



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«Η ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΣΤΗ ΝΟΣΟ»**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Γιαούρτια με φυτικά εκχυλίσματα και η επίδραση τους στην υγεία
και στη νόσο»**

Καραγιάννη Γεωργία
Νοσηλεύτρια

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Γιαννούλη Περσεφόνη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Βιοχημείας & Τεχνολογίας Τροφίμων,
Τμήμα Βιοχημείας & Βιοτεχνολογίας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Καψωριτάκης Ανδρέας, Καθηγητής Παθολογίας – Γαστρεντερολογίας, Τμήμα Ιατρικής
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Λιάκος Παναγιώτης, Καθηγητής Ιατρικής Βιοχημείας, Τμήμα Ιατρικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας,
Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Λάρισα, 2025



**UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES
FACULTY OF MEDICINE
POSTGRADUATE STUDIES PROGRAM
NUTRITION IN HEALTH AND DISEASE**



DIPLOMA THESIS

**"Yogurts with plant extracts and their effect on health and
disease"**

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	5
Abstract.....	6
1. Εισαγωγή	7
1.1 Κατηγορίες γιαουρτιού.....	8
1.1.1 Ταξινόμηση με βάση την φύση	8
1.1.2 Ταξινόμηση με βάση τη χημική σύσταση	8
1.1.3 Ταξινόμηση με βάση τις μεθόδους παρασκευής	9
1.2 Παραγωγή γιαουρτιού	10
1.2.1 Θερμική επεξεργασία.....	11
1.2.2 Ομογενοποίηση του γάλακτος.....	11
1.2.3 Ζύμωση	12
1.2.4 Ψύξη	13
1.3 Ιδιότητες του γιαουρτιού.....	13
1.4 Λειτουργικά τρόφιμα.....	14
1.4.1 Ιστορική αναδρομή των λειτουργικών τροφίμων.....	14
1.4.2 Ορισμός των λειτουργικών τροφίμων.....	15
1.4.3 Κατηγορίες των λειτουργικών τροφίμων	15
2. Σκοπός.....	17
3. Συζήτηση-Αποτελέσματα	17
3.1 Αντιοξειδωτική δράση.....	18
3.2 Αντιφλεγμονώδης δράση.....	25
3.3 Αντιμικροβιακή/Αντιβακτηριακή δράση	28
3.4 Αντιδιαβητική δράση	29
3.5 Δράση έναντι της υπερχοληστερολαιμίας.....	31
3.6 Καρδιοπροστατευτική δράση	34

3.7 Αντικαρκινική δράση	36
4. Συμπεράσματα.....	39
Βιβλιογραφία	40

Περίληψη

Σύγχρονες επιστημονικές έρευνες καταγράφουν τον εμπλουτισμό γαλακτοκομικών προϊόντων και συμβατικών γιαουρτιών με φαινολικές ενώσεις, αντιοξειδωτικά στοιχεία και άλλα. Ο εμπλουτισμός του γιαουρτιού με φυσικά λειτουργικά συστατικά μπορεί να αυξήσει τη διατροφική αξία του γιαουρτιού. Το συμβατικό γιαούρτι στερείται πολλών θρεπτικών συστατικών συμπεριλαμβανομένων των φαινολικών, φλαβονοειδών, ανθοκυανινών και άλλων και έχει λιγότερα βιολογικά αποτελέσματα στην αντιδιαβητική και αντικαρκινική δράση. Επομένως, μέσα από τη μελέτη των σύγχρονων ερευνητικών εργασιών ο εμπλουτισμός του γιαουρτιού με φυτικά εκχυλίσματα μπορεί να προσθέσει στο γιαούρτι μια ποικιλία θρεπτικών συστατικών και να μετατρέψει το απλό γιαούρτι σε βιολειτουργικό τρόφιμο. Οι ενώσεις που περιέχονται στο εμπλουτισμένο γιαούρτι παρέχουν αντιοξειδωτικές, αντιδιαβητικές, αντιμικροβιακές, αντικαρκινικές ιδιότητες και ιδιότητες έναντι της παχυσαρκίας. Η κατανάλωση όμως γιαουρτιού εμπλουτισμένου με φυτικά εκχυλίσματα θα πρέπει να γίνεται με μέτρο γιατί οι υπερβολικές συγκεντρώσεις βιοδραστικών ουσιών σε εκχυλίσματα μπορούν να αποτελέσουν αιτία εμφάνισης ασθενειών. Είναι πολύ σημαντικό να συνεχιστούν οι έρευνες σχετικά με τις επιδράσεις τροφίμων εμπλουτισμένων με φυτικά εκχυλίσματα τόσο με κλινικές δοκιμές όσο και με μελέτες *in vivo* ώστε να γίνει ενημέρωση των καταναλωτών σχετικά με πιθανές παρενέργειες από την υπερβολική κατανάλωση συγκεκριμένων δραστικών ουσιών.

Λέξεις-κλειδιά: Γιαούρτι, Λειτουργικά τρόφιμα, Φυτικά εκχυλίσματα, Οφέλη για την υγεία.

Abstract

Contemporary scientific studies document the enrichment of dairy products and conventional yogurts with phenolic compounds, antioxidants, and more. The enrichment of yogurt with natural functional ingredients can increase its nutritional value. Conventional yogurt lacks many nutrients, including phenolic compounds, flavonoids, anthocyanins, and others, and has fewer biological effects in terms of anti-diabetic and anti-cancer activity. Therefore, through the study of modern research, enriching yogurt with plant extracts can add a variety of nutrients to yogurt and transform it into a biofunctional food. The compounds contained in enriched yogurt provide antioxidant, anti-diabetic, antimicrobial, anticancer properties, and properties against obesity. However, the consumption of yogurt enriched with plant extracts should be done in moderation because excessive concentrations of bioactive substances in extracts can lead to the development of diseases. It is crucial to continue research on the effects of foods enriched with plant extracts, both through clinical trials and in vivo studies, to inform consumers about potential side effects from the excessive consumption of certain active substances.

Keywords: Yogurt, Functional foods, Plant extracts, Health benefits.

1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (ΚΤΠ) ως «Γιαούρτι» ορίζεται το γαλακτικό προϊόν το οποίο παράγεται από την ζύμωση και πήξη του γάλακτος, με τη χρήση υποχρεωτικά των καλλιεργειών *Streptococcus thermophilus* και ο *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, ώστε το τελικό προϊόν να περιέχει 107cfu/g ζώντων οξυγαλακτικών βακτηρίων μέχρι την ημερομηνία ανάλωσής του. Το γιαούρτι αποτελεί ίσως το πιο σημαντικό προϊόν του γάλακτος που έχει υποστεί ζύμωση ενώ αποτελεί μια δημοφιλής και θρεπτική επιλογή στη σύγχρονη διατροφή (Ragab et al., 2023). Η κατανάλωσή του έχει αυξηθεί με την πάροδο του χρόνου, λόγω των αποδεδειγμένων πλεονεκτημάτων του για την υγεία και τη διατροφή (Ibhaze et al., 2021). Ειδικότερα, τα βακτήρια που χρησιμοποιούνται ως εκκινητές ζυμώνουν την λακτόζη του γάλακτος προς παραγωγή γαλακτικού οξέος το οποίο προκαλεί μείωση του pH, δίνοντάς του μια χαρακτηριστική πικάντικη γεύση και παχιά υφή (Yamauchi et al., 2023; Atamian et al., 2014).

Ιστορικά, η κατανάλωση γιαουρτιού εντοπίζεται στους βοσκούς της Μέσης Ανατολής, οι οποίοι μετέφεραν το γάλα σε ασκούς από στομάχι ζώων. Οι νομάδες σύντομα ανακάλυψαν ότι το αποθηκευμένο γάλα άρχισε να ξινίζει και να πήζει, δίνοντας την μορφή του γιαουρτιού που απολαμβάνουν οι άνθρωποι σήμερα (Jabbari et al., 2012). Σε ελάχιστο χρόνο, το γιαούρτι κέρδισε σημαντικό έδαφος σε όλη τη Μέση Ανατολή και την Ευρώπη. Τον 16ο αιώνα ιδρύθηκε το πρώτο εργοστάσιο γιαουρτιού στη Βαρκελώνη της Ισπανίας. Επί του παρόντος, το γιαούρτι έχει ενισχυθεί με διαφορετικά πρόσθετα τα οποία επηρεάζουν τις οργανοληπτικές του ιδιότητες καθώς και τις θρεπτικές και διατροφικές του ιδιότητες (Rehman et al., 2022).

Στα κύρια συστατικά του γιαουρτιού συγκαταλέγονται το νερό, οι πρωτεΐνες, κορεσμένα και μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και ο δισακχαρίτης λακτόζη, ενώ στα δευτερεύοντα μέταλλα, ιχνοστοιχεία και βιταμίνες. Γενικότερα, το γιαούρτι αποτελεί ένα προϊόν υψηλής θρεπτικής αξίας καθώς περιέχει μεγάλη συγκέντρωση πρωτεϊνών και απαραίτητων αμινοξέων, μεταξύ των οποίων καζεΐνες και μετουσιωμένες πρωτεΐνες του ορού, και βιταμινών μεταξύ των οποίων βιταμίνες του συμπλέγματος B και βιταμίνη A, ενώ αποτελεί σημαντική πηγή ασβεστίου και φωσφόρου (Shah, 2006; Chandan, 2017).

Η κατανάλωση γιαουρτιού έχει επίσης συνδεθεί με πολλά οφέλη για την υγεία, συμπεριλαμβανομένης της επιτάχυνσης της πέψης, η οποία αποδίδεται στα προβιοτικά συστατικά του, ενίσχυση της μικροχλωρίδας του εντέρου και πρόληψη των συμπτωμάτων της δυσκοιλιότητας, του φουσκώματος και της διάρροιας. Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι η κατανάλωση γιαουρτιού μειώνει τα επίπεδα χοληστερόλης, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων (Kumar et al., 2022). Ομοίως, η παρουσία μετάλλων και ιχνοστοιχείων στο γιαούρτι, μεταξύ των οποίων του

ασβεστίου, έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει την καρδιαγγειακή υγεία των καταναλωτών του. Μελέτες έχουν δείξει ότι η αρτηριακή πίεση των υπερτασικών ασθενών που καταναλώναν γιαούρτι μειώθηκε σημαντικά. Επιπλέον, βρέθηκε ότι το γιαούρτι μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης διαβήτη τύπου 2 βελτιώνοντας την ευαισθησία στην ινσουλίνη και την ανοχή στη γλυκόζη (Bayat et al., 2016). Το γιαούρτι έχει επίσης συνδεθεί με βελτιωμένη οστική πυκνότητα, ειδικά σε γυναίκες στο μετεμμηνοπαυσιακό στάδιο, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο οστεοπόρωσης, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε μέταλλα (NOF, 2021).

1.1 Κατηγορίες γιαουρτιού

Οι εξελίξεις στην τεχνολογία παραγωγής του γιαουρτιού έχει οδηγήσει στην διάκριση διάφορων κατηγοριών γιαουρτιού τα οποία είναι διαθέσιμα στην αγορά σε μια ποικιλία από υφές, γεύσεις και μορφές. Διάφορα ονόματα χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση των στυλ γιαουρτιού, μερικά από τα οποία περιλαμβάνουν συνεκτικό γιαούρτι (set yogurt), παραδοσιακό γιαούρτι (traditional yogurt), αναδυόμενο γιαούρτι (stirred yogurt), πόσιμο γιαούρτι (yogurt drink), παγωμένο γιαούρτι (frozen yogurt) και ελληνικό γιαούρτι (Greek yogurt) (Santos et al., 2022; Li et al., 2021; Rashwan et al., 2022). Οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη κατά την ταξινόμηση του γιαουρτιού περιλαμβάνουν την φύση, την χημική του σύσταση και τον τρόπο παρασκευής τους.

1.1.1 Ταξινόμηση με βάση την φύση

Το γιαούρτι δύναται να είναι ρευστό, ημιστερεό ή στερεό. Το γιαούρτι συνεκτικού τύπου έχει συμπαγή υφή σαν ζελέ και συχνά επωάζεται και ψύχεται στο στάδιο της τελικής συσκευασίας (Arab et al., 2023). Το γιαούρτι που έχει ρευστή φύση αναφέρεται ως πόσιμο γιαούρτι και κατά την παρασκευή του περνά από ομογενοποίηση για να μειωθεί το μέγεθος των σωματιδίων και να εξασφαλιστεί η σταθεροποίηση του εναιωρήματος πρωτεΐνης και η κατανομή του υδροκολλοειδούς (Gilbert & Tungeon, 2021). Από την άλλη πλευρά, το γιαούρτι, στην ημιστερεή του κατάσταση, αναφέρεται ως αναδυόμενο γιαούρτι. Συχνά παρασκευάζεται με επώαση του γιαουρτιού σε δοχείο, συνοδευόμενη με ανάδευση, ψύξη και συσκευασία (Wang et al., 2020).

1.1.2 Ταξινόμηση με βάση τη χημική σύσταση

Το γιαούρτι μπορεί να ομαδοποιηθεί σε τρεις κατηγορίες με βάση την περιεκτικότητά του σε λιπαρά. Διακρίνονται σε πλήρες γιαούρτι, γιαούρτι χωρίς λιπαρά και γιαούρτι με χαμηλά λιπαρά. Το κανονικό γιαούρτι παρασκευάζεται από πλήρες γάλα που περιέχει περίπου 3,3% λίπος γάλακτος (FDA, 2013). Ωστόσο, το γιαούρτι χωρίς λιπαρά και χαμηλά λιπαρά παράγεται από μερικώς αποβουτυρωμένο γάλα και γάλα με χαμηλά λιπαρά (Weerathilake et al., 2014). Σύμφωνα με την Επιτροπή Codex Alimentarius

(Codex Alimentarius Commission, 2011), το ελάχιστο επίπεδο πρωτεΐνης γάλακτος, λίπους γάλακτος, άθροισμα μικροοργανισμών που αποτελούν την καλλιέργεια εκκίνησης και επισημασμένους μικροοργανισμούς που επιτρέπεται στο γιαούρτι είναι 2,7, 15%, 10^7 και 10^6 , αντίστοιχα.

1.1.3 Ταξινόμηση με βάση τις μεθόδους παρασκευής

Τέλος, σύμφωνα και με το τρίτο κριτήριο ταξινόμησης των τύπων γιαουρτιού ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής τους αυτά διακρίνονται περαιτέρω σε ελληνικό γιαούρτι, βαλκανικού τύπου γιαούρτι και γαλλικού τύπου γιαούρτι.

Ελληνικού τύπου γιαούρτι

Το ελληνικό γιαούρτι, γνωστό και ως στραγγιστό γιαούρτι, είναι ένας κοινός τύπος γιαουρτιού που έχει υποστεί στράγγιση από τον ορό του γάλακτος, γεγονός που οδηγεί σε ένα πιο παχύρρευστο και κρεμώδες προϊόν (Gyawali et al., 2022). Οι Nelios *et al.* αναφέρουν ότι η αφαίρεση του ορού του γάλακτος από το γιαούρτι έχει κάνει το ελληνικό γιαούρτι δημοφιλές είδος γιαουρτιού που προσφέρει πολυάριθμα οφέλη για την υγεία (Nelios et al., 2023). Αξίζει να σημειωθεί ότι περιέχει διπλάσια πρωτεΐνη από αυτή που περιέχεται στο κανονικό γιαούρτι, γεγονός που το καθιστά σημαντική πηγή πρωτεΐνης για vegans και vegetarians. Επιπλέον, τα προβιοτικά που υπάρχουν στο ελληνικό γιαούρτι βοηθούν στη διατήρηση ενός καλού επιπέδου ευεργετικών βακτηρίων για τη διατήρηση ενός υγιούς εντέρου. Τα προβιοτικά μπορούν επίσης να ενισχύσουν το ανοσοποιητικό σύστημα και να αποτρέψουν την εμφάνιση ορισμένων ασθενειών (Del Rio et al., 2019). Η περιεκτικότητα του ελληνικού γιαουρτιού σε ασβέστιο είναι ζωτικής σημασίας για την οικοδόμηση υγιών οστών και δοντιών και για την πρόληψη της οστεοπόρωσης (NOF, 2021).

Βαλκανικού τύπου γιαούρτι

Το γιαούρτι βαλκανικού τύπου, γνωστό και ως συνεκτικό γιαούρτι, έχει παχύρρευστη υφή και συχνά παρασκευάζεται σε μικρές και ατομικές παρτίδες. Κατά τη διαδικασία παραγωγής, παστεριωμένο γάλα προστίθεται στα καλλιεργημένα βακτήρια και ακολουθεί επώαση. Αυτό το στυλ γιαουρτιού δεν επιτρέπει καμία ανάδευση για περίπου 12 ώρες ή περισσότερο μέχρι να επιτευχθεί η επιθυμητή κρεμώδης υφή και πάχος. Το βαλκανικό τύπου γιαούρτι μπορεί να εξυπηρετήσει πολλούς σκοπούς. Συχνά χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο της κρέμας γάλακτος στην παρασκευή βαλκανικών συνταγών με βάση το κρέας. Επιπλέον, χρησιμοποιείται σε μεσογειακά πιάτα (όπως σπανακόπιτα, μουσακάς και σάντουιτς πίτας) ως επικάλυψη σαλάτας ή ντρέσινγκ (Weerathilake et al., 2014).

Γαλλικού τύπου γιαούρτι

Αυτό το στυλ γιαουρτιού αναφέρεται επίσης ως γιαούρτι τύπου κρέμας, που παρασκευάζεται με καλλιέργεια γάλακτος απευθείας στην κατασρόλα, με το τελικό προϊόν να έχει υφή που μοιάζει με πουτίγκα (Dowden, 2013). Θα μπορούσε να μετατραπεί σε βιολειτουργικό με την προσθήκη κομματιών φρούτων, συνηθέστερα βατόμουρα και φράουλες, ή ένα μείγμα και των δύο, τα οποία ανακατεύονται απευθείας στο μείγμα. Διάφορες μελέτες έχουν βρει ότι είναι ιδανική πηγή πρωτεΐνης, σιδήρου και βιταμίνης Α (Weerathilake et al., 2014).

