέχη *Bacillus* spp., μύκητες όπως *Saccharomyces* spp. και *Aspergillus* spp. θεωρούνται επίσης προβιοτικά. Είναι γενικά αποδεκτό ότι με εξαίρεση ορισμένους στρεπτόκοκκους και *Enterococci*, τα βακτήρια γαλακτικού οξέος (LAB) είναι σπάνια παθογόνα για τον άνθρωπο και τα ζώα (Markowiak & Ślizewska, 2017).

Πίνακας 1. Προβιοτικοί μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται στη διατροφή του ανθρώπου (Markowiak & Ślizewska, 2017).

<i>Lactobacillus</i>	<i>Bifidobacterium</i>	Βακτήρια Γαλακτικού Οξέος	Άλλοι Μικροοργανισμοί
<i>L. acidophilus</i> (a)	<i>B. adolescentis</i> (a)	<i>Enterococcus faecium</i> (a)	<i>Bacillus clausii</i> (a)
<i>L. amylovorus</i> (b)	<i>B. animalis</i> (a)	<i>Lactococcus lactis</i> (b)	<i>Escherichia coli</i> Nissle 1917(a)
<i>L. casei</i> (a), (b)	<i>B. bifidum</i> (a)	<i>Streptococcus thermophiles</i> (a)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (boulardi) (a)
<i>L. gasseri</i> (a)	<i>B. breve</i> (b)		
<i>L. helveticus</i> (a)	<i>B. infantis</i> (a)		
<i>L. johnsonii</i> (b)	<i>B. longum</i> (a)		
<i>L. pentosus</i> (b)			
<i>L. plantarum</i> (b)			
<i>L. reuteri</i> (a)			
<i>L. rhamnosus</i> (a), (b)			
(a) Κυρίως σε φαρμακευτικά προϊόντα			
(b) Ως προσθετα τροφίμων			

1.2.1. *Lactobacillus*

Το γένος *Lactobacillus* είναι ευρεία και ετερογενής ταξινομική μονάδα, που περιλαμβάνει περισσότερα από 100 διαφορετικά είδη, που ανήκουν στην ομάδα των βακτηρίων που παράγουν γαλακτικό οξύ (LAB). Έχει μελετηθεί ευρέως σχετικά με τις προβιοτικές ιδιότητες. Οι γαλακτοβάκιλλοι είναι Gram-θετικοί, μη σποριοφόροι και συναντώνται σε σχήματα ράβδων ή κοκκίων με περιεκτικότητα σε G+C συνήθως

κάτω από 50 mol %. Είναι αυστηρά ζυμωτικά, αναερόβια βακτήρια. Η θερμοκρασία ανάπτυξης καθώς και αποθήκευσης για τους γαλακτοβάκιλλους ποικίλλει (Rasika et al., 2020). Έχουν προσελκύσει την προσοχή της έρευνας λόγω της ικανότητάς τους να προσκολλώνται στα εντερικά επιθηλιακά κύτταρα και να αναστέλλουν την ανάπτυξη παθογόνων στον ανθρώπινο γαστρεντερικό σωλήνα (GT) μέσω ανταγωνιστικού αποκλεισμού (de Moraes et al., 2017). Πολλά είδη είναι σημαντικά συστατικά της φυσιολογικής εντερικής μικροχλωρίδας των ανθρώπων και των ζώων (Gaggia et al., 2010).

1.2.2. *Bifidobacterium*

Τα *Bifidobacteria* απομονώθηκαν για πρώτη φορά και περιγράφηκαν το 1899-1900 από τον Tissier, ο οποίος τα περιέγραψε ως αναερόβιους μικροοργανισμούς σχήματος ράβδου, που συνήθως υπάρχουν στα κόπρανα των βρεφών που θηλάζουν και τα ονόμασε *Bacillus bifidus*. Χαρακτηρίζονται γενικά ως Gram-θετικά, μη σποριοειδή, μη κινητά, θετικά στην καταλάση και ραβδοειδή αναερόβια που παράγουν οξικό και γαλακτικό οξύ από υδατάνθρακες χωρίς την παραγωγή CO₂. Επί του παρόντος, 30 είδη περιλαμβάνονται στο γένος *Bifidobacterium*, 10 από τα οποία προέρχονται από ανθρώπινες πηγές, 17 από εντερικές οδούς ζώων όπως των γουρουνιών, 11 από λύματα και 1 από το γιαούρτι (Biavati & Mattarelli, 2006).

Τα *Bifidobacteria* είναι μικροοργανισμοί υψίστης σημασίας στα οικοσυστήματα της εντερικής οδού των ανθρώπων και άλλων θερμόαιμων ζώων, καθώς και μελισσών. Γενικά, είναι μη παθογόνα και αποτελούν μέρος της φυσιολογικής εντερικής μικροχλωρίδας ανθρώπων και ζώων. Ορισμένα στελέχη *Bifidobacterium* θεωρούνται σημαντικά προβιοτικά και χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων. Διαφορετικά είδη ή/και στελέχη των *Bifidobacteria* μπορούν να προσδώσουν μια σειρά ευεργετικών επιδράσεων στην υγεία, συμπεριλαμβανομένης της ρύθμισης της εντερικής μικροβιακής ομοιόστασης, της αναστολής παθογόνων και επιβλαβών βακτηρίων που αποικίζουν ή και μολύνουν το βλεννογόνο του εντέρου, της ρύθμισης των τοπικών και συστηματικών ανοσολογικών αποκρίσεων, της καταστολής των προ-καρκινογόνων ενζυματικών δραστηριοτήτων εντός της μικροχλωρίδας, της παραγωγής βιταμινών και της βιομετατροπής ενός αριθμού διαιτητικών ενώσεων σε βιοδραστικά μόρια. Παρά το γεγονός ότι οι προβιοτικές ιδιότητες οφείλονται στο στέλεχος του κάθε γένους, τα *Bifidobacteria* γενικά θεωρούνται βακτήρια που ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα, βελτιώνουν

την πέψη συμβάλλοντας στην αποφυγή της διάρροιας και της δυσκοιλιότητας (Sharma et al., 2021).

1.2.3. *Bacillus*

Τα είδη βακίλων είναι θετικά κατά Gram βακτήρια και σχηματίζουν σπόρια (Ramlucken et al., 2020). Αυτά που φέρουν σπόρια είναι θερμοσταθερά εμφανίζουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι των μη σποριοφόρων, όπως του *Lactobacillus* spp., και μπορούν να αποθηκευτούν σε θερμοκρασία δωματίου σε αποξηραμένη μορφή χωρίς καμία επιβλαβή επίδραση στη βιωσιμότητά τους. Ένα δεύτερο πλεονέκτημα είναι ότι το σπόριο είναι ανθεκτικό σε χαμηλές τιμές pH όπως αυτές του γαστρικού φραγμού. Τέλος, λόγω της μεγάλης τους ανθεκτικότητας μπορούν να αποθηκευτούν επ'αόριστον χωρίς ψύξη (Poron et al., 2021). Ορισμένα είδη *Bacillus* έχουν την ικανότητα να παράγουν διαφορετικά εξωγενή ένζυμα συμπεριλαμβανομένης της πρωτεάσης, λιπάσης, κυτταρινάσης και της ξυλανάσης. Αυτά τα ένζυμα μπορούν να βοηθήσουν στην αποσύνθεση σύνθετων μορίων τροφοδοσίας, να βελτιώσουν την απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών, να μειώσουν το εντερικό ιξώδες και να μειώσουν την ποσότητα των διαθέσιμων υποστρωμάτων για την ανάπτυξη παθογόνων βακτηρίων. Επιπρόσθετα, έχει αποδειχθεί ότι η παρουσία *Bacillus*, όπως ο *Bacillus subtilis*, ενισχύει την ανάπτυξη άλλων ωφέλιμων μικροοργανισμών όπως ο *Lactobacillus* μειώνοντας το εντερικό pH (Latorre et al., 2014).

1.2.4. *Enterococcus*

Οι εντερόκοκκοι ανήκουν στα βακτήρια γαλακτικού οξέος (LAB), είναι Gram-θετικά βακτήρια, αρνητικά στην καταλάση και έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν τη γλυκόζη σε γαλακτικό οξύ ως κύριο προϊόν του πρωτογενούς μεταβολισμού τους. (Krawczyk et al., 2021).

Το γένος *Enterococcus* αποτελείται από πολλά διαφορετικά είδη, αλλά μόνο δύο από αυτά *E. faecalis* και *E. faecium* συνδέονται συχνότερα με τα προβιοτικά. Αυτοί οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούνται για καλλιέργειες εκκίνησης σε τρόφιμα, όπως το τυρί, ως προβιοτικές καλλιέργειες για ανθρώπους και ζώα και ως πρόσθετα ενσίρωσης. Εμφανίζουν επιθυμητά χαρακτηριστικά, όπως αντοχή στα γαστρικά υγρά και τα χολικά άλατα και η παραγωγή αντιμικροβιακών ενώσεων όπως η εντεροκίνη (Torres-Henderson et al., 2017). Επίσης προβιοτικά παρασκευάσματα από *E. faecalis*, μερικές φορές εμπλουτισμένα με *Escherichia coli* και γαλακτοβάκιλλους,

συνιστώνται για τη θεραπεία ασθενειών όπως η φλεγμονή του ουροποιητικού συστήματος, η ιγμορίτιδα ή η βρογχίτιδα και το κοινό κρυολόγημα.

Οι εντερόκοκκοι μπορούν να βρεθούν επίσης σε προϊόντα διατροφής όπως μη επεξεργασμένο γάλα, τυρί, κρέας και φυτικά προϊόντα (λαχανικά που έχουν υποστεί ζύμωση). Η παρουσία τους σε ορισμένα προϊόντα θεωρείται επιθυμητή. Οι εντερόκοκκοι χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή τοπικών τροφίμων στις μεσογειακές χώρες. Στη βιομηχανία τροφίμων, επιλεγμένα στελέχη εντερόκοκκου συμβάλλουν στη βελτίωση του αρώματος, της υφής και της γεύσης των γαλακτοκομικών προϊόντων που έχουν υποστεί ζύμωση (Torres-Henderson et al., 2017).

1.2.5. *Saccharomyces*

Το *Saccharomyces* είναι ένα γένος εκκολαπτόμενης ζύμης. Το γένος *Saccharomyces* έχει 16 είδη, συμπεριλαμβανομένων των *S. cerevisiae* και *S. boulardii*, τα οποία περιγράφονται στη βιβλιογραφία ως τα είδη που κατέχουν βιοθεραπευτικούς παράγοντες. Οι λειτουργίες του *S. cerevisiae*, συμπεριλαμβανομένων των αντιμολυσματικών ιδιοτήτων του, των αντιοξειδωτικών του ενεργειών, και άλλων προβιοτικών ιδιοτήτων, έχουν επίσης μελετηθεί. Ο ζυμομύκητας (*S. cerevisiae*) χρησιμοποιείται ως θεραπεία σε ασθένειες όπως η σαλμονέλα λόγω των προβιοτικών του ιδιοτήτων (Kil et al., 2023). Ο *S. cerevisiae* περιλαμβάνεται στα τρόφιμα και τα ποτά και έχει βασικό ρόλο στις διαδικασίες ζύμωσης καθώς τα κύτταρα ζύμης έχουν βρεθεί ότι ενισχύουν την πέψη μέσω της έκκρισης επιλεγμένων ενζύμων στη γαστρεντερική οδό. Επίσης ο *S. cerevisiae* χρησιμοποιείται ως συμπλήρωμα διατροφής ενισχύοντας την παραγωγή και την αποτελεσματικότητα της τροφής πολλών καλλιεργημένων ψαριών και γαριδών. Αρκετοί συγγραφείς διαπίστωσαν ότι τα ψάρια και τα όστρακα που τρέφονταν με προβιοτικά έδειξαν καλύτερες επιδόσεις ανάπτυξης από τους οργανισμούς που δεν τρέφονται με προβιοτικά (del Valle et al., 2023). Αυτή η ζύμη είναι ευρέως διαδεδομένη στη φύση και μπορεί να βρεθεί σε φυτά, φρούτα και στο χώμα. Τέλος, ο *S. boulardii* χρησιμοποιείται ως προβιοτικό ιδιαίτερα για τη θεραπεία της οξείας λοιμώδους διάρροιας και την πρόληψη της διάρροιας (Chan et al., 2021).

1.3 Χαρακτηριστικά προβιοτικών βακτηρίων γαλακτικού οξέος

1.3.1 Οφέλη βακτηρίων γαλακτικού οξέος (LAB)

Τα LAB όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως είναι μια φυλογενετικά και λειτουργικά ποικίλη ομάδα βακτηρίων. Πέρα από τις θρεπτικές τους ιδιότητες, τα οφέλη των βακτηρίων γαλακτικού οξέος για τα γαλακτοκομικά προϊόντα που έχουν υποστεί ζύμωση είναι ευρέως γνωστά (García-Burgos et al., 2020). Συγκεκριμένα, τα γαλακτοκομικά προϊόντα που έχουν υποστεί ζύμωση χαρακτηρίζονται ως μια καλή πηγή διαφορετικών ειδών βακτηρίων γαλακτικού οξέος (LAB) τα οποία φέρουν σημαντικές προβιοτικές ιδιότητες (Rezac et al., 2018). Υπάρχουν ενδείξεις ότι η κατανάλωση γαλακτοκομικών προϊόντων που περιέχουν προβιοτικά, όπως το γιαούρτι, το καλλιεργημένο γάλα που έχει υποστεί ζύμωση όπως το κεφίρ, συσχετίζεται με μια σειρά από οφέλη για την υγεία, όπως ο μεταβολισμός της χοληστερόλης και η αναστολή του μετατρεπτικού ενζύμου της αγγειοτενσίνης (ACE), η αντιμικροβιακή δράση, η καταστολή όγκων, η αυξημένη ταχύτητα επούλωσης πληγών και η ρύθμιση του ανοσοποιητικού συστήματος, (Bourrieetal., 2016; Savaiano&Hutkins, 2021).

Τα προβιοτικά χωρίζονται γενικά σε τρεις ομάδες: στα παραδοσιακά προβιοτικά με βάση τα LAB, στα προβιοτικά που δεν ανήκουν στα LAB και στα προβιοτικά επόμενης γενιάς. Αν και άλλοι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούνται σε ζυμωμένα γαλακτοκομικά προϊόντα, τα LAB κυριαρχούν. Τα κύρια γαλακτοκομικά προϊόντα στα οποία χρησιμοποιούνται τα LAB είναι το ζυμωμένο γάλα, το γιαούρτι, το βρεφικό γάλα, το τυρί, το βούτυρο, η κρέμα γάλακτος και το παγωτό (Gao et al., 2021; Oh, 2015). Γενικά, τα γαλακτοκομικά προϊόντα θεωρούνται πρωτογενείς διαιτητικές πηγές και χρησιμοποιούνται ως προβιοτικά που μπορούν να βρεθούν φυσικά (Reuben et al., 2020). Η λήψη τους με συμπλήρωμα έχει αποδειχθεί ότι βοηθά στην ισορροπία της εντερικής χλωρίδας, στην καλή λειτουργία του εντέρου και στην ενίσχυση του ανοσοποιητικού. Επίσης, η κύρια δράση των «φιλικών» γαλακτικών βακτηρίων είναι να αποτρέπουν την παρουσία παθογόνων και σηψιγόνων βακτηρίων στο έντερο. Βέβαια, πολλοί παράγοντες επηρεάζουν τη βιωσιμότητα και τη σταθερότητα των προβιοτικών στα γαλακτοκομικά προϊόντα. Μερικά από αυτά είναι η οξύτητα, η ομογενοποίηση, η περιεκτικότητα τους σε διαλυμένο οξυγόνο και H_2O_2 , η θερμοκρασία αποθήκευσης, ο τύπος του προβιοτικού, η συγκέντρωση γαλακτικού οξέος καθώς και τα είδη και τα στελέχη του οργανισμού (Meybodi et al., 2020).

Ωστόσο, έχουν αναπτυχθεί ορισμένες μέθοδοι για τη διατήρηση της βιωσιμότητας των προβιοτικών. Μερικές από τις μελέτες που έχουν διεξαχθεί για την αύξηση της βιωσιμότητας των προβιοτικών χρησιμοποιούν τεχνικές μικροενθυλάκωσης και προσθήκης πρεβιοτικών, (Terrou et al., 2019).

Στα ζυμωμένα γαλακτοκομικά προϊόντα, τα κύρια βακτήρια που συναντώνται ανήκουν στα γένη *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Bacillus*, *Propionibacterium* και *Bifidobacterium* (Ghosh et al., 2019). Το γένος *Lactobacillus* είναι το μεγαλύτερο γένος καθώς περιλαμβάνει 314 είδη και συνδέεται αυτόματα με τη λέξη προβιοτικά τα τελευταία χρόνια (Ağagündüz et al., 2021). Μερικά από τα είδη του γένους *Lactobacillus* που συναντώνται στη βιβλιογραφία είναι *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG (ATCC53103), *Lactocaseibacillus rhamnosus* HN001, *Lactocaseibacillus casei* Shirota, *Lactocaseibacillus casei* Zhang, *Lactobacillus acidophilus* NCFM, *Lactobacillus acidophilus* LA-5, και *Lactocaseibacillus casei* DN-114 001 (Gao et al., 2021). Τα ευεργετικά αποτελέσματα των προβιοτικών προκύπτουν από την επιλογή ενός συγκεκριμένου στελέχους και μπορούν να προκαλέσουν εντελώς διαφορετικές επιδράσεις στον ξενιστή. Έτσι, αναφέρεται ότι απαιτούνται περισσότερες μελέτες για την κατανόηση των προβιοτικών ιδιοτήτων που μπορεί να φέρουν τα νέα στελέχη LAB, (Campana et al., 2017).

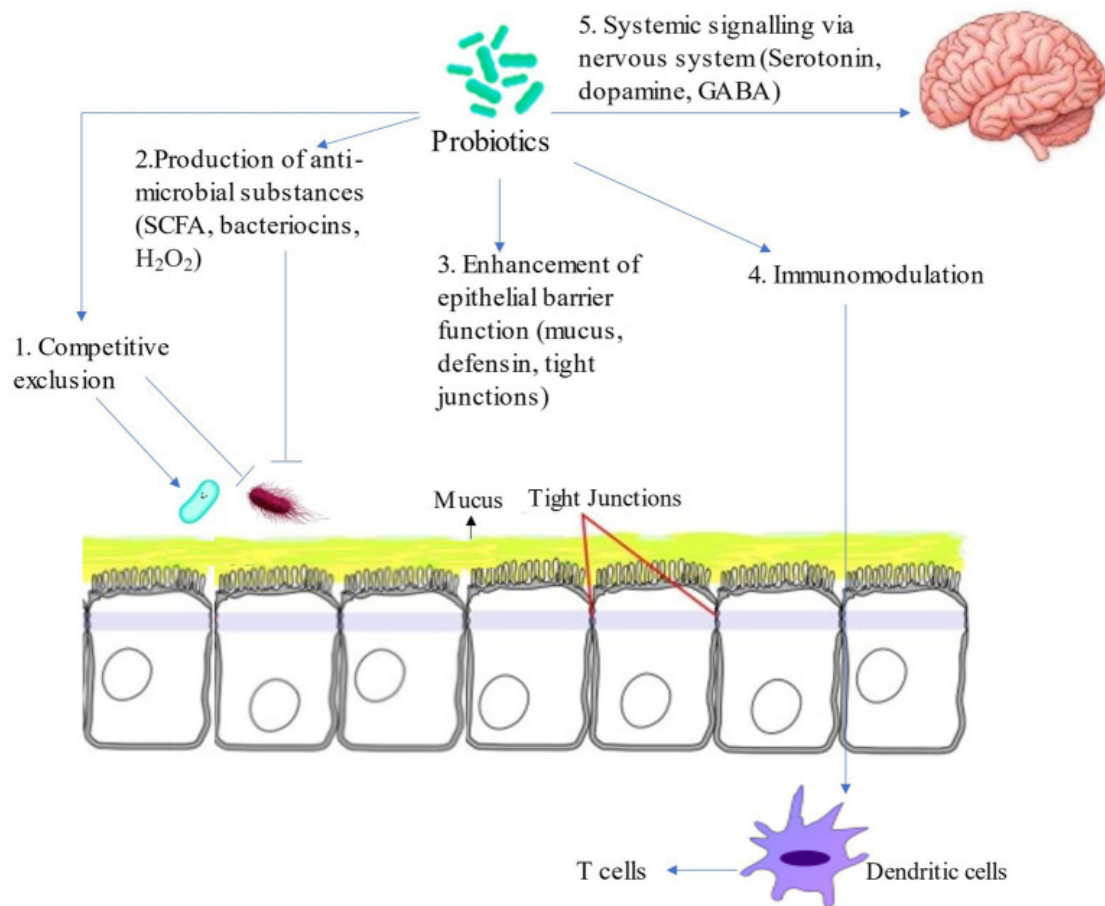
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. Κριτήρια- Μηχανισμοί δράσης προβιοτικών

Οι FAO / WHO καθιέρωσαν ένα παγκόσμιο πρότυπο για την αξιολόγηση των προβιοτικών και των στελεχών που προάγουν την υγεία που μπορεί να συνοψιστεί ως εξής: Αναγνώριση στελέχους (ταυτοποίησή του), ιδιότητες ασφαλείας, χαρακτηρισμός λειτουργικού στελέχους για προβιοτικές ιδιότητες, κλινική επικύρωση.