Επιπλέον των προαναφερθέντων κατηγοριών το γιαούρτι διακρίνεται σε βιομηχανικού τύπου γιαούρτι, συνεκτικής δομής (τύπου *set*) και αναδυόμενης δομής (τύπου *stirred*), και πόσιμο γιαούρτι. Ειδικότερα, το γιαούρτι τύπου *set* είναι στερεό, μοιάζει με ζελέ και η επώαση και η ψύξη πραγματοποιούνται εντός της τελικής συσκευασίας. Αντίθετα, στο γιαούρτι τύπου *stirred* η ζύμωση πραγματοποιείται εντός δεξαμενών και πριν από την ψύξη και τη συσκευασία, το πήγμα «σπάει» με ανάδευση. Τέλος, το πόσιμο γιαούρτι το πήγμα «σπάει» πριν κρυώσει, με την δομή του να έχει το χαμηλότερο ιξώδες (Talib et al., 2024).

1.2 Παραγωγή γιαουρτιού

Η παραγωγή του γιαουρτιού γίνεται με τη ζύμωση του γάλακτος με βακτήρια, τα οποία σχηματίζουν γαλακτικό οξύ γεγονός που οδηγεί στην πήξη και όξυνση του γάλακτος (Ray, 2010). Η παραγωγή γιαουρτιού είναι μια διαδικασία πολλαπλών σταδίων που περιλαμβάνει την θέρμανση του γάλακτος, την προσθήκη καλλιέργειας εκκίνησης και την ζύμωση του μείγματος. Το τελικό προϊόν είναι ένα παχύρρευστο και κρεμώδες τρόφιμο που είναι πλούσιο σε προβιοτικά, πρωτεΐνες και ασβέστιο (Sivamaruthi et al., 2020). Το αγελαδινό γάλα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή γιαουρτιού. Ωστόσο, οι Tamime και Robinson ανέφεραν ότι το κατσικίσιο, το πρόβειο και το βουβαλίσιο γάλα μπορεί επίσης να αντικαταστήσει το αγελαδινό γάλα ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις, το γάλα σε σκόνη μπορεί να είναι μια βιώσιμη εναλλακτική λύση (Tamime & Robinson, 1999). Το γάλα συνήθως ομογενοποιείται για να κατανεμηθεί ομοιόμορφα η περιεκτικότητα σε λίπος και μετά παστεριώνεται για να σκοτωθούν τυχόν επιβλαβή βακτήρια που μπορεί να υπάρχουν. Εκτός από το γάλα, το γιαούρτι περιέχει συχνά πρόσθετα γλυκαντικά, όπως ζάχαρη, σιρόπι καλαμποκιού ή συμπύκνωμα φρούτων, τα οποία χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν τη γεύση του. Άλλα συστατικά που μπορούν να προστεθούν περιλαμβάνουν σταθεροποιητές, όπως ζελατίνη ή πηκτίνη, για να ενισχύσουν την αίσθηση του γιαουρτιού στο στόμα και αρωματικές ουσίες, όπως φρούτα, μπαχαρικά και βανίλια (Moss, 2002).

Σύμφωνα με τους Lee και Lucey (Lee & Lucey, 2010), οι κύριες διαδικασίες που εμπλέκονται στην παραγωγή γιαουρτιού είναι η ομογενοποίηση του γάλακτος, η θερμική επεξεργασία, η προσθήκη

οξυγαλακτικής καλλιέργειας, η επώαση και η ζύμωση του γάλακτος, η προσθήκη σταθεροποιητών, η ψύξη και η αποθήκευση.

1.2.1 Θερμική επεξεργασία

Η θερμική επεξεργασία του γάλακτος πραγματοποιείται με μοναδικό στόχο την καταστροφή μικροοργανισμών που ενδέχεται να αλλοιώσουν τις ιδιότητες του γιαουρτιού. Η θερμική επεξεργασία μπορεί να απομακρύνει το διαλυμένο οξυγόνο, το οποίο ευνοεί την ανάπτυξη αερόβιων μικροοργανισμών (Lee & Lucey, 2010). Η εφαρμογή θερμικής επεξεργασίας τείνει να αυξάνει το ιξώδες του γάλακτος και την σταθερότητα του πηγματος κατά την προετοιμασία για την παραγωγή γιαουρτιού. Αυτές οι δομικές αλλαγές είναι συχνά αποτέλεσμα της μετουσίωσης των πρωτεϊνών του ορού γάλακτος. Η μετουσίωση των πρωτεϊνών έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό του υδρόφιλου συμπλόκου α -La/ β -Lg/ κ -καζεΐνη που αυξάνει την ικανότητα συγκράτησης ύδατος, μειώνει το φαινόμενο της συναίρεσης και βελτιώνει την δομή του προϊόντος (Lucey et al., 2022; Chandan, 2017).

Ο βαθμός μετουσίωσης των πρωτεϊνών επηρεάζεται τόσο από τον συνδυασμό θερμοκρασίας-χρόνου θέρμανσης όσο και από την περιεκτικότητα του γάλακτος σε στερεά συστατικά. Ο συνδυασμός θερμοκρασίας και χρόνου για θερμική επεξεργασία στη βιομηχανία γιαουρτιού είναι 90–95°C για 5 λεπτά ή 85°C για 30 λεπτά (Lee & Lucey, 2010). Ωστόσο, η θέρμανση του γάλακτος μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε πολύ υψηλή θερμοκρασία μεταξύ 100 και 130°C για μικρότερη διάρκεια από 4 έως 16 δευτερόλεπτα, ενώ η θέρμανση σε εξαιρετικά υψηλή θερμοκρασία 140°C θα πρέπει να διαρκέσει περίπου 4 δευτερόλεπτα (Sodini et al., 2004).

1.2.2 Ομογενοποίηση του γάλακτος

Η ομογενοποίηση είναι πολύ σημαντική, καθώς αποτελεί την κύρια μέθοδο σταθεροποίησης του γαλακτώματος λίπους στο γάλα, ειδικά για το γιαούρτι με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά. Το γάλα συχνά ομογενοποιείται σε ρυθμιζόμενη πίεση 10–20 MPa (πίεση πρώτου σταδίου), 5 MPa (πίεση δεύτερου σταδίου) και θερμοκρασία μεταξύ 55 και 65°C. Όταν το γάλα ομογενοποιηθεί σε τέτοια πίεση και θερμοκρασία, έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του μεγέθους των λιποσφαιριδίων και την αύξηση του αριθμού και της επιφάνειας τους στο γάλα. Η ομογενοποίηση του γιαουρτιού αποτρέπει το σχηματισμό κρέμας ή τον διαχωρισμό του λίπους, κατά τη διαδικασία της ζύμωσης ή της αποθήκευσης. Επιπλέον, αυξάνει τη λευκότητα, μειώνει τον διαχωρισμό του ορού γάλακτος, λόγω της μείωσης της ανόδου λιποσφαιριδίων στην επιφάνεια του γάλακτος, και βελτιώνει τη συνοχή του γιαουρτιού (Lee & Lucey, 2010).

Πρόσφατες μελέτες έχουν διερευνήσει την ομογενοποίηση με χρήση υπερυψηλής πίεσης (200 ή 300 MPa) για την παραγωγή γιαουρτιού. Τα αποτελέσματα έδειξαν καλύτερη σταθερότητα και ικανότητα συγκράτησης νερού σε σύγκριση με τη συμβατική ομογενοποίηση (Serra et al., 2009; Serra et al., 2008). Ωστόσο, το στάδιο αυτό δεν εφαρμόζεται κατά την παραγωγή όλων των ειδών γιαουρτιού. Τέτοια περίπτωση αποτελεί το παραδοσιακό γιαούρτι η παραγωγή του οποίου επιτυγχάνεται με τον σχηματισμό της χαρακτηριστικής «πέτσας».

1.2.3 Ζύμωση

Μετά τη θέρμανση και ομογενοποίηση το γάλα ψύχεται σε θερμοκρασίες 40-43°C και αφήνεται να ξεκουραστεί για να μειωθεί η θερμοκρασία του επειδή η προσθήκη καλλιέργειας εκκίνησης θα πρέπει να είναι συμβατή με την ανάπτυξη των βακτηρίων *Streptococcus thermophilus* και ο *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*. Η βέλτιστη θερμοκρασία των θερμοφίλων βακτηρίων είναι συχνά περίπου 40–45°C. Η ζύμωση του γάλακτος από βακτήρια μετατρέπει τη λακτόζη σε γαλακτικό οξύ, το οποίο, με τη σειρά του μειώνει το pH του γάλακτος. Αξίζει να σημειωθεί ότι το pH του γάλακτος μειώνεται από 6,7 σε 4,6 κατά την οξίνιση του γάλακτος. Η ζελατινοποίηση του γάλακτος μπορεί στη συνέχεια να συμβεί σε pH από 5,8 έως 5,44, στην περίπτωση του γάλακτος που έχει υποστεί επεξεργασία με υψηλή θερμοκρασία (Lee & Lucey, 2010).

Η οξυγαλακτική καλλιέργεια αποτελεί μίγμα των βακτηρίων *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, τα οποία προστίθενται στο γάλα σε υγρή μορφή ή σε μορφή σκόνης (Ayivi et al., 2022). Αυτά τα βακτήρια μπορούν να αναπτυχθούν ανεξάρτητα στο γάλα. Ωστόσο, ο συνδυασμός τους είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση των ιδιοτήτων υφής του γιαουρτιού παράγοντας εξωπολυσακχαρίτες και παρέχοντας οφέλη για την υγεία στους καταναλωτές (Ayivi et al., 2022; Rul, 2017). Ειδικότερα, το βακτήριο *L. bulgaricus* είναι υπεύθυνο για την παραγωγή D- γαλακτικού οξέος και το *S. thermophilus* για την παραγωγή L- γαλακτικού οξέος, με το *L. bulgaricus* να είναι υπεύθυνο για την παραγωγή των μεγαλύτερων ποσοτήτων γαλακτικού οξέος. Η γαλακτόζη δεν μεταβολίζεται περεταίρω ενώ αντίθετα η γλυκόζη μετατρέπεται σε γαλακτικό οξύ μέσω του ενζύμου γαλακτική αφυδρογονάση (LDH) των βακτηρίων αυτών (Sieuwerts, 2016).

Οι Horiuchi και Sasaki ανέφεραν ότι η ζύμωση γιαουρτιού με *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* και *S. thermophilus*, τα οποία είναι προαιρετικά αναερόβια, προχωρούν αποτελεσματικά ακόμη και όταν υπάρχει οξυγόνο, καθώς αυτά τα βακτήρια μπορούν να ευδοκιμήσουν τόσο σε αερόβιες όσο και σε αναερόβιες συνθήκες (Horiuchi & Sasaki, 2012). Η συμβίωση των δύο αυτών οξυγαλακτικών βακτηρίων επιταχύνει την παραγωγή οξύτητας στο γάλα του γάλακτος καθώς το ένα

ενισχύει την ανάπτυξη του άλλου διαμέσου των προϊόντων του μεταβολισμού τους (Rul, 2017; Sfakianaki & Tzia, 2014).

1.2.4 Ψύξη

Στο επιθυμητό pH περίπου 4,6, το γιαούρτι πρέπει να ψύχεται μερικώς σε θερμοκρασία περίπου 20°C, ενώ πρέπει να πραγματοποιείται πριν από την προσθήκη επιπρόσθετων συστατικών. Συχνά, το γιαούρτι ψύχεται σε θερμοκρασία μικρότερη των 5°C σε τούνελ ψύξης για να μειωθεί οποιαδήποτε περαιτέρω ανάπτυξη οξέος ή σε βιομηχανικά ψυγεία σε θερμοκρασίες μικρότερες των 10°C (Lee & Lucey, 2010). Όσο πιο κοντά είναι η θερμοκρασία συντήρησης στους 0°C τόσο επιμηκύνεται και η διάρκεια ζωής του γιαουρτιού καθώς επιβραδύνεται η ενζυμική δράση των οξυγαλακτικών βακτηρίων (Μάντης κ.α., 2015).

1.3 Ιδιότητες του γιαουρτιού

Χρώμα: Το χρώμα του γιαουρτιού μπορεί να ποικίλλει λόγω πολλών παραγόντων, όπως ο τύπος του γάλακτος που χρησιμοποιείται (πλήρες γάλα, αποβουτυρωμένο γάλα, κ.λπ.), συμπεριλαμβανομένων των προσθέτων όπως τα φρούτα ή τα αρωματικά, και οι συνθήκες κατά την επεξεργασία. Γενικά, το γιαούρτι που παράγεται από αγελαδινό γάλα παρουσιάζει ένα υπόλευκο έως ανοιχτό κίτρινο χρώμα. Η προσθήκη φρούτων ή άλλων πρόσθετων μπορεί να επιφέρει σημαντικές αλλαγές χρώματος. Για παράδειγμα, το γιαούρτι φράουλας παρουσιάζει συχνά μια ροζ απόχρωση που αποδίδεται στην παρουσία πουρέ φράουλας ή αρωματικών παραγόντων (Talib et al., 2024).

pH: Ως pH ορίζεται το μέτρο της οξύτητας του γιαουρτιού, γεγονός που επηρεάζει τη γεύση του και αλλάζει τη διάρκεια ζωής και την υφή του. Η οξύτητα του γιαουρτιού οφείλεται στη βακτηριακή ζύμωση του γαλακτικού οξέος, ιδιαίτερα από τα στελέχη *Lactobacillus* and *Streptococcus*. Αυτά τα βακτήρια, μέσω της ζύμωσης μετατρέπουν την λακτόζη (σάκχαρο γάλακτος) σε γαλακτικό οξύ. Το pH του γιαουρτιού κυμαίνεται συνήθως από 4,5 έως 4,6. Οι παραλλαγές οφείλονται σε παράγοντες όπως ο χρόνος ζύμωσης, η θερμοκρασία και τα στελέχη βακτηρίων που χρησιμοποιούνται. Το όξινο περιβάλλον που δημιουργείται από το γαλακτικό οξύ όχι μόνο προσδίδει στο γιαούρτι τη χαρακτηριστική του αιχμηρή, ευχάριστη γεύση, αλλά βοηθά επίσης στην αναστολή της ανάπτυξης επιβλαβών βακτηρίων, συμβάλλοντας στη διατήρησή του (Talib et al., 2024).

Ιξώδες: Το ιξώδες ενός ρευστού είναι ένα μέτρο της αντίστασής του στη ροή. Το ιξώδες ενός γιαουρτιού είναι η ιδιότητά του που επηρεάζει τα άλλα χαρακτηριστικά του, όπως η υφή και η συνοχή (Lee & Lucey, 2010). Τα πρωτεϊνικά του συστατικά (ειδικά η πρωτεΐνη καζεΐνης) και οι σταθεροποιητές όπως η ζελατίνη ή η πηκτίνη μπορούν να μεταβάλλουν το ιξώδες του γιαουρτιού. Η παραγωγή

εξωπολυσακχαριτών (EPS) με βακτηριακή ζύμωση γαλακτικού οξέος ενισχύει το ιξώδες του γιαουρτιού μετατρέποντας τη δομή του γιαουρτιού σε τέτοια που μοιάζει με γέλη. Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες έχει γενικά ως αποτέλεσμα μια πιο παχύρρευστη και βουτυρώδη σύσταση γιαουρτιού (Talib et al., 2024).

Συναίρεση: Η συναίρεση είναι μια διαδικασία κατά την οποία ένα πήκτωμα συστέλλεται και απελευθερώνει υγρό, παράγοντας περισσότερο συμπυκνωμένα προϊόντα. Στην περίπτωση του γιαουρτιού, η διαδικασία της συναίρεσης βοηθά στον διαχωρισμό του ορού γάλακτος, ο οποίος διαχωρίζεται στην κορυφή και μπορεί να συλλέγεται περιοδικά σε ξεχωριστό δοχείο (Talib et al., 2024).

1.4 Λειτουργικά τρόφιμα

1.4.1 Ιστορική αναδρομή των λειτουργικών τροφίμων

Τις τελευταίες δεκαετίες, η σύνδεση μεταξύ της διατροφής και της υγείας του ανθρώπου αποτελεί σημείο ερευνητικού ενδιαφέροντος. Ταυτόχρονα, οι ανάγκες του σύγχρονου ανθρώπου απαιτούν πλέον τρόφιμα τα οποία πέρα από τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία που τους προσφέρουν, εμφανίζουν ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία του.

Αν και τα λειτουργικά τρόφιμα θεωρείται ότι αποτελούν ένα σχετικά σύγχρονο τομέα, η ιδέα της ανάπτυξής τους εμφανίστηκε αρχικά στην Ιαπωνία κατά τη δεκαετία του 1980, λόγω ενός κλιμακούμενου κόστους υγειονομικής περίθαλψης. Συγκεκριμένα, το Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας της Ιαπωνίας ξεκίνησε ένα νέο ρυθμιστικό σύστημα για την έγκριση ορισμένων τροφίμων με τεκμηριωμένα επιστημονικά οφέλη για την υγεία (Arai, 1996). Στόχος του συγκεκριμένου προγράμματος ήταν να βελτιώσει την υγεία του γερασμένου πληθυσμού της χώρας. Στην συνέχεια το 1984, το Υπουργείο Παιδείας, Επιστήμης και Πολιτισμού της Ιαπωνίας, ξεκίνησε ένα νέο εθνικό έργο για τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ τροφίμων και ιατρικών επιστημών (Ohama et al., 2006). Ο όρος «λειτουργικό τρόφιμο» εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1993 στο περιοδικό Nature με τον τίτλο «Η Ιαπωνία εξερευνά τα όρια μεταξύ τροφίμων και φαρμάκων» (Swinbanks & O'Brien, 1993).

Συγκεκριμένα, η Ιαπωνία είναι η μόνη χώρα που αναγνωρίζει τον όρο λειτουργικά τρόφιμα ως ξεχωριστή κατηγορία τροφίμων και η ιαπωνική αγορά είναι πλέον μία από τις πιο σύγχρονες στον κόσμο, με σχεδόν 500 προϊόντα διατροφής. Ειδικότερα, το 1991 το Υπουργείο Υγείας της Ιαπωνίας νομοθέτησε τους κανόνες που διέπουν τη δημιουργία λειτουργικών τροφίμων, γνωστά ως τρόφιμα για συγκεκριμένη χρήση υγείας ή FOSHU (Foods for Specified Health Uses), τονίζοντας πως ο ισχυρισμός για την υγεία πρέπει να αναγράφεται στην ετικέτα τους. Ο ορισμός που δόθηκε είναι ο εξής (Hosoya, 1998):

«Τα λειτουργικά τρόφιμα πρόκειται για τρόφιμα που αποτελούνται από λειτουργικά συστατικά που επηρεάζουν τη δομή ή/ και τη λειτουργία του σώματος και χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση ή ρύθμιση συγκεκριμένων συνθηκών υγείας, όπως η γαστρεντερική υγεία, η αρτηριακή πίεση και τα επίπεδα της χοληστερόλης του αίματος»

1.4.2 Ορισμός των λειτουργικών τροφίμων

Ο όρος λειτουργικό τρόφιμο μέχρι και σήμερα, πέραν της Ιαπωνίας, δεν αναγνωρίζεται παγκοσμίως νομικά ενώ αποτελεί έναν όρο που χρησιμοποιείται στο μάρκετινγκ. Ένας προτεινόμενος ορισμός του λειτουργικού τροφίμου είναι αυτός που αναθεωρήθηκε από το Functional Food Centre, στο Ντάλας των ΗΠΑ (Gur et al., 2018):

«Φυσικά ή επεξεργασμένα τρόφιμα που περιέχουν βιολογικά δραστικές ενώσεις που, σε καθορισμένες, αποτελεσματικές και μη τοξικές ποσότητες, παρέχουν ένα κλινικά αποδεδειγμένο και τεκμηριωμένο όφελος για την υγεία χρησιμοποιώντας συγκεκριμένους βιοδείκτες για την πρόληψη, διαχείριση ή θεραπεία χρόνιων ασθενειών ή των συμπτωμάτων τους. Ως εκ τούτου, ο ορισμός που δίνεται για τα λειτουργικά τρόφιμα αποτελείται από τα εξής μέρη.

- Η φράση «φυσικά ή επεξεργασμένα τρόφιμα» αναφέρεται στον τύπο τροφίμου που μπορεί να συμπεριληφθεί ως λειτουργικό τρόφιμο.
- Η φράση «περιέχουν βιολογικά ενεργές ενώσεις» περιγράφει το συστατικό της τροφής που ωφελεί την υγεία του σώματός μας.
- Η φράση «Τα οποία, σε καθορισμένες, αποτελεσματικές και μη τοξικές ποσότητες» επικεντρώνονται στην ποσότητα, την αποτελεσματικότητα και το επίπεδο τοξικότητας του ίδιου του τροφίμου.
- Τέλος, η φράση η «πρόληψη, διαχείριση ή θεραπεία χρόνιων ασθενειών ή των συμπτωμάτων τους» ορίζει τις βασικές πτυχές του μηχανισμού δράσης των λειτουργικών τροφίμων.

1.4.3 Κατηγορίες των λειτουργικών τροφίμων

Τα λειτουργικά τρόφιμα μπορούν να ομαδοποιηθούν ευρέως στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Συμβατικά τρόφιμα που περιέχουν φυσικά κάποια δραστική ουσία. Ένα παράδειγμα αποτελεί η ύπαρξη της β-γλυκάνης στο πίτουρο βρώμης που συμβάλλει στη μείωση της χοληστερόλης στο αίμα
- Τρόφιμα που έχουν υποστεί τροποποίηση έτσι ώστε να αυξηθεί η περιεκτικότητά τους σε οποιοδήποτε συστατικό τους προσδίδει όφελος για την υγεία του καταναλωτή. Παράδειγμα

μπορεί αν αποτελέσει η ενίσχυση με μικροθρεπτικά συστατικά για να επιτευχθεί ημερήσια πρόσληψη υψηλότερη από τη συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη.

- Τρόφιμα που έχουν εμπλουτιστεί με ένα νέο συστατικό με θετική δράση στην υγεία (εμπλουτισμός γαλακτοκομικών με ασβέστιο ή σίδηρο).
- Τρόφιμα που έχουν υποστεί αντικατάσταση ή ακόμη και πλήρη αφαίρεση ενός βλαβερού συστατικού το οποίο θεωρείται επιζήμιο και η πρόσληψή του είναι υπερβολική και αντικατάστασή του με ένα συστατικό για το οποίο έχουν εμφανιστεί ευεργετικά αποτελέσματα (πχ αφαίρεση κορεσμένου λίπους από ένα αλλαντικό και προσθήκη ελαιολάδου).
- Τρόφιμα που έχουν εμπλουτιστεί με ένα συστατικό που συμβάλλει στη διατήρηση των ωφέλιμων επιπτώσεων της κατανάλωσης του λειτουργικού τροφίμου. Ένα παράδειγμα είναι η μαργαρίνη η οποία περιέχει πρόσθετη φυτοστερόλη που είναι γνωστό ότι μειώνει τη χοληστερόλη στον ορό (Δημοσθενόπουλος, 2007-2008).

Κάποια από τα πιο χαρακτηριστικά και καινοτόμα λειτουργικά τρόφιμα είναι τα παρακάτω:

- Προϊόντα γάλακτος που έχουν υποστεί ζύμωση, γιαούρτια με προβιοτικές καλλιέργειες που χαρακτηρίζονται «ζωντανά» (περιέχουν ζωντανούς ευεργετικούς μικροοργανισμούς και προβιοτικά βακτηρίδια) και τα οποία βελτιώνουν τη λειτουργία του πεπτικού συστήματος. Οι προβιοτικοί οργανισμοί είναι ανθεκτικοί στη διαδικασία της πέψης και περνούν στο έντερο, όπου και ασκούν την ευεργετική τους δράση. Στα προβιοτικά γαλακτοκομικά προϊόντα, ανήκουν κυρίως στα γένη *Lactobacillus* και *Bifidobacterium*.
- Μαλακές μαργαρίνες, γιαούρτι, τυρί σε μορφή κρέμας, τα οποία είναι εμπλουτισμένα κατάλληλα ώστε να αποτελούν πηγές φυτικών στερολών και στανολών, οι οποίες σύμφωνα με αρκετές επιστημονικές μελέτες μειώνουν τη χοληστερόλη και κατά συνέπεια και τον κίνδυνο για καρδιοπάθεια.
- Προϊόντα με αντιοξειδωτικούς παράγοντες π.χ ροφήματα με φρούτα και λαχανικά.
- Χυμοί, μαργαρίνες και μπάρες με ω3 ή ακόμα και αβγά πλούσια σε λιπαρά οξέα ωμέγα-3 (που αν καταναλωθούν 3 - 4 φορές την εβδομάδα) παρέχουν την συνιστώμενη ποσότητα ω-3 λιπαρών οξέων για τη μείωση του κινδύνου καρδιοπάθειας.
- Γαλακτοκομικά προϊόντα ή ροφήματα χυμού για τον έλεγχο της υψηλής πίεσης που παρασκευάζονται με την προσθήκη πεπτιδίων, που είναι γνωστά ως καζοκινίνες ή με την προσθήκη καλίου αντίστοιχα.
- Δημητριακά πρωινού εμπλουτισμένα με φυλλικό οξύ που συμβάλουν στη μείωση του κινδύνου εμφάνισης γέννησης βρεφών με προβλήματα του νευρικού σωλήνα (π.χ. δισχιδή ράχη).

- Ψωμί, μπάρες από μούσλι εμπλουτισμένα με ισοφλαβόνες, η προσθήκη των οποίων μειώνει πιθανά τον κίνδυνο καρκίνου του μαστού και του προστάτη, καρδιοπαθειών και οστεοπόρωσης (Δημοσθενόπουλος, 2007-2008).

2. Σκοπός

Ειδικότερα, σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η μελέτη και η ανάλυση των μέχρι τώρα επιστημονικών δεδομένων για την επίδραση των γιαουρτιών με φυτικά εκχυλίσματα στην υγεία και στη νόσο. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση στις βάσεις δεδομένων.

3. Συζήτηση-Αποτελέσματα

Το γιαούρτι είναι μια πλούσια πηγή βιοδραστικών πεπτιδίων με αντιοξειδωτική δράση που παράγονται κατά τη ζύμωση. Σε σύγκριση με το γάλα, το γιαούρτι είναι πιο θρεπτικό και είναι μια εξαιρετική πηγή πρωτεΐνης, ασβεστίου, φωσφόρου, ριβοφλαβίνης, θειαμίνης, βιταμίνης B12, φυλλικού οξέος, νιασίνης, μαγνησίου και ψευδαργύρου, ενώ τα βακτήρια παρέχουν ευεργετική επίδραση στην εντερική λειτουργία και προσφέρουν οφέλη για την υγεία, όπως η μείωση της απορρόφησης χοληστερόλης, η μείωση της αρτηριακής πίεσης και βελτίωση των εντερικών διαταραχών και των χρόνιων παθήσεων. Συνήθως, το γιαούρτι μετατρέπεται σε βιολειτουργικό με την προσθήκη φυσικών εκχυλισμάτων ή συνθετικών γευστικών ενώσεων, κυρίως με την προσθήκη χυμών φρούτων ή πολτού από φρούτα μούρων όπως φράουλες, βατόμουρα και σμέουρα, τα οποία παρέχουν φυσικό χρώμα και γεύση καθώς και βιοδραστικές ενώσεις. Οι χυμοί φρούτων, οι σκόνες και τα φυτικά εκχυλίσματα χρησιμοποιούνται ως λειτουργικά συστατικά στη βιομηχανία τροφίμων, συμπεριλαμβανομένου του γαλακτοκομικού τομέα.

Πρόσφατα, η ανάπτυξη του γιαουρτιού ως λειτουργικό τρόφιμο έχει συγκεντρώσει αυξανόμενο ενδιαφέρον από ερευνητές λόγω της σημασίας του γιαουρτιού για την υγεία, με την παραγωγή να αυξάνεται μέρα με τη μέρα, καθώς έφτασε τους περίπου 292.000 τόνους το 2019 σε σύγκριση με 269.000 το 2018 (FAOSTAT, 2022).

Γενικά, το γιαούρτι μπορεί να επιδείξει σημαντικά οφέλη για την υγεία, όπως αντιοξειδωτική δράση, ενισχυμένη απορρόφηση βιταμινών και μετάλλων, καθώς και ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος (Rashwan et al. 2022). Ωστόσο, λόγω της απουσίας πολλών θρεπτικών συστατικών όπως φαινολικά, φλαβονοειδή, ανθοκυανίνες, σίδηρο και άλλα από το απλό γιαούρτι, η αντιδιαβητική δράση, η αντιμικροβιακή δράση και άλλα, είναι περιορισμένη (Silva et al. 2022).

Επιπλέον, το δίκτυο των πρωτεϊνών του γιαουρτιού θα μπορούσε να συμβάλει στη σταθερότητα ορισμένων φαινολικών ενώσεων, ιδιαίτερα της κατεχίνης, της επικατεχίνης και της καμπεφρόλης, με

αποτέλεσμα να ενισχύεται η βιοδιαθεσιμότητα αυτών των συστατικών, αυξάνοντας έτσι τη βιοδραστικότητα τους (Rashwan et al. 2022). Επιπλέον, τα βακτήρια γαλακτικού οξέος μπορούν να μετατρέψουν ορισμένες ενώσεις, όπως οι προκυανιδίνες και οι φυτικές ενώσεις, κατά τον μεταβολισμό τους σε άλλες μορφές με υψηλή βιοδραστικότητα (Rashwan et al. 2021; Silva et al. 2022).

3.1 Αντιοξειδωτική δράση

Το απλό γιαούρτι χαρακτηρίζεται από αντιοξειδωτικές ιδιότητες, ενώ η ζύμωση του γιαουρτιού μπορεί να παράγει αρκετά αμινοξέα και μικρά πεπτίδια με αντιοξειδωτική δράση. Επιπλέον, τα αναγωγικά σάκχαρα, τα λιπαρά οξέα, οι ολιγοσακχαρίτες και τα βακτήρια του γαλακτικού οξέος που εντοπίζονται στο γιαούρτι μπορούν να λειτουργήσουν ως αναγωγικοί παράγοντες και να εμφανίσουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες (Silva et al. 2022; Wang et al. 2023).

Οι δραστικές μορφές οξυγόνου (Reactive Oxygen Species, ROS), συμπεριλαμβανομένης της ρίζας του υπεροξειδίου, της ρίζας του υδροξυλίου, του υπεροξειδίου του υδρογόνου και της ρίζας του υπεροξυλίου, είναι γνωστό ότι προκαλούν οξειδωτική βλάβη. Ως εκ τούτου, υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για τα αντιοξειδωτικά των τροφίμων καθώς πιστεύεται ότι μπορούν να προστατεύσουν τον ανθρώπινο οργανισμό από την επίθεση των ελεύθερων ριζών και να καθυστερήσουν την πρόοδο πολλών χρόνιων ασθενειών (Papadaki et al., 2022).

Οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες του γιαουρτιού σχετίζονται με τα συστατικά του γάλακτος καθώς και με ενώσεις που παράγονται κατά τη ζύμωση του γαλακτικού οξέος. Η συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα του τελικού προϊόντος εξαρτάται τόσο από υδρόφιλες όσο και από λιπόφιλες ενώσεις. Πληθώρα μελετών υπογραμμίζουν ότι ο κύριος συντελεστής της συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας του πλήρους γάλακτος είναι τα κλάσματα καζεΐνης, με τη λευκωματίνη να είναι κυρίως υπεύθυνη για τη συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα της πρωτεΐνης του ορού γάλακτος. Στην περίπτωση του αποπρωτεϊνωμένου γάλακτος, άλλες υδρόφιλες αντιοξειδωτικές ενώσεις, όπως η βιταμίνη C και το ουρικό οξύ, καθώς και λιπόφιλες ενώσεις όπως η βιταμίνη E και τα καροτενοειδή, είναι η κύρια πηγή της συνολικής αντιοξειδωτικής του ικανότητας. Τα πεπτίδια, τα οποία παράγονται κατά τη ζύμωση του γάλακτος μέσω της δράσης των βακτηρίων του γαλακτικού οξέος, είναι τα κύρια αντιοξειδωτικά που υπάρχουν στο γιαούρτι. Συγκεκριμένα, πολλά αμινοξέα και μικρά πεπτίδια με μοριακό βάρος μικρότερο από 1000 kDa απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, με αποτέλεσμα την ισχυρή αντιοξειδωτική δράση του γιαουρτιού (Papadaki et al., 2022).

Ωστόσο, ο εμπλουτισμός των γιαουρτιών με φυσικά λειτουργικά συστατικά μπορεί να ενισχύσει τις βιολογικές δραστηριότητες του γιαουρτιού. Η προσθήκη τέτοιων ενώσεων στο γιαούρτι μπορεί να παίζει κρίσιμο ρόλο στην ενίσχυση και την αύξηση της αντιοξειδωτικής δράσης των γιαουρτιών λόγω

της παρουσίας μεγάλου αριθμού αντιοξειδωτικών συστατικών όπως πολυσακχαρίτες, φαινολικά, φλαβονοειδή, ανθοκυανίνες (Ahmad et al., 2023; Lee et al., 2020).

Συγκεκριμένα, στην μελέτη των Sengupta et al., έγινε προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής δράσης των γιαουρτιών με τη μέθοδο DPPH (2,2-διφαινυλ-1-πικρυλυδραζύλ) σε γιαούρτια σόγιας και γιαούρτια εμπλουτισμένα με έλαιο από πίτουρο ρυζιού. Ειδικότερα, τα γιαούρτια σόγιας είναι γνωστά για τις υποχοληστερολογικές τους ιδιότητες, μειώνοντας τη συνολική χοληστερόλη, την LDL-c και αυξάνοντας την HDL-c κυρίως λόγω της παρουσίας ισοφλαβονών, φυτικού οξέος και σαπωνινών που έχουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση. Το έλαιο πίτουρου ρυζιού (RBO) είναι πλούσιο σε κορεσμένα, μονοακόρεστα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και σε αντιοξειδωτικά όπως η ορυζανόλη, η τοκοφερόλη και η τοκοτριενόλη. Το σησαμέλαιο (SO) περιέχει λιγνάνες όπως η σησαμόλη και η σησαμολίνη που έχουν εξαιρετικές ιδιότητες μείωσης της χοληστερόλης και επίσης είναι πλούσιο σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα.

Κατά τη μελέτη της αντιοξειδωτικής δράσης των γιαουρτιών με τη μέθοδο DPPH, η μείωση των ριζών DPPH από τα γιαούρτια μάρτυρας και το γιαούρτι με προσθήκη RBO-SO την ημέρα 0 βρέθηκε ότι ήταν $12,59 \pm 0,56$ % και $32,26 \pm 0,59$ % (Πίνακας 1), αντίστοιχα και την 28η ημέρα και $13,25 \pm 0,96$ % και $33,18 \pm 0,94$ %. Το γεγονός αυτό οδήγησε στο συμπέρασμα ότι οι ρίζες DPPH αλληλεπιδρούν με περισσότερα αντιοξειδωτικά μόρια που εντοπίζονται στο γιαούρτι με προσθήκη RBO-SO σε σύγκριση με τα γιαούρτια μάρτυρες, οδηγώντας στην εξουδετέρωση των ριζών υδροξυλίου. Στην περίπτωση του εμπλουτισμένου γιαουρτιού βρέθηκε σημαντικά αυξημένη περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες στις ημέρες 0 και 28, $4800 \pm 13,28$ % (Πίνακας 1) και $4816 \pm 16,27$ %, αντίστοιχα σε σύγκριση με το γιαούρτι μάρτυρας ($1205 \pm 14,29$) (Sengupta et al., 2016).

Επιπλέον, το γιαούρτι που εμπλουτίστηκε με RBO-SO έδειξε σημαντικά υψηλότερο ποσοστό λιγνάνης ($1,10 \pm 0,002$) και ορυζανόλης ($0,019 \pm 0,02$) ενώ το γιαούρτι μάρτυρας δεν περιείχε λιγνάνη. Η υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση του γιαουρτιού που ενσωματώθηκε RBO-SO είναι ένα επιθυμητό χαρακτηριστικό που μπορεί να ενισχύσει την θεραπευτική αξία των γιαουρτιών (Sengupta et al., 2016).

Σε επόμενη μελέτη αξιολογήθηκε η προσθήκη υδατικού εκχυλίσματος του φρούτου *Siraitia grosvenorii* σε συγκέντρωση 2% w/w σε προβιοτικό γιαούρτι και προσδιορίστηκε η αντιοξειδωτική τους ιδιότητα με τις μεθόδους DPPH και ABTS. Συγκεκριμένα βρέθηκε ότι το προβιοτικό γιαούρτι με προσθήκη εκχυλίσματος του φρούτου *Siraitia grosvenorii* εμφάνισε υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση σε ποσοστό 78,21%, σε σύγκριση με αυτή του προβιοτικού γιαουρτιού ελέγχου το οποίο εμφάνισε ποσοστό 29,5%. Η αντιοξειδωτική δράση του προς μελέτη γιαουρτιού μπορεί να οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες, μογροσίδη, πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες και βιταμίνη C σε αυτό το φρούτο (Πίνακας 1) (Abdel-Hamid et al. 2020a).