Αν και τα προβιοτικά διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση πολλών παθήσεων, οι μηχανισμοί δράσης τους δεν έχουν πλήρως διασαφηνιστεί. Το μόνο σίγουρο είναι ότι για να είναι η προβιοτική τους δράση αποτελεσματική, είναι απαραίτητο να λαμβάνονται σε επαρκείς ποσότητες. Υπάρχουν αρκετοί σημαντικοί μηχανισμοί πίσω από τις ανταγωνιστικές επιδράσεις των προβιοτικών μικροοργανισμών με άλλους μικροοργανισμούς, οι οποίοι περιλαμβάνουν: τροποποίηση της εντερικής μικροχλωρίδας, ανταγωνιστική δράση εναντίον των παθογόνων, προσκόλληση στο βλεννογόνο και το επιθήλιο του εντέρου, ενίσχυση του εντερικού επιθηλιακού φραγμού και ρύθμιση του ανοσοποιητικού συστήματος, ώστε να προετοιμάζουν τον οργανισμό για πιθανή προσβολή από παθογόνους μικροοργανισμούς(Bermudez-Britoetal., 2012).

Τα προβιοτικά γενικά ανταγωνίζονται τα παθογόνα για θρεπτικά συστατικά και θέσεις δέσμευσης υποδοχέων, καθιστώντας δύσκολη την επιβίωσή τους στο έντερο (Plaza-Diazetal., 2019). Τα προβιοτικά δρουν επίσης ως αντιμικροβιακά μέσα παράγοντας ουσίες όπως λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας (SCFA), οργανικά οξέα, υπεροξείδιο του υδρογόνου και βακτηριοσίνες, μειώνοντας έτσι τα παθογόνα βακτήρια στο έντερο (Ahire et al., 2021). Επιπλέον, τα προβιοτικά βελτιώνουν τη λειτουργία του εντερικού φραγμού διεγείροντας την παραγωγή πρωτεϊνών βλεννίνης(Latif et al., 2023).



Εικόνα 1. Μηχανισμός δράσης προβιοτικών(Latif et al., 2023).

2.1. Παραγωγή αντιμικροβιακών ενώσεων

Ένας από τους προτεινόμενους μηχανισμούς δράσης των προβιοτικών, περιλαμβάνει το σχηματισμό ενώσεων χαμηλού μοριακού βάρους (LMW) (<1,000 Da), όπως τα οργανικά οξέα, και την παραγωγή αντιβακτηριακών πρωτεϊνικών ενώσεων που ονομάζονται βακτηριοσίνες (>1,000 Da). Τα οργανικά οξέα, ιδιαίτερα το οξικό και το γαλακτικό οξύ, διαθέτουν ισχυρή ανασταλτική δράση κατά των Gram- βακτηρίων και θεωρούνται οι κύριες αντιμικροβιακές ενώσεις που ευθύνονται για την ανασταλτική δράση των προβιοτικών έναντι των παθογόνων. Κάθε ασθενές οργανικό οξύ εισέρχεται στο βακτηριακό κύτταρο και διασπάται εντός του κυτταροπλάσματος. Η πιθανή μείωση του ενδοκυτταρικού pH ή η ενδοκυτταρική συσσώρευση της ιονισμένης μορφής του οργανικού οξέος μπορεί να οδηγήσει στο θάνατο του παθογόνου.

Επιπλέον πολλά προβιοτικά γαλακτικά βακτήρια παράγουν βακτηριοσίνες και μικρά αντιμικροβιακά πεπτίδια (AMPs). Οι βακτηριοσίνες που παράγονται από τα Gram + βακτήρια (συνήθως τα LAB, συμπεριλαμβανομένων της λακτασίνης Β από τον *L. acidophilus*, της πλανταρισίνης από τον *L. plantarum* και της νισίνης από τον *Lactococcus lactis*) δρουν κυρίως εναντίον συγγενικών βακτηρίων, ενώ ορισμένες βακτηριοσίνες είναι επίσης δραστικές εναντίον των παθογόνων που μεταδίδονται από τρόφιμα. Οι συνηθισμένοι μηχανισμοί θανάτωσης μέσω της βακτηριοσίνης περιλαμβάνουν την καταστροφή των κυττάρων-στόχων με σχηματισμό πόρων ή την αναστολή της σύνθεσης του κυτταρικού τους τοιχώματος. Για παράδειγμα, η νισίνη σχηματίζει ένα σύμπλοκο με το πρόδρομο μόριο βιοσύνθεσης του κυτταρικού τοιχώματος, το λιπίδιο II, αναστέλλοντας έτσι τη βιοσύνθεση του κυτταρικού τοιχώματος των σπορίων των βακίλων. Το σύμπλοκο στη συνέχεια συσσωματώνεται και ενσωματώνει πεπτίδια για να δημιουργήσει έναν πόρο στη βακτηριακή μεμβράνη. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή βακτηριοσίνης προσδίδει στα στελέχη ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε ένα σύνθετο μικροβιακό περιβάλλον, λόγω της αντιμικροβιακής τους δράσης. Η παραγωγή βακτηριοκινών επιτρέπει την επικράτηση και αύξηση του επιπολασμού των στελεχών που την παράγουν, ενώ παράλληλα αναστέλλει άμεσα την ανάπτυξη των παθογόνων εντός του γαστρεντερικού σωλήνα (Fijan, 2023; vanZyletal., 2020). Τέλος, είναι γεγονός ότι ορισμένα στελέχη προβιοτικών παράγουν μεταβολίτες που εμποδίζουν την ανάπτυξη τόσο των μυκήτων όσο και άλλων βακτηρίων. Ερευνητές έχουν αναφέρει ότι στελέχη του γένους *Lactobacillus* μπορεί να παράγουν αντιμυκητιακές ουσίες, όπως βενζοϊκό οξύ, μεθυλοδαντοϊνη, και μεβαλονολακτόνη (Bermudez-Brito et al., 2012; H. K. Wang et al., 2012).

2.2. Παραγωγή ευεργετικών ενώσεων

Τα βακτήρια στο έντερο μας μπορούν να παράγουν μια πληθώρα λιπαρών οξέων. Μερικοί τύποι αυτών των βακτηρίων (*Bifidobacterium* και *Lactobacillus*) μπορούν να παράξουν συζευγμένο λινολεϊκό οξύ (CLA), το οποίο μπορεί να βοηθήσει στην αναστολή προκαρκινικών ενώσεων, καθώς και στη διάσπαση του λίπους και στην ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος. Πρόσφατα μελέτες έδειξαν την ικανότητα τροποποίησης της σύνθεσης των λιπαρών οξέων του ήπατος και του λιπώδους ιστού

του ξενιστή μετά από στοματική χορήγηση στελεχών των γενών *Bifidobacterium* και *Lactobacillus* (S. C. Ribeiro et al., 2018).

Επιπλέον, τα προβιοτικά βακτήρια μπορούν να δημιουργούν αποσυζευγμένα χολικά οξέα από τα χολικά άλατα που παράγει ο ξενιστής. Αυτά τα αποσυζευγμένα χολικά οξέα έχουν πιο ισχυρή αντιμικροβιακή δράση σε σύγκριση με τα χολικά άλατα που συντίθενται από τον οργανισμό του ξενιστή.

Είναι ακόμα ασαφές πώς τα προβιοτικά καταφέρνουν να προστατεύονται από τους δικούς τους βακτηριοκτόνους μεταβολίτες ή αν είναι ανθεκτικά στη δράση των αποσυζευγμένων χολικών οξέων, παρόλα αυτά με αυτόν τον τρόπο αποκτούν ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι των παθογόνων (Bermudez-Brito et al., 2012).

2.3 Ανταγωνιστικός αποκλεισμός παθογόνων μικροοργανισμών

Η κατάληψη διαθέσιμων θέσεων προσκόλλησης καθώς και η εξάντληση των βασικών θρεπτικών συστατικών είναι κάποιοι επιπλέον μηχανισμοί που χρησιμοποιούν τα προβιοτικά για τον αποκλεισμό των παθογόνων μικροοργανισμών.

Πιο συγκεκριμένα ο ανταγωνιστικός αποκλεισμός από τα εντερικά βακτήρια βασίζεται σε μια διαδικασία στην οποία τα βακτήρια «μάχονται» μεταξύ τους για τη πρόσληψη των διαθέσιμων θρεπτικών συστατικών στον εντερικό βλεννογόνο. Τα βακτήρια μπορούν να τροποποιήσουν το περιβάλλον τους για να δημιουργήσουν αδιάφορο ή επικίνδυνο περιβάλλον για τους ανταγωνιστές τους με σκοπό να αποτρέψουν την προσκόλληση και τον πολλαπλασιασμό τους (Bermudez-Brito et al., 2012; La Ragione et al., 2004).

2.4 Αυξημένη προσκόλληση στον εντερικό βλεννογόνο

Το έντερο παίζει κεντρικό ρόλο στην πέψη και την απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών και διατηρεί την ακεραιότητα του φραγμού του βλεννογόνου. Πολυάριθμα κοινά βακτήρια βρίσκονται στον ανθρώπινο γαστρεντερικό σωλήνα και αποτελούν μια ενεργή κοινότητα, η οποία επηρεάζει έντονα την ανθρώπινη φυσιολογία (Shehata et al., 2022). Η τροποποίηση της εντερικής μικροχλωρίδας μπορεί να επιτευχθεί με τη χορήγηση αντιβιοτικών, προβιοτικών και πρεβιοτικών (Latif et al., 2023). Η προσκόλληση των προβιοτικών στελεχών στον εντερικό βλεννογόνο είναι αναγκαία για τον αποικισμό τους και αποτελεί σημαντική

διαδικασία για την αλληλεπίδρασή τους με τον ξενιστή. Εκτός από αυτό, η προσκόλληση των προβιοτικών στον εντερικό βλεννογόνο έχει και άλλη σημασία: συμβάλλει στη διαμόρφωση του ανοσοποιητικού συστήματος και στην αντιμετώπιση της εγκατάστασης παθογόνων μικροοργανισμών μέσω του ανταγωνισμού (Bermudez-Brito et al., 2012).

Οι ιδιότητες προσκόλλησης των προβιοτικών, οι οποίες οφείλονται στην αλληλεπίδραση μεταξύ επιφανειακών πρωτεϊνών και βλεννινών, μπορούν να αναστείλουν τον αποικισμό παθογόνων βακτηρίων. Τα γένη *Lactobacillus* και *Bifidobacterium* έχει αναφερθεί ότι αναστέλλουν ένα ευρύ φάσμα παθογόνων από την προσκόλληση στον εντερικό βλεννογόνο, συμπεριλαμβανομένων των *E. coli*, *Salmonella* sp., *Helicobacter pylori*, *Listeria monocytogenes*, και *Rotavirus*. Αυτός ο αποκλεισμός προκύπτει ως αποτέλεσμα διαφορετικών μηχανισμών και ιδιοτήτων των προβιοτικών, όπως η παραγωγή ουσιών και η διέγερση των εντερικών επιθηλιακών κυττάρων (IEC, Intestinal Epithelium Cells) (Knipe et al., 2021).

Τα επιθηλιακά κύτταρα του εντέρου (IEC) παράγουν βλεννίνη, η οποία αποτελείται από ένα μείγμα γλυκοπρωτεϊνών. Η βλεννίνη αποτελεί το κυρίαρχο συστατικό του εντερικού βλεννογόνου και εμποδίζει την πρόσφυση των παθογόνων βακτηρίων. Επιπλέον, περιλαμβάνει λιπίδια, ελεύθερες πρωτεΐνες, ανοσοσφαιρίνες και άλατα. Τα οξυγαλακτικά βακτήρια εμφανίζουν διάφορες επιφανειακές αλληλεπιδράσεις με τα IEC και τη βλεννίνη (Plaza-Diaz et al., 2019).

Πολλές πρωτεΐνες που παράγουν στελέχη του γένους *Lactobacillus* έχουν αποδειχθεί ότι βοηθούν την πρόσδεση των προβιοτικών στον εντερικό βλεννογόνο, με τα βακτήρια να παρουσιάζουν επιφανειακές προσκολλητίνες που μεσολαβούν στην προσκόλληση στο στρώμα της βλέννας. Αυτή η διαδικασία συμπεριλαμβάνει κυρίως πρωτεΐνες, αλλά και ομάδες σακχάρων και λιποτειχοϊκά οξέα. Μερικές από αυτές τις πρωτεΐνες συνήθως αγκιστρώνονται στη μεμβράνη μέσω ενός τμήματος λιπιδίου ή ενσωματώνονται εξ ολοκλήρου στο κυτταρικό τοίχωμα. Η αλληλεπίδραση επιφανειακών πρωτεϊνών με το ανθρώπινο πλασμινογόνο και τα εντεροκύτταρα έχει αναφερθεί σε δύο γνωστά προβιοτικά, το *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* και το *Bifidobacterium bifidus*. Υπό συγκεκριμένες συνθήκες, αυτές οι πρωτεΐνες ίσως συμβάλλουν στη διευκόλυνση του αποικισμού του ανθρώπινου εντέρου, είτε μέσω της αποικοδόμησης της εξωκυτταρικής μήτρας των κυττάρων ή μέσω της στενής επαφής με το επιθήλιο. Η πρωτεΐνη MapA, που προάγει τη συγκόλληση του

βλεννογόνου, αποτελεί έναν διαμεσολαβητή στη σύνδεση του *L. reuteri* και του *L. fermentum* με τη βλέννα. Τα προβιοτικά, όπως το *L. plantarum*, έχουν αναφερθεί ότι επάγουν την MUC2 και την MUC3 βλεννίνη οδηγώντας στην αναστολή της προσκόλλησης της *E.coli* στο εντερικό επιθήλιο. Συμπερασματικά, τα ενισχυμένα με βλέννα στρώματα και ο γλυκοκάλυκας (glycocalyx) που επικαλύπτουν το εντερικό επιθήλιο, καθώς και η κατοχή θέσεων μικροβιακής σύνδεσης από τα προβιοτικά, παρέχουν προστασία από την εισβολή παθογόνων (Yadav et al., 2017).

Η μελέτη των Collado και συνεργατών (2006) εξέτασε την πρόσφυση των ειδών *Bifidobacterium longum* και *Bifidobacterium catenulatum* στην ανθρώπινη εντερική βλέννα και τα αποτελέσματά της συγκρίθηκαν με άλλα ευαίσθητα στα οξέα στελέχη. Παρατηρήθηκε ότι σε 2 από τις 4 περιπτώσεις, τα ανθεκτικά στα οξέα στελέχη εμφάνισαν υψηλότερη ικανότητα προσκόλλησης στην ανθρώπινη εντερική βλέννα σε σύγκριση με τα ευαίσθητα. Ωστόσο, γενικά, η αυξημένη αντοχή στα οξέα των *Bifidobacteria* μπορεί να αποτελεί σωστή ένδειξη για την επιλογή στελεχών που διαθέτουν τα βασικά γνωρίσματα, όπως βελτιωμένες ιδιότητες επιφανειακής προσκόλλησης και αυξημένη σταθερότητα, που μπορούν να ενισχύσουν τη δράση τους ως προβιοτικά έναντι των παθογόνων (Collado et al., 2006).

Η πρόσφυση των βακτηρίων γαλακτικού οξέος μπορεί να πραγματοποιηθεί με μια σειρά από διαδικασίες, συμπεριλαμβανομένων των ηλεκτροστατικών αλληλεπιδράσεων, των υδρόφοβων αλληλεπιδράσεων και των στερεοχημικών δυνάμεων. Ωστόσο, η κατανόηση όλων αυτών των παραγόντων που σχετίζονται με την πρόσφυση των στελεχών παραμένει εξαιρετικά περιορισμένη. Περαιτέρω μελέτες είναι αναγκαίες για την αναγνώριση και ανάλυση της λειτουργικής δράσης διαφόρων συστατικών των στρωμάτων του βλεννογόνου, καθώς και των πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων μεταξύ μικροοργανισμών, όπως των προβιοτικών, των επιθηλιακών κυττάρων και των υποκείμενων συστημάτων ανοσοποιητικής αντίδρασης (Bermudez-Brito et al., 2012).

2.5 Ενίσχυση επιθηλιακού φραγμού

Η ενίσχυση του επιθηλιακού φραγμού αποτελεί βασικό μηχανισμό δράσης των προβιοτικών, καθώς το εντερικό επιθήλιο εκτίθεται συνεχώς στο περιβάλλον του εντέρου και, κατά συνέπεια, στους δυνητικά παθογόνους μικροοργανισμούς. Επιπλέον, ο επιθηλιακός φραγμός λειτουργεί ως προστατευτικός φραγμός από το

ευρύτερο περιβάλλον. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω διαφόρων αμυντικών μηχανισμών, όπως το βλεννογόνο στρώμα, τα αντιμικροβιακά πεπτίδια και το σύμπλεγμα επιθηλιακής πρόσφυσης. Σε περίπτωση διαταραχής αυτού του συστήματος, ο οργανισμός δεν είναι πλέον προστατευμένος και, εάν εκτίθεται σε συνεχή απειλή, τα βακτηριακά κύτταρα και τα τροφιμογενή αντιγόνα μπορούν να φτάσουν στον υποβλεννογόνο χώρο, προκαλώντας φλεγμονώδεις αντιδράσεις και συχνά εντερικές διαταραχές. Η συμβολή των προβιοτικών στη διατήρηση και τη λειτουργικότητα αυτού του φραγμού οδήγησε στη συστηματική μελέτη αυτών των μηχανισμών.

Σε πολλές περιπτώσεις, παρατηρείται ότι τα προβιοτικά επηρεάζουν την έκφραση γονιδίων που κωδικοποιούν τις πρωτεΐνες σύνδεσης της πρόσφυσης όπως την E-cadherin συμμετέχοντας στην ενίσχυση της λειτουργίας του εντερικού φραγμού. Για παράδειγμα, το μίγμα προβιοτικών VSL3 που περιλαμβάνει το είδος *Lactobacillus casei*, προστατεύει τον επιθηλιακό φραγμό. Συγκεκριμένα, το VSL3 αυξάνει την έκφραση πρωτεϊνών σύνδεσης για την προσκόλληση ενεργοποιώντας διάφορες οδούς σήμανσης, όπως η p38 (Chapman et al., 2007; Cheng et al., 2020).

Τα προβιοτικά στελέχη έχουν τη δυνατότητα να απελευθερώνουν συστατικά από τα επιθηλιακά κύτταρα τα οποία θεωρούνται σημαντικά για την άμυνα του οργανισμού. Αυτά τα συστατικά, τα οποία μπορούν να είναι μικρά πεπτίδια ή πρωτεΐνες, είναι δραστικά κατά των βακτηρίων, των μυκήτων και των ιών, ενώ ταυτόχρονα σταθεροποιούν τη λειτουργία του εντερικού φραγμού. Επιπλέον, η απόκριση του ξενιστή στην προσβολή από παθογόνα βακτήρια, οδηγεί σε αύξηση της παραγωγής αντιμικροβιακών πρωτεϊνών (AMP), όπως α- και β αμυντοσίνες (defensis), και ριβονουκλεάσες, στην πρώτη γραμμή της χημικής άμυνας. Πολλές από τις AMPs είναι ένζυμα που επιτίθενται στα βακτήρια θανατώνοντάς τα, ενώ άλλα προκαλούν μη ενζυμική διάσπαση της βακτηριακής μεμβράνης (Mejía-Pitta et al., 2021).

Οι αμυντοσίνες ανήκουν σε μια κυρίαρχη οικογένεια πεπτιδίων, με την αλληλεπίδρασή τους με τη βακτηριακή μεμβράνη να προσδίδεται κυρίως σε ανιονικές φωσφολιπιδικές ομάδες της επιφάνειας της μεμβράνης μέσω ηλεκτροστατικών αλληλεπιδράσεων, καθιστώντας την αλληλεπίδραση αυτή μη εξειδικευμένη. Αυτή η αλληλεπίδραση δημιουργεί αρκετούς πόρους ιδανικούς για το μέγεθος των αμυντοσινών στη βακτηριακή μεμβράνη, παραβιάζοντας την ακεραιότητά της και προάγοντας το θάνατο των μικροοργανισμών (Mohammed et al., 2016).

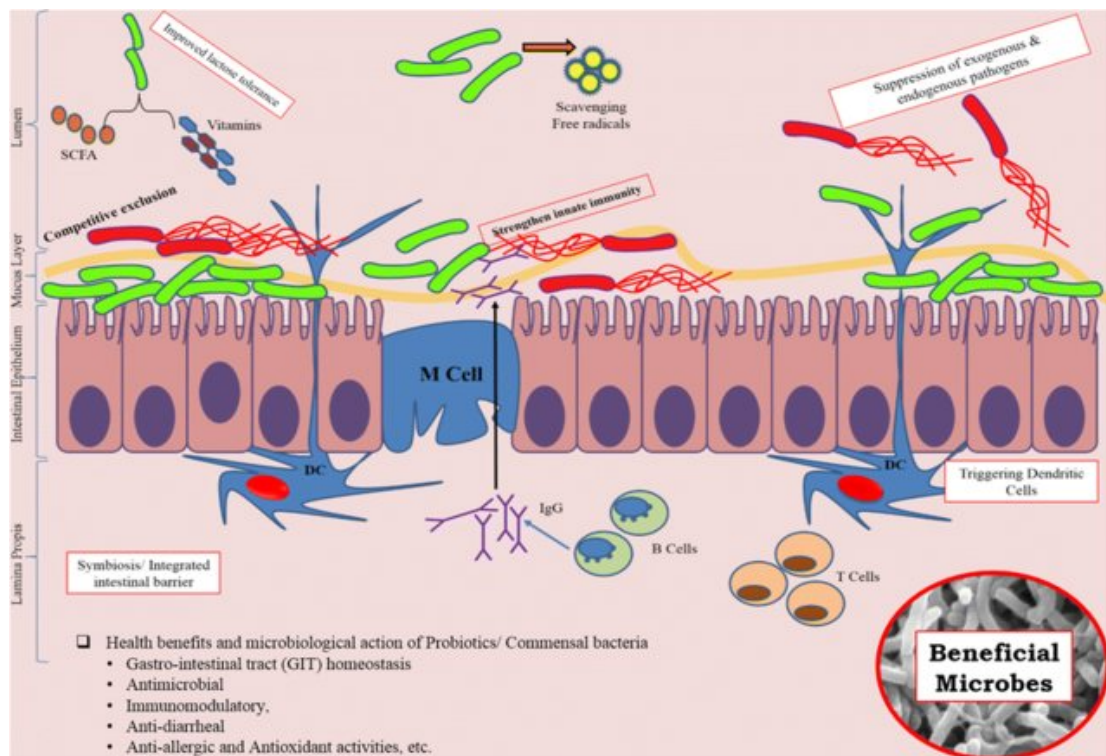
Επιπλέον, πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι τα προβιοτικά μπορούν επίσης να συμβάλουν στην ανάκτηση της λειτουργικότητας του επιθηλιακού φραγμού μετά από βλάβη. Η χρήση προβιοτικών μπορεί να αποτρέψει την επιθηλιακή βλάβη που προκαλείται από κυτταροκίνες, γεγονός που είναι χαρακτηριστικό της φλεγμονώδους νόσου του εντέρου, και μπορεί επίσης να ενισχύσει το φράγμα του βλεννογόνου.