Επιπλέον, η μέτρηση της αντιοξειδωτικής δράσης γιαουρτιού εμπλουτισμένου με μαρμελάδα *Hibiscus sabdariffa* L., σε ποσοστό 20% w/w, χρησιμοποιώντας δύο μεθόδους, συμπεριλαμβανομένης της αντιοξειδωτικής ικανότητας μείωσης του χαλκού (II) και της DPPH έδειξε ότι το εμπλουτισμένο γιαούρτι είχε υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση. Ο εμπλουτισμός του γιαουρτιού επηρέασε σημαντικά την αντιοξειδωτική δράση και τη συνολική περιεκτικότητα σε φαινόλες των δειγμάτων γιαουρτιού. Η εξουδετέρωση ριζών DPPH και η αντιοξειδωτική ικανότητα μείωσης ιόντων χαλκού (II) σε δείγματα γιαουρτιού κυμαίνονταν από 5,92–26,73 mg TE/100 g και 4,88–15,03 mg TE/100 g, αντίστοιχα (Πίνακας 1). Επιπλέον, ο εμπλουτισμός επηρέασε σημαντικά την ανόργανη σύνθεση των δειγμάτων γιαουρτιού καθώς τα μέταλλα Fe, Mn, B και Ba αυξήθηκαν σημαντικά (Arslaner et al. 2021).

Στην μελέτη των Tamir et al., η προσθήκη 0,5% w/w υδατικού εκχυλίσματος σπόρων σταφυλιού σε αναδύμενο γιαούρτι από γάλα βούβαλου αύξησε σημαντικά το ποσοστό αναστολής των ριζών DPPH και ABTS κατά 26,81% και 52,38% στο δείγμα προς μελέτη σε σύγκριση με 16,02% και 9,29% στο δείγμα ελέγχου. Η υψηλή φυτοχημική περιεκτικότητα που βρέθηκε στο υδατικό εκχύλισμα σπόρων σταφυλιού ήταν πιθανότατα υπεύθυνη για την αύξηση της ικανότητας εξουδετέρωσης ελεύθερων ριζών του γιαουρτιού που περιέχει εκχύλισμα σπόρων σταφυλιού (Tamir et al. 2022).

Σε επόμενη μελέτη αξιολογήθηκε η επίδραση του υδατικού εκχυλίσματος πράσινης πιπεριάς στην αναστολή των ελεύθερων ριζών και βρέθηκε σημαντική αύξηση της ανασταλτικής δραστηριότητας των ελεύθερων ριζών καθώς η συγκέντρωση του εκχυλίσματος πράσινης πιπεριάς αυξανόταν, ενώ με την πάροδο του χρόνου, υπήρξε μείωση στην αντιοξειδωτική δράση. Ωστόσο, υπήρξε μια ελαφρά αύξηση στην αντιοξειδωτική δράση τη 14η ημέρα αποθήκευσης. Αυτή η αύξηση μπορεί να οφείλεται στην ενεργοποίηση ενζύμων όπως η καταλάση και η υπεροξειδάση μετά από μια ορισμένη περίοδο αποθήκευσης, καθώς και στην παρουσία καζεΐνης και βακτηρίων του γαλακτικού οξέος στο γάλα. Επίσης, στη συγκεκριμένη μελέτη, παρατηρήθηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης του εκχυλίσματος και του χρόνου αποθήκευσης με την συνολική περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις που υπάρχουν στο δείγμα. Συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι καθώς αυξανόταν η συγκέντρωση του εκχυλίσματος, αυξανόταν και η περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις. Η μέγιστη περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις ήταν 721 και 717 mg/GAE (Πίνακας 1), η οποία παρατηρήθηκε σε δείγματα με συγκέντρωση εκχυλίσματος 300 ppm και 200 ppm (Kosvari et al., 2023).

Σε παρόμοια ευρήματα κατέληξαν στην μελέτη τους και οι Kang et al., οι οποίοι παρατήρησαν σημαντική αύξηση στην αντιοξειδωτική δράση του γιαουρτιού όταν αυξήθηκε η ποσότητα υδατικού εκχυλίσματος κόκκινης ή πράσινης πιπεριάς που προστέθηκε στο γιαούρτι. Επιπλέον, βρήκαν μια άμεση συσχέτιση μεταξύ του επιπέδου της αντιοξειδωτικής δράσης που παρατηρείται στο γιαούρτι και της ολικής περιεκτικότητας σε φαινόλες που υπάρχει στις πιπεριές (Kang et al., 2018). Σε μια ακόμα μελέτη, ο σκοπός ήταν να αξιολογηθούν και να συγκριθούν οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες διαφόρων

ποικιλιών πιπεριάς (κόκκινη, πράσινη, πορτοκαλί, κίτρινη) με συνθετικά αντιοξειδωτικά. Τα ευρήματα έδειξαν ότι αυτές οι πιπεριές εμφάνισαν συγκρίσιμα επίπεδα αντιοξειδωτικής δράσης στην αναστολή των ριζών DPPH όταν χρησιμοποιούνται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις. Συγκεκριμένα, σε υψηλότερες συγκεντρώσεις φαινολικών ενώσεων, λόγω της αύξησης του αριθμού των υδροξυλομάδων στο μέσο αντίδρασης, η πιθανότητα προσθήκης υδρογόνου σε ελεύθερες ρίζες αυξάνεται και η αντιοξειδωτική ικανότητα του εκχυλίσματος αυξάνεται (Hong et al., 2020).

Παρομοίως στη μελέτη τους, οι Kim, An, Park, Lim και Kim (2016) διαπίστωσαν ότι 100 g αποξηραμένης πράσινης πάπρικας περιείχαν 10 mg καροτενοειδή, 100 mg τοκοφερόλης και 700 mg πολυφαινόλες. Επιπλέον, σημειώθηκε ότι η πράσινη πάπρικα εμφάνισε αυξημένα επίπεδα χλωροφύλλης (Kim et al., 2016). Όλες αυτές οι ενώσεις μπορούν να είναι αποτελεσματικές στην αναστολή των ελεύθερων ριζών, επομένως η πράσινη πιπεριά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εμπλουτισμό του γιαουρτιού και την παραγωγή ενός λειτουργικού τροφίμου.

Σε επόμενη μελέτη, οι Wang et al. ερεύνησαν τα αποτελέσματα της προσθήκης θερμικά επεξεργασμένου υδατικού εκχυλίσματος φύλλων μουριάς στα βιοενεργά συστατικά, στις αντιοξειδωτικές και ανασταλτικές δραστηριότητες της α-γλυκοσιδάσης του γιαουρτιού. Τα ευρήματά τους αποκάλυψαν ότι η προσθήκη εκχυλίσματος φύλλων μουριάς είχε ως αποτέλεσμα υψηλότερη περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες, φλαβονοειδή και φαινολικά, γεγονός που οδήγησε στην μείωση των ριζών DPPH. Η μελέτη τους έδειξε περαιτέρω ότι το γιαούρτι που έχει υποστεί ζύμωση με 15% w/w εκχύλισμα καβουρδισμένων φύλλων μουριάς επέδειξε την ισχυρότερη ανασταλτική ικανότητα της α-γλυκοσιδάσης σε σύγκριση με γιαούρτι που έχει υποστεί ζύμωση με εκχύλισμα από μη επεξεργασμένα φύλλα μουριάς (Wang et al., 2023). Μια αύξηση στην αντιοξειδωτική δράση των καβουρδισμένων τροφίμων θα μπορούσε να αποδοθεί στα προϊόντα αντίδρασης της Maillard που σχηματίζονται κατά το ψήσιμο, καθώς τα προϊόντα αντίδρασης Maillard εμφανίζουν αντιοξειδωτική δράση (Abdelhedi et al., 2017).

Επιπλέον, η σκόνη αποξηραμένης λευκής μουριάς, που προστέθηκε σε ποσοστό 2, 4 και 6% w/w, βελτίωσε την αντιοξειδωτική ικανότητα του γιαουρτιού με βάση το βουβαλίσιο γάλα. Η αύξηση του αντιοξειδωτικού δυναμικού μετά την προσθήκη σκόνης αποξηραμένης λευκής μουριάς αποδόθηκε στα άφθονα φυτοχημικά που υπάρχουν στη λευκή μουριά (Sheikh et al., 2023). Σε προηγούμενη έρευνα, οι Devi et al. ανέφεραν ορισμένες αντιοξειδωτικές φυτοχημικές ουσίες στη λευκή μουριά, συμπεριλαμβανομένων του ασκορβικού οξέος, της βιταμίνης B1, της β-καροτίνης, του φολικού οξέος, της κερσετίνης, των τανινών, των σαπωνινών και των φλαβονοειδών (Devi et al., 2013).

Ακολούθως στην μελέτη των Silyvridou et al., αξιολογήθηκε ο εμπλουτισμός γιαουρτιού με υδατικό εκχύλισμα λυοφιλοποιημένης σκόνης υποφαούς σε διαφορετικές συγκεντρώσεις 0% w/w, 0.5%w/w,

1%w/w, 2%w/w και 3%w/w, και προσδιορίστηκαν φυσικοχημικές και ποιοτικές παράμετροι σε όλα τα δείγματα γιαουρτιών. Ειδικότερα, από τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρατηρήθηκε πως η προσθήκη υποφαούς στο ζυμωμένο γιαούρτι επιδρά στο χρόνο ζύμωσης του, μειώνοντας το χρόνο που χρειάζεται το γιαούρτι για να φτάσει στην ολοκλήρωση της ζύμωσης. Επιπλέον, βρέθηκε ότι μεταβάλλει τη μικροδομή του, ενώ το γιαούρτι εμπλουτισμένο με 3% w/w υποφαές εμφάνισε την χαμηλότερη συναίρεση και την υψηλότερη ικανότητα συγκράτησης νερού (Silynridou et al., 2024).

Επίσης, το έλαιο που προκύπτει από την εκχύλιση του πολτού του υποφαούς περιέχει πληθώρα βιοδραστικών ενώσεων με πιο σημαντικά τα καροτενοειδή, όπως το λυκοπένιο και η ζεαξανθίνη, ενώ είναι πλούσιο σε βιταμίνες C, E, A και K, πολυφαινόλες, φλαβονοειδή, φυτοστερόλες, ακόρεστα λιπαρά οξέα, φαινολικά οξέα, γλυκόζη, μέταλλα γεγονός που το καθιστά ένα υποσχόμενο προϊόν με αντιοξειδωτική δράση (Silynridou et al., 2024). Συγκεκριμένα, αν και οι πολυφαινόλες βρίσκονται συνήθως σε φρούτα και λαχανικά, το απλό γιαούρτι (0% w/w εκχύλισμα) εμφάνισε ολική περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες $9,6 \pm 0,17$ mg GAE/100 g πιθανώς επειδή το TPC υπάρχει φυσικά στο αγελαδινό γάλα από τη διατροφή των αγελάδων. Το γιαούρτι με 3% w/w εκχύλισμα εμφάνισε την υψηλότερη ολική περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες ($30,1 \pm 0,21$ mg GAE/100 g) και το δείγμα με 0,5% w/w εκχύλισμα είχε τη χαμηλότερη περιεκτικότητα ($18,7 \pm 0,15$ mg GAE/100 g) σε σύγκριση με τα υπόλοιπα γιαούρτια που εμπλουτίστηκαν, με τη συνολική περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις να αυξάνεται ανάλογα με την αύξηση της συγκέντρωσης του εκχυλίσματος. Το δείγμα με 3% w/w εκχύλισμα έχει συγκέντρωση σε φαινολικές ενώσεις τρεις φορές υψηλότερη σε σύγκριση με το απλό γιαούρτι, γεγονός που αυξάνει τη θρεπτική αξία του γιαουρτιού (Silynridou et al., 2024).

Οι Nguyen & Hwang διερεύνησαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και την αντιοξειδωτική δράση του γιαουρτιού εμπλουτισμένο με υδατικό εκχύλισμα *Aronia melanocarpa*. Συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι η συνολική οξύτητα αυξήθηκε με την αύξηση των επιπέδων του χυμού αρώνιας και του χρόνου επώασης. Ο αριθμός των βακτηρίων γαλακτικού οξέος (LAB) αυξήθηκε με την αύξηση του χρόνου επώασης και το γιαούρτι που περιείχε 2% w/w και 3% w/w χυμό αρώνιας έδειξε υψηλότερο αριθμό LAB από το γιαούρτι εμπλουτισμένο με χυμό αρώνιας 1% w/w. Η συνολική περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες και φλαβονοειδή αυξήθηκε αναλογικά με την αύξηση των επιπέδων του χυμού αρώνιας. Η αντιοξειδωτική δράση του γιαουρτιού που περιέχει αρώνια ήταν σημαντικά υψηλότερη από αυτή του μάρτυρα και αυξήθηκε αναλογικά με τη συγκέντρωση του χυμού αρώνιας, επιδεικνύοντας ότι ο χυμός αρώνιας μπορεί να είναι ένα χρήσιμο πρόσθετο για τη βελτίωση της γεύσης και της αντιοξειδωτικής δράσης του γιαουρτιού (Nguyen & Hwang, 2016).

Σε επόμενη μελέτη αξιολογήθηκε η προσθήκη υδατικού εκχυλίσματος γκουαρανά στις ιδιότητες του γιαουρτιού, όπως το pH, η οξύτητα, το χρώμα, η συναίρεση και η ικανότητα συγκράτησης νερού, Συγκεκριμένα, το γκουαρανά λειτουργεί ως βιοδραστικό με αντιπολλαπλασιαστικά, αντιλιπογόνα

αποτελέσματα. Πολλές έρευνες αναφέρουν ότι οι καβουρδισμένοι σπόροι του γκουαρανά διαθέτουν αντιοξειδωτικές, αντιμικροβιακές, υποχοληστερολαιμικές, αντιφλεγμονώδεις, και ιδιότητες προστασίας της υγείας. Η χημική σύνθεση του εκχυλίσματος γκουαρανά και η απόδοση του εκχυλίσματος ποικίλλουν ανάλογα με τη μέθοδο και τις συνθήκες που χρησιμοποιούνται. Τα κύρια βιοενεργά μόρια που προέρχονται από τις διάφορες μεθόδους είναι η καφεΐνη, οι τανίνες, οι κατεχίνες, η επικατεχίνη και η γαλλική επικατεχίνη. Σε αυτή τη μελέτη, συγκεντρώσεις εκχυλισμάτων γκουαρανά 0%, 0,5%, 1%, 2%, 3% και 4% w/w προστέθηκαν στην καλλιέργεια εκκίνησης και αξιολογήθηκαν η οξύτητα, το χρώμα, η ικανότητα συγκράτησης νερού, η σκληρότητα και η μικροδομή. Η παρουσία του εκχυλίσματος γκουαρανά μείωσε τον χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση της ζύμωσης του γιαουρτιού σε σύγκριση με τα δείγματα ελέγχου. Η χαμηλότερη συγκέντρωση εκχυλίσματος γκουαρανά μείωσε την οξύτητα, τη σκληρότητα και τη συναίρεση, ωστόσο ενώ παρατηρήθηκαν διαφορετικά δίκτυα καζεΐνης στο μικροσκόπιο, το γιαούρτι χωρίς και το γιαούρτι με 3% w/w εκχύλισμα γκουαρανά είχαν την ίδια οξύτητα και σκληρότητα. Τέλος, αυτή η έρευνα υποδεικνύει την καταλληλότητα των εκχυλισμάτων γκουαρανά στην παραγωγή λειτουργικού γιαουρτιού τύπου σετ και αυξάνει τη γνώση για τις επιδράσεις των φυτικών εκχυλισμάτων στη ζύμωση γάλακτος και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του γιαουρτιού (Kourouniotou et al., 2023).

Πίνακας 1: Μελέτες αξιολόγησης της αντιοξειδωτικής δράσης του εμπλουτισμού των γιαουρτιών.

Φυσικά λειτουργικά συστατικά	Τύπος γιαουρτιού	Λειτουργικές ενώσεις	Βιολογική δράση	Βιβλιογραφία
Έλαιο πίτουρου ρυζιού Σησαμέλαιο	Γιαούρτι σόγιας	Ορυζανόλη Τοκοφερόλη Τοκοτριενόλη	↓32,26±0,59 %DPPH ↑4800±13,28% πολυφαινόλες	(Sengupta et al., 2016)
Υδατικό εκχύλισμα <i>Siraitia grosvenorii</i>	Γιαούρτι τύπου σετ	Μογροσίδες Πολυφαινόλες Πολυσακχαρίτες Βιταμίνες	↑Αντιοξειδωτική δράση (78,21%)	(Abdel-Hamid et al., 2020a)
<i>H. sabdariffa</i> L.	Αναδυόμενο γιαούρτι	Πολυφαινόλες Φλαβονοειδή Ανθοκυανίνες	↓ 5,92–26,73 mg TE/100 g (DPPH) ↓4,88–15,03 mg TE/100 g (Ιόντα χαλκού)	(Arslaner et al., 2021)

Υδατικό εκχύλισμα σπόρων σταφυλιού	Αναδυόμενο γιαούρτι	Ανθοκυανίνες, Προκυανιδίνες Φλαβονοειδή Φαινολικές ενώσεις	↓ DPPH 26,81% ↓ ABTS 52,38%	(Tami et al., 2022)
Υδατικό εκχύλισμα πράσινης πιπεριάς	Αναδυόμενο γιαούρτι	Καψαϊκίνη Ασκορβικό οξύ Πολυφαινόλες Φλαβονοειδή Καροτεροειδή	↑ Φαινολικές ενώσεις (721mg/GAE)	(Kosvari et al., 2023) (Kim et al., 2016) (Kang et al., 2018) (Hong et al., 2020)
Υδατικό εκχύλισμα μουριάς	Αναδυόμενο γιαούρτι	Ασκορβικό οξύ Βιταμίνη B1 β-καροτίνη Φολικό οξύ Κερσετίνη Τανίνες Σαπωνίνες Φλαβονοειδή	↑ Ανθοκυανίνες, Φλαβονοειδή, Φαινολικές ενώσεις	(Wang et al., 2023)
Υδατικό εκχύλισμα ιποφαούς	Γιαούρτι τύπου σετ	Καροτενοειδή Βιταμίνες C, E, A, K Πολυφαινόλες Φλαβονοειδή Φυτοστερόλες Ακόρεστα λιπαρά οξέα Φαινολικά οξέα Μέταλλα	3% w/w: 30,1 ± 0,21 mg GAE/100g 0,5% w/w: 18,7 ± 0,15 mg GAE/100 g	(Silyvridou et al., 2024)

Ωστόσο, οι φαινολικές ενώσεις που λαμβάνονται μέσω της διατροφής έχει αποδειχθεί ότι δρουν ως προοξειδωτικά σε συστήματα που περιέχουν μέταλλα, όπως ο χαλκός και ο σίδηρος, και παρουσία οξυγόνου (O₂). Ειδικότερα, μέταλλα όπως ο χαλκός και ο σίδηρος καταλύουν τον οξειδοαναγωγικό κύκλο των φαινολικών, οδηγώντας στο σχηματισμό ROS και ριζών φαινοξυλίου που μπορούν να βλάψουν το DNA, τα λιπίδια και άλλα βιολογικά μόρια. Συγκεκριμένα, έχει βρεθεί ότι η έκθεση του DNA σε διυδροκαφεϊκό οξύ παρουσία χαλκού είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση περισσότερων βλαβών στο DNA την έκθεση σε καφεϊκό οξύ, ενώ η κατεχίνη που εντοπίζεται στο πράσινο τσάι αποδείχθηκε πρόσφατα ότι επάγει την παραγωγή υπεροξειδίου του υδρογόνου (H₂O₂) και προκαλεί επακόλουθη

οξειδωτική βλάβη στο κυτταρικό DNA παρουσία μετάλλων. Επιπλέον, έχει βρεθεί ότι τα φλαβονοειδή και άλλες φαινολικές ενώσεις που περιέχουν δακτύλιο φαινόλης προκαλούν επίσης οξείδωση της γλουταθειόνης σε απομονωμένα ηπατοκύτταρα αρουραίου. Επομένως, η κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων φαινολικών ενώσεων με τη μορφή συμπληρώματος μπορεί να μην είναι ασφαλής (Kyselova, 2011). Επιπλέον, οι πολυφαινόλες χρησιμοποιούνται για την ανασταλτική τους δράση στην απορρόφηση του σιδήρου, συνήθως για τη θεραπεία διαταραχών υπερφόρτωσης σιδήρου, οι οποίες αποτελούν παράγοντα υψηλού κινδύνου για πολλές χρόνιες ασθένειες. Ωστόσο, αυτή η δραστηριότητα μπορεί επίσης να έχει επιζήμια αποτελέσματα, όπως σε άτομα με έλλειψη σιδήρου. Μια διατροφή πλούσια σε πολυφαινόλες ή συμπληρώματα πολυφαινόλων αναγκάζει αυτές τις ενώσεις να δεσμεύονται με τον Fe στο έντερο με αποτέλεσμα να μην μπορεί να απορροφηθεί, οδηγώντας στην ανάπτυξη αναιμίας (Duda-Chodak & Tarko, 2023).

3.2 Αντιφλεγμονώδης δράση

Τα χαρακτηριστικά που προάγουν την υγεία διαφόρων λειτουργικών τροφίμων και θρεπτικών ουσιών συχνά εξαρτώνται από την ικανότητά τους να ρυθμίζουν τις φλεγμονώδεις οδούς εντός του σώματος (Gul et al., 2016). Ένα αξιοσημείωτο παράδειγμα είναι η κουρκουμίνη, μια ένωση που προέρχεται από τον κουρκουμά, γνωστή για τις ισχυρές αντιφλεγμονώδεις ιδιότητές της (Hewlings & Kalman, 2017). Η κουρκουμίνη αναστέλλει τη φλεγμονώδη απόκριση μέσω μιας σειράς μηχανισμών. Η έκφραση των ενζύμων COX-2, λιποξυγενάση και η επαγωγίμη ισομορφή της συνθάσης του μονοξειδίου του αζώτου (iNOS) μειώνεται λόγω της αναστολής της ενεργοποίησης του πυρηνικού παράγοντα κB (NF-κB). Αναστέλλει επίσης τις φλεγμονώδεις ενώσεις όπως ο παράγοντας νέκρωσης όγκου (TNF-α), την ιντερλευκίνη (IL) και την χημειοτακτική πρωτεΐνη των μονοκυττάρων (MCP) (Paulino et al., 2016). Μελέτες *in vitro* έχουν δείξει ότι ορισμένοι μεταγραφικοί παράγοντες όπως η πρωτεΐνη ενεργοποίησης AP-1 και ο μεταγραφικός παράγοντας NF-κB μπλοκάρουν την έκφραση φλεγμονωδών γονιδίων. Η μείωση των διακυτταρικών πρωτεϊνών σηματοδότησης, όπως η πρωτεϊνική κινάση C, μπορεί να είναι ένας άλλος τρόπος με τον οποίο η κουρκουμίνη αναστέλλει την παραγωγή κυτοκινών (Reyes-Gordillo et al., 2007).

Στην μελέτη των Ahmed Nasef et al., αναπτύχθηκε ένα λειτουργικό γιαούρτι που περιέχει κουρκουμίνη και χλωρογενικό οξύ, σε μορφή σκόνης. Στην συγκεκριμένη τυχαιοποιημένη μελέτη, υγιείς μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με BMI 25–40 κατανάλωσαν 125 g είτε λειτουργικού τροφίμου είτε εικονικού γιαουρτιού. Δείγματα αίματος συλλέχθηκαν κατά την έναρξη, 30 λεπτά και 1, 2, 3 και 4 ώρες μετά το φαγητό. Μετρήθηκαν οι δείκτες φλεγμονής στο πλάσμα, όπως ο TNF και η IL-6, και μεταβολικοί δείκτες, όπως τα τριγλυκερίδια, η ινσουλίνη και η γλυκόζη. Οι συμμετέχοντες είχαν σημαντικά χαμηλότερη μέγιστη συγκέντρωση TNF στο πλάσμα μετά την κατανάλωση του

λειτουργικού γιαουρτιού σε σύγκριση με το εικονικό γιαούρτι, με μέση διαφορά 0,3 pg/mL (Πίνακας 2). Επιπλέον, ο παράγοντας TNF στο πλάσμα ήταν σημαντικά χαμηλότερος μεταγευματικά σε σύγκριση με την αρχική τιμή μετά την κατανάλωση του λειτουργικού γιαουρτιού. Επιπλέον, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στους μεταβολικούς δείκτες που μετρήθηκαν. Επομένως, το λειτουργικό γιαούρτι εμπλουτισμένο με κουρκουμίνη και χλωρογενικό οξύ έχει τη δυνατότητα να μειώσει τους φλεγμονώδεις μεσολαβητές (Ahmed Nasef et al., 2022).

Το πράσινο τσάι είναι ένα από τα πιο δημοφιλή ροφήματα στον κόσμο. Οι βιολογικές επιδράσεις του πράσινου τσαγιού αποδίδονται στις πολυφαινολικές κατεχίνες και στην γαλλική επιγαλλοκατεχίνη-3 (EGCG), που αντιπροσωπεύουν το 10-15% των συνολικών κατεχινών (Singh et al., 2011). Αυτές οι ενώσεις παρουσιάζουν χημειοπροληπτικά αποτελέσματα ως αντιοξειδωτικά, που καταστέλλουν τις φλεγμονώδεις διεργασίες, προστατεύοντας έτσι τα κύτταρα και τους ιστούς από την ανάπτυξη όγκου. Η EGCG είναι υπεύθυνη για την αναστολή της κατάντη φλεγμονώδους σηματοδότησης καταστέλλοντας την έκφραση της πρωτεΐνης p38 και του NF-κΒ (Yang et al., 2021). Οι πολυφαινόλες που εντοπίζονται στο πράσινο τσάι έχουν συγκεντρώσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες (Musial et al., 2020).

Συγκεκριμένα στη μελέτη των Jeong et al., αξιολογήθηκε η επίδραση της προσθήκης σκόνης πράσινου τσαγιού (GTP) στις λειτουργικές ιδιότητες του γιαουρτιού. Το γιαούρτι εμπλουτίστηκε με 0-3% GTP (w/v) και προσδιορίστηκαν οι αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες των γιαουρτιών σε κύτταρα του παχέος εντέρου HT-29. Ο εμπλουτισμός με GTP (1-3% (w/v)) αύξησε σημαντικά τον ρυθμό οξίνισης και την ανάπτυξη LAB κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του γιαουρτιού, ενώ η εξουδετέρωση των ελεύθερων ριζών και του κυτταρικού H₂O₂ και η αύξηση των αντιοξειδωτικών πρωτεϊνών Nrf2 και HO-1 παρατηρήθηκαν στις ομάδες GTP 1-3% (w/v), ενώ βρέθηκε σημαντική μείωση στα επίπεδα του του TNF-α και της IL-1b στα κύτταρα, επιδεικνύοντας τις αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες των λειτουργικών γιαουρτιών (Jeong et al., 2018).

Επιπλέον, *in vivo* μελέτη σε αρουραίους έδειξε ότι η κατανάλωση αναδυόμενου γιαουρτιού εμπλουτισμένου με νανογαλάκτωμα εκχυλίσματος φύλλων *Malva parviflora* προστατεύει σημαντικά το κόλον των αρουραίων από την ελκώδη κολίτιδα που προκαλείται από το οξικό οξύ. Ο εμπλουτισμός των γιαουρτιών με νανογαλάκτωμα εκχυλίσματος φύλλων *M. Parviflora* ανέστειλε τη δημιουργία προφλεγμονωδών κυτοκινών, συμπεριλαμβανομένου του παράγοντα νέκρωσης όγκου-α, της ιντερλευκίνης-6 και του πυρηγικού παράγοντα κΒ (Πίνακας 2), και τη δημιουργία δραστικών ριζών οξυγόνου γεγονός που βελτιώνει το αντιοξειδωτικό και αντιφλεγμονώδες δυναμικό (El-Naggar et al. 2020).

Στην μελέτη των Kwon et al., αξιολογήθηκε η προσθήκη σπόρων chia στο γιαούρτι και το αντιφλεγμονώδες και αντιοξειδωτικό δυναμικό. Ο σπόρος chia περιέχει υψηλή ποσότητα διαιτητικών ινών και αντιοξειδωτικών που προέρχονται από φαινολικές ενώσεις. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι οι σπόροι chia εμφανίζουν διάφορες ευεργετικές επιδράσεις λόγω της παρουσίας ενώσεων όπως το α-λινολενικό οξύ, το χλωρογενικό οξύ και το καφεϊκό οξύ. Αυτά τα συστατικά του σπόρου chia παρουσιάζουν ισχυρά αντιοξειδωτικά και αντιφλεγμονώδη αποτελέσματα που μπορούν να προσφέρουν πρόσθετες λειτουργικές ιδιότητες στο γιαούρτι (Kwon et al., 2019). Δεδομένα από προηγούμενες μελέτες δείχνουν επίσης ότι το α-λινολενικό οξύ αναστέλλει τη φλεγμονή μειώνοντας τους φλεγμονώδεις μεσολαβητές, όπως την IL-6, την IL-8 και την COX-2 σε ανθρώπινα επιθηλιακά κύτταρα του παχέος εντέρου και αρουραίους με ιδιοπαθή φλεγμονώδη εντερική νόσο (Reifen et al., 2015). Ένα άλλο σημαντικό συστατικό του σπόρου chia, το χλωρογενικό οξύ, και ο μεταβολίτης του, το καφεϊκό οξύ εξασθένησε την κολίτιδα που προκλήθηκε από θεική δεξτράνη σε ποντίκια και μείωσε την IL-8 στα ανθρώπινα επιθηλιακά κύτταρα του παχέος εντέρου (Shin et al., 2015). Επειδή το οξειδωτικό στρες και η φλεγμονή συμβάλλουν σημαντικά στην έναρξη και την ανάπτυξη της ιδιοπαθούς φλεγμονώδους εντερικής νόσου, τα δεδομένα της μελέτης των Kwon et al., υποδηλώνουν ότι η κατάποση γιαουρτιού με εκχύλισμα από σπόρους chia μπορεί να προστατεύσει από μια εντερική νόσο, καθώς ενισχύει την αντιοξειδωτική δράση στα επιθηλιακά κύτταρα του παχέος εντέρου λόγω των βιοδραστικών συστατικών (Kwon et al., 2019).

Πίνακας 2: Μελέτες αξιολόγησης της αντιφλεγμονώδους δράσης του εμπλουτισμού των γιαουρτιών.

Φυσικά λειτουργικά συστατικά	Τύπος γιαουρτιού	Λειτουργικές ενώσεις	Βιολογική δράση	Βιβλιογραφία
Σκόνη κουρκουμά	Γιαούρτι τύπου σετ	Κουρκουμίνη Χλωρογενικό οξύ	↓ TNF και IL-6	(Ahmed Nasef et al., 2022)
Σκόνη πράσινου τσαγιού	Γιαούρτι τύπου σετ	Κατεχίνες Γαλλική επιγαλλοκατεχίνη-3 (EGCG)	Αναστολή της έκφρασης της πρωτεΐνης p38 και του NF-κΒ	(Musial et al., 2020)
Υδατικό εκχύλισμα Malva parviflora	Αναδυόμενο γιαούρτι	Πολυφαινόλες Τερπενοειδή	Αναστολή της έκφρασης του NF-κΒ, IL-6 και TNF	(El-Naggar et al., 2020)

Σπόροι chia	Αναδυόμενο γιαούρτι	Διαιτητικές ίνες και μέταλλα Κορεσμένα λιπαρά οξέα Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (ω-3 λιπαρά οξέα)	↓ IL-6, IL-8 και COX-2	(Kowaleski et al., 2020)
--------------------	------------------------	--	---------------------------	--------------------------

3.3 Αντιμικροβιακή/Αντιβακτηριακή δράση

Στην μελέτη των Tami et al., το γιαούρτι εμπλουτισμένο με φυκοκυανίνη έδειξε ισχυρή αντιβακτηριδιακή δράση έναντι του *Escherichia coli* και του *Staphylococcus aureus*, καθώς η παρουσία φυκοκυανίνης στο γιαούρτι απέτρεψε πλήρως την ανάπτυξη παθογόνων βακτηρίων ακόμη και σε όλη την περίοδο αποθήκευσης. Επιπλέον, το αναδυόμενο γιαούρτι εμπλουτισμένο με εκχύλισμα σπόρων σταφυλίου έδειξε αναστολή της ανάπτυξης παθογόνων όπως το *E. coli* και το *S. aureus*. Η συγκεκριμένη ανασταλτική δραστηριότητα αυξήθηκε σημαντικά με την αύξηση της συγκέντρωσης του εκχυλίσματος σπόρων σταφυλίου στο γιαούρτι, υποδεικνύοντας ότι το εκχύλισμα σπόρων σταφυλίου περιέχει αντιβακτηριακά συστατικά εκτός από την παρουσία βιοδραστικών πεπτιδίων που εντοπίζονται στο απλό γιαούρτι (Tami et al. 2022).

Στην μελέτη των Hamed et al., αξιολογήθηκε η προσθήκη αιθέριων ελαίων *Eucalyptus camaldulensis* και *Commiphora Myrrha* σε γιαούρτι από βουβαλίσιο γάλα. Διερευνήθηκε ο εμπλουτισμός σε διαφορετικές συγκεντρώσεις αιθέριων ελαίων σε ποσοστά 0,3, 0,6 και 0,9% w/w. Ειδικότερα βρέθηκε ότι η αντιοξειδωτική δράση, η αντιβακτηριακή δράση και το συνολική συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων ενισχύθηκαν με την αύξηση της συγκέντρωσης των αιθέριων ελαίων. Το γιαούρτι με 0,9% w/w έλαιο ευκαλύπτου παρουσίασε την υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση και ολική περιεκτικότητα σε φαινολικά συστατικά. Η ίδια συγκέντρωση ελαίου ευκαλύπτου έδειξε την υψηλότερη αντιβακτηριακή δράση έναντι του *S. typhimurium* ακολουθούμενη από το *E. coli*. Από την άλλη πλευρά, η υψηλότερη αντιβακτηριδιακή δράση έναντι του *L. monocytogene* ήταν για το γιαούρτι εμπλουτισμένο με αιθέριο έλαιο από μύρο σε συγκέντρωση 0,9% w/w. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα έλαια ευκαλύπτου και μύρου μπορούν να εφαρμοστούν στο γιαούρτι για να βελτιώσουν τις ευεργετικές του ιδιότητες όσον αφορά τα φυσικά χαρακτηριστικά και την ανθρώπινη υγεία λόγω της αντιοξειδωτικής τους δράσης και του φαινολικού περιεχομένου τους (Hamed et al., 2021).

Σε επόμενη μελέτη αξιολογήθηκε η προσθήκη σκόνης πυρήνων τριών εσπεριδοειδών, του πορτοκαλιού (OP), του μανταρινιού (MP) και του λεμονιού (LP) στο γιαούρτι. Ο Πίνακας 3 δείχνει τα αποτελέσματα των ζωνών αναστολής των εκχυλισμάτων εσπεριδοειδών έναντι μικροβιακών στελεχών. Η υψηλότερη αντιβακτηριακή δράση επιτεύχθηκε στο γιαούρτι εμπλουτισμένο με σκόνη πυρήνα πορτοκαλιού έναντι του *B. cereus* (BC) και του *S. aureus* (SA). Η χαμηλότερη αντιβακτηριακή δράση ήταν κατά των *Y. enterocolitica* (YE) και *C. jejuni* (CJ). Το γιαούρτι εμπλουτισμένο με σκόνη πυρήνα πορτοκαλιού παρουσίασε επίσης σημαντική αντιμυκητιακή δράση έναντι του *P. crustosum* (PC) και του *A. flavus* (AF) και την χαμηλότερη ζ έναντι του *C. glabrata* (CG) και του *A. niger* (AN). Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι την ισχυρότερη αντιβακτηριακή δράση έχει το εκχύλισμα από πυρήνα πορτοκαλιού ακολουθούμενο από το εκχύλισμα από πυρήνα μανταρινιού και τέλος το εκχύλισμα από πυρήνα λεμονιού (Alamoudi et al., 2022).

Σε ακόμα μία μελέτη αξιολογήθηκαν οι αντιμικροβιακές ιδιότητες δειγμάτων γιαουρτιού που περιέχουν διαφορετικές αναλογίες γύρης μελισσών σε σκόνη έναντι των *L. monocytogenes* ATCC 35,152, *S. Typhimurium* ATCC 14,028, *E. coli* ATCC 25,922, *E. coli* O157:H7 ATCC και *S. aureus* ATCC 6538 χρησιμοποιώντας τη μέθοδο αναστολής της διαμέτρου του δίσκου την 1η, 7η και 14η ημέρα αποθήκευσης. Το γιαούρτι μάρτυρας δεν είχε καμία ανασταλτική δράση έναντι των μικροοργανισμών-στόχων. Ωστόσο, το γιαούρτι εμπλουτισμένο με γύρη μελισσών σε ποσοστό 6% w/w ήταν αποτελεσματικό έναντι του *E. coli*, *S. aureus* και *S. Typhimurium* (Çiftçi & Öncül, 2024).