Πρόσφατες έρευνες έχουν αναδείξει ότι δύο καθορισμένα πεπτίδια, που παράγονται από τον *Lactobacillus rhamnosus* GG (LGG) και ονομάζονται p40 και p75, έχουν τη δυνατότητα να αναστέλλουν την απόπτωση των κυττάρων που επάγεται από τις κυτταροκίνες. Αυτά τα πεπτίδια ενεργοποιούν την αντι-αποπτωτική πρωτεϊνική κινάση B (PKB/Akt) και αναστέλλουν την προ-αποπτωτική κινάση πρωτεΐνης ενεργοποιημένης με p38/MAPK. Η αποτελεσματικότητα των p40 και p75 επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι η αντι-αποπτωτική λειτουργία καταργείται όταν προστίθενται ειδικά αντισώματα κατά των p40 και p75 σε επιθηλιακά κύτταρα ποντικών και ανθρώπων *in vitro* ή σε μοσχεύματα από ποντικούς. Επιπλέον, άλλα πεπτίδια χαμηλού μοριακού βάρους (LMW) που παράγονται από τον LGG επάγουν την έκφραση πρωτεϊνών θερμικού σοκ και ενεργοποιούν το MAPK (Bäuerl et al., 2019; Bermudez-Brito et al., 2012; Yan et al., 2013).

2.6 Προβιοτικά και ανοσοποιητικό σύστημα

Γενικά, τα προβιοτικά θεωρούνται διατροφικοί παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη μικροχλωρίδα του ανθρώπινου εντέρου και επίσης έχουν ρυθμιστική επίδραση στη σύνθεση και τη δομή της εντερικής χλωρίδας. Πρέπει να τονιστεί ότι η επίδραση της εντερικής χλωρίδας στο ανοσοποιητικό σύστημα είναι τεράστια. Στο ανθρώπινο σώμα, η εντερική χλωρίδα μπορεί να διατηρήσει την ακεραιότητα του βλεννογόνιου φραγμού, να παρέχει θρεπτικά συστατικά και να αντισταθεί στα παθογόνα (Santoni et al., 2021). Είναι γνωστό ότι τα προβιοτικά βακτήρια μπορούν να ασκήσουν ανοσορρυθμιστική δράση. Αυτά τα βακτήρια διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αλληλεπίδραση με επιθηλιακά και δενδριτικά κύτταρα (DCs), καθώς και με μονοκύτταρα, μακροφάγα και λεμφοκύτταρα. Το ανοσοποιητικό σύστημα μπορεί να διακριθεί σε εγγενή και προσαρμοστικά συστήματα ανοσίας, γνωστά επίσης ως επίκτητη ανοσία. Τα προβιοτικά ρυθμίζουν επίσης την έμφυτη και προσαρμοστική ανοσοαπόκριση που ρυθμίζει τα δενδριτικά κύτταρα (DC), τα

μακροφάγα καθώς και τα B και T λεμφοκύτταρα. Τα προβιοτικά αυξάνουν επίσης την παραγωγή αντιφλεγμονωδών κυτοκινών, ενώ αλληλεπιδρούν με τα εντερικά επιθηλιακά κύτταρα και προσελκύουν μακροφάγα και μονοκύτταρα κύτταρα (Petruzziello et al., 2023). Οι υποδοχείς αναγνώρισης προτύπων, όπως οι υποδοχείς τύπου toll (TLR), οι οποίοι εκφράζονται σε κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος, θα μπορούσαν να αναγνωριστούν από τα προβιοτικά, μετά από τα οποία τα προβιοτικά θα μπορούσαν να ρυθμίσουν σημαντικά μονοπάτια σηματοδότησης, παράγοντας τον πυρηνικό παράγοντα kB (NF kB) και ενεργοποιημένες από μιτογόνοκινάσες πρωτεΐνης. Επιπλέον, η έμφυτη ανοσοαπόκριση θα μπορούσε να ενεργοποιηθεί, με αποτέλεσμα την παραγωγή προ- και αντιφλεγμονωδών κυτοκινών ή χημειοκινών (Liu et al., 2022). Οι Childs και Røytiö διεξήγαγαν μια διπλά τυφλή, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο, τυχαιοποιημένη, παραγοντική διασταυρούμενη μελέτη για να διερευνήσουν την επίδραση του προβιοτικού *Bifidobacterium animalis* (*B. animalis*) στην ανοσολογική απόκριση και διαπίστωσαν ότι τα προβιοτικά σε συνδυασμό με ξυλο-ολιγοσακχαρίτη θα μπορούσαν να μειώσουν την έκφραση του CD19 σε B κύτταρα. Αυτά τα ευρήματα υποδεικνύουν τον κρίσιμο ρόλο των προβιοτικών στη ρύθμιση της λειτουργίας του ανοσοποιητικού, όχι μόνο σε υγιείς αλλά και σε ασθενείς μέσω της ενεργοποίησης σημαντικών οδών σηματοδότησης του ανοσοποιητικού και της ρύθμισης της δραστηριότητας των ανοσοκυττάρων. Είναι σημαντικό ότι ο ρόλος των προβιοτικών ως εναλλακτικών συμπληρωμάτων στη θεραπεία της νόσου και οι υποκείμενοι μηχανισμοί πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω (Childs et al., 2014).



Εικόνα 2. Οφέλη για την υγεία και πιθανή μικροβιολογική δράση των προβιοτικών. DC δενδριτικό κύτταρο, SCFA λιπαρό οξύ βραχείας αλυσίδας, μικροκύτταρα M κυττάρων (Kumar et al., 2018).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.Σύνθεση ,θρεπτικές και θεραπευτικές ιδιότητες του γίδινου γάλακτος



Εικόνα 3. Το κατσικίσιο γάλα έχει προβιοτικά (silverlakefarms.com)

Πολλές από τις ευεργετικές ιδιότητες του γίδινου γάλακτος για την ανθρώπινη υγεία σχετίζονται με συγκεκριμένες πρωτεΐνες, πεπτίδια, λιπαρά οξέα και πιο πρόσφατα με ολιγοσακχαρίτες. Οι τελευταίοι παρουσιάζουν πολύπλοκες δομές που δρουν στους εντερικούς ζώντες οργανισμούς και επηρεάζουν το ανοσοποιητικό σύστημα και την ανάπτυξη των νεογνών. Οι ολιγοσακχαρίτες είναι το τρίτο μεγαλύτερο συστατικό του ανθρώπινου γάλακτος και υπάρχουν στο γάλα άλλων θηλαστικών, όπως των αιγών.

Αυτοί οι ολιγοσακχαρίτες αποτελούνται από μια μικρή αλυσίδα άνθρακα και είναι υπεύθυνοι για πολλές από τις ευεργετικές επιδράσεις του γίδινου γάλακτος στην ανθρώπινη υγεία. Αυτές οι ενώσεις μπορεί να σχετίζονται με την ανάπτυξη του κεντρικού νευρικού συστήματος και έχουν θεραπευτικές εφαρμογές λόγω των πρεβιοτικών, αντικολλητικών και αντιπαθογόνων επιδράσεών τους. Επιπλέον, μπορούν να συμπληρωθούν σε σκευάσματα γάλακτος ως εναλλακτικές λύσεις στο ανθρώπινο γάλα (YasmimR.F.Sousa, 2019)

Υπό αυτή την έννοια, τα προϊόντα γίδινου γάλακτος έχουν λάβει μεγάλη προσοχή καθώς θεωρούνται ευνοϊκά για μια καλά ισορροπημένη διατροφή και διατήρηση της υγείας λόγω της υψηλής διατροφικής τους αξίας και της παρουσίας των βιοδραστικών συστατικών. Αν και τα περισσότερα γαλακτοκομικά προϊόντα που καταναλώνονται στον κόσμο προέρχονται από αγελαδινό γάλα, το γίδινο γάλα καταλαμβάνει την τρίτη θέση (2,3%) στην κατανάλωση και η παραγωγή του είναι σημαντική σε πολλές χώρες (dos Santos et al., 2023).

Το γίδινο γάλα διαφέρει από το αγελαδινό και το ανθρώπινο γάλα ως προς τη σύνθεση, τα θρεπτικά και θεραπευτικά χαρακτηριστικά. Το γίδινο γάλα περιέχει υψηλότερη ποσότητα Ca, Mg, και P από το αγελαδινό και το ανθρώπινο γάλα, αλλά η βιταμίνη D, βιταμίνη B12 και η περιεκτικότητα σε φυλλικό οξύ είναι μικρότερη. Το γάλα συνιστάται για βρέφη, ηλικιωμένους και ασθενείς. Τρία λιπαρά οξέα, δηλαδή το καπροϊκό, το καπρυλικό και το καπρικό, έχουν φαρμακευτικές ιδιότητες και συνιστώνται πολλές φορές σε ασθενείς. Το ποσοστό των τριών από αυτά: καπροϊκό (C6), καπρυλικό (C8:0), καπρικό (C10:0), κυμαίνεται στο 15%, έναντι μόνο 5% των αντιστοιχών του λίπους γάλακτος αγελάδας. Επιπλέον, αξίζει να συγκρίνουμε το γάλα των αιγών με αυτό των αγελάδων και να σημειώσουμε τα οφέλη ή τους περιορισμούς που μπορεί να προκύψουν από τις διαφορές τους. Το γίδινο γάλα που έχει υποστεί ζύμωση και ενσωματώνει ζωντανά προβιοτικά αντιπροσωπεύει μια ομάδα προϊόντων με μεγάλες προοπτικές στο μέλλον όσον αφορά τις θρεπτικές και θεραπευτικές του ιδιότητες. (YavadaK, 2016)

3.1 Σύνθεση γίδινου γάλακτος

Όπως και για άλλα είδη γάλακτος, η σύνθεση του γίδινου γάλακτος μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τη φυλή, το στάδιο της γαλουχίας, τις φυσιολογικές πτυχές, την αποθήκευση και, ιδιαίτερα, τη σύνθεση της τροφής. Είναι επίσης γνωστό ότι οι γενετικοί παράγοντες, οι περιβαλλοντικές συνθήκες και οι γεωργικές πρακτικές μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τη βιοχημική σύνθεση, τις τεχνολογικές ιδιότητες και τη βακτηριολογική ποιότητα του γίδινου γάλακτος (Li et al., 2022).

Η βασική θρεπτική σύνθεση του γίδινου γάλακτος μοιάζει με αυτή του αγελαδινού. Και τα δύο γάλατα περιέχουν σημαντικά υψηλότερες ποσότητες πρωτεϊνών και μετάλλων, αλλά χαμηλότερη περιεκτικότητα σε λακτόζη από το ανθρώπινο γάλα

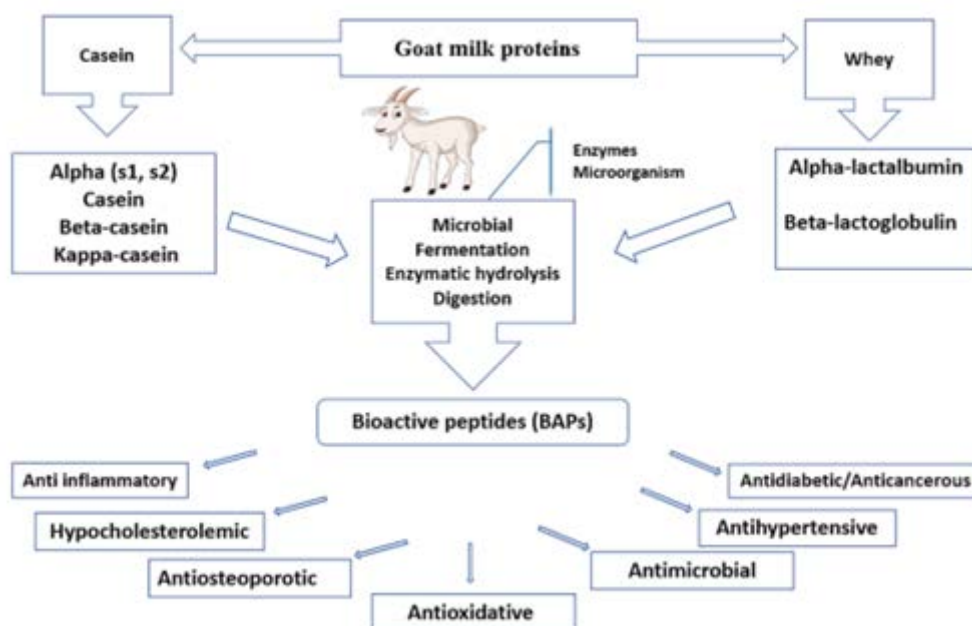
(Lima et al., 2018). Υπάρχουν όμως διαφορές στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά μεταξύ του γίδινου και του αγελαδινού γάλακτος που μπορούν να επηρεάσουν τις ιδιότητές τους, όπως την ικανότητα οξίνισης (Vieitez et al., 2016). Επιπλέον, αυτές οι διαφορές στη σύνθεση επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά υφής και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των γαλακτοκομικών προϊόντων. Η πυκνότητα/ειδικό βάρος του γίδινου γάλακτος (1,028 έως 1,032) κυμαίνεται εντός εύρους παρόμοιου με εκείνο του αγελαδινού γάλακτος (1,030 έως 1,032). Το γίδινο γάλα έχει χαμηλότερο σημείο πήξης και δείκτη διάθλασης, αλλά υψηλότερο ιξώδες από το εκείνο του αγελαδινού γάλακτος (Prajapati et al., 2017). Τόσο το νωπό όσο και το θερμικά επεξεργασμένο γίδινο γάλα παρουσιάζουν επίσης συνήθως υψηλότερη οξύτητα (μέση τιμή 17,10 °D) και επομένως χαμηλότερο pH (μέση τιμή 6,47) από το αγελαδινό γάλα (μέση οξύτητα 16,87 °D; μέσο pH 6,58) (El-Hatmi et al., 2015).

Οι κύριες πρωτεΐνες του γίδινου γάλακτος είναι οι α, β, κ-καζεΐνες, β-λακτοσφαιρίνη (β-Lg) και α-λακταλβουμίνη (α-La), οι οποίες ποικίλλουν ποιοτικά και ποσοτικά λόγω του ευρέος γενετικού πολυμορφισμού των αιγών (Iskender et al., 2018). Τα σφαιρίδια λίπους γάλακτος (MFGs) στο γάλα καλύπτονται από μια μεμβράνη με γλυκοπρωτεΐνες, τριγλυκερίδια, χοληστερόλη, ένζυμα και, ειδικότερα, φωσφολιπίδια. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις λιπαρών οξέων μέσης και βραχείας αλυσίδας των μικρών MFG σχετίζονται επίσης με την καλύτερη πεπτικότητα του γίδινου γάλακτος σε σύγκριση με το αγελαδινό γάλα (Y. Zhan et al., 2022). Η δράση μικροοργανισμών ή γαστρικών ενζύμων στο γίδινο γάλα μπορεί να παράγει πεπτίδια με βιολογικές δράσεις, όπως αντιοξειδωτικές, αντιμικροβιακές, ανοσοτροποποιητικές, υπογλυκαιμικές και αντιφλεγμονώδεις. Επιπλέον, το γίδινο γάλα είναι πλούσιο σε πρεβιοτικούς ολιγοσακχαρίτες, οι οποίοι ευνοούν την ανάπτυξη ωφέλιμων μικροοργανισμών στην εντερική μικροχλωρίδα, αναστέλλουν την προσκόλληση παθογόνων μικροοργανισμών και μειώνουν τη φλεγμονή στο γαστρεντερικό σωλήνα (dos Santos et al., 2023). Ο κύριος υδατάνθρακας του γίδινου γάλακτος είναι η λακτόζη, η οποία είναι περίπου 0,2-0,5% μικρότερη από εκείνη του αγελαδινού γάλακτος. Η λακτόζη είναι ένας δισακχαρίτης που συντίθεται από ένα μόριο γλυκόζης και ένα μόριο γαλακτόζης, και εκκρίνεται στο μαστικό αδέν. Το γάλα των περισσότερων άγριων ή λιγότερο εξημερωμένων ειδών που ανήκουν στα θηλαστικά έχει συνήθως υψηλότερη περιεκτικότητα σε λίπος και χαμηλότερη περιεκτικότητα σε λακτόζη από το γίδινο γάλα (Ribeiro et al., 2018).

Τα λιπίδια είναι σημαντικά συστατικά του γίδινου γάλακτος και των παραγόμενων εξ αυτού γαλακτοκομικών προϊόντων, καθώς επηρεάζουν θετικά το κόστος, τη διατροφική αξία, και τα φυσικά χαρακτηριστικά. Το γίδινο γάλα γενικά αποτελείται από υψηλές συγκεντρώσεις σφαιριδίων λίπους, τα οποία είναι μικρότερα από αυτά που υπάρχουν στο αγελαδινό γάλα (Balthazar et al., 2017). Μια σημαντική διαφορά μεταξύ γίδινου και αγελαδινού γάλακτος είναι η δομή και η σύνθεση των λιπιδίων. Τα λιποσφαίρια στο γίδινο και στο αγελαδινό γάλα ποικίλλουν από 1-10μm αλλά η ποσότητα των μικρότερων από 5μm σφαιριδίων στο γίδινο γάλα είναι μεγαλύτερη (80%) σε σχέση με το αγελαδινό γάλα που καταλαμβάνει περίπου το 60%(Silanikone et al., 2010). Αυτή η διαφορά οδηγεί σε καλύτερη πέψη και πιο αποδοτικό μεταβολισμό των λιπιδίων, καθώς και σε πιο απαλή υφή των προϊόντων του γίδινου γάλακτος. Η ικανότητα κρεμώδους υφής του γίδινου γάλακτος είναι μικρότερη από των άλλων ειδών λόγω του μικρότερου μεγέθους των λιποσφαιρίων και της έλλειψης αγλουτινίνης, ειδικά σε χαμηλές θερμοκρασίες. Το γίδινο γάλα επίσης, είναι πλούσιο σε λιπαρά οξέα μικρής και μεσαίας αλυσίδας, όπως το καπροϊκό, το καπρυλικό, το καπρικό και το λαυρικό οξύ, τα οποία αποτελούν το 15%-18% των λιπαρών οξέων του, σε αντίθεση με το 5%-9% που συναντάται στο αγελαδινό γάλα. Αυτά τα λιπαρά οξέα συμβάλλουν στη χαρακτηριστική οσμή του γίδινου γάλακτος και διευκολύνουν την πέψη και απορρόφηση των λιπιδίων(Turkmen, 2017).

Η συνολική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες στο γίδινο γάλα κυμαίνεται από 2,6 έως 4,1 g/l (Lima et al., 2018). Οι κύριες πρωτεΐνες του γίδινου γάλακτος χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τις καζεΐνες που απαντώνται ως αιωρούμενα μικκύλια και τις πρωτεΐνες του ορού. Οι κύριες καζεΐνες είναι οι αs1-καζεΐνη, αs2-καζεΐνη, β-καζεΐνη και κ-καζεΐνη, ενώ οι κύριες πρωτεΐνες του ορού είναι η β-λακτοσφαιρίνη και η α-λακταλβουμίνη οι οποίες ποικίλλουν ποιοτικά και ποσοτικά λόγω του γενετικού πολυμορφισμού των αιγών (Iskender et al., 2018). Άλλες πρωτεΐνες ορού, όπως οι ανοσοσφαιρίνες, η λευκωματίνη του ορού, οι πρωτεοζοπεπτόνες και η λακτοφερρίνη υπάρχουν σε μικρότερες συγκεντρώσεις. Το γίδινο γάλα περιέχει επίσης αρκετές δευτερεύουσες πρωτεΐνες όπως λυσοζύμη, λακτοϋπεροξειδάση και αλβουμίνη ορού. Οι δευτερεύουσες πρωτεΐνες υπάρχουν σε μικρές ποσότητες στο γίδινο γάλα, αλλά μπορούν να απομονωθούν και να καθαριστούν για συγκεκριμένες εφαρμογές. Αυτές οι πρωτεΐνες έχουν διάφορες λειτουργίες, όπως αντιμικροβιακή δράση, καθώς

μπορούν να βοηθήσουν και στη ρύθμιση του ανοσοποιητικού συστήματος (ALKaisy et al., 2023).



Εικόνα 4: Οφέλη από πρωτεΐνες γίδινου γάλακτος και βιοενεργά πεπτίδια (ALKaisy et al., 2023).