3.4 Αντιδιαβητική δράση

Η κατανάλωση γιαουρτιού σχετίζεται με μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης διαβήτη τύπου 2, γεγονός που οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο, μαγνήσιο, βιταμίνη D, πρωτεΐνη ορού γάλακτος και ορισμένα λιπαρά οξέα στα γαλακτοκομικά προϊόντα. Ορισμένες μελέτες δείχνουν ότι η πρωτεΐνη ορού γάλακτος έχει ινσουλινοτροπικές ιδιότητες και ιδιότητες μείωσης της γλυκόζης (Chen et al., 2014a). Εκτός από αυτά τα συστατικά, άλλα συστατικά του γιαουρτιού που έχουν και αντιδιαβητικό ρόλο είναι τα προβιοτικά. Έρευνα των Zeng et al. (2016) δείχνει ότι τα προβιοτικά βακτήρια *Lactobacillus lactis* έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν ως αντιδιαβητικά προβιοτικά λόγω της ικανότητάς τους να αναστέλλουν το ένζυμο α-γλυκοσιδάση, γεγονός που μειώνει την απορρόφηση υδατανθράκων στο έντερο (Zeng et al., 2016).

Ειδικότερα, στην μελέτη των Ban et al., βρέθηκε ότι η χορήγηση γιαουρτιού εμπλουτισμένου με υδατικό εκχύλισμα του φρούτου του αμπελιού *Siraitia grosvenorii* σε αρουραίους συσχετίστηκε με αξιοσημείωτη ρύθμιση της γλυκόζης του αίματος καθώς και σημαντικά χαμηλότερο επίπεδο αντίστασης στην ινσουλίνη και γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης (Πίνακας 3). Βρέθηκε επίσης ότι η μικροχλωρίδα του εντέρου και τα επίπεδα των λιπαρών οξέων βραχείας αλυσίδας να έχουν βελτιωθεί

σημαντικά. Επιπλέον, οι αρουραίοι στους οποίους δόθηκε συμβιωτικό γιαούρτι εμπλουτισμένο με εκχύλισμα του φρούτου μονκ είχαν μείωση της βλάβης του ήπατος και των νεφρών. Επιπλέον, ανοσοϊστοχημικές μελέτες αποκάλυψαν ότι το συμβιωτικό γιαούρτι εμπόδιζε την απώλεια β-κυττάρων σε σύγκριση με το γιαούρτι ελέγχου. Η προσθήκη πρεβιοτικών και προβιοτικών στο γιαούρτι μπορεί να είναι οι κύριες αιτίες της αντιδιαβητικής δράσης του συμβιωτικού γιαουρτιού ενισχυμένο με εκχύλισμα φρούτων μονκ (Ban et al. 2020).

Επιπλέον, σε μελέτη των Shori & Baba, αξιολογήθηκε ο εμπλουτισμός του γιαουρτιού με υδατικό εκχύλισμα του φυτού της ινδικής πασχαλιάς (*Azadirachta indica*). Συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι το εμπλουτισμένο γιαούρτι με εκχύλισμα του φυτού της ινδικής πασχαλιάς είχε υψηλότερη ανασταλτική δράση στην α-αμυλάση από το απλό γιαούρτι (Πίνακας 3). Η αποθήκευση στο ψυγείο αύξησε την αναστολή της α-αμυλάσης του απλού γιαουρτιού κατά τη διάρκεια των πρώτων δύο εβδομάδων σε 47%, αντίθετα, η αναστολή της α-αμυλάσης του γιαουρτιού εμπλουτισμένου με το φυτικό εκχύλισμα αυξήθηκε κατά $55,0 \pm 2,5\%$. Επιπλέον, η αναστολή της α-αμυλάσης του απλού γιαουρτιού μειώθηκε σε 23–28% μεταξύ της 3ης και της 4ης εβδομάδας αποθήκευσης, ενώ η αναστολή της α-αμυλάσης του γιαουρτιού εμπλουτισμένου με το φυτικό εκχύλισμα αυξήθηκε παρουσίασε μικρή μείωση σε 42,0% την ημέρα 28 της αποθήκευσης (Shori & Baba, 2013).

Σε επόμενη μελέτη αξιολογήθηκε ο εμπλουτισμός προβιοτικών γιαουρτιών με υδατικό εκχύλισμα από τα φυτά *Psidium guajava* (φύλλα), *Lycium barbarum* (καρπός), *Codonopsis pilosula* (ρίζες) και *Illicium verum* (φύλλα), τα οποία είναι φυτά γνωστά για τα φαρμακευτικά τους οφέλη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το γιαούρτι που περιείχε υδατικό εκχύλισμα από *Lycium barbarum* περιείχε υψηλότερη συγκέντρωση πεπτιδίων από τα άλλα δείγματα γιαουρτιού. Σε σύγκριση με το δείγμα ελέγχου, όλα τα δείγματα γιαουρτιού που εμπλουτίστηκαν με αυτά τα φυτά παρουσίασαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις, δραστηριότητα δέσμευσης ριζών οξυγόνου και ανασταλτικές δραστηριότητες έναντι της α-αμυλάσης και της α-γλυκοσιδάσης. Αυτά τα ευρήματα τόνισαν ότι το εμπλουτισμένο γιαούρτι είναι μια πιθανή στρατηγική για τη θεραπεία του διαβήτη τύπου 2 (Shori et al., 2021).

Πίνακας 3: Μελέτες αξιολόγησης της αντιδιαβητικής δράσης του εμπλουτισμού των γιαουρτιών.

Φυσικά λειτουργικά συστατικά	Τύπος γιαουρτιού	Λειτουργικές ενώσεις	Βιολογική δράση	Βιβλιογραφία
Υδατικό εκχύλισμα	Αναδυόμενο γιαούρτι	Μογροσίδες	Ρύθμιση της γλυκόζης του αίματος	(Ban et al., 2020)

<i>Siraitia grosvenorii</i>			↓ αντίσταση στην ινσουλίνη ↓ γλυκοζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη	
Υδατικό εκχύλισμα <i>Azadirachta indica</i>	Γιαούρτι τύπου σετ	β-σιτοστερόλη Γλυκοζίτες	Αναστολή της δράσης της παγκρεατικής α- αμυλάσης	(Shori & Baba, 2013)
Σκόνη φλούδας μάνγκου	Γιαούρτι τύπου σετ	Φαινολικές ενώσεις Φλαβονοειδή Λιγνάνες Καροτενοειδή	Αναστολή της δράσης της α- αμυλάσης	(Zahid et al., 2022)
Υδατικό εκχύλισμα <i>Nyctanthes arbor-tristis</i> L.	Αναδυόμενο γιαούρτι	Φαινολικές ενώσεις	Αναστολή της δράσης της α- αμυλάσης ↑ Μεταφορά γλυκόζης μέσω των κυτταρικών μεμβρανών	(Amadarshanie et al. 2022)

3.5 Δράση έναντι της υπερχοληστερολαιμίας

Η υπερχοληστερολαιμία αντιπροσωπεύει την κύρια αιτία ανάπτυξη αθηρωματικών πλακών, αυξάνοντας τον κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων. Η αιτιοπαθογένεση της υπερχοληστερολαιμίας είναι πολυπαραγοντική, με παράγοντες που εκτείνονται από το γενετικό υπόβαθρο, την ηλικία, το φύλο, την καθιστική ζωή και την διατροφή πλούσια σε σάκχαρα και λιπίδια. Αν και ο διατροφικός περιορισμός στα κορεσμένα λίπη, η αυξημένη άσκηση και άλλες αλλαγές στον τρόπο ζωής αντιπροσωπεύουν μια προσέγγιση πρώτης γραμμής για τη θεραπεία των πολύ αρχικών σταδίων της υπερχοληστερολαιμίας, οι περισσότεροι ασθενείς θα χρειαστούν την προσθήκη φαρμακολογικών παραγόντων. Οι φαρμακολογικές προσεγγίσεις περιλαμβάνουν αναστολή της σύνθεσης χοληστερόλης, μειωμένη απορρόφηση λιπαρών οξέων από το γαστρεντερικό σωλήνα και αυξημένη αποικοδόμηση των λιπαρών οξέων. Αυτές οι στρατηγικές παρουσιάζουν μια σειρά από παρενέργειες, χαμηλή θεραπευτική αποτελεσματικότητα σε ορισμένους ασθενείς και μειωμένη ανεκτικότητα (Klein-Szanto & Bassi, 2019).

Υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για την μελέτη της επίδρασης του γιαουρτιού εμπλουτισμένου με φυτικά εκχυλίσματα στη διαχείριση της υπερχοληστερολαιμίας σε κλινικές μελέτες. Πρόσφατα, η ενσωμάτωση φυτικών στερολών/στανολών σε τρόφιμα που περιέχουν λίπος, όπως η μαργαρίνη, τα ντρέσινγκ σαλάτας και η μαγιονέζα, έχει λάβει ιδιαίτερη προσοχή όσον αφορά την δημιουργία λειτουργικών τροφίμων για τη διαχείριση της χοληστερόλης (Lichtenstein et al., 2001).

Για παράδειγμα, οι Buyuktuncer et al., σε μια διπλά τυφλή, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο τυχαιοποιημένη μελέτη για 4 εβδομάδες, χορήγησαν στην ομάδα ελέγχου ($n = 35$) απλό γιαούρτι ως εικονικό φάρμακο και στην ομάδα παρέμβασης ($n = 35$) γιαούρτι με χαμηλά λιπαρά (115 g) με προσθήκη 1,9 g/ημέρα φυτικές στανόλες. Τα κύρια ευρήματα ήταν μια αξιοσημείωτη μείωση των επιπέδων LDL χοληστερόλης (6,3%), ολικής χοληστερόλης (4,6%) και HDL χοληστερόλης (6,2%) από την αρχική τιμή στην ομάδα παρέμβασης σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου (Πίνακας 4). Κατά τη διάρκεια της παρέμβασης παρατηρήθηκαν ασήμαντες αλλαγές στο ανθρωπομετρικό προφίλ της ομάδας παρέμβασης (Buyuktuncer et al., 2013). Ομοίως, οι Párraga-Martínez et al. διεξήγαγε μια διπλά τυφλή, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο μελέτη στην οποία συμμετείχαν 182 ενήλικες που είχαν διαγνωστεί με HC. Οι συγγραφείς όρισαν δύο ομάδες μελέτης: η ομάδα παρέμβασης έλαβε από το στόμα 2 g φυτικών στανολών που περιείχαν ρόφημα γιαουρτιού ($n = 91$) και η ομάδα ελέγχου έλαβε ένα γιαούρτι χωρίς προσθήκη φυτικών στανολών ($n = 91$). Στους 12 μήνες, το λιπιδικό προφίλ, που ορίστηκε ως το πρωτεύον τελικό σημείο, άλλαξε. Επιπλέον, οι συγγραφείς βρήκαν μείωση >10% της LDL-C στην ομάδα παρέμβασης (Párraga-Martínez et al., 2015).

Ομοίως, οι Vázquez-Trespalcacios et al. αποκάλυψαν στη μελέτη τους ότι η κατανάλωση ενός ροφήματος γιαουρτιού εμπλουτισμένου με 4 g στανόλες, φυτικής προέλευσης, που προστέθηκαν ως εστέρες σε σύγκριση με το ρόφημα γιαουρτιού (Benecol®, Colanta) οδήγησε σε σημαντική μείωση της LDL-C και της ολικής χοληστερόλης (Vázquez-Trespalcacios et al., 2014). Επιπλέον, στην μελέτη των Hyun et al., οι συγγραφείς έδειξαν ότι η λήψη 3,3 g/ημέρα φυτικών στανολών ως προσθήκη σε γιαούρτι χαμηλών λιπαρών για μια περίοδο παρέμβασης 4 εβδομάδων μείωσε τα επίπεδα ολικής χοληστερόλης και LDL-C κατά σχεδόν 6% και 10%, αντίστοιχα, χωρίς να επηρεάσει τις συγκεντρώσεις HDL-C και τριακυλογλυκερόλης. Αυτά τα αποτελέσματα ήταν παρόμοια με αυτά μιας τυχαιοποιημένης δοκιμής σε Ιάπωνες ασθενείς, οι οποίοι εμφάνισαν μείωση της ολικής χοληστερόλης και της LDL-C κατά 6% και 10% μετά από κατάποση 3,4 g/ημέρα φυτικών εστέρων για 4 εβδομάδες (Πίνακας 4) (Hyun et al., 2005).

Στην μελέτη των Doornbos et al., βρέθηκε ότι η ημερήσια πρόσληψη ενός ροφήματος γιαουρτιού μίας δόσης εμπλουτισμένου με φυτικές στανόλες σε συγκέντρωση 3 g/ημέρα μείωσε αποτελεσματικά τα επίπεδα της ολικής χοληστερόλης και LDL-C ανεξάρτητα από την περιεκτικότητά του γιαουρτιού σε λιπαρά στην ομάδα παρέμβασης σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Ωστόσο, μεγαλύτερη μείωση της

TC και της LDL-C παρατηρήθηκε όταν το εμπλουτισμένο με φυτικές στερόλες ρόφημα γιαουρτιού καταναλώθηκε με ή αμέσως μετά το μεσημεριανό γεύμα (9,4%) σε σύγκριση με την πρόσληψη χωρίς γεύμα, για παράδειγμα, πριν από το πρωινό με άδειο στομάχι (6,0%) (Doornbos et al., 2006). Στην ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο τυχαιοποιημένη μελέτη, ένα ρόφημα γιαουρτιού εμπλουτισμένο με 1 g φυτικές στερόλες/ημέρα προκάλεσε σημαντική μείωση στην ολική χοληστερόλη και την LDL-C. Εκφρασμένη ως ποσοστό, η μείωση σε σχέση με την αρχική τιμή ήταν 7 για την ολική χοληστερόλη και 11 για την LDL-C. Επιπλέον, ρόφημα γιαουρτιού εμπλουτισμένο με 2 g φυτικές στερόλες/ημέρα προκάλεσε μεγαλύτερη μείωση της ολικής χοληστερόλης (11%) και της LDL-C (16 %) σε σχέση με την αρχική τιμή. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι το εμπλουτισμένο με φυτικές στερόλες γιαούρτι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για καθυστέρηση της χρήσης φαρμάκων σε συνδυασμό με φαρμακολογικούς παράγοντες, τουλάχιστον σε ήπια υπερχοληστερολαιμία (Volpe et al., 2001). Επιπλέον, στην μελέτη των Noakes et al., γιαούρτι εμπλουτισμένο με φυτικές στερόλες ή φυτικές στερόλες μείωσαν σημαντικά την LDL-C σε σύγκριση με το εικονικό φάρμακο κατά $0,27 \pm 0,05$ mmol/l (6%) και $0,23 \pm 0,05$ mmol/l (5%), αντίστοιχα (Πίνακας 4). Και στις δύο περιπτώσεις, δεν υπήρξε καμία επίδραση στις συγκεντρώσεις της HDL χοληστερόλης και της τριακυλογλυκερόλης. Συμπερασματικά, στη συγκεκριμένη μελέτη οι ερευνητές κατέληξαν ότι οι φυτικές στερόλες με τη μορφή των εστέρων τους όταν παρέχονται σε γιαούρτι χαμηλών λιπαρών είναι πιο αποτελεσματικές στη μείωση της ολικής και της LDL χοληστερόλης (Noakes et al., 2005).

Σε *in vitro* μελέτη, σε αρσενικά ποντίκια με υπερχοληστερολαιμία, η από του στόματος χορήγηση γιαουρτιού με πίτουρο ρυζιού και σησαμέλαιο για 8 εβδομάδες σε δόση 2,5 g/kg σωματικού βάρους μείωσε σημαντικά τα επίπεδα της ολικής χοληστερόλης στο αίμα, της λιποπρωτεΐνης χαμηλής πυκνότητας και των τριγλυκεριδίων, γεγονός που οδήγησε σε σημαντική μείωση του αθηρογόνου δείκτη σε σύγκριση με την κανονική δίαιτα (Sengupta et al. 2016).

Πίνακας 4: Μελέτες αξιολόγησης της δράσης έναντι της υπερχοληστερολαιμίας του εμπλουτισμού των γιαουρτιών.

Είδος Μελέτης	Αριθμός συμμετεχόντων	Συγκέντρωση φυτικών στερολών/στανολών	Περίοδος Μελέτης (Εβδομάδες)	Αποτελέσματα	Βιβλιογραφία
Τυχαιοποιημένη	35	Φυτικές στερόλες (1,9g/ημέρα)	4	↓ Ολική χοληστερόλη (4.6%) ↓ LDL (6.3%)	(Buyuktuncer et al., 2013)

Τυχαιοποιημένη	91	Φυτικές στανόλες (2g/ημέρα)	12	↓ LDL (13.7 mg/dL)	(Párraga- Martínez et al., 2015)
Τυχαιοποιημένη	40	Φυτικές στανόλες (4g)	4	↓ Ολική χοληστερόλη (7.2%) ↓ LDL (10.3%)	(Vásquez- Trespalcios et al., 2014)
Τυχαιοποιημένη	184	Φυτικές στερόλες (3g/ημέρα)	4	↓ LDL (9.3– 9.5%)	(Doornbos et al., 2006)
Τυχαιοποιημένη	30	Φυτικές στερόλες (1-2g/ημέρα)	8	↓ LDL	(Volpe et al., 2001)
Τυχαιοποιημένη	51	Φυτικές στανόλες (2g/ημέρα)	4	↓ Ολική χοληστερόλη (6%) ↓ LDL (10%)	(Hyun et al., 2005)
Τυχαιοποιημένη	42	Φυτικές στερόλες (1,8g/ημέρα) Φυτικές στανόλες (1,7g/ημέρα)	3	↓ LDL (6%) ↓ LDL (5%)	(Noakes et al., 2005)

3.6 Καρδιοπροστατευτική δράση

Η υπέρταση είναι ένας σημαντικός παράγοντας κινδύνου για την ανάπτυξη καρδιαγγειακών παθήσεων. Αυτή η κατάσταση είναι μια από τις κύριες αιτίες θνησιμότητας στις δυτικές χώρες (Skoog & Gustafson, 2003; Shori & Baba, 2013) και με την πάροδο του χρόνου γίνεται πιο συχνή στις ανεπτυγμένες κοινωνίες. Η αυξημένη πίεση επιβαρύνει το κυκλοφορικό σύστημα που μπορεί τελικά να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα όπως εγκεφαλικό επεισόδιο, καρδιακή νόσο και νεφρική ανεπάρκεια (Gobbetti et al., 2004). Το σύστημα ρενίνης-αγγειοτενσίνης-αλδοστερόνης (RAS) θεωρείται ορμονικός ρυθμιστής της αρτηριακής πίεσης καθώς και της ομοιόστασης ιόντων, καλίου και νατρίου, και ύδατος στον ανθρώπινο οργανισμό (Muñoz-Durango et al., 2016). Το μετατρεπτικό ένζυμο της αγγειοτενσίνης-I (ACE) έχει συσχετιστεί με το σύστημα RAS που ρυθμίζει την περιφερική αρτηριακή πίεση (Coates, 2003; Muñoz-Durango et al., 2016). Η διάσπαση του αγγειοτενσινογόνου από τη ρενίνη παράγει αγγειοτενσίνη I η οποία στη συνέχεια υδρολύεται από το μετατρεπτικό ένζυμο της αγγειοτενσίνης I (ACE) σε αγγειοτενσίνη II, το οποίο είναι ένα ισχυρό αγγειοσυσταλτικό, που οδηγεί σε αύξηση της

αρτηριακής πίεσης. Εκτός αυτού, το μετατρεπτικό ένζυμο της αγγιοτενσίνης-I καταβολίζει τη βραδυκίνη, μια ισχυρή αγγειοδιασταλτική ουσία, σε μικρά ανενεργά πεπτίδια (Chen et al., 2014b). Οι αγγιοτενσίνες είναι πεπτίδια που δρουν ως αγγειοσυσταλτικοί παράγοντες, προκαλώντας στένωση των αιμοφόρων αγγείων, η οποία θα οδηγήσει μελλοντικά σε υπέρταση.

Το *Illicium verum*, το *Psidium guajava* και το *Curcuma longa* καταναλώνονται από τους περισσότερους ανθρώπους για τη θεραπεία ασθενειών και τη βελτίωση της γενικής υγείας και μακροζωίας. Ειδικότερα, υδατικό εκχύλισμα αυτών των βοτάνων έχει χρησιμοποιηθεί για τον εμπλουτισμό του γιαουρτιού (Shori et al., 2021). Επιπλέον, το κολλαγόνο ψαριών έχει χρησιμοποιηθεί για τη μείωση της συστολικής αρτηριακής πίεσης αναστέλλοντας το ACE (Zhu et al., 2010; Lee et al., 2014). Συγκεκριμένα, στην μελέτη των Shori et al., εκχύλισμα από τα βότανα *I. verum*, *P. guajava* και *C. longa* ή/και κολλαγόνο ψαριού προστέθηκαν στο γιαούρτι και προσδιορίστηκε η ανασταλτική δράση των βιοδραστικών πεπτιδίων που παράγονται έναντι του ενζύμου ACE (Shori et al., 2021).

Το φρέσκο απλό γιαούρτι έδειξε ανασταλτική δράση του ACE ($40,15 \pm 8,65\%$) ωστόσο, η προσθήκη *Illicium verum*, *Psidium guajava* και *Curcuma longa* βελτίωσε σημαντικά την ανασταλτική δράση του εμπλουτισμένου γιαουρτιού έναντι του ACE σε $52,42 \pm 4,84\%$, $59,07 \pm 0,60\%$ και $50,20 \pm 13,10\%$ αντίστοιχα. Η υψηλότερη ανασταλτική δράση έναντι του ACE εμφανίστηκε την ημέρα 7 για το γιαούρτι εμπλουτισμένο με *Illicium verum* ($88,30 \pm 0,40\%$) ακολουθούμενο από το γιαούρτι εμπλουτισμένο με *Psidium guajava* και *Curcuma longa* και το απλό γιαούρτι ($81,85 \pm 2,02\%$ και $79,80 \pm 12,10\%$ · $68,35 \pm 2$, αντίστοιχα) (Shori et al., 2021).

Επιπλέον, έχει αξιολογηθεί ο εμπλουτισμός του γιαουρτιού με εκχύλισμα κινέζικου γλυκού τσαγιού το οποίο εμφάνισε αναστολή του ACE σε ποσοστό $86,85\% \pm 2,1\%$ σε συγκέντρωση $0,4 \text{ mg/mL}$. Τα δείγματα γιαουρτιού χωρίς την προσθήκη κινέζικου γλυκού τσαγιού έδειξαν επίσης ανασταλτική δράση του ACE, η οποία μπορεί να οφείλεται στην παρουσία βιοδραστικών πεπτιδίων με ανασταλτικές δραστηριότητες έναντι του ACE, που είναι ήδη γνωστό ότι υπάρχουν στα προϊόντα γιαουρτιού (Abdel-Hamid et al., 2020b).

Οι Amirdivani και Baba ανέφεραν ότι το γιαούρτι εμπλουτισμένο με εκχυλίσματα των βοτάνων *Mentha piperita*, *Anethum graveolens* και *Ocimum basilicum* εμφάνισε υψηλότερη ανασταλτική δράση του ACE σε σύγκριση με το γιαούρτι ελέγχου. Συγκεκριμένα, το γιαούρτι εμπλουτισμένο με *Mentha piperita* παρουσίασε την υψηλότερη αναστολή του ACE ακολουθούμενο από τα *A. graveolens*, *O. basilicum* και το απλό γιαούρτι. Η ενζυμική δραστηριότητα του ACE μπορεί να ανασταλλεί από τη δέσμευση βιομορίων όπως φυτοχημικά, συνθετικά φάρμακα ή βιοενεργά πεπτίδια ενεργές θέσεις δέσμευσης του ενζύμου. Δεδομένου ότι το εκχύλισμα νερού των βοτάνων από μόνο του δεν επηρέασε την δραστηριότητα του ACE, αυτά τα βότανα μπορεί να έχουν αλλάξει έμμεσα την υδρόλυση των

πρωτεϊνών του γάλακτος επηρεάζοντας τη βακτηριακή ανάπτυξη και το μεταβολισμό του γιαουρτιού. Η πρωτεόλυση είναι η πιο σημαντική βιοχημική διαδικασία που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της ζύμωσης και της αποθήκευσης. Οι πρωτεΐνες γάλακτος, ιδιαίτερα οι καζεΐνες είναι σημαντική πηγή βιοδραστικών πεπτιδίων, πολλά από τα οποία έχουν ανασταλτική δραστικότητα έναντι του ACE (Amirdivani & Baba, 2011).

3.7 Αντικαρκινική δράση

Σε ένα μοντέλο υγιών κυττάρων (BJ-1), το αναδυόμενο γιαούρτι που περιέχει 0% w/w υδατικό εκχύλισμα σπόρων σταφυλιού είχε το χαμηλότερο ποσοστό κυτταρικού θανάτου, ενώ το γιαούρτι που περιέχει 0.1, 0.25 και 0.5% w/w εκχύλισμα σπόρων σταφυλιού αύξησε το ποσοστό κυτταρικού θανάτου ασήμαντα. Αντίθετα, η αντικαρκινική δράση του γιαουρτιού εμπλουτισμένο με υδατικό εκχύλισμα σπόρων σταφυλιού 0% w/w έναντι καρκινικών κυττάρων (MCF-7 και HCT-116) ήταν 17,73 και 33,76%, αντίστοιχα. Επιπλέον, το γιαούρτι που περιέχει 0,5% w/w εκχύλισμα σπόρων σταφυλιού αύξησε σημαντικά τη δραστηριότητα κυτταροτοξικότητας, επιτυγχάνοντας 62,47 και 70,36% κυτταρικό θάνατο έναντι των καρκινικών κυτταρικών σειρών MCF-7 και HCT-116, αντίστοιχα. Οι φαινολικές ουσίες που βρέθηκαν στο εμπλουτισμένο γιαούρτι που προέρχονται από το εκχύλισμα σπόρων σταφυλιού έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην αντικαρκινική δράση (Tami et al. 2022).

Επιπλέον, στην μελέτη των Hamed et al., χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία MTT [3-(4,5Dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide; Thiazolyl Blue], στην οποία χρησιμοποιούνται προϊόντα άλατος τετραζολίου για τον προσδιορισμό ζωντανών κυττάρων, για τον προσδιορισμό της αναστολής του πολλαπλασιασμού των καρκινικών κυττάρων από αιθέρια έλαια, γιαούρτι και γιαούρτι εμπλουτισμένο με αιθέρια έλαια. Χρησιμοποιήθηκε η κυτταρική σειρά HepG2, από ηπατοκυτταρικό καρκίνωμα και κυτταρικές σειρές φυσιολογικών ανθρώπινων ινοβλαστών BJ-1. Τα δείγματα αξιολογήθηκαν ως προς την αντικαρκινική δράση έναντι της κυτταρικής σειράς HepG2 σε 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 $\mu\text{L/mL}$. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης MTT έδειξαν αύξηση στην αντικαρκινική δράση του γιαουρτιού που έχει εμπλουτιστεί με αιθέρια έλαια σε σύγκριση με το απλό γιαούρτι. Συγκεκριμένα, το γιαούρτι εμπλουτισμένο με αιθέρια έλαια από γεράνι παρουσίασε υψηλότερη αντικαρκινική δράση σε σύγκριση με το γιαούρτι εμπλουτισμένο με αιθέρια έλαια μαντζουράνας. Το γεράνι πιστεύεται ότι διαθέτει αντικαρκινικές ιδιότητες, οι οποίες θα μπορούσαν να αποδοθούν στην παρουσία ορισμένων τανινών, συμπεριλαμβανομένου του chebulinic acid και chebulagic acid (Hamed et al., 2024). Αυτές οι τανίνες έχουν επιδείξει αντικαρκινική δράση έναντι διαφορετικών κυτταρικών σειρών σε εργαστηριακές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν *in vitro* (Gupta et al., 2019). Ο μηχανισμός δράσης τους περιλαμβάνει την πρόκληση απόπτωσης, μια διαδικασία προγραμματισμένου κυτταρικού θανάτου, υποδηλώνοντας τη δυναμική τους ως αποτελεσματικών αντικαρκινικών παραγόντων. Γενικά,

η αντικαρκινική δράση αυξήθηκε με την αύξηση της συγκέντρωσης (0,2%, 0,4% και 0,6% w/w). Ωστόσο, οι αντιπολλαπλασιαστικές ιδιότητες ήταν ισχυρότερες στο γιαούρτι που αποθηκεύτηκε για 1 και 7 ημέρες, ενώ στο γιαούρτι που αποθηκεύτηκε για 14 ημέρες, παρατηρήθηκε ελαφρά μείωση της αντικαρκινικής δράσης σε όλα τα δείγματα (Hamed et al., 2024).

Ακολούθως, στην μελέτη των Abdel-Hamid et al., εξετάστηκε η αντικαρκινική δράση δειγμάτων γιαουρτιού εμπλουτισμένα με υδατικό εκχύλισμα κινέζικου γλυκού τσαγιού. Συγκεκριμένα, μετρήθηκε η ικανότητα του υπερκειμένου γιαουρτιού να αναστέλλει τον πολλαπλασιασμό της κυτταρικής σειράς Caco-2. Το κινεζικό εκχύλισμα γλυκού τσαγιού εμφάνισε 89,06% αντικαρκινική δράση σε συγκέντρωση 0,4 mg/mL. Το δείγμα γιαουρτιού ελέγχου έδειξε επίσης αντικαρκινική δράση, σε μικρότερο ποσοστό, η οποία πιθανότατα αποδίδεται στην παρουσία βιοδραστικών πεπτιδίων. Επιπλέον, το υπερκείμενο του δείγματος γιαουρτιού που περιείχε 1% w/w υδατικό εκχύλισμα κινέζικου γλυκού τσαγιού έδειξε την υψηλότερη αντικαρκινική δράση και ανέστειλε την ανάπτυξη του κυτταρικής σειράς Caco-2 κατά 67,46%. Αξίζει να σημειωθεί ότι η αντικαρκινική δράση συσχετίστηκε θετικά με την περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις των γιαουρτιών. Αυτό το εύρημα πιθανότατα αποδίδεται στο φυτοχημικό περιεχόμενο του κινεζικού εκχυλίσματος γλυκού τσαγιού, συμπεριλαμβανομένων των φαινολικών ενώσεων και της ρουμπουσοσίδης. Συγκεκριμένα, η ρουμπουσοσίδη, το κύριο συστατικό του κινέζικου γλυκού τσαγιού (5% στα ξηρά φύλλα), αναστέλλει τους μεταφορείς γλυκόζης (GLUT1) και φρουκτόζης (GLUT5) που σχετίζονται με τον καρκίνο και τον διαβήτη. Επιπλέον, η κερκετίνη, η ρουτίνη και το ελλαγικό οξύ, που είναι από τις κύριες φαινολικές ενώσεις στο κινεζικό γλυκό τσάι, παρουσιάζουν αντικαρκινική δράση έναντι των κυττάρων του καρκινώματος του παχέος εντέρου (Abdel-Hamid et al., 2020b).

Τέλος, οι Sah et al. ανέφεραν την πιθανή αντικαρκινική δράση του προβιοτικού γιαουρτιού συμπληρωμένου με σκόνη φλούδας ανανά έναντι των καρκινικών κυττάρων του παχέος εντέρου HT29 σε σύγκριση με το γιαούρτι ελέγχου. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα του εμπλουτισμού των γιαουρτιών αποδόθηκε στην ενίσχυση της πρωτεόλυσης και, κατά συνέπεια, στα προκύπτοντα βιοενεργά πεπτίδια που απελευθερώνονται με την προσθήκη σκόνης φλούδας ανανά στο γιαούρτι (Sah et al., 2016).

Θα πρέπει να τονιστεί ωστόσο, ότι οι βιοδραστικές ενώσεις που εντοπίζονται στα φυτικά εκχυλίσματα είναι ασφαλείς όταν καταναλώνονται ως μέρος μιας ισορροπημένης και ποικίλης διατροφής, καθώς βοηθούν στην πρόληψη και θεραπεία πολλών ασθενειών. Ωστόσο, ο κίνδυνος πιθανών αρνητικών παρενεργειών αυξάνεται όταν οι καταναλώνονται σε μεγάλες ποσότητες χωρίς ιατρική επίβλεψη με τη μορφή συμπληρωμάτων διατροφής ή ως φυτικά εκχυλίσματα.

Συγκεκριμένα, αν και οι πολυφαινόλες θεωρούνται ισχυρά αντιοξειδωτικά, σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως σε υψηλό επίπεδο μετάλλων, αλκαλικό pH και παρουσία O₂ μπορούν επίσης να λειτουργήσουν

ως προοξειδωτικά. Ενώ οι προοξειδωτικές ιδιότητες των πολυφαινολών αποτελούν μέσο καταστροφής των καρκινικών κυττάρων, η αυξημένη συγκέντρωση πολυφαινολών μπορεί να προκαλέσει οξείδωση των φυσιολογικών κυτταρικών συστατικών, συμπεριλαμβανομένης της βλάβης του DNA, η οποία μπορεί τελικά να οδηγήσει σε μεταλλαξιγένεση, οδηγώντας σε δυσμενή αποτελέσματα για την υγεία. Επιπλέον, οι υψηλές συγκεντρώσεις πολυφαινολών σχετίζονται με καρκινογόνες επιδράσεις, γεγονός που μπορεί να είναι αποτέλεσμα της παρεμβολής τους στο DNA ή της ικανότητάς τους να προκαλούν χρωμοσωμική βλάβη. Ειδικότερα, μελέτες υποδεικνύουν ότι η υψηλή συγκέντρωση κερσετίνης προκαλεί βλάβη στο DNA με τη μεσολάβηση H_2O_2 , η οποία οδηγεί σε απόπτωση ή μεταλλάξεις και μπορεί να σχετίζεται με καρκινογένεση, ενώ πληθώρα δεδομένων καταδεικνύει ότι ορισμένα φλαβονοειδή μπορούν να προκαλέσουν χρωμοσωμικές μετατοπίσεις (Duda-Chodak, & Tarko, 2023).

Επιπλέον, οι πολυφαινόλες έχει αποδειχτεί ότι μπορούν να διαταράξουν τη λειτουργία της μεμβράνης. Η προοξειδωτική δράση ορισμένων πολυφαινολών σε συνδυασμό με την ικανότητά τους να επηρεάζουν τις μεμβράνες μπορεί να προκαλέσει τοξικότητα στα μιτοχόνδρια λόγω της κατάρρευσης του δυναμικού της μιτοχονδριακής μεμβράνης και να οδηγήσει στην απόπτωση των κυττάρων. Η λειτουργία των μιτοχονδρίων εμπλέκεται σε διάφορες ανθρώπινες διαταραχές, όπως νευροεκφυλιστικές ασθένειες, διαβήτης, παχυσαρκία και καρκίνος, ενώ διαταραχές στον έλεγχο της απόπτωσης μπορεί να οδηγήσουν σε καρκινογένεση (Duda-Chodak, & Tarko, 2023).

Παρά τις αντικαρκινικές επιδράσεις των φαινολικών οξέων, αρκετές μελέτες αναφέρουν ιδιότητες πρόκλησης όγκου. Για παράδειγμα, μια μελέτη έδειξε οιστρογονική δράση των φαινολικών οξέων, η οποία οδηγεί στην ανάπτυξη καρκίνου του μαστού. Επιπλέον, μια μελέτη σε ζωικά μοντέλα έδειξε ότι η χορήγηση 2% καφεϊκού οξέος μέσω της δίαιτας θα μπορούσε να προκαλέσει ακανθοκυτταρικό καρκίνωμα του στομάχου σε θηλυκούς αρουραίους. Επίσης, δεδομένα δείχνουν ότι ορισμένα φαινολικά οξέα σε χαμηλότερες δόσεις είναι γνωστό ότι ενεργοποιούν ογκογονίδια, με την χορήγησή τους να είναι πιθανό να προκαλέσει ανάπτυξη όγκων. Για παράδειγμα, ο Nrf-2, ένας βασικός ρυθμιστής της οξειδοαναγωγής, ενεργοποιείται από το γαλλικό οξύ και προκαλεί την επαγωγή της χημειοαντίστασης, ενώ ο φαινυλεστέρας του καφεϊκού οξέος θεωρείται βασικός ενεργοποιητής της έκφρασης του Nrf-2 σε καρκινικές κυτταρικές σειρές. Παρά αυτές τις δυσμενείς επιπτώσεις, η έρευνα και η χρήση φαινολικών ενώσεων για τη θεραπεία καρκίνων συνεχίζεται λόγω της κυριαρχίας των ευεργετικών επιδράσεων για την υγεία σε σύγκριση με τις ανεπιθύμητες ενέργειες. Επιπλέον, λόγω των πρόσφατων εξελίξεων στις επιλογές χορήγησης φαρμάκων και θεραπειών, ακόμη και οι δυσμενείς επιπτώσεις των φαινολικών ενώσεων θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν, καθιστώντας τις φαινολικές ενώσεις ως την επιλογή θεραπείας για τον καρκίνο (Anantharaju et al., 2016).