Γενικά, το γίδινο γάλα έχει υψηλότερη συνολική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και μη πρωτεϊνικό άζωτο, αλλά χαμηλότερη περιεκτικότητα σε καζεΐνη από το αγελαδινό γάλα (Kondyli et al., 2012). Το γίδινο και το αγελαδινό γάλα περιέχουν παρόμοιες αναλογίες κ-καζεΐνης και αs2-καζεΐνης, αλλά το γίδινο γάλα έχει μεγαλύτερη αναλογία β-καζεΐνης (περίπου 54.8%) από το αγελαδινό γάλα, ενώ η αs1-καζεΐνη είναι η κύρια πρωτεΐνη στο αγελαδινό γάλα (περίπου 38%). Οι διαφορές στη σύνθεση της καζεΐνης του γίδινου γάλακτος έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και σε ορισμένες τεχνολογικές παραμέτρους των γαλακτοκομικών προϊόντων. Η πέψη των πρωτεϊνών του γίδινου γάλακτος είναι ευκολότερη από αυτή των πρωτεϊνών του αγελαδινού γάλακτος, γεγονός που οφείλεται στην ομοιότητα της σύνθεσης καζεΐνης μεταξύ του γίδινου και του ανθρώπινου γάλακτος (Yangilar, 2013). Οι Bevilacqua et al., (2001) μέτρησαν την ευαισθησία σε αγελαδινό και γίδινο γάλα με υψηλή και χαμηλή περιεκτικότητα σε αs1-καζεΐνη σε χοίρους, και παρατήρησαν ότι η ευαισθησία μειώθηκε στους χοίρους που τρέφονταν με γίδινο γάλα χαμηλής περιεκτικότητας σε αs1-καζεΐνη. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι η υποαλλεργική δράση του γίδινου γάλακτος μπορεί να σχετίζεται άμεσα με την υψηλή γενετική πολυμορφία της αs1-καζεΐνης, η οποία προκαλεί χαμηλότερα επίπεδα αυτής

της καζεΐνης στο γίδινο γάλα.Επίσης, έχει αναφερθεί ότι η β- καζεΐνη αποτελεί το μεγαλύτερο κλάσμα της συνολικής καζεΐνης του γιδίνου γάλακτος. Αν και η αS2-καζεΐνη είναι σχετικά υψηλότερη στο γίδινο γάλα, το κλάσμα αS1 του αγελαδινού γάλακτος μόνο είναι υψηλότερο από τα κλάσματα αS1 και αS2-καζεΐνης που υπάρχουν στο γίδινο γάλα. Αυτές οι διαφορές μπορεί να εξηγήσουν την καλύτερη πεπτικότητα και τη χαμηλή συχνότητα αλλεργικών αντιδράσεων στα παιδιά που καταναλώνουν γίδινο γάλα (Yadav et al., 2016).

Επιπλέον, το γίδινο γάλα είναι πλούσιο σε πρεβιοτικούς ολιγοσακχαρίτες, οι οποίοι ευνοούν την ανάπτυξη ωφέλιμων μικροοργανισμών στην εντερική μικροχλωρίδα, αναστέλλουν την προσκόλληση παθογόνων μικροοργανισμών και μειώνουν τη φλεγμονή στο γαστρεντερικό σωλήνα (dos Santos et al., 2023). Οι ολιγοσακχαρίτες παίζουν προστατευτικό ρόλο στα κύτταρα του εντερικού βλεννογόνου από παθογόνους οργανισμούς, ανήκοντας στην ομάδα των bifidusfactors, που προωθούν την ανάπτυξη του *Lactobacillus bifidus* στο εντερικό σύστημα, ειδικά στα νεογνήνα (Turkmen, 2017). Η ποσότητα των ολιγοσακχαριτών στο αιγοπρόβιο γάλα κυμαίνεται από 250 έως 300 mg/ml. Το σιαλικό οξύ, μια γενική ονομασία για το N-ακετυλνευραμινικό οξύ (Neu5Ac) και το N-γλυκολυλνευραμινικό οξύ (Neu5Gc), υπάρχει σε πολλούς από αυτούς τους ολιγοσακχαρίτες και είναι σημαντικά για την προώθηση της ανάπτυξης του εγκεφάλου κατά τη βρεφική ηλικία, μεταξύ άλλων ευεργετικών επιδράσεων. Αν και το γίδινο γάλα είναι η πλουσιότερη πηγή ολιγοσακχαριτών μεταξύ των διαφορετικών τύπων γάλακτος από ζώα εκτροφής, η περιεκτικότητά του είναι σημαντικά χαμηλότερη σε σύγκριση με το ανθρώπινο γάλα. Ωστόσο, από δομική άποψη, μεταξύ των ολιγοσακχαριτών που βρίσκονται σε διαφορετικούς τύπους γάλακτος, οι ολιγοσακχαρίτες του γιδίνου γάλακτος μοιάζουν περισσότερο με τους ολιγοσακχαρίτες του ανθρώπινου γάλακτος. Με βάση τα παραπάνω, οι ολιγοσακχαρίτες αίγας έχουν κερδίσει τον τελευταίο καιρό μεγάλη προσοχή ως πιθανά συμπληρώματα διατροφής ή ως θεραπευτικοί παράγοντες. Ως εκ τούτου, έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες μελέτες προκειμένου να αξιολογηθούν οι επιδράσεις τους στην προαγωγή της ανθρώπινης υγείας. (Lima et al., 2018).

Το γάλα της αίγας περιέχει υψηλότερες ποσότητες διάφορων μεταλλικών στοιχείων όπως Ca, P, K, Mg και Cl και χαμηλότερα επίπεδα Na και S σε σύγκριση με το γάλα των βοοειδών, και συνολικά έχει ελαφρώς αλμυρότερη γεύση. Ο λόγος P_2O_5/CaO του γάλακτος αίγας, ο οποίος θεωρείται διατροφικά σημαντικός, είναι πιο κοντά στο

λόγο του ανθρώπινου γάλακτος από ό,τι στο βοοειδές γάλα. Οι συγκεντρώσεις των κύριων μετάλλων είναι σχετικά σταθερές στο γάλα αιγών, ενώ οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων φαίνεται να επηρεάζονται από τις ατομικές διαφορές των ζώων, τη φυλή, τη διατροφή και το στάδιο της λακτογόνου περιόδου (Ranadheera et al., 2019). Εκτός από το γεγονός ότι το γίδινο γάλα περιέχει υψηλότερες ποσότητες ορισμένων σημαντικών μετάλλων, υπάρχουν μελέτες που δείχνουν ότι η βιοδιαθεσιμότητα ορισμένων από αυτά τα μέταλλα είναι πολύ μεγαλύτερη στο γίδινο γάλα σε σύγκριση με το αγελαδινό γάλα.

Αν και η περιεκτικότητα σε σίδηρο και των δύο γαλάτων είναι σχετικά χαμηλή, η βιοδιαθεσιμότητα του σιδήρου στο γίδινο γάλα είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν του αγελαδινού γάλακτος. Αυτό επιβεβαιώνεται από μία μελέτη η οποία έδειξε ότι η βιοδιαθεσιμότητα του σιδήρου ήταν υψηλότερη στους αρουραίους που τρέφονταν με γίδινο γάλα από τους αρουραίους που τρέφονταν με αγελαδινό γάλα (Sachdeva et al., 2015). Συμπερασματικά, με βάση τα ιδιαίτερα βιολογικά, θρεπτικά και μεταβολικά χαρακτηριστικά, το γίδινο γάλα μπορεί να είναι μια εξαιρετική φυσική τροφή σε περιπτώσεις συνδρόμου δυσασπορρόφησης και να αποτελεί μια διατροφική εναλλακτική λύση για το βόειο γάλα (Lima et al., 2018).

Τέλος, οι βιταμίνες που περιέχει το γίδινο γάλα είναι παρόμοιες με εκείνες του αγελαδινού και του ανθρώπινου γάλακτος. Το γίδινο γάλα είναι μια επαρκής πηγή βιταμίνης Α, θειαμίνης, ριβοφλαβίνης και νιασίνης. Ωστόσο, παρουσιάζει χαμηλά επίπεδα φυλλικού οξέος, καθώς και βιταμίνης Β12, βιταμίνης Ε, βιταμίνης C και βιταμίνης D (Barlowska et al., 2011). Οι αίγες γενικά έχει παρατηρηθεί ότι μετατρέπουν την καροτίνη σε βιταμίνη Α, επομένως το γάλα της αίγας περιέχει υψηλότερα επίπεδα βιταμίνης Α και έχει χαρακτηριστικά πιο λευκό χρώμα από το γάλα του βοοειδούς (Verruck et al., 2019). Η περιεκτικότητα σε βιταμίνη Α μπορεί να είναι η πιο σημαντική διαφορά μεταξύ των βιταμινών του γίδινου και του αγελαδινού γάλακτος, δεδομένου ότι η ανεπάρκεια βιταμίνης Α είναι πολύ συχνή στα παιδιά και ευθύνεται για 1-2 εκατομμύρια θανάτους και μισό εκατομμύριο περιπτώσεις τύφλωσης κάθε χρόνο (Nayik et al., 2022).

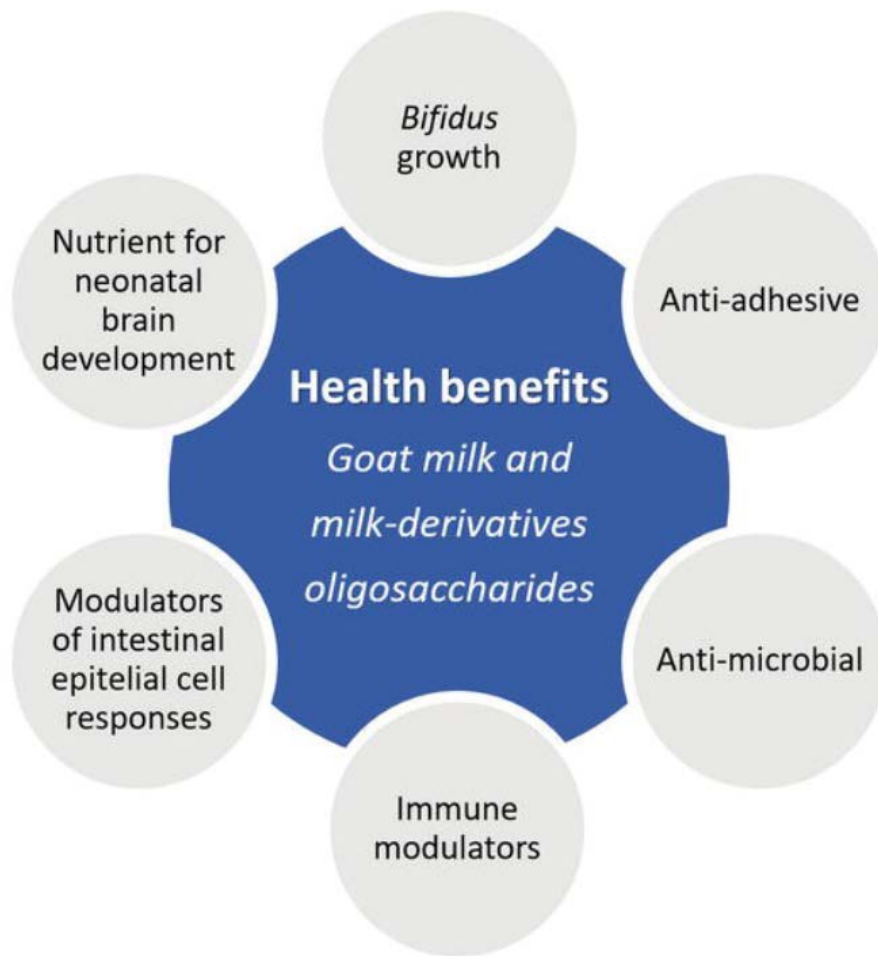
3.2 Διατροφικές και θεραπευτικές αξίες του γίδινου γάλακτος

Το γίδινο γάλα διαφέρει από το αγελαδινό ή το ανθρώπινο γάλα στο ότι έχει καλύτερη πεπτικότητα, αλκαλικότητα, ρυθμιστική ικανότητα και συγκεκριμένες θεραπευτικές αξίες στην ανθρώπινη διατροφή (Ranadheera et al., 2019). Το γίδινο γάλα διευκολύνει τη μακροπρόθεσμη επιβίωση των προβιοτικών λόγω των ευνοϊκών ιδιοτήτων του, όπως το κατάλληλο pH, η καλή ρυθμιστική ικανότητα και η υψηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά, καθιστώντας το τον κύριο προβιοτικό φορέα μεταξύ των μη αγελαδινών γαλακτοκομικών προϊόντων. Το γίδινο γάλα αναγνωρίζεται επίσης ως σημαντική πηγή για την απομόνωση πιθανών προβιοτικών μικροοργανισμών (Rasika et al., 2020).

Η πεπτικότητα του γίδινου γάλακτος μπορεί να αποδοθεί στο τυρόπηγμα καζεΐνης, το οποίο είναι μαλακότερο από αυτό που παράγεται από το αγελαδινό γάλα. Αυτό το καθιστά πιο εύπεπτο και αποδεκτό από το ανθρώπινο πεπτικό σύστημα. Γενικά το γίδινο γάλα έχει αναγνωριστεί ως μια αξιοσέβαστη θρεπτική πηγή. Οι πρωτεΐνες που περιέχονται στο γίδινο γάλα φαίνεται να πέπτονται ταχύτερα από τα ανθρώπινα γαστρεντερικά ένζυμα από ό,τι οι πρωτεΐνες του αγελαδινού γάλακτος (Chávez-Servín et al., 2018). Επιπλέον, η πέψη των πρωτεϊνών του αγελαδινού και του γίδινου γάλακτος μπορεί να οφείλεται στο διαφορετικό pH στο οποίο αρχίζουν να πήζουν οι καζεΐνες στο γίδινο γάλα σε σύγκριση με το αγελαδινό γάλα. Ενώ οι καζεΐνες από το αγελαδινό γάλα αρχίζουν να καθιζάνουν σε pH 4,6, οι καζεΐνες από το γίδινο γάλα απαιτούν χαμηλότερο, δηλαδή pH 4,1. Είναι πιθανό ότι αυτό συμβάλλει σε διαφορές στην πρόσβαση της πεψίνης και στην πέψη του τυροπήγματος καζεΐνης από το γίδινο σε σύγκριση με το αγελαδινό γάλα (Hodgkinson et al., 2018). Πολλοί ερευνητές έχουν αναφέρει ότι το γίδινο γάλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε άτομα με αλλεργία στο αγελαδινό γάλα. Οι καζεΐνες και οι πρωτεΐνες ορού του αγελαδινού γάλακτος, και κυρίως η β-λακτοσφαιρίνη, είναι οι κύριοι υπεύθυνοι για την αλλεργία (A. C. Ribeiro & Ribeiro, 2010). Το γίδινο γάλα έχει επίσης υψηλότερη ικανότητα ρυθμιστικής ικανότητας, που είναι ευεργετική για τη θεραπεία των ελκών (Kondyli et al., 2012). Επιπλέον, ορισμένες μελέτες έχουν προτείνει ότι οι πρωτεΐνες του γίδινου γάλακτος μπορεί να έχουν αντικαρκινικές ιδιότητες, όντας ενδεχομένως αποτελεσματικές στην πρόληψη της ανάπτυξης και εξάπλωσης καρκινικών κυττάρων, με εφαρμογές σε καταστάσεις όπως το άσθμα, η οστεοπόρωση και οι καρδιαγγειακές παθήσεις (ALKaisyetal., 2023).

Εκτός από τις πρωτεΐνες του γίδινου γάλακτος, οι ολιγοσακχαρίτες φαίνεται ότι έχουν θεραπευτικές δυνατότητες. Οι Lara-Villoslada et al., 2006 αξιολόγησαν την επίδραση των ολιγοσακχαριτών του γίδινου γάλακτος σε ένα μοντέλο ποντικών με κολίτιδα προκαλούμενη από θειικό νάτριο δεξτράνης (DSS). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το DSS προκάλεσε μείωση κατά 21% του σωματικού βάρους, η οποία δεν παρατηρήθηκε σε ποντίκια που τρέφονταν με ολιγοσακχαρίτες γίδινου γάλακτος (αύξηση 5,2%). Το DSS προκάλεσε επίσης οξεία φλεγμονώδη αντίδραση στο κόλον, η οποία ήταν πιο ελαφριά στα ποντίκια που τρέφονταν με ολιγοσακχαρίτες γίδινου γάλακτος. Ένα ακόμη σημαντικό αποτέλεσμα ήταν ότι τα ποντίκια που τρέφονταν με ολιγοσακχαρίτες γίδινου γάλακτος εμφάνισαν λιγότερες βλάβες στο κόλον και πιο ευβιωτική εντερική μικροβιακή χλωρίδα. Η εν λόγω έρευνα υποδεικνύει ότι οι ολιγοσακχαρίτες του γίδινου γάλακτος μπορούν να μειώσουν τη φλεγμονή του εντέρου και να συμβάλουν στην αποκατάσταση του κατεστραμμένου εντερικού βλεννογόνου.

Σε άλλη έρευνα, η αντιφλεγμονώδης δράση των ολιγοσακχαριτών του γίδινου γάλακτος διερευνήθηκε σε ποντίκια με κολίτιδα προκαλούμενη από τρινιτροβενζοσουλφονικό οξύ. Μελετήθηκε μια ομάδα ελέγχου και δύο διαφορετικές ομάδες ποντικών με κολίτιδα, μία από τις οποίες τρεφόταν με ολιγοσακχαρίτες γίδινου γάλακτος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το σωματικό βάρος, η ανορεξία, η πάχυνση του εντερικού τοιχώματος και η διαμήκης έκταση των νεκρωτικών βλαβών μειώθηκαν στα ποντίκια που τρέφονταν με ολιγοσακχαρίτες γίδινου γάλακτος. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι ολιγοσακχαρίτες του γίδινου γάλακτος έχουν αντιφλεγμονώδη δράση και πιθανά φανούν χρήσιμοι στην αντιμετώπιση της φλεγμονώδους νόσου του εντέρου (Daddaoua et al., 2006; Lima et al., 2018).



Εικόνα 5. Κύρια οφέλη στην ανθρώπινη υγεία από τους ολιγοσακχαρίτες που υπάρχουν στο γίδινο γάλα και τα παράγωγά του (Lima et al., 2018).

3.2.1 Επιδράσεις στα βρέφη

Παρά την ανεπαρκή περιεκτικότητα σε ορισμένες βιταμίνες και μέταλλα, τα παρασκευάσματα γίδινου γάλακτος με προσαρμοσμένα θρεπτικά συστατικά θα μπορούσαν να αποτελέσουν εναλλακτική λύση στο αγελαδινό γάλα. Δύο μελέτες έχουν διερευνήσει τις επιδράσεις του γίδινου γάλακτος και του αγελαδινού γάλακτος σχετικά με την αύξηση του σωματικού βάρους και την απορρόφηση λίπους σε υγιή και υποσιτιζόμενα βρέφη και παιδιά αντίστοιχα. Όταν τα υποσιτιζόμενα παιδιά (1-5 ετών) λάμβαναν γίδινο ή αγελαδινό γάλα, η αύξηση βάρους και η απορρόφηση λίπους ήταν παρόμοια και στις δύο ομάδες. Το γάλα που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη τροποποιήθηκε ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο πανομοιότυπο όσον αφορά τα θρεπτικά συστατικά, προσθέτοντας βιταμίνες και μέταλλα. Η άλλη μελέτη συνέκρινε την ανάπτυξη υγιών βρεφών που τρέφονταν με γίδινο γάλα ή αγελαδινό

γάλα (με συγκρίσιμη περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά). Το συμπέρασμα ήταν ότι δεν υπήρχαν διαφορές στην ανάπτυξη μεταξύ των δύο ομάδων(Heetal., 2022). Βέβαια, πρέπει να σημειωθεί ότι το γίδινο γάλα δεν περιέχει επαρκή ποσότητα βιταμίνης B12 και ειδικά φυλικού οξέος. Η σίτιση βρεφών μόνο με γίδινο γάλα μπορεί να προκαλέσει «αναιμία από γίδινο γάλα» όπως ονομάζεται, καθώς το φυλικό οξύ είναι απαραίτητο για τη σύνθεση της αιμοσφαιρίνης (η ανεπάρκεια του οποίου προκαλεί αναιμία). Επίσης, η ανεπάρκεια του γίδινου γάλακτος σε βιταμίνες B6, D και ασκορβικού οξέος, συνεπάγεται ότι αυτές οι ελλείπουσες βιταμίνες πρέπει να συμπληρώνονται από άλλες πηγές στη διατροφή των βρεφών έτσι ώστε να είναι πλήρης η διατροφή τους(Turkmen, 2017).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Το γίδινο γάλα ως φορέας προβιοτικών

Η αυξανόμενη ζήτηση για το γίδινογάλα και τα συναφή προϊόντα παγκοσμίως τα καθιστά δημοφιλή στο ευρύ κοινό ως εξειδικευμένα και υγιεινά υποκατάστατα του αγελαδινού γάλακτος στη διατροφή των παιδιών και των ηλικιωμένων. Τα προβιοτικά που περιέχονται σε αυτό μπορεί να παράγουν διάφορες ευχάριστες γευστικές ενώσεις κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, καθώς επηρεάζουν θετικά και την ανθρώπινη υγεία(Balthazar et al., 2018; de Almada et al., 2015). Επιπλέον, η συγκαλλιέργεια με προβιοτικά στελέχη που παράγουν εξωπολυσακχαρίτες μπορεί να βελτιώσει τα χαρακτηριστικά της υφής του τελικού προϊόντος (Prasanna & Charalampopoulos, 2018) και να διατηρήσει τη βιωσιμότητα των προβιοτικών κατά την αποθήκευση του προϊόντος(Prasanna et al., 2014).

Η πλούσια σε θρεπτικά συστατικά φύση του γίδινουγάλακτος το καθιστά κατάλληλο μέσο για μια πληθώρα μικροοργανισμών συμπεριλαμβανομένων των βακτηρίων γαλακτικού οξέος (LAB) *Lactobacillus*sp., *Bifidobacteriasp.*, *Bacillus*sp. (*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* και *Bacillus coagulans*) και των ζυμών. Η μικροχλωρίδα του γάλακτος έχει αναφερθεί ότι βελτιώνει τη θρεπτική και μικροβιολογική του ποιότητα μέσω της παραγωγής αντιμικροβιακών και άλλων μεταβολιτών κατά τη διάρκεια της ζύμωσης. Ως αποτέλεσμα, η μικροχλωρίδα του γάλακτος διερευνάται συνεχώς για στελέχη με πιθανές προβιοτικές ιδιότητες και βιομηχανικές εφαρμογές(Akinyemi et al., 2022).