4. Συμπεράσματα

Η κατανάλωση γιαουρτιού μπορεί να βελτιώσει την ικανότητα του σώματος να απορροφά μέταλλα και βιταμίνες, καθώς και να ενισχύσει το ανοσοποιητικό σύστημα, να βοηθήσει στη διαχείριση του βάρους και να μειώσει τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου. Το συμβατικό γιαούρτι στερείται πολλών θρεπτικών συστατικών, συμπεριλαμβανομένων των φαινολικών, φλαβονοειδών, ανθοκυανινών, σιδήρου και άλλων, επομένως έχει λιγότερες βιοδραστικές ουσίες που να προσδίδουν σε αυτό αντιδιαβητική, αντιβακτηριακή και αντικαρκινική δράση. Επομένως, ο εμπλουτισμός του γιαουρτιού με φυσικά λειτουργικά συστατικά, με την μορφή εκχυλισμάτων ή σκόνης, μπορεί να αυξήσει την βιολογική τους δραστηριότητα, να το μετατρέψει σε λειτουργικό τρόφιμο και να ενισχύσει τα γενικά ποιοτικά συστατικά των γιαουρτιών. Αυτό συμβαίνει επειδή τα φυσικά λειτουργικά συστατικά μπορούν να προσφέρουν μια ποικιλία θρεπτικών συστατικών, συμπεριλαμβανομένων πολυσακχαριτών, φαινολικών, φλαβονοειδών, ανθοκυανινών και αμινοξέων. Μπορούν επίσης να λειτουργήσουν ως φυσικός σταθεροποιητής και παράγοντας υφής, καθώς και να ενισχύσουν το χρώμα, την υφή και τη μικροδομή και άλλες ιδιότητες του γιαουρτιού.

Συγκεκριμένα, η προσθήκη φυσικών λειτουργικών συστατικών στο γιαούρτι βελτίωσε σημαντικά σε αρκετές μελέτες το ιξώδες, την υφή, τις οργανοληπτικές του ιδιότητες, τη μικροδομή και τη χημική του σύνθεση, καθώς και την ικανότητα συγκράτησης νερού και τον αριθμό των βιώσιμων κυττάρων βακτηρίων γαλακτικού οξέος. Επίσης μείωσε τη συναίρεση και την απώλεια σφαιριδίων λίπους. Επιπλέον, η προσθήκη φυσικών λειτουργικών συστατικών βελτίωσε σημαντικά τις βιολογικές επιδράσεις του γιαουρτιού, συμπεριλαμβανομένου του αντιοξειδωτικού του δυναμικού, αντιδιαβητικές, αντιφλεγμονώδεις, αντιβακτηριακές και αντικαρκινικές ιδιότητες.

Η έλλειψη μέτρου και η αύξηση συγκεντρώσεων κάποιων βιοδραστικών συστατικών που περιέχονται στα φυτικά εκχυλίσματα μπορεί να αποτελέσουν επίσης και αιτίες ανάπτυξης ασθενειών, εμφάνιση νόσου, όπως για παράδειγμα καρκίνου. Ειδικότερα, θα πρέπει να τονιστεί ότι, γενικά, οι πολυφαινόλες είναι ασφαλείς για υγιή άτομα όταν καταναλώνονται ως μέρος μιας ισορροπημένης διατροφής. Ωστόσο, ο κίνδυνος πιθανών αρνητικών παρενεργειών αυξάνεται όταν οι πολυφαινόλες καταναλώνονται σε μεγάλες ποσότητες χωρίς ιατρική επίβλεψη με τη μορφή συμπληρωμάτων διατροφής ή ως διάφορα φυτικά εκχυλίσματα. Οι αρνητικές επιπτώσεις των πολυφαινολών είναι επίσης πιο πιθανό να εμφανιστούν όταν μια δίαιτα ή συμπληρώματα πλούσια σε πολυφαινόλες λαμβάνεται από άτομα που πάσχουν από διάφορες χρόνιες ασθένειες. Ως εκ τούτου, είναι πολύ σημαντικό να ευαισθητοποιηθεί το κοινό σχετικά με τις πιθανές παρενέργειες των συμπληρωμάτων φλαβονοειδών, ειδικά στην περίπτωση διαφόρων ευάλωτων υποπληθυσμών.

Τέλος, παρά την πληθώρα μελετών που επιδεικνύουν τις ευεργετικές ιδιότητες του εμπλουτισμού των γιαουρτιών με φυτικά εκχυλίσματα, ιδιότητες που περιλαμβάνουν την πρόληψη ασθενειών ή την αύξηση του βαθμού ευαισθησίας της μέτρησης των βιοχημικών δεικτών, απαιτούνται εκτεταμένες κλινικές δοκιμές ή μελέτες *in vivo* στο ανθρώπινο σύστημα για τον προσδιορισμό των μακροχρόνιων θεραπευτικών επιδράσεων των λειτουργικών γιαουρτιών και της περιόδου ημιζωής και της βέλτιστης δόσης για ευεργετικά αποτελέσματα.

Βιβλιογραφία

- Abdelhedi O, Mora L, Jemil I, Jridi M, Toldrá F, Nasri M, et al. Effect of ultrasound pretreatment and Maillard reaction on structure and antioxidant properties of ultrafiltrated smooth-hound viscera proteins-sucrose conjugates. *Food Chem.* (2017) 230:507–15. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.03.053
- Abdel-Hamid M et al (2020a) Bioactive properties of probiotic setyogurt supplemented with *Siraitia grosvenorii* fruit extract. *Food Chem* 303:125400. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125400>
- Abdel-Hamid, M., Huang, Z., Suzuki, T., Enomoto, T., Hamed, A. M., Li, L., & Romeih, E. (2020b). *Development of a Multifunction Set Yogurt Using Rubus suavissimus S. Lee (Chinese Sweet Tea) Extract. Foods*, 9(9), 1163. doi:10.3390/foods9091163
- Ahmad I et al (2023) Physicochemical, rheological and antioxidant profiling of yogurt prepared from non-enzymatically and enzymatically hydrolyzed potato powder under refrigeration. *FoodSci Hum Wellness* 12:69–78. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2022.07.024>
- Ahmed Nasef, N.; Thota, R.N.; Mutukumira, A.N.; Rutherford-Markwick, K.; Dickens, M.; Gopal, P.; Singh, H.; Garg, M.L. Bioactive Yoghurt Containing Curcumin and Chlorogenic Acid Reduces Inflammation in Postmenopausal Women. *Nutrients* **2022**, 14, 4619. <https://doi.org/10.3390/nu14214619>
- Amadarshanie DB et al (2022) Functional and antiglycation properties of cow milk set yogurt enriched with *Nyctanthes arbor-tristis* L. flower extract. *LWT Food Sci Technol* 154:112910. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112910>
- Amirdivani, S.; Baba, A.S. Changes in yogurt fermentation characteristics, and antioxidant potential and in vitro inhibition of angiotensin-1 converting enzyme upon the inclusion of peppermint, dill and basil. *LWT—Food Sci. Technol.* 2011, 44, 1458–1464.
- Alamoudi SA, Saad AM, Alsubhi NH, Alrefaei GI, Al-Quwaie DA, Binothman N, Aljadani M, Alharbi M, Alanazi H, Babalghith AO, Almuhayawi MS, Gattan HS, Alruhaili MH and Selim S

(2022) Upgrading the physiochemical and sensory quality of yogurt by incorporating polyphenol-enriched citrus pomaces with antioxidant, antimicrobial, and antitumor activities. *Front. Nutr.* 9:999581. doi: 10.3389/fnut.2022.999581

- Anantharaju PG, Gowda PC, Vimalambike MG, Madhunapantula SV. (2016). An overview on the role of dietary phenolics for the treatment of cancers. *Nutr J.* 1;15(1):99. doi: 10.1186/s12937-016-0217-2. PMID: 27903278; PMCID: PMC5131407.
- Arai S (1996). Studies on functional foods in Japan. *Bioscience Biotechnol Biochem* 60, 9–15.
- Arab M, Yousefi M, Khanniri E, Azari M, Ghasemzadeh-Mohammadi V, Mollakhalili-Meybodi N. A comprehensive review on yogurt syneresis: effect of processing conditions and added additives. *J Food Sci Technol.* (2023) 60:1656–65. doi: 10.1007/s13197-022-05403-6
- Arslaner A et al (2021) The effects of adding *Hibiscus sabdariffa* L. flowers marmalade on some quality properties, mineral content and antioxidant activities of yogurt. *J Food Sci Technol* 58:223–233. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04533-z>
- Atamian S, Olabi A, Baghdadi OK, Toufeili I. The characterization of the physicochemical and sensory properties of full-fat, reduced-fat and low-fat bovine, caprine, and ovine Greek yoghurt (Labneh). *Food Sci Nutr.* (2014) 2:164173. doi: 10.1002/fsn3.89
- Ayivi RD, Ibrahim SA. Lactic acid bacteria: an essential probiotic and starter culture for the production of yoghurt. *Int J Food Sci Technol.* (2022) 57:7008–25. doi: 10.1111/ijfs.16076
- Ban, Q., Cheng, J., Sun, X., Jiang, Y., Zhao, S., Song, X., & Guo, M. (2020). *Effects of a symbiotic yogurt using monk fruit extract as sweetener on glucose regulation and gut microbiota in rats with type 2 diabetes mellitus.* *Journal of Dairy Science.* doi:10.3168/jds.2019-17700
- Bayat A, Azizi-Soleiman F, Heidari-Beni M, Feizi A, Iraj B, Ghiasvand R, et al. Effect of *Cucurbita ficifolia* and probiotic yogurt consumption on blood glucose, lipid profile, and inflammatory marker in type 2 diabetes. *International journal of. Prev Med.* (2016) 7:1–6. doi: 10.4103/2008-7802.175455
- Buyuktuncer, Z.; Fisunoğlu, M.; Guven, G.S.; Unal, S.; Besler, H.T. The cholesterol lowering efficacy of plant stanol ester yoghurt in a Turkish population: A double-blind, placebo-controlled trial. *Lipids Health Dis.* **2013**, 12, 1–8.
- Chandan, R. C. (2017). *An Overview of Yogurt Production and Composition.* *Yogurt in Health and Disease Prevention*, 31–47. doi:10.1016/b978-0-12-805134-4.00002-x
- Chen, Y., Liu, W., Xue, J., Yang, J., Chen, X., Shao, Y., Kwok, L. Y., Bilige, M., Mang, L., & Zhang, H. (2014a). Angiotensin-converting enzyme inhibitory activity of *Lactobacillus helveticus* strains from traditional fermented dairy foods and antihypertensive effect of fermented milk

of strain H9. *Journal of Dairy Science*, 97(11), 6680-6692. [http:// dx.doi.org/10.3168/jds.2014-7962](http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-7962). PMID:25151888.

- Chen, M., Q. Sun, E. Giovannucci, D. Mozaffarian, J. E. Manson, C. W. Willett, & F. B. Hu. (2014b). Dairy consumption and risk of type 2 diabetes: 3 cohorts of US adults and an updated meta-analysis. *BMC Med.* 12:1-14. <https://doi.org/10.1186/s12916-014-0215-1>
- Çiftçi, M., & Öncül, N. (2024). The viability of microorganism of probiotic yogurt enriched with bee pollen. *CyTA - Journal of Food*, 22(1). <https://doi.org/10.1080/19476337.2024.2319834>
- Coates, D. (2003). The Angiotensin-Converting Enzyme (ACE). *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 35(6), 769-773. [http://dx.doi.org/10.1016/S1357-2725\(02\)00309-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1357-2725(02)00309-6). PMID:12676162.
- Codex Alimentarius Commission. (2011). *Milk and milk products, second edition*. Available at: <http://www.codexalimentarius.org/>
- Del Rio D, Cruz-Teno C, Gonzalez-Sarrias A, Gueimonde M, de Los Reyes-Gavilan CG. Yoghurt and gut microbiota. *Nutrients*. (2019) 11:382. doi: 10.3390/nu11020382
- Devi B, Sharma N, Kumar D, Wang K. *Morus alba* Linn: A phytopharmacological review. *Int J Pharm Pharm Sci*. (2013) 5:14–8.
- Doornbos, A.M.E.; Meynen, E.M.; Duchateau, G.S.M.J.E.; Van der Knaap, H.C.M.; Trautwein, E.A. (2006). Intake occasion affects the serum cholesterol lowering of a plant sterol-enriched single-dose yoghurt drink in mildly hypercholesterolaemic subjects. *Eur. J.Clin. Nutr.*, 60, 325–333.
- Dowden A., (2013). The good yoghurt guide. Available at: <http://www.dailymail.co.uk/health/article-19005/The-good-yoghurt-guide.html>
- Duda-Chodak, A.; Tarko, T. Possible Side Effects of Polyphenols and Their Interactions with Medicines. *Molecules* **2023**, 28, 2536. <https://doi.org/10.3390/molecules28062536>
- El-Naggar, M. E., Hussein, J., El-sayed, S. M., Youssif, A. A., El Bana, M., Latif, Y. A., & Medhat, D. (2020). *Protective Effect of the Function Yogurt Based on Malva parviflora Leaves Extract Nanoemulsion on Acetic Acid-induced Ulcerative Colitis in Rats. Journal of Materials Research and Technology*. doi:10.1016/j.jmrt.2020.10.047
- FDA. *Yogurt. 21 CFR 131.200, code of federal regulations*. Washington, DC: U. S. Dept. of Health and Human Services (2013).
- Gilbert A, Turgeon SL. Studying stirred yogurt microstructure and its correlation to physical properties: A review. *Food Hydrocoll.* (2021) 121:106970. doi: 10.1016/j.foodhyd.2021.106970

- Gobbetti, M., Minervini, F., & Rizzello, C. G. (2004). Angiotensin I converting enzyme-inhibitory and antimicrobial bioactive peptides. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 173-188. [http:// dx.doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00139.x](http://dx.doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00139.x).
- Gul, K., Singh, A. K., & Jabeen, R. (2016). *Nutraceuticals and Functional Foods: The Foods for the Future World*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(16), 2617–2627. doi:10.1080/10408398.2014.903384
- Gupta A., A. K. Singh, R. Kumar, R. Ganguly, H. K. Rana, P. K. Pandey, G. Sethi, A. Bishayee, and A. K. Pandey. (2019). Corilagin in cancer: A critical evaluation of anticancer activities and molecular mechanisms. *Molecules* 24:3399. <https://doi.org/10.3390/molecules24183399>.
- Gur, J., Mawuntu, M., & Martirosyan, D. (2018). FFC's advancement of functional food definition. *Functional Foods in Health and Disease*, 8(7), 385–397.
- Gyawali R, Feng X, Chen YP, Lorenzo JM, Ibrahim SA. A review of factors influencing the quality and sensory evaluation techniques applied to Greek yogurt. *J Dairy Res.* (2022) 89:213–9. doi: 10.1017/S0022029922000346
- Hamed, A.M.; Awad, A.A.; Abdel-Mobdy, A.E.; Alzahrani, A.; Salamatullah, A.M. (2021). Buffalo Yogurt Fortified with Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*) and Myrrh (*Commiphora Myrrha*) Essential Oils: New Insights into the Functional Properties and Extended Shelf Life. *Molecules*, 26, 6853. <https://doi.org/10.3390/molecules26226853>
- Hamed, A.; Ashraf, F.; Anwar, M.J.; Amjad, A.; Hussain, M.; Imran, M.; Mujtaba, A.; Ahmad, I.; Aslam, M.S.; El-Ghorab, A.H. (2024). α -Amylase Enzyme Inhibition Relevant to Type II Diabetes by Using Functional Yogurt with *Cinnamomum verum* and *Stevia rebaudiana*. *Food Agric. Immunol.*, 35, 2389091
- Hewlings SJ, Kalman DS. (2017). Curcumin: A Review of Its Effects on Human Health. *Foods*. 6(10):92. doi: 10.3390/foods6100092. PMID: 29065496; PMCID: PMC5664031.
- Hong, H., Son, Y. J., Kwon, S. H., & Kim, S. K. (2020). Biochemical and antioxidant activity of yogurt supplemented with paprika juice of different colors. *Food Science of Animal Resources*, 40(4), 613–627. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e38>
- Horiuchi H, Sasaki Y. (2012). Effect of oxygen on symbiosis between *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. *J Dairy Sci.* 95:2904–9. doi: 10.3168/jds.2011-5147
- Hosoya N (1998). Health claims in Japan—foods for specified health uses and functional foods. *J Nutr Food* 1, 1–11.
- Hyun, Y. J., Kim, O. Y., Kang, J. B., Lee, J. H., Jang, Y., Liponkoski, L., & Salo, P. (2005). *Plant stanol esters in low-fat yogurt reduces total and low-density lipoprotein cholesterol and low-*

density lipoprotein oxidation in normocholesterolemic and mildly hypercholesterolemic subjects. Nutrition Research, 25(8), 743–753. doi:10.1016/j.nutres.2005.08.004

- Ibhaze GA, Akinbanjo DT, Jacob GT. (2021). Evaluation of set yoghurt quality enhanced with selected indigenous fruits. *Int J Trend Sci Res Develop.* 5:690–9.
- Jabbari S, Hasani R, Kafilzadeh F, Janfeshan S. (2012). Antimicrobial peptides from Milk proteins: A prospectus. *Ann Biol Res.* 3:5313–8.
- Jeong, C. H., Ryu, H., Zhang, T., Lee, C. H., Seo, H. G., & Han, S. G. (2018). *Green tea powder supplementation enhances fermentation and antioxidant activity of set-type yogurt. Food Science and Biotechnology.* doi:10.1007/s10068-018-0370-9
- Kang, S. H., Yu, M. S., Kim, J. M., Park, S. K., Lee, C. H., Lee, H. G., & Kim, S. K. (2018). Biochemical, microbiological, and sensory characteristics of stirred yogurt containing red or green pepper (*Capsicum Annuum* Cv. Chungyang) Juice. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 38(3), 451–467.* <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.38.3.451>
- Kim, J. S., An, C. G., Park, J. S., Lim, Y. P., & Kim, S. (2016). Carotenoid profiling from 27 types of paprika (*Capsicum Annuum* L.) with different colors, shapes, and cultivation methods. *Food Chemistry, 201, 64–71.* <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.041>
- Klein-Szanto, A. J