Πίνακας 2. Προβιοτικά στελέχη που έχουν απομονωθεί από διαφορετικές πηγές γίδινου γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων. Τροποποιημένος από (Rasika et al., 2020).

Τύπος γάλακτος	Πηγή	Μεμονωμένα στελέχη
Γίδα	Κατσικίσιο γάλα Saanen	<i>Lb. Plantarum</i>
	Κατσικίσιο γάλα Βραζιλίας	<i>Lb. mucosae</i>
	Ωμό κατσικίσιο γάλα	<i>Lc. Lactis</i>
		<i>Lb. rhamnosus</i>
	Ωμό κατσικίσιο γάλα	<i>Lb. bulgaricus</i>
		<i>Lb. casei</i>
		<i>Lb. helveticus</i>
	Ωμό κατσικίσιο γάλα	<i>Lb. sakei GM3</i>
	Κατσικίσιο γάλα από	<i>Lb. rhamnosus</i>
	Ettawa και Saanen	<i>Lb. plantarum</i>
	Νωπό κατσικίσιο γάλα και τυρί	<i>Weissella paramesenteroides</i>

Το γίδινο γάλα είναι ο κύριος φορέας προβιοτικών ανάμεσα στα μη αγελαδινής προέλευσης γαλακτοκομικά προϊόντα και πολλές μελέτες απέδειξαν την ικανοποιητική βιωσιμότητα των προβιοτικών στα προϊόντα γίδινου γάλακτος καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσής τους (Ranadheera et al., 2019).

4.2 Οφέλη προβιοτικών για την ανθρώπινη υγεία

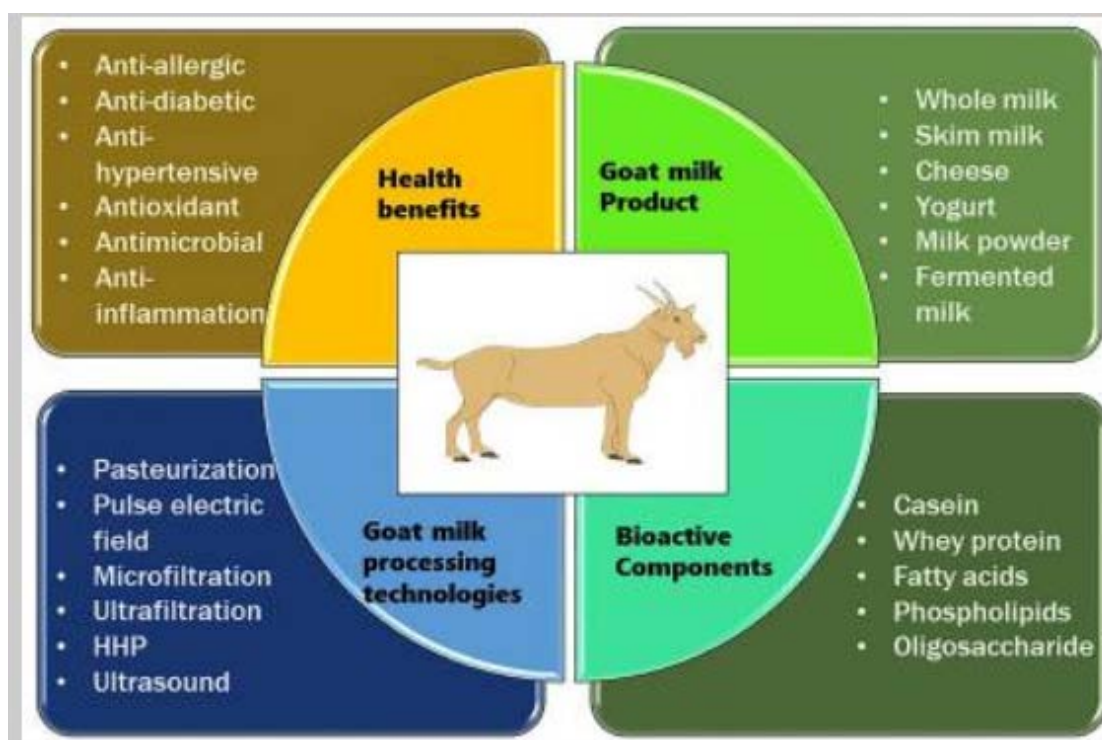
4.2.1 Τα προβιοτικά και η Υγεία

Οι γίδες παράγουν περίπου το 2% της συνολικής ετήσιας παγκόσμιας προσφοράς γάλακτος (S. C. Ribeiro et al., 2018). Πολλά προβιοτικά στελέχη που βρίσκονται και στο γίδινο γάλα καταναλώνονται ευρέως και διατίθενται στο εμπόριο (Ranadheera et al., 2017). Αυτοί οι οργανισμοί πιστώνονται με πολυάριθμα οφέλη για την υγεία, όπως αντιμολυσματικά, αντιμεταλλαξιογόνα και αντικαρκινικά, και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτική λύση στην αντιική θεραπεία και στη μείωση της χοληστερόλης, στη βελτίωση της θρεπτικής αξίας και στην ανακούφιση των συμπτωμάτων της δυσανεξίας στη λακτόζη (Lv et al., 2021).

Ο Metchnikoff περιέγραψε την ισορροπία των μικροβίων ως "σπορά" αβλαβών LAB στον εντερικό σωλήνα που μπορούν να καταστέλλουν την ανάπτυξη επιβλαβών πρωτεολυτικών βακτηρίων. Σήμερα, αυτό εκφράζεται ως η αύξηση των προβιοτικών και μείωση των δυνητικά παθογόνων μικροοργανισμών (Georgieva et al., 2015)

Τα προβιοτικά βακτήρια προσφέρουν ευεργετικές επιδράσεις στον οργανισμό, βελτιώνοντας τις ιδιότητες της φυσικής μικροχλωρίδας και διατηρώντας την ισορροπία της εντερικής μικροχλωρίδας. Τα προβιοτικά ενθαρρύνουν την ανάπτυξη ωφέλιμων μικροοργανισμών και καταστέλλουν τα δυνητικά επιβλαβή βακτήρια, ενισχύοντας έτσι τους φυσικούς αμυντικούς μηχανισμούς του σώματος (Tegegne & Kebede, 2022).

Σημαντικά οφέλη του γίδινου γάλακτος για την ανθρώπινη υγεία παρουσιάζονται στην Εικόνα 6(Nayik et al., 2021).



Εικόνα 6: Βιοδραστικές ενώσεις του γίδινου γάλακτος και οφέλη για την ανθρώπινη υγεία(Nayik et al., 2021).

4.3Ευεργετικές επιδράσεις των προβιοτικών

Είναι γεγονός ότι οι ασθενείς προτιμούν φάρμακα με ελάχιστες ή καθόλου παρενέργειες για τη θεραπεία των παθήσεών τους. Η χρήση προβιοτικών αποτελεί μια τέτοια εναλλακτική, καθώς αποτελούν ζωντανούς, μη παθογόνους μικροοργανισμούς, οι οποίοι θεωρούνται εξαιρετικά ασφαλείς όταν κατατάσσονται στην κατηγορία GRAS, όπως έχει ήδη αναφερθεί.

Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα των προβιοτικών, όπως περιγράφονται στη μελέτη της Georgieva R. κ.α. (2015), περιλαμβάνονται η δυνατότητα αντιμετώπισης τροφικών δυσανεξιών, συμπεριλαμβανομένων των τοπικών εκζεμάτων, η καθυστέρηση των επιπτώσεων της γήρανσης και η ρύθμιση των επιπέδων λιπιδίων του αίματος. Επιπλέον, σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη, τα προβιοτικά μπορούν να βοηθήσουν στην ανακούφιση και πρόληψη διαφόρων καταστάσεων, όπως η δυσανεξία στη λακτόζη, οι αλλεργίες και οι διαρροϊκές ασθένειες. Επίσης συμβάλλουν στη μείωση της συγκέντρωσης χοληστερόλης στον ορό του αίματος, μειώνουν τον κίνδυνο μεταλλαξιογένεσης και καρκινογένεσης, αναστέλλουν την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών και ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα.(ALKaisyetal., 2023).

Αρκετές έρευνες έχουν αναφέρει ότι το γίδινο γάλα είναι λειτουργικό τρόφιμο κάτι που αποδίδεται στο διατροφικό του προφίλ και στη μείωση του κινδύνου από χρόνιες παθήσεις μετά την καθημερινή κατανάλωσή του. Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι η καθημερινή κατανάλωση γίδινου γάλακτος μειώνει την οξεία φλεγμονή, την υπερβολική έκκριση της ιντερλευκίνης IL-6 (IL)-8 και δημιουργεί μια μέτρια προς τα κάτω ρύθμιση της IL-1β και του παράγοντα-α που είναι υπεύθυνος για τη νέκρωση του όγκου σε ανοσοκατεσταλμένους ηλικιωμένους ασθενείς (Verruck et al., 2019). Σε μελέτη αποδείχθηκε ότι η χορήγηση γίδινου γάλακτος αντί γάλακτος αγελάδας είχε ως αποτέλεσμα υψηλότερη παραγωγή χοληστερόλης από τη χολή και μείωση της περιεκτικότητας σε χοληστερόλη στο πλάσμα. Επιπλέον, η κατανάλωση γίδινου γάλακτος μείωσε τις συγκεντρώσεις των τριγλυκεριδίων στο πλάσμα και συνεπώς είχε θετική επίδραση στο μεταβολισμό των λιπιδίων πανομοιότυπη με εκείνη της κατανάλωσης του παρθένου ελαιολάδου(Nayik et al., 2021). Αυτές οι ιδιότητες του γίδινου γάλακτος υποδηλώνουν ότι μπορεί να προστατεύει από διαταραχές που σχετίζονται με υψηλότερα επίπεδα χοληστερόλης, όπως η αθηροσκλήρωση. Επιπρόσθετα φαίνεται να μειώνει τη συσσώρευση ελεύθερων ριζών και ROS, προστατεύοντας έτσι τις κυτταρικές μεμβράνες από βλάβες λόγω οξειδωσης (Kalyan et al., 2018).

Η παρουσία μεγαλύτερης συγκέντρωσης τριγλυκεριδίων μέσης και βραχείας αλυσίδας στο γίδινο γάλα έχει επίσης χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία ατόμων με δυσασπορρόφηση που έχουν χυλουρία, στεατόρροια, εντερική εκτομή, υπερλιποπρωτεϊναιμία, παιδική επιληψία, στεφανιαία παράκαμψη, κυστική ίνωση, πρόωρη σίτιση βρεφών, και πέτρες στη χολή(Nayik et al., 2021).

Τα ευεργετικά αποτελέσματα των προβιοτικών δεν περιορίζονται μόνο στο έντερο, αλλά επεκτείνονται και σε άλλα μέρη του σώματος. Για παράδειγμα, έχει αποδειχθεί ότι τα προβιοτικά έχουν αντιφλεγμονώδη οφέλη όταν χορηγούνται παρεντερικά (ALKaisy et al., 2023).

Μερικές φορές, χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός προβιοτικών, γνωστός ως "κοκτέιλ", που περιλαμβάνει διάφορα στελέχη. Αρκετά από αυτά τα στελέχη μπορούν να αποτρέψουν διάρροιες που προκαλούνται από παθογόνα βακτήρια σε ταξιδιώτες, όπως η *Escherichia coli*, το *Campylobacter jejuni* και η *Shigella* spp. Ένα τέτοιο "κοκτέιλ" μπορεί να περιλαμβάνει στελέχη από τα είδη *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus* GG, *Saccharomyces boulardii*, *Bifidobacterium bifidum* και *Bacillus coagulans*. Επιπλέον, η χρήση *Lactobacillus* και άλλων προβιοτικών σε συνδυασμό με αντιβιοτικά φαίνεται να αποτελεί μια αποτελεσματική θεραπεία για διάφορες διαταραχές της μικροβιακής χλωρίδας (Fijan, 2014).

Πίνακας 3. Προβιοτικοί μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται στην ανθρώπινη διατροφή. Τροποποιημένο από (Ahmad Javanmard, 2018).

<i>Lactobacillus</i>	<i>Bifidobacterium</i>	Βακτήρια Γαλακτικού Οξέος	Άλλοι Μικροοργανισμοί
<i>L. acidophilus</i> (a)	<i>B. adolescentis</i> (a)	<i>Enterococcus faecium</i> (a)	<i>Bacillus clausii</i> (a)
<i>L. amylovorus</i> (b)	<i>B. animalis</i> (a)	<i>Lactococcus lactis</i> (b)	<i>Escherichia coli</i> Nissle 1917(a)
<i>L. casei</i> (a), (b)	<i>B. bifidum</i> (a)	<i>Streptococcus thermophiles</i> (a)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (boulardi) (a)
<i>L. gasseri</i> (a)	<i>B. breve</i> (b)		
<i>L. helveticus</i> (a)	<i>B. infantis</i> (a)		
<i>L. johnsonii</i> (b)	<i>B. longum</i> (a)		
<i>L. pentosus</i> (b)			
<i>L. plantarum</i> (b)			
<i>L. reuteri</i> (a)			
<i>L. rhamnosus</i> (a), (b)			
(a) Κυρίως σε φαρμακευτικά προϊόντα			
(b) Ως προσθετα τροφίμων			

4.4 Απομόνωση στελεχών από το γίδινο γάλα και τα οφέλη τους στην ανθρώπινη υγεία

Το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα συνδέονται συνήθως με προβιοτικά βακτήρια, τα οποία μπορούν να δράσουν ως συμπληρώματα για τη διατήρηση μιας μικροβιακής ισορροπίας του εντέρου. Τα προβιοτικά είναι η ομάδα μικροβίων που μπορεί να βοηθήσει άμεσα στην ενίσχυση της αντίστασης έναντι των παθογόνων του εντέρου και στην πρόληψη ασθενειών (Tambekar & Bhutada, 2019).

Κάποια στελέχη που έχουν ταυτοποιηθεί στο γίδινο γάλα και ανήκουν στο γένος *Lactobacillus* είναι τα: *L. plantarum*, *L. rhamnosus*, *L. pentosus* (Makete et al., 2017). Το *L. plantarum* φαίνεται να αποτελεί το κυρίαρχο LAB που βρέθηκε στο γίδινο γάλα. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης διέφεραν από τα ευρήματα άλλων ερευνητών, καθώς οι περισσότεροι ανέφεραν ότι οι γαλακτόκοκκοι είναι το κυρίαρχο LAB στο γίδινο γάλα (Perin & Nero, 2014; Tormo et al., 2015). Τα απομονωμένα προβιοτικά μπορεί να είναι χρήσιμα για την πρόληψη εντερικών λοιμώξεων όπως διάρροια, δυσεντερία, τύφος, τροφική δηλητηρίαση κ.λπ.

Σε πρόσφατη έρευνα διαπιστώθηκε ότι το *L. Plantarum* εμφάνισε υψηλή παραγωγή εξοπολυσακχαριτών και φυλικού οξέος (160 ng/dl). Επιπλέον βρέθηκε ότι αυτό το στέλεχος μπορεί να συμβάλλει στη μείωση της χοληστερόλης, καθώς η απορρόφησή της ήταν υψηλή (58 mg/dl). Συνεπώς, μπορεί να παίζει πολύ σημαντικό ρόλο λόγω των χαρακτηριστικών του στην πρόληψη καρδιαγγειακών νοσημάτων από την απορρόφηση χοληστερόλης, στην αναγέννηση κυττάρων από την παραγωγή φυλικού οξέος και στο ρόλο του στην παραγωγή DNA και RNA. Το φυλικό οξύ μειώνει επίσης τον κίνδυνο εμφράγματος, άνοιας και εγκεφαλικού επεισοδίου, επειδή επιτρέπει την παραμονή της ομοκυστεΐνης εντός φυσιολογικών τιμών που προκαλούν αθηροσκλήρωση (Tulumoglu et al., 2023).

Σε μελέτη οι da Silva et al., 2019 απομόνωσαν το *L. plantarum* (DF60Mi) το οποίο εμφάνισε καλή αντιμικροβιακή δράση και αναστολή του σχηματισμού βιοφίλμ που σχηματίζεται από το *S. Mutans* ένα μικροοργανισμό που είναι υπεύθυνος για τη δημιουργία τερηδόνας. Επίσης για το *Lactiplantibacillus plantarum* σε άλλη έρευνα βρέθηκαν διαφορετικά επίπεδα βιωσιμότητας σε pH 3,0 και παρουσία 1% χολικών αλάτων, υποδεικνύοντας ότι τα απομονωμένα στελέχη είναι ικανά να επιβιώσουν κάτω από τις δυσμενείς συνθήκες που επικρατούν στο γαστρεντερικό σωλήνα, αποκαλύπτοντας ικανότητες μείωσης της χοληστερόλης καθώς και προβιοτικές ιδιότητες (Islam et al., 2022).

Από συγκριτική μελέτη προβιοτικών προέκυψε ότι τα προβιοτικά βακτηριακά στελέχη *L. plantarum* (MTCC 2621) και *L. rhamnosus* (MTCC 1048) έχουν εξαιρετικά προβιοτικά χαρακτηριστικά σε σύγκριση με τα εμπορικά προβιοτικά

παρασκευάσματα και τα τυπικά προβιοτικά βακτηριακά στελέχη. Τα προβιοτικά γίδινου γάλακτος και οι βακτηριοσίνες τους εμφάνισαν ισχυρή αντιμικροβιακή δράση σε σύγκριση με το εμπορικά διαθέσιμο προβιοτικό παρασκεύασμα. Η μελέτη έδειξε ότι αυτά τα απομονωμένα προβιοτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο γάλα για την αποκατάσταση και διατήρηση της φυσιολογικής μικροβιακής χλωρίδας του εντέρου και πρόληψη ανεπιθύμητων ενεργειών των αντιβιοτικών (Tambekar & Bhutada, 2019).

Το στέλεχος *L. rhamnosus* απομονώθηκε επιτυχώς από το νωπό γάλα αιγών Japanese-Saanen μια διασταύρωση ιαπωνικών εγχώριων φυλών και φυλών Saanen. Αυτά τα στελέχη παρουσίασαν αντιμικροβιακές δράσεις συγκρίσιμες με εκείνες του *Lactobacillus rhamnosus* (LGG), ενός καθιερωμένου εμπορικού προβιοτικού στελέχους. Τα αποτελέσματα όλων των *in vitro* αξιολογήσεων ασφάλειας επιβεβαίωσαν την ασφαλή χρήση τους στη βιομηχανία τροφίμων, όπως στην τυροκομία (Tanaka et al., 2023).

Επίσης τα *Lactobacillus paracasei* και *Lactobacillus brevis* που απομονώθηκαν από γίδινο γάλα εμφάνισαν αντιβακτηριακή δράση κατά της *Salmonella typhimurium* καθώς και όταν ενσωματώθηκαν στο κατσικίσιο τυρί βιοτεχνίας. Έτσι, αυτές οι καλλιέργειες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την αναστολή της ανάπτυξης του πληθυσμού της σαλμονέλας στα γαλακτοκομικά προϊόντα που παρασκευάζονται από γίδινο γάλα, συμβάλλοντας στην αύξηση της λειτουργικής αξίας του προϊόντος (Ferrari et al., 2016). Επίσης η μεγάλη παραγωγή εξωπολυσακχαριτών (EPS) από τα στελέχη αυτά θα μπορούσε ενδεχομένως να παίζει ρόλο στην εντερική ομοιοστάση μέσω της ειδικής αλληλεπίδρασης με τα εντερικά επιθηλιακά κύτταρα. Ωστόσο, το κύριο μειονέκτημα που περιορίζει την εκμετάλλευσή τους στη γαλακτοβιομηχανία είναι η χαμηλή απόδοση του προϊόντος (Prasanna et al., 2014).

Μία ακόμα μελέτη αναφέρει ότι η βακτηριοκίνη GM3 που λαμβάνεται από το *L. sakei* που απομονώθηκε από γίδινο γάλα εμφανίζει ισχυρή ανασταλτική δράση έναντι σημαντικών παθογόνων που μεταδίδονται από τα τρόφιμα όπως το *P. aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella*. Ο *L. sakei* GM3 βρέθηκε να είναι ένα πολλά υποσχόμενο υποψήφιο προβιοτικό, επειδή παρουσίασε επιθυμητά χαρακτηριστικά όπως η αντοχή στα οξέα. Επομένως, το στέλεχος *L. sakei* και πιο ειδικά η

βακτηριοκίνηGM3 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προβιοτικό συμπλήρωμα τροφής (DeviAvaiyaraset al., 2016).

Ένα ακόμα στέλεχος που απομονώθηκε από το γίδινο γάλα είναι το *Lb. mucosae*. Η έρευνα έδειξε ότι παρουσίασε αξιοσημείωτα υψηλό ποσοστό επιβίωσης υπό γαστρικές συνθήκες, καθώς και χαρακτηριστικά κατάλληλα για την παρασκευή τυριού, όπως η ικανότητα πήξης του γάλακτος, καλό προφίλ οξίνισης και καλή πρωτεολυτική δραστηριότητα. Θα πρέπει να γίνουν περαιτέρω μελέτες για να επιβεβαιωθούν αυτά τα *invitro* ευρήματα και να διερευνηθούν οι πρόσθετες ιδιότητές του που σχετίζονται με την υγεία των ξενιστών (de Moraes et al., 2017).

Στη συνέχεια, ένα ακόμα στέλεχος των LAB το *Lactococcus lactis* (DF04Mi) απομονώθηκε από το γίδινο γάλα. Παρουσίασε καλή γαστρική και εντερική αντίσταση σε προσομοιωμένες συνθήκες που απεικόνιζαν τον γαστρεντερικό σωλήνα (GIT). Επιπλέον δεν παρουσίασε χαρακτηριστικά λοιμογόνου δράσης. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι η αντιμικροβιακή δράση που επέδειξε έναντι του *S. mutans*, ενός υποτροπιάζοντος μικροοργανισμού σε παθολογίες του στόματος (κυρίως τερηδόνας) ήταν σημαντική και μπορεί να προάγει τη στοματική υγεία. Άλλοι ερευνητές ανέφεραν ορισμένα προβιοτικά βακτήρια γαλακτικού οξέος με αντιμικροβιακή δράση και αναστολή του σχηματισμού βιοφίλμ που σχηματίζεται από τον *S. mutans*. Ωστόσο, άλλες *invitro* και κλινικές μελέτες έχουν παρουσιάσει διφορούμενα αποτελέσματα σχετικά με τα οφέλη ή τους κινδύνους που σχετίζονται με την πρόληψη της τερηδόνας μέσω της χρήσης προβιοτικών βακτηρίων γαλακτικού οξέος. Σε κάθε περίπτωση χρειάζεται να διεξαχθούν περαιτέρω μελέτες (da Silva et al., 2019). Τέλος, μία μελέτη έδειξε ότι όταν απομονώθηκε ο *Lactococcus lactis* και η βακτηριοκίνη του εμπόδισαν την ανάπτυξη της *Listeria monocytogenes* σε χαμηλές συγκεντρώσεις και είχαν ισχυρή αντιβακτηριακή ικανότητα. Το στέλεχος LAB που παράγουν βακτηριοσίνη βρέθηκε να έχει δραστηριότητα β-γαλακτοσιδάσης, η οποία συμβάλλει θετικά στη δυσανεξία στη λακτόζη. Επιπλέον, το στέλεχος βρέθηκε ότι είναι μη αιμολυτικό και ασφαλές για τον άνθρωπο. Οι προβιοτικές αυτές ιδιότητες καθιστούν αυτό το στέλεχος πολλά υποσχόμενο έναντι παθογόνων βακτηρίων. Σε αυτό το πείραμα αποδείχθηκε ότι το στέλεχος αυτό μπορεί να αναστείλει κοινά παθογόνα βακτήρια που μεταδίδονται μέσω των τροφίμων, επέδειξε ανοχή στο περιβάλλον του γαστρεντερικού σωλήνα και είχε καλή ικανότητα προσκόλλησης μεταξύ άλλων χαρακτηριστικών (Yanget al., 2023).

Μερικά από τα είδη του γένους *Bacillus* αναγνωρίζονται ως ασφαλή και είναι γνωστά προβιοτικά. Τα *Bacillus* spp. σχετίζονται στενά με τα *Lactobacillus* spp., καθώς και τα δύο κατηγοριοποιούνται στο ίδιο πεδίο. Τα στελέχη *Bacillus* επιδεικνύουν σταθερότητα έναντι σκληρών συνθηκών λόγω του σχηματισμού σπορίων (Lee et al., 2019), τα οποία μπορούν στη συνέχεια να βλαστήσουν και να ασκήσουν προβιοτικές δραστηριότητες στον γαστρεντερικό σωλήνα. Λαμβάνοντας υπόψη τις ευεργετικές ιδιότητες του *B. subtilis*, μπορεί να χαρακτηριστεί ως πιθανό υποψήφιο προβιοτικό (Kim et al., 2014). Μία μελέτη αποκάλυψε ότι το *B. subtilis* GM1, που απομονώθηκε από γίδινο γάλα, παρουσίαζε πιθανά προβιοτικά χαρακτηριστικά. Άλλες *in vitro* και *in vivo* ιδιότητες αυτού του στελέχους, όπως η ενζυματική δράση, η συσσωμάτωση, η αντιμικροβιακή δράση, ο σχηματισμός βιοφίλμ, η μείωση της χοληστερόλης και τα ζωικά μοντέλα πρέπει να αξιολογηθούν στο μέλλον για την τελική απόφαση σχετικά με την εφαρμογή του ως προβιοτικό στέλεχος και τα οφέλη του στην ανθρώπινη υγεία (Daneshazari et al., 2023).

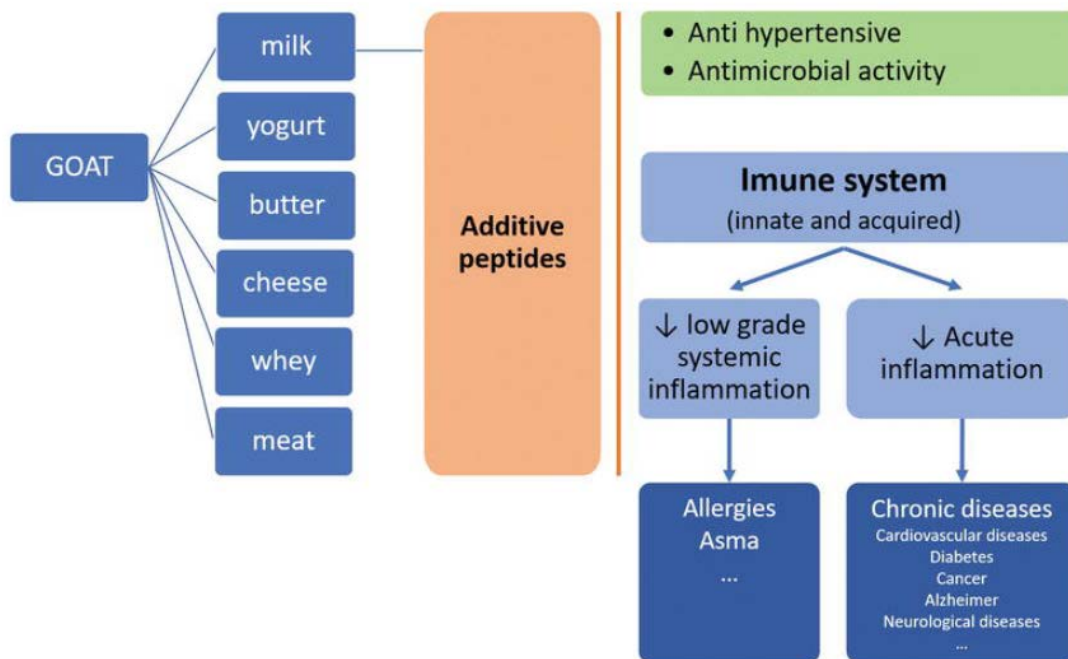
Φαινομενικά, οι εντερόκοκκοι διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο σε διάφορα τρόφιμα που έχουν υποστεί ζύμωση, συμπεριλαμβανομένων των γαλακτοκομικών και φυτικών προϊόντων μέσω της πρωτεόλυσης, της λιπόλυσης, της παραγωγής εξωπολυσακχαριτών και της διάσπασης των κιτρικών (Sarkar et al., 2020). Μερικοί εντερόκοκκοι παράγουν ένα ευρύ φάσμα βακτηριοκινών που ονομάζονται εντεροκίνες, που θεωρείται ότι χρησιμοποιούνται ως φυσικά πρόσθετα για τη συντήρηση των τροφίμων επεκτείνοντας τη διάρκεια ζωής τους και αναστέλλοντας τον πολλαπλασιασμό των βακτηρίων στα τρόφιμα (Ben Braïek et al., 2017). Μια έρευνα έδειξε ότι δύο στελέχη *Enterococcus faecalis* που απομονώθηκαν από το γίδινο γάλα ήταν πολλά υποσχόμενα. Οι βακτηριοσίνες που παράγονται από αυτά τα στελέχη εμπόδισαν την ανάπτυξη της *Listeria monocytogenes* σε χαμηλές συγκεντρώσεις και είχαν ισχυρή αντιβακτηριακή ικανότητα και καλή ανοχή στο γαστρεντερικό υγρό, καθώς και καλή προσκόλληση στο έντερο. Τα στελέχη ήταν μη αιμολυτικά και ευαίσθητα στην αμπικιλίνη και τη στρεπτομυκίνη. Επιπλέον, επέδειξαν ανθεκτικότητα σε περιβάλλοντα με χολικά άλατα. Επίσης, τα αποτελέσματα τομών εντερικού ιστού και ηπατικού ιστού ποντικών έδειξαν ότι η λήψη των βακτηριοκινών του *Enterococcus faecalis* από τους αρουραίους βοήθησε στην πιο πυκνή διάταξη των εντερικών λαχνών, καθώς και στην αύξηση του μήκους

τους σε σύγκριση με αυτό της ομάδας ελέγχου, γεγονός που δείχνει ότι οι βακτηριοσίνες αυτές δεν είχαν αρνητική επίδραση στον εντερικό σωλήνα των αρουραίων, αλλά αντίθετα επέδειξαν ότι συμβάλλουν στη βελτίωσή του εντερικού φραγμού των αρουραίων (Yang et al., 2023). Τέλος, ο *Enterococcus hirae* μπορεί να παράγει ένα αντιμικροβιακό προϊόν που αναστέλλει τους παθογόνους οργανισμούς. Η απομονωμένη *E. hirae* G24 εμφάνισε όλες τις ιδιότητες που απαιτούνται για ένα καλό προβιοτικό, όπως ανοχή σε υψηλά άλατα, χαμηλό pH, συγκεντρώσεις χολικών αλάτων, ανθεκτικότητα στις φαινόλες και ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά. Έτσι, ο *E. hirae* G24 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προβιοτικό για την προστασία και την τόνωση της υγείας των ανθρώπων. Αυτό το προβιοτικό στέλεχος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε γαλακτοκομικές βιομηχανίες καθώς και για θεραπευτικούς σκοπούς (Rajput & Dubey, 2020).

Τα αποτελέσματα πολλών ερευνών σχετικά με τις προβιοτικές ιδιότητες και τους εξωκυτταρικούς μεταβολίτες των στελεχών προβιοτικών ζυμομυκήτων έχουν δείξει το σημαντικό ρόλο τους στις βιομηχανίες τροφίμων και φαρμάκων (Gao et al., 2021; Menezes et al., 2020). Οι ζύμες εμφανίζουν μοναδικές προβιοτικές ιδιότητες, όμως δεν υπάρχουν αναφορές σχετιζόμενες με το γίδινο γάλα (Menezes et al., 2020; J. Wang et al., 2020). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα μελέτης, το στέλεχος *P. kudriavzevii* YGM091 που απομονώθηκε από γίδινο γάλα που έχει υποστεί ζύμωση είναι μια ασφαλής πιθανή προβιοτική ζύμη (Tran et al., 2023).

4.5 Προϊόντα γίδινου γάλακτος και τα οφέλη τους στην ανθρώπινη υγεία

Το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα αποτελούν σημαντική θρεπτική και λειτουργική πηγή τροφής για τους ανθρώπους. Είναι διαδεδομένο ότι πολλοί άνθρωποι καταναλώνουν γαλακτοκομικά προϊόντα από γίδινο γάλα και τα προτιμούν από τα αντίστοιχα προϊόντα αγελαδινού γάλακτος. Μια ποικιλία προϊόντων γάλακτος όπως γιαούρτι, βούτυρο, τυρί, παγωτό, συμπυκνωμένο γάλα, κ.ά. παράγονται από το γάλα γαλακτοκομικών ζώων συμπεριλαμβανομένης της αίγας (Pal et al., 2017).



Εικόνα 7. Γίδινο γάλα και γαλακτοκομικά προϊόντα με τις σημαντικότερες επιπτώσεις στην υγεία των καταναλωτών τους(Lima et al., 2018).

Τα γίδινα γαλακτοκομικά προϊόντα θεωρούνται τα πιο εμπορεύσιμα γαλακτοκομικά προϊόντα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα διάφορα χαρακτηριστικά του γίδινου γάλακτος να προσελκύουν σημαντική ερευνητική προσοχή αυτή τη στιγμή.

Το τυρί από γίδινο γάλα είναι ένα από τα πιο δημοφιλή γαλακτοκομικά προϊόντα παγκοσμίως. Οι κύριες συνιστώσες γεύσης στο τυρί προκύπτουν από το μεταβολισμό αμινοξέων, σακχάρων, λιπαρών οξέων και άλλων ενώσεων. Αυτά τα τυριά περιέχουν φυσικά προβιοτικά, όπως στελέχη των *Lactococcus lactis* και *L. plantarum*, τα οποία έχουν προβιοτικές δράσεις. Η προσθήκη προβιοτικών στελεχών στα γαλακτοκομικά προϊόντα από γίδινο γάλα συχνά οδηγεί σε βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών τους(Ranadheera et al., 2019).

Το λευκό γίδινο τυρί σε γάλα άλμης, που παρασκευάζεται με *Lactobacillus casei* και *Lactobacillus bulgaricus* έχει την υψηλότερη ανασταλτική και αντιοξειδωτική δράση (Kocak et al., 2020). Το ακατέργαστο εκχύλισμα πρωτεΐνης που προέρχεται από ορό γίδινου γάλακτος έχει τη δυνατότητα να δρα ως βακτηριοστατική, και κυτταροτοξική ένωση για την καταστροφή των καρκινικών κυττάρων και ως ένα ισχυρό αντιοξειδωτικό (Medeiros et al., 2018). Επίσης, οι προληπτικές δράσεις του

γίδινουγάλακτος και του γίδινου γιαουρτιού στην εντερική βλάβη που προκαλείται από το οξικό οξύ είναι παρόμοιες με εκείνες της σουλφασαλαζίνης, υποδηλώνοντας ότι το γίδινο γάλα και το γίδινο γιαούρτι θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως λειτουργικά τρόφιμα έναντι της φλεγμονώδους νόσου του εντέρου (de Assis et al., 2016).

Επιπλέον, οι αντιφλεγμονώδεις δράσεις των λιπιδίων στα γίδινα προϊόντα έχουν μελετηθεί σε παραδοσιακά ελληνικά τυριά όπως το Λαδοτύρι και το Κεφαλοτύρι (Tsorotioti et al., 2014), και τα λιπιδικά κλάσματα και των δύο ειδών τυριού εμφάνισαν ανασταλτική δράση προς την συσσωμάτωση αιμοπεταλίων. Περαιτέρω ανάλυση των λιπιδικών κλασμάτων και στα δύο τυριά, με χρωματογραφία λεπτής στιβάδας, έδειξε ότι τα πιο βιολογικά ενεργά λιπιδικά κλάσματα περιείχαν λιπιδικά παράγωγα σφιγγομυελίνης, φωσφατιδυλοχολίνης και φωσφατιδυλαιθανολαμίνης.

Η παρασκευή προβιοτικώνγιαούρτιων απόγίδινο γάλα που να έχουν ιδιότητες πήξης παρόμοιες με αυτές των αντίστοιχων προϊόντων από αγελαδινό γάλα είναι πρόκληση, λόγω του φυσικά χαμηλού περιεχομένου α1-καζεΐνης στο γίδινογάλα και των περιοδικών διακυμάνσεων στη σύνθεσή του. Ωστόσο, διάφορες προσεγγίσεις όπως η προσθήκη σταθεροποιητών, η αύξηση του περιεχομένου στερεών ουσιών του γάλακτος, η χρήση συγκεκριμένων προβιοτικών και εκκινητικών καλλιιεργειών που παράγουν εξωπολυσακχαρίτες, η υψηλή πίεσηομογενοποίησης, καθώς και η επεξεργασία του γάλακτος με το ένζυμο τρανσγλουταμινάση, μπορούν να διευκολύνουν την παρασκευή γιαουρτιών από γάλα αίγας με προβιοτικά(Miocinovic et al., 2016).Σε μελέτη παρατήρησαν ότι η κατανάλωση γιαουρτιού απόγίδινο γάλα (300 γραμμάρια την ημέρα για 6 εβδομάδες) οδήγησε σε βελτίωση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα και της αντιοξειδωτικής κατάστασης σε ασθενείς με διαβήτη τύπου 2 (Ranadheera et al., 2019).

Οι πρωτεΐνες που υπάρχουν στογίδινο γιαούρτι έχει αποδειχθεί ότι δρουν ως πρόδρομες αντιμικροβιακέςπεπτιδικές ενώσεις, βελτιώνοντας έτσι την ικανότητα της φυσικής άμυνας στα εισβάλλοντα παθογόνα (Lima et al., 2018). Μια εργασία των Padaga & Fatchiyah, 2013 καταδεικνύει την παρουσία της καζεΐνης Alpha-S2 στο γίδινο γάλα και το γιαούρτι Ethawah. Αυτή η πρωτεΐνη περιέχει οκτώ βιοενεργά πεπτίδια, με διαφορετικά αποτελέσματα, όπως αντιστεοπορωτικάκαι αντιφλεγμονώδη, τα οποία δεν βρέθηκαν στο φρέσκο γάλα αγελάδας (Rohmah et al.,

2015). Πρόσφατα, οι Triprisila et al., 2016 ανέφερε την επίδραση της αντιμικροβιακής δράσης από την πρωτεΐνη CSN1S2 ως μέλος της πρωτεΐνης καζεΐνης από γίδινο γάλα και γιαούρτη από γάλα φυλής Ethawah έναντι παθογόνων θετικών κατά Gram βακτηρίων (*Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, και *Bacillus cereus*) και Gram-αρνητικών βακτηρίων (*Escherichia coli*, *Salmonella typhi* και *Shigella flexneri*). Τα αποτελέσματα της εν λόγω έρευνας έδειξαν μεγαλύτερη ανασταλτική δράση στα θετικά κατά Gram βακτήρια παρά στα αρνητικά κατά Gram βακτήρια (Triprisila et al., 2016).

Ένα μειονέκτημα του γιδίνου γάλακτος αποτελεί η σχεδόν ανύπαρκτη περιεκτικότητα σε φυλικό οξύ, το οποίο βέβαια μπορεί να αντιμετωπιστεί σε προϊόντα ζύμωσης χρησιμοποιώντας βακτήρια που παράγουν φυλικό οξύ κατά τη διάρκεια της ζύμωσης. Για παράδειγμα, σε αντίστοιχη μελέτη χρησιμοποίησαν ένα μείγμα των *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* για τη ζύμωση του γιδίνου γάλακτος, με αποτέλεσμα να παραχθεί γιαούρτη εμπλουτισμένο με σημαντικές ποσότητες φυλικού οξέος και να διαθέτει καλά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Pal et al., 2017).

Η παραγωγή προβιοτικού παγωτού από γίδινο γάλα είναι πιο προβληματική σε σύγκριση με τα ζυμωμένα γάλατα και τα τυριά, καθώς οι προβιοτικοί μικροοργανισμοί μπορεί να χάσουν τη ζωτικότητα τους σε παγωμένα προϊόντα. Η μείωση της ζωτικότητας αυτών των προβιοτικών βακτηρίων οφείλεται στην ανάπτυξη της οξύτητας, στις βλάβες που προκαλούνται από το πάγωμα καθώς και από την ομογενοποίηση κατά την ανάμειξη των συστατικών. Ωστόσο, υπάρχουν πλέον βελτιωμένες τεχνολογίες για την παρασκευή παγωτού που προσδίδουν ικανοποιητικά επίπεδα προβιοτικών βακτηρίων (Afzaal et al., 2019). Είναι επίσης σημαντικό να επιλεγούν προβιοτικές καλλιέργειες που δεν επηρεάζουν τις συνολικές παραμέτρους ποιότητας, όπως οι χαρακτηριστικές ιδιότητες τήξης και η υφή, καθώς και οι οργανοληπτικές ιδιότητες του παγωτού.

Η ποικιλία των διαθέσιμων γαλακτοκομικών προϊόντων από γίδινο γάλα που περιέχουν προβιοτικά είναι σημαντικά λιγότερη από αυτήν των γαλακτοκομικών προϊόντων από αγελαδινό γάλα. Ένας τομέας ιδιαίτερα αξιόλογος για περαιτέρω ανάπτυξη είναι η χρήση φρέσκου γιδίνου γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων

του, ως πηγές ιδιαίτερα ωφέλιμων προβιοτικών μικροοργανισμών για χρήση και βελτίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. Συμπεράσματα

Τα προβιοτικά είναι ζωντανοί μικροοργανισμοί που, όταν χορηγούνται σε επαρκείς ποσότητες, προσφέρουν σημαντικά οφέλη για την υγεία του ξενιστή. Οι μικροοργανισμοί αυτοί ανήκουν κυρίως στα γένη *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, και *Enterococcus*. Οι προβιοτικοί μικροοργανισμοί δρουν μέσω διαφόρων μηχανισμών, οι οποίοι τους επιτρέπουν να ανταγωνίζονται με άλλους μικροοργανισμούς και να ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα. Η ικανότητα των προβιοτικών να ενισχύουν την ανθρώπινη υγεία μέσω της ενίσχυσης του ανοσοποιητικού συστήματος και της βελτίωσης του γαστρεντερικού σωλήνα έχει προκαλέσει ενδιαφέρον σε παγκόσμια κλίμακα. Αυτό έχει οδηγήσει στην έρευνα για νέα στελέχη βακτηρίων γαλακτικού οξέος με προβιοτικές ιδιότητες. Τα βασικά κριτήρια που πρέπει να πληροί ένα βακτήριο για να θεωρείται προβιοτικό περιλαμβάνουν την αντοχή σε όξινο περιβάλλον (pH < 3) για 2-3 ώρες, την αντοχή σε υψηλά επίπεδα χολικών αλάτων και την ικανότητά του να ανταγωνίζεται την υφιστάμενη μικροχλωρίδα (Islam et al., 2022).

Σύμφωνα με τις περισσότερες έρευνες, τα προβιοτικά θεωρούνται "Γενικά Αναγνωρισμένα ως Ασφαλή (GRAS)" και επωφελούν τα υγιή άτομα. Ωστόσο, όταν πρόκειται για ασθενείς με εξασθενημένο ανοσοποιητικό σύστημα και προβλήματα εντέρου, απαιτείται προσοχή στην επιλογή των προβιοτικών. Οι συνήθεις ανεπιθύμητες ενέργειες που παρατηρούνται περιλαμβάνουν σήψη, μυκηταιμία και ισχαιμία του γαστρεντερικού σωλήνα. Αν και τα προβιοτικά θεωρούνται γενικά ασφαλή, προτείνεται η προσεκτική αξιολόγηση της σχέσης κινδύνου-οφέλους πριν από τη χορήγησή τους (Gao et al., 2021).

Πολλές έρευνες έχουν επιβεβαιώσει ότι τα προβιοτικά έχουν θετικά αποτελέσματα για την υγεία, καθώς αποκαθιστούν τη φυσική ισορροπία της εντερικής μικροβιακής κοινότητας. Αυτή η ισορροπία μπορεί να διαταραχθεί από διάφορες αιτίες, όπως ασθένειες, χρήση φαρμάκων όπως αντιβιοτικά, υποσιτισμός, ή σοβαρός στρες. Η ανισορροπία αυτή σχετίζεται στενά με τη γενική υγεία του ατόμου, συμπέρασμα που

υποστηρίζεται από πληθώρα επιστημονικών μελετών. Ενώ τα προβιοτικά δρουν κυρίως στο παχύ έντερο, η κατανάλωσή τους σε επαρκείς ποσότητες φαίνεται να επηρεάζει θετικά και άλλα μέρη του σώματος λόγω των μεταβολιτών που παράγουν στο έντερο (ALKaisy et al., 2023).

Το γίδινο γάλα προσφέρει μοναδικά οφέλη για την υγεία, αναγνωρίζεται ως ένα από τα πλέον ενδιαφέροντα λόγω των φυσικοχημικών και διατροφικών του χαρακτηριστικών. Μάλιστα, θεωρείται ότι αποτελεί το πλησιέστερο στη φύση προϊόν σε σχέση με το ανθρώπινο γάλα. Το γίδινο γάλα περιέχει επίσης σημαντικά θρεπτικά συστατικά, όπως πρωτεΐνες υψηλής βιολογικής αξίας, ολιγοσακχαρίτες, μεταλλικά στοιχεία και βιταμίνες που μοιάζουν με αυτά του ανθρώπινου κατατάσσοντάς το ως μια θρεπτική εναλλακτική λύση.

Πολλές ποικιλίες βακτηρίων γαλακτικού οξέος (LAB) εξάγονται από το φρέσκο γάλα της αίγας, μερικές από τις οποίες διαθέτουν σημαντική αντιμικροβιακή δράση και συμβάλλουν στην προστασία της υγείας του ανθρώπου (Yang et al., 2023). Για να θεωρηθούν νέα στελέχη LAB ως δυνητικά προβιοτικά, χρησιμοποιούνται ποικίλα κριτήρια, συμπεριλαμβανομένης της ανοχής τους σε οξύ περιβάλλον και υψηλά επίπεδα χολής. Αυτά τα στελέχη ανήκουν σε διάφορα γένη, όπως τα *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Bacillus*, και διάφορες ζύμες (da Silva et al., 2019). Παρά τις ελπιδοφόρες προοπτικές των απομονωμένων στελεχών από το γίδινο γάλα, υπάρχει ανάγκη για μια ολοκληρωμένη επισκόπηση των θρεπτικών και λειτουργικών τους ιδιοτήτων. Μια τέτοια ανασκόπηση θα διευκόλυνε τον εντοπισμό περιοχών για περαιτέρω έρευνα και θα βελτίωνε την κατανόησή μας για τα πιθανά οφέλη της κατανάλωσης προβιοτικών που προέρχονται από το γίδινο γάλα για την υγεία και τη διατροφή του ανθρώπου.

Τέλος, εκτός από την κατανάλωση του γίδινου γάλακτος, τα προϊόντα που παράγονται από αυτό, όπως το τυρί και το γιαούρτι, αποτελούν επίσης εξαιρετικές πηγές προβιοτικών. Τα προβιοτικά που περιέχονται σε αυτά τα προϊόντα μπορούν να βελτιώσουν τα χαρακτηριστικά τους, όπως η υφή και η γεύση αλλά και να προσδώσουν ωφέλιμες ιδιότητες για τον άνθρωπο.

Συνοψίζοντας, το γίδινο γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα του αποτελούν σημαντικές θρεπτικές και λειτουργικές πηγές τροφής για τους ανθρώπους. Η πλούσια

περιεκτικότητα σε προβιοτικά και τα μοναδικά διατροφικά χαρακτηριστικά τους τα καθιστούν πολύτιμα για την υγεία και την ευεξία.

Βιβλιογραφία

- Afzaal, M., Saeed, F., Arshad, M. U., Nadeem, M. T., Saeed, M., & Tufail, T. (2019). The Effect of Encapsulation on The Stability of Probiotic Bacteria in Ice Cream and Simulated Gastrointestinal Conditions. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 11(4), 1348–1354. <https://doi.org/10.1007/s12602-018-9485-9>
- Ağagündüz, D., Yılmaz, B., Şahin, T. Ö., Güneşliol, B. E., Ayten, Ş., Russo, P., Spano, G., Rocha, J. M., Bartkiene, E., & Özogul, F. (2021). Dairy lactic acid bacteria and their potential function in dietetics: The food–gut–health axis. *Foods*, 10(12), 1–33. <https://doi.org/10.3390/foods10123099>
- Ahire, J. J., Jakkamsetty, C., Kashikar, M. S., Lakshmi, S. G., & Madempudi, R. S. (2021). In Vitro Evaluation of Probiotic Properties of Lactobacillus plantarum UBLP40 Isolated from Traditional Indigenous Fermented Food. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 13(5), 1413–1424. <https://doi.org/10.1007/s12602-021-09775-7>
- Akinyemi, M. O., Ogunremi, O. R., Adeleke, R. A., & Ezekiel, C. N. (2022). Probiotic Potentials of Lactic Acid Bacteria and Yeasts from Raw Goat Milk in Nigeria. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 163–180. <https://doi.org/10.1007/s12602-022-10022-w>
- ALKaisy, Q. H., Al-Saadi, J. S., AL-Rikabi, A. K. J., Altemimi, A. B., Hesarinejad, M. A., & Abedelmaksoud, T. G. (2023). Exploring the health benefits and functional properties of goat milk proteins. *Food Science and Nutrition*, 11(10), 5641–5656. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3531>
- Balthazar, C. F., Pimentel, T. C., Ferrão, L. L., Almada, C. N., Santillo, A., Albenzio, M., Mollakhalili, N., Mortazavian, A. M., Nascimento, J. S., Silva, M. C., Freitas, M. Q., Sant’Ana, A. S., Granato, D., & Cruz, A. G. (2017). Sheep Milk: Physicochemical Characteristics and Relevance for Functional Food Development. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(2), 247–262. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12250>
- Balthazar, C. F., Silva, H. L. A., Esmerino, E. A., Rocha, R. S., Moraes, J., Carmo, M. A. V., Azevedo, L., Camps, I., K.D Abud, Y., Sant’Anna, C., Franco, R. M., Freitas, M. Q., Silva, M. C., Raices, R. S. L., Escher, G. B., Granato, D., Senaka Ranadheera, C., Nazarro, F., & Cruz, A. G. (2018). The addition of inulin and Lactobacillus casei 01 in sheep milk ice cream. *Food Chemistry*, 246, 464–472. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.002>
- Barłowska, J., Szwajkowska, M., Litwińczuk, Z., & Król, J. (2011). Nutritional Value and Technological Suitability of Milk from Various Animal Species Used for Dairy Production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(6), 291–302. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00163.x>
- Bäuerl, C., Abitayeva, G., Sosa-Carrillo, S., Mencher-Beltrán, A., Navarro-Lleó, N., Coll-Marqués, J. M., Zúñiga-Cabrera, M., Shaikhin, S., & Pérez-Martinez, G. (2019). P40 and P75 are singular functional muramidases present in the lactobacillus casei/paracasei/rhamnosus Taxon. *Frontiers in Microbiology*, 10(JUN), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01420>
- Ben Braïek, O., Ghomrassi, H., Cremonesi, P., Morandi, S., Fleury, Y., Le Chevalier, P., Hani, K., Bel Hadj, O., & Ghrairi, T. (2017). Isolation and characterisation of

- an enterocin P-producing *Enterococcus lactis* strain from a fresh shrimp (*Penaeus vannamei*). *Antonie van Leeuwenhoek, International Journal of General and Molecular Microbiology*, 110(6), 771–786. <https://doi.org/10.1007/s10482-017-0847-1>
- Bermudez-Brito, M., Plaza-Díaz, J., Muñoz-Quezada, S., Gómez-Llorente, C., & Gil, A. (2012). Probiotic mechanisms of action. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 61(2), 160–174. <https://doi.org/10.1159/000342079>
- Bevilacqua, C., Martin, P., Candalh, C., Fauquant, J., Piot, M., Roucayrol, A. M., Pilla, F., & Heyman, M. (2001). Goats' milk of defective α s1-casein genotype decreases intestinal and systemic sensitization to β -lactoglobulin in guinea pigs. *Journal of Dairy Research*, 68(2), 217–227. <https://doi.org/10.1017/S0022029901004861>
- Biavati, B., & Mattarelli, P. (2006). The Family Bifidobacteriaceae. In *The Prokaryotes*. https://doi.org/10.1007/0-387-30743-5_17
- Binda, S., Hill, C., Johansen, E., Obis, D., Pot, B., Sanders, M. E., Tremblay, A., & Ouwehand, A. C. (2020). Criteria to Qualify Microorganisms as “Probiotic” in Foods and Dietary Supplements. *Frontiers in Microbiology*, 11(July), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01662>
- 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(MAY), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00647>
- Campana, R., Van Hemert, S., & Baffone, W. (2017). Strain-specific probiotic properties of lactic acid bacteria and their interference with human intestinal pathogens invasion. *Gut Pathogens*, 9(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s13099-017-0162-4>
- Cardarelli, H. R., Saad, S. M. I., Gibson, G. R., & Vulevic, J. (2007). Functional petisuisse cheese: Measure of the prebiotic effect. *Anaerobe*, 13(5–6), 200–207. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2007.05.003>
- Chan, M. Z. A., Toh, M., & Liu, S. Q. (2021). Growth, survival, and metabolic activities of probiotics *Lactobacillus rhamnosus* GG and *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* CNCM-1745 in fermented coffee brews. *International Journal of Food Microbiology*, 350(February), 109229. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109229>
- Chapman, T. M., Plosker, G. L., & Figgitt, D. P. (2007). Spotlight on VSL#3 probiotic mixture in chronic inflammatory bowel diseases. *BioDrugs*, 21(1), 61–63. <https://doi.org/10.2165/00063030-200721010-00007>
- Chávez-Servín, J. L., Andrade-Montemayor, H. M., Velázquez Vázquez, C., Aguilera Barreyro, A., García-Gasca, T., Ferríz Martínez, R. A., Olvera Ramírez, A. M., & de la Torre-Carbot, K. (2018). Effects of feeding system, heat treatment and season on phenolic compounds and antioxidant capacity in goat milk, whey and cheese. *Small Ruminant Research*, 160(September 2017), 54–58. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.01.011>
- Cheng, F. S., Pan, D., Chang, B., Jiang, M., & Sang, L. X. (2020). Probiotic mixture VSL#3: An overview of basic and clinical studies in chronic diseases. *World Journal of Clinical Cases*, 8(8), 1361–1384.

<https://doi.org/10.12998/WJCC.V8.I8.1361>

- Childs, C. E., R  yti  , H., Alhoniemi, E., Fekete, A. A., Forssten, S. D., Hudjec, N., Lim, Y. N., Steger, C. J., Yaqoob, P., Tuohy, K. M., Rastall, R. A., Ouwehand, A. C., & Gibson, G. R. (2014). Xylo-oligosaccharides alone or in synbiotic combination with *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* induce bifidogenesis and modulate markers of immune function in healthy adults: A double-blind, placebo-controlled, randomised, factorial cross-over study. *British Journal of Nutrition*, 111(11), 1945–1956. <https://doi.org/10.1017/S0007114513004261>
- Collado, M. C., Gueimonde, M., Sanz, Y., & Salminen, S. (2006). Adhesion properties and competitive pathogen exclusion ability of bifidobacteria with acquired acid resistance. *Journal of Food Protection*, 69(7), 1675–1679. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-69.7.1675>
- da Silva, L. A., Lopes Neto, J. H. P., & Cardarelli, H. R. (2019). Safety and probiotic functionality of isolated goat milk lactic acid bacteria. *Annals of Microbiology*, 69(13), 1497–1505. <https://doi.org/10.1007/s13213-019-01533-z>
- Daddaoua, A., Puerta, V., Requena, P., Martínez-F  rez, A., Guadix, E., Sánchez De Medina, F., Zarzuelo, A., Suárez, M. D., Boza, J. J., & Martínez-Augustin, O. (2006). Goat milk oligosaccharides are anti-inflammatory in rats with hapten-induced colitis. *Journal of Nutrition*, 136(3), 672–676. <https://doi.org/10.1093/jn/136.3.672>
- Daneshazari, R., Khorasgani, R. M., & Hosseini-Abari, A. (2023). Preliminary in vitro assessment of probiotic properties of *Bacillus subtilis* GM1, a spore forming bacteria isolated from goat milk. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 24(1), 65–73. <https://doi.org/10.22099/ijvr.2023.43891.6441>
- de Almada, C. N., Nunes de Almada, C., Martinez, R. C. R., & Sant’Ana, A. de S. (2015). Characterization of the intestinal microbiota and its interaction with probiotics and health impacts. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99(10), 4175–4199. <https://doi.org/10.1007/s00253-015-6582-5>
- de Assis, P. O. A., Guerra, G. C. B., Araújo, D. F. de S., de Araújo Júnior, R. F., Machado, T. A. D. G., de Araújo, A. A., de Lima, T. A. S., Garcia, H. E. M., de Andrade, L. de F. L. I., & Queiroga, R. de C. R. do E. (2016). Intestinal anti-inflammatory activity of goat milk and goat yoghurt in the acetic acid model of rat colitis. *International Dairy Journal*, 56(2016), 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.11.002>
- de Melo Pereira, G. V., de Oliveira Coelho, B., Magalhães Júnior, A. I., Thomaz-Soccol, V., & Soccol, C. R. (2018). How to select a probiotic? A review and update of methods and criteria. *Biotechnology Advances*, 36(8), 2060–2076. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.09.003>
- de Moraes, G. M. D., de Abreu, L. R., do Egito, A. S., Salles, H. O., da Silva, L. M. F., Nero, L. A., Todorov, S. D., & dos Santos, K. M. O. (2017). Functional Properties of *Lactobacillus mucosae* Strains Isolated from Brazilian Goat Milk. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 9(3), 235–245. <https://doi.org/10.1007/s12602-016-9244-8>
- del Valle, J. C., Bonadero, M. C., & Fernández-Gimenez, A. V. (2023). *Saccharomyces cerevisiae* as probiotic, prebiotic, synbiotic, postbiotics and parabiotics in aquaculture: An overview. *Aquaculture*, 569(February).

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739342>

- Devi Avaiyarasi, N., David Ravindran, A., Venkatesh, P., & Arul, V. (2016). In vitro selection, characterization and cytotoxic effect of bacteriocin of *Lactobacillus sakei* GM3 isolated from goat milk. *Food Control*, 69, 124–133. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.04.036>
- dos Santos, W. M., Guimarães Gomes, A. C., de Caldas Nobre, M. S., de Souza Pereira, Á. M., dos Santos Pereira, E. V., dos Santos, K. M. O., Florentino, E. R., & Alonso Buriti, F. C. (2023). Goat milk as a natural source of bioactive compounds and strategies to enhance the amount of these beneficial components. *International Dairy Journal*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105515>
- El-Hatmi, H., Jrad, Z., Salhi, I., Aguiabi, A., Nadri, A., & Khorchani, T. (2015). Comparison of composition and whey protein fractions of human, camel, donkey, goat and cow milk. *Mljekarstvo*, 65(3), 159–167. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2015.0302>
- Ferrari, I. da S., de Souza, J. V., Ramos, C. L., da Costa, M. M., Schwan, R. F., & Dias, F. S. (2016). Selection of autochthonous lactic acid bacteria from goat dairies and their addition to evaluate the inhibition of *Salmonella typhi* in artisanal cheese. *Food Microbiology*, 60, 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.06.014>
- Fijan, S. (2014). Microorganisms with claimed probiotic properties: An overview of recent literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(5), 4745–4767. <https://doi.org/10.3390/ijerph110504745>
- Fijan, S. (2023). Probiotics and Their Antimicrobial Effect. *Microorganisms*, 11(2), 17–20. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020528>
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Bacteriology*, 66(5), 365–378.
- Gaggia, F., Mattarelli, P., & Biavati, B. (2010). Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *International Journal of Food Microbiology*, 141(SUPPL.), S15–S28. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.02.031>
- Gao, J., Li, X., Zhang, G., Sadiq, F. A., Simal-Gandara, J., Xiao, J., & Sang, Y. (2021). Probiotics in the dairy industry—Advances and opportunities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4), 3937–3982. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12755>
- García-Burgos, M., Moreno-Fernández, J., Alférez, M. J. M., Díaz-Castro, J., & López-Aliaga, I. (2020). New perspectives in fermented dairy products and their health relevance. *Journal of Functional Foods*, 72(April), 104059. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104059>
- George Kerry, R., Patra, J. K., Gouda, S., Park, Y., Shin, H. S., & Das, G. (2018). Benefaction of probiotics for human health: A review. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(3), 927–939. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2018.01.002>
- Georgieva, R., Yocheva, L., Tserovska, L., Zhelezova, G., Stefanova, N., Atanasova, A., Danguleva, A., Ivanova, G., Karapetkov, N., Rumyan, N., & Karaivanova, E. (2015). Antimicrobial activity and antibiotic susceptibility of *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* spp. intended for use as starter and probiotic cultures. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 29(1), 84–91.

<https://doi.org/10.1080/13102818.2014.987450>

- Ghosh, T., Beniwal, A., Semwal, A., & Navani, N. K. (2019). Mechanistic insights into probiotic properties of lactic acid bacteria associated with ethnic fermented dairy products. *Frontiers in Microbiology*, 10(MAR). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00502>
- He, T., Woudstra, F., Panzer, F., Haandrikman, A., Verkade, H. J., & Van Lee, L. (2022). Goat Milk Based Infant Formula in Newborns: A Double-Blind Randomized Controlled Trial on Growth and Safety. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 75(2), 215–220. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000003493>
- Hodgkinson, A. J., Wallace, O. A. M., Boggs, I., Broadhurst, M., & Prosser, C. G. (2018). Gastric digestion of cow and goat milk: Impact of infant and young child in vitro digestion conditions. *Food Chemistry*, 245, 275–281. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.028>
- Holzapfel, W. H., Haberer, P., Geisen, R., & Schillinger, U. (2018). *Taxonomy and important features of probiotic microorganisms in food and nutrition*. 73(February).
- Iskender, H., Kaynar, O., Hayirli, A., & Camadan, Y. (2018). Milk lipid and protein profiles of abkhazian and kackar goats. *Tropical Animal Science Journal*, 41(1), 60–66. <https://doi.org/10.5398/tasj.2018.41.1.60>
- Islam, M. Z., Jahan, N., Liza, R. I., Sojib, M. S. I., Hasan, M. S., Ferdous, T., Islam, M. A., & Rashid, M. H. ur. (2022). Newly characterized *Lactiplantibacillus plantarum* strains isolated from raw goat milk as probiotic cultures with potent cholesterol-lowering activity. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10(October), 100427. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100427>
- Kalyan, S., Meena, S., Kapila, S., Sowmya, K., & Kumar, R. (2018). Evaluation of goat milk fat and goat milk casein fraction for anti-hypercholesterolaemic and antioxidative properties in hypercholesterolaemic rats. *International Dairy Journal*, 84, 23–27. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.03.012>
- Kil, B. J., Pyung, Y. J., Park, H., Kang, J. W., Yun, C. H., & Huh, C. S. (2023). Probiotic potential of *Saccharomyces cerevisiae* GILA with alleviating intestinal inflammation in a dextran sulfate sodium induced colitis mouse model. *Scientific Reports*, 13(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-33958-7>
- Kim, B. J., Hong, J. H., Jeong, Y. S., & Jung, H. K. (2014). Evaluation of two *Bacillus subtilis* strains isolated from Korean fermented food as probiotics against loperamide-induced constipation in mice. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 57(6), 797–806. <https://doi.org/10.1007/s13765-014-4106-0>
- Knipe, H., Temperton, B., Lange, A., Bass, D., & Tyler, C. R. (2021). Probiotics and competitive exclusion of pathogens in shrimp aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 324–352. <https://doi.org/10.1111/raq.12477>
- Kocak, A., Sanli, T., Anli, E. A., & Hayaloglu, A. A. (2020). Role of using adjunct cultures in release of bioactive peptides in white-brined goat-milk cheese. *Lwt*, 123(September 2019), 109127. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109127>
- Kondyli, E., Svarnas, C., Samelis, J., & Katsiari, M. C. (2012). Chemical composition

- and microbiological quality of ewe and goat milk of native Greek breeds. *Small Ruminant Research*, 103(2–3), 194–199.
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.043>
- Krawczyk, B., Wityk, P., Gałęcka, M., & Michalik, M. (2021). The many faces of enterococcus spp.—commensal, probiotic and opportunistic pathogen. *Microorganisms*, 9(9), 1–20. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9091900>
- Kumar, N., Kumari, V., Ram, C., Thakur, K., & Tomar, S. K. (2018). Bio-prospectus of cadmium bioadsorption by lactic acid bacteria to mitigate health and environmental impacts. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(4), 1599–1615. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-8743-9>
- La Ragione, R. M., Narbad, A., Gasson, M. J., & Woodward, M. J. (2004). In vivo characterization of *Lactobacillus johnsonii* FI9785 for use as a defined competitive exclusion agent against bacterial pathogens in poultry. *Letters in Applied Microbiology*, 38(3), 197–205. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2004.01474.x>
- Lara-Villoslada, F., Debras, E., Nieto, A., Concha, A., Gálvez, J., López-Huertas, E., Boza, J., Obled, C., & Xaus, J. (2006). Oligosaccharides isolated from goat milk reduce intestinal inflammation in a rat model of dextran sodium sulfate-induced colitis. *Clinical Nutrition*, 25(3), 477–488.
<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2005.11.004>
- Lashani, E., Davoodabadi, A., & Dallal, M. M. S. (2020). Some probiotic properties of lactobacillus species isolated from honey and their antimicrobial activity against foodborne pathogens. *Veterinary Research Forum*, 11(2), 121–126.
<https://doi.org/10.30466/vrf.2018.90418.2188>
- Latif, A., Shehzad, A., Niazi, S., Zahid, A., Ashraf, W., Iqbal, M. W., Rehman, A., Riaz, T., Aadil, R. M., Khan, I. M., Özogul, F., Rocha, J. M., Esatbeyoglu, T., & Korma, S. A. (2023). Probiotics: mechanism of action, health benefits and their application in food industries. *Frontiers in Microbiology*, 14(August).
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1216674>
- Latorre, J. D., Hernandez-Velasco, X., Kallapura, G., Menconi, A., Pumford, N. R., Morgan, M. J., Layton, S. L., Bielke, L. R., Hargis, B. M., & Téllez, G. (2014). Evaluation of germination, distribution, and persistence of *Bacillus subtilis* spores through the gastrointestinal tract of chickens. *Poultry Science*, 93(7), 1793–1800. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03809>
- Lee, N. K., Kim, W. S., & Paik, H. D. (2019). *Bacillus* strains as human probiotics: characterization, safety, microbiome, and probiotic carrier. *Food Science and Biotechnology*, 28(5), 1297–1305. <https://doi.org/10.1007/s10068-019-00691-9>
- Li, S., Delger, M., Dave, A., Singh, H., & Ye, A. (2022). *Seasonal Variations in the Composition and Physicochemical*.
- Lilly, D. M., & Stillwell, R. H. (1965). *Probiotics: Growth-Promoting Factors Produced by Microorganisms*.
- Lima, M. J. R., Teixeira-Lemos, E., Oliveira, J., Teixeira-Lemos, L. P., Monteiro, A. M. C., & Costa, J. M. (2018). Nutritional and Health Profile of Goat Products: Focus on Health Benefits of Goat Milk. *Goat Science*.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.70321>

- Liu, Y., Wang, J., & Wu, C. (2022). Modulation of Gut Microbiota and Immune System by Probiotics, Pre-biotics, and Post-biotics. *Frontiers in Nutrition*, 8(January), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.634897>
- Lv, T., Ye, M., Luo, F., Hu, B., Wang, A., Chen, J., Yan, J., He, Z., Chen, F., Qian, C., Zhang, J., Liu, Z., & Ding, Z. (2021). Probiotics treatment improves cognitive impairment in patients and animals: A systematic review and meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 120(June 2020), 159–172. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.10.027>
- Makete, G., Aiyegoro, O. A., & Thantsha, M. S. (2017). Isolation, Identification and Screening of Potential Probiotic Bacteria in Milk from South African Saanen Goats. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 9(3), 246–254. <https://doi.org/10.1007/s12602-016-9247-5>
- Markowiak, P., & Ślizewska, K. (2017). Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/nu9091021>
- Medeiros, G. K. V. V., Queiroga, R. C. R. E., Costa, W. K. A., Gadelha, C. A. A., e Lacerda, R. R., Lacerda, J. T. J. G., Pinto, L. S., Braganhol, E., Teixeira, F. C., Paula, P. P., Campos, M. I. F., Gonçalves, G. F., Pessôa, H. L. F., & Gadelha, T. S. (2018). Proteomic of goat milk whey and its bacteriostatic and antitumour potential. *International Journal of Biological Macromolecules*, 113(2017), 116–123. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.200>
- Mejía-Pitta, A., Broset, E., & de la Fuente-Nunez, C. (2021). Probiotic engineering strategies for the heterologous production of antimicrobial peptides. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 176(2), 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2021.113863>
- Menezes, A. G. T., Ramos, C. L., Cenzi, G., Melo, D. S., Dias, D. R., & Schwan, R. F. (2020). Probiotic Potential, Antioxidant Activity, and Phytase Production of Indigenous Yeasts Isolated from Indigenous Fermented Foods. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 12(1), 280–288. <https://doi.org/10.1007/s12602-019-9518-z>
- Meybodi, N. M., Mortazavian, A. M., Arab, M., & Nematollahi, A. (2020). Probiotic viability in yoghurt: A review of influential factors. *International Dairy Journal*, 109, 104793. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104793>
- Miocinovic, J., Miloradovic, Z., Josipovic, M., Nedeljkovic, A., Radovanovic, M., & Pudja, P. (2016). Rheological and textural properties of goat and cow milk set type yoghurts. *International Dairy Journal*, 58, 43–45. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.11.006>
- Mohammed, E. S. I., Isobe, N., & Yoshimura, Y. (2016). Effects of probiotics on the expression of cathelicidins in response to stimulation by Salmonella Minnesota lipopolysaccharides in the proventriculus and cecum of broiler chicks. *Journal of Poultry Science*, 53(4), 298–304. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0160064>
- Nayik, G. A., Jagdale, Y. D., Gaikwad, S. A., Devkatte, A. N., Dar, A. H., & Ansari, M. J. (2022). Nutritional Profile, Processing and Potential Products: A Comparative Review of Goat Milk. *Dairy*, 3(3), 622–647. <https://doi.org/10.3390/dairy3030044>
- Nayik, G. A., Jagdale, Y. D., Gaikwad, S. A., Devkatte, A. N., Dar, A. H., Dezmirean,

- D. S., Bobis, O., Ranjha, M. M. A. N., Ansari, M. J., Hemeg, H. A., & Alotaibi, S. S. (2021). Recent Insights Into Processing Approaches and Potential Health Benefits of Goat Milk and Its Products: A Review. *Frontiers in Nutrition*, 8(December), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.789117>
- Oh, S. (2015). *Probiotics in Dairy Products*. 203–219. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23177-8_9
- Ouwehand, A. C., Salminen, S., & Isolauri, E. (2002). Probiotics: An overview of beneficial effects. *Antonie van Leeuwenhoek, International Journal of General and Molecular Microbiology*, 82(1–4), 279–289. <https://doi.org/10.1023/A:1020620607611>
- Padaga, M. C., & Fatchiyah, F. (2013). Nutritional Composition and Protein Profile of Goat Yogurt PE with Double Culture between *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus* species. *Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 38(4), 681–686.
- Pal, M., Dudhrejiya, T. P., Pinto, S., Brahamani, D., Vijayageetha, V., Reddy, Y. K., & Kate, P. (2017). Goat milk products and their significance. *Beverage & Food World*, 44(7), 21–25.
- Perin, L. M., & Nero, L. A. (2014). Antagonistic lactic acid bacteria isolated from goat milk and identification of a novel nisin variant *Lactococcus lactis*. *BMC Microbiology*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2180-14-36>
- Petruzzello, C., Saviano, A., & Ojetti, V. (2023). Probiotics, the Immune Response and Acute Appendicitis: A Review. *Vaccines*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/vaccines11071170>
- Plaza-Diaz, J., Ruiz-Ojeda, F. J., Gil-Campos, M., & Gil, A. (2019). Mechanisms of Action of Probiotics. *Advances in Nutrition*, 10, S49–S66. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy063>
- Popov, I. V., Algburi, A., Prazdnova, E. V., Mazanko, M. S., Elisashvili, V., Bren, A. B., Chistyakov, V. A., Tkacheva, E. V., Trukhachev, V. I., Donnik, I. M., Ivanov, Y. A., Rudoy, D., Ermakov, A. M., Weeks, R. M., & Chikindas, M. L. (2021). A review of the effects and production of spore-forming probiotics for poultry. *Animals*, 11(7), 1–55. <https://doi.org/10.3390/ani11071941>
- Prajapati, D. B., Kapadiya, D. B., Jain, A. K., Mehta, B. M., Darji, V. B., & Aparnathi, K. D. (2017). Comparison of Surti goat milk with cow and buffalo milk for physicochemical characteristics, selected processing-related parameters and activity of selected enzymes. *Veterinary World*, 10(5), 477–484. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.477-484>
- Prasanna, P. H. P., & Charalampopoulos, D. (2018). Encapsulation of *Bifidobacterium longum* in alginate-dairy matrices and survival in simulated gastrointestinal conditions, refrigeration, cow milk and goat milk. *Food Bioscience*, 21(July 2017), 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.12.002>
- Prasanna, P. H. P., Grandison, A. S., & Charalampopoulos, D. (2014). Bifidobacteria in milk products: An overview of physiological and biochemical properties, exopolysaccharide production, selection criteria of milk products and health benefits. *Food Research International*, 55, 247–262. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.11.013>

- Rajput, K., & Dubey, R. C. (2020). Probiotic potential and safety characterization of *Enterococcus hirae* G24 isolated from indigenous raw goat milk. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*, 12(3), 218–226. <https://doi.org/10.25004/ijpsdr.2020.120303>
- Ramlucken, U., Laloo, R., Roets, Y., Moonsamy, G., van Rensburg, C. J., & Thantsha, M. S. (2020). Advantages of *Bacillus*-based probiotics in poultry production. *Livestock Science*, 241(August), 104215. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104215>
- Ranadheera, C. S., Evans, C. A., Baines, S. K., Balthazar, C. F., Cruz, A. G., Esmerino, E. A., Freitas, M. Q., Pimentel, T. C., Wittwer, A. E., Naumovski, N., Graça, J. S., Sant'Ana, A. S., Ajlouni, S., & Vasiljevic, T. (2019). Probiotics in Goat Milk Products: Delivery Capacity and Ability to Improve Sensory Attributes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18, 867–882. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12447>
- Ranadheera, C. S., Vidanarachchi, J. K., Rocha, R. S., Cruz, A. G., & Ajlouni, S. (2017). Probiotic delivery through fermentation: Dairy vs. non-dairy beverages. *Fermentation*, 3(4), 1–17. <https://doi.org/10.3390/fermentation3040067>
- Rasika, D. M. D., Munasinghe, M. A. D. D., Vidanarachchi, J. K., da Cruz, A. G., Ajlouni, S., & Ranadheera, C. S. (2020). Probiotics and prebiotics in non-bovine milk. In *Advances in Food and Nutrition Research* (1st ed., Vol. 94). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2020.06.008>
- Reuben, R. C., Roy, P. C., Sarkar, S. L., Rubayet Ul Alam, A. S. M., & Jahid, I. K. (2020). Characterization and evaluation of lactic acid bacteria from indigenous raw milk for potential probiotic properties. *Journal of Dairy Science*, 103(2), 1223–1237. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17092>
- Rezac, S., Kok, C. R., Heermann, M., & Hutkins, R. (2018). Fermented foods as a dietary source of live organisms. *Frontiers in Microbiology*, 9(AUG). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01785>
- Ribeiro, A. C., & Ribeiro, S. D. A. (2010). Specialty products made from goat milk. *Small Ruminant Research*, 89(2–3), 225–233. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.048>
- Ribeiro, S. C., Stanton, C., Yang, B., Ross, R. P., & Silva, C. C. G. (2018). Conjugated linoleic acid production and probiotic assessment of *Lactobacillus plantarum* isolated from Pico cheese. *Lwt*, 90(July 2017), 403–411. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.065>
- Rohmah, R. N., Hardiyanti, F., & Fatchiyah, F. (2015). Inhibition on JAK-STAT3 signaling transduction cascade is taken by bioactive peptide Alpha-S2 Casein protein from goat Ethawah Breed Milk. *Acta Informatica Medica*, 23(4), 233–238. <https://doi.org/10.5455/aim.2015.23.233-238>
- Rokni-Zadeh, H., Salim, A., Nadri, S., Hosseini, M. J., & Mohseni, M. (2020). Protective effect of probiotic *Lactobacillus acidophilus* against the toxicity of beauvericin mycotoxin on the Caco-2 cell line. *Toxicon*, 185(November 2019), 184–187. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2020.07.003>
- Sachdeva, B., Kaushik, R., Arora, S., & Kapila, S. (2015). Bioavailability of iron in multiple fortified milk. *Journal of Food Science and Technology*, 52(9), 6017–

6023. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1711-9>
- Salminen, S., Ouwehand, A., Benno, Y., & Lee, Y. K. (1999). Probiotics: How should they be defined? *Trends in Food Science and Technology*, 10(3), 107–110. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00027-8](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00027-8)
- Salminen, S., Von Wright, A., Morelli, L., Marteau, P., Brassart, D., De Vos, W. M., Fondén, R., Saxelin, M., Collins, K., Mogensen, G., Birkeland, S. E., & Mattila-Sandholm, T. (1998). Demonstration of safety of probiotics - A review. *International Journal of Food Microbiology*, 44(1–2), 93–106. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(98\)00128-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(98)00128-7)
- Sanders, M. E. (2003). Probiotics: Considerations for Human Health. *Nutrition Reviews*, 61(3), 91–99. <https://doi.org/10.131/nr.2003.marr.91>
- Santoni, M., Miccini, F., & Battelli, N. (2021). Gut microbiota, immunity and pain. *Immunology Letters*, 229(November 2020), 44–47. <https://doi.org/10.1016/j.imlet.2020.11.010>
- Sarkar, S. L., Hossain, M. I., Monika, S. A., Sanyal, S. K., Roy, P. C., Hossain, M. A., & Jahid, I. K. (2020). Probiotic potential of *pediococcus acidilactici* and *enterococcus faecium* isolated from indigenous yogurt and raw goat milk. *Microbiology and Biotechnology Letters*, 48(3), 276–286. <https://doi.org/10.4014/mbl.1912.12009>
- Saulnier, Delphine M. A.; Spinler, Jennifer K.; Gibson, Glenn R.; Versalovic, J. (2009). Mechanisms of Probiosis and Prebiosis. *National Institutes of Health*, 23(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2009.01.002.Mechanisms>
- Savaiano, D. A., & Hutkins, R. W. (2021). Yogurt, cultured fermented milk, and health: A systematic review. *Nutrition Reviews*, 79(5), 599–614. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa013>
- Sharma, M., Wasan, A., & Sharma, R. K. (2021). Recent developments in probiotics: An emphasis on *Bifidobacterium*. *Food Bioscience*, 41(January), 100993. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100993>
- Shehata, A. A., Yalçın, S., Latorre, J. D., Basiouni, S., Attia, Y. A., El-Wahab, A. A., Visscher, C., El-Seedi, H. R., Huber, C., Hafez, H. M., Eisenreich, W., & Tellez-Isaias, G. (2022). Probiotics, Prebiotics, and Phytogetic Substances for Optimizing Gut Health in Poultry. *Microorganisms*, 10(2), 1–34. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020395>
- Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U., & Prosser, C. G. (2010). Recent advances in exploiting goat's milk: Quality, safety and production aspects. *Small Ruminant Research*, 89(2–3), 110–124. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.033>
- Soccol, C. R., Vandenberghe, L. P. de S., Spier, M. R., Medeiros, A. B. P., Yamaguishi, C. T., De Dea Lindner, J., Pandey, A., & Thomaz-Soccol, V. (2010). The potential of probiotics: A review. *Food Technology and Biotechnology*, 48(4), 413–434.
- Tambekar, D. ., & Bhutada, S. . (2019). AN EVALUATION OF PROBIOTIC POTENTIAL OF *LACTOBACILLUS* SP. FROM MILK OF DOMESTIC ANIMALS AND COMMERCIAL AVAILABLE PROBIOTIC PREPARATIONS IN PREVENTION OF ENTERIC BACTERIAL INFECTIONS. 2(Canning 1929), 1–38.

- Tanaka, Y., Aryantini, N. P. D., Yamasaki, E., Saito, M., Tsukigase, Y., Nakatsuka, H., Urashima, T., Horiuchi, R., & Fukuda, K. (2023). In Vitro Probiotic Characterization and Safety Assessment of Lactic Acid Bacteria Isolated from Raw Milk of Japanese-Saanen Goat (*Capra hircus*). *Animals*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/ani13010007>
- Tegegne, B. A., & Kebede, B. (2022). Probiotics, their prophylactic and therapeutic applications in human health development: A review of the literature. *Heliyon*, 8(6), e09725. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09725>
- Terpou, A., Papadaki, A., Bosnea, L., Kanellaki, M., & Kopsahelis, N. (2019). Novel frozen yogurt production fortified with sea buckthorn berries and probiotics. *Lwt*, 105(February), 242–249. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.024>
- Tormo, H., Ali Haimoud Lekhal, D., & Roques, C. (2015). Phenotypic and genotypic characterization of lactic acid bacteria isolated from raw goat milk and effect of farming practices on the dominant species of lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 210, 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.02.002>
- Torres-Henderson, C., Summers, S., Suchodolski, J., & Lappin, M. R. (2017). Effect of Enterococcus Faecium Strain SF68 on Gastrointestinal Signs and Fecal Microbiome in Cats Administered Amoxicillin-Clavulanate. *Topics in Companion Animal Medicine*, 32(3), 104–108. <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2017.11.002>
- Tran, K. D., Le-Thi, L., Vo, H. H., Dinh-Thi, T. V., Nguyen-Thi, T., Phan, N. H., & Nguyen, K. U. (2023). Probiotic Properties and Safety Evaluation in the Invertebrate Model Host *Galleria mellonella* of the *Pichia kudriavzevii* YGM091 Strain Isolated from Fermented Goat Milk. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s12602-023-10114-1>
- Triprisila, L., Suharjono, S., Christianto, A., & Fatchiyah, F. (2016). The Comparing of Antimicrobial Activity of CSN1S2 Protein of Fresh Milk and Yoghurt Goat Breed Ethawah Inhibited the Pathogenic Bacteria. *Materia Socio Medica*, 28(4), 244. <https://doi.org/10.5455/msm.2016.28.244-248>
- Tsorotioti, S. E., Nasopoulou, C., Detopoulou, M., Sioriki, E., Demopoulos, C. A., & Zabetakis, I. (2014). In vitro anti-atherogenic properties of traditional Greek cheese lipid fractions. *Dairy Science and Technology*, 94(3), 269–281. <https://doi.org/10.1007/s13594-014-0161-x>
- Tulumoglu, Ş., Kariptaş, E., & Erdem, B. (2023). Lactobacillus spp. isolated from prebiotic-derived raw goat milk: probiotic characteristics, cholesterol assimilation and folate production. *Biotechnology Letters*, 45(1), 47–56. <https://doi.org/10.1007/s10529-022-03314-2>
- Turkmen, N. (2017). The Nutritional Value and Health Benefits of Goat Milk Components. In *Nutrients in Dairy and their Implications for Health and Disease*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809762-5.00035-8>
- van Zyl, W. F., Deane, S. M., & Dicks, L. M. T. (2020). Molecular insights into probiotic mechanisms of action employed against intestinal pathogenic bacteria. *Gut Microbes*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/19490976.2020.1831339>
- Verruck, S., Dantas, A., & Prudencio, E. S. (2019). Functionality of the components

- from goat's milk, recent advances for functional dairy products development and its implications on human health. *Journal of Functional Foods*, 52(November 2018), 243–257. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.11.017>
- Vieitez, I., Irigaray, B., Callejas, N., González, V., Gimenez, S., Arechavaleta, A., Grompone, M., & Gámbaro, A. (2016). Composition of fatty acids and triglycerides in goat cheeses and study of the triglyceride composition of goat milk and cow milk blends. *Journal of Food Composition and Analysis*, 48, 95–101. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.02.010>
- Wang, H. K., Yan, Y. H., Wang, J. M., Zhang, H. P., & Qi, W. (2012). Production and characterization of antifungal compounds produced by *Lactobacillus plantarum* IMAU10014. *PLoS ONE*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029452>
- Wang, J., Da, R., Tuo, X., Cheng, Y., Wei, J., Jiang, K., Lv, J., Adediji, O. M., & Han, B. (2020). Probiotic and Safety Properties Screening of *Enterococcus faecalis* from Healthy Chinese Infants. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 12(3), 1115–1125. <https://doi.org/10.1007/s12602-019-09625-7>
- Yadav, A. K., Singh, J., & Yadav, S. K. (2016). Composition, nutritional and therapeutic values of goat milk: A review. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 35(2), 96–102. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.v35i2.10719>
- Yadav, A. K., Tyagi, A., Kumar, A., Panwar, S., Grover, S., Saklani, A. C., Hemalatha, R., & Batish, V. K. (2017). Adhesion of *Lactobacilli* and their anti-infectivity potential. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 57, Issue 10). <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.918533>
- Yan, F., Liu, L., Dempsey, P. J., Tsai, Y. H., Raines, E. W., Wilson, C. L., Cao, H., Cao, Z., Liu, L., & Polk, D. B. (2013). A *Lactobacillus rhamnosus* GG-derived soluble protein, p40, stimulates ligand release from intestinal epithelial cells to transactivate epidermal growth factor receptor. *Journal of Biological Chemistry*, 288(42), 30742–30751. <https://doi.org/10.1074/jbc.M113.492397>
- Yang, Z., Ni, L., Tian, W., & Chi, H. (2023). Screening and Identification of Goat-Milk-Derived Lactic Acid Bacteria with Bacteriocin-like Activity and Probiotic Potentials. *Microorganisms*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/microorganisms11040849>
- Yangilar, F. (2013). As a Potentially Functional Food: Goats' Milk and Products. *Journal of Food and Nutrition Research*, 1(4), 68–81. <https://doi.org/10.12691/jfnr-1-4-6>
- Zhang, W., Lai, S., Zhou, Z., Yang, J., Liu, H., Zhong, Z., Fu, H., Ren, Z., Shen, L., Cao, S., Deng, L., & Peng, G. (2022). Screening and evaluation of lactic acid bacteria with probiotic potential from local Holstein raw milk. *Frontiers in Microbiology*, 13(August), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.918774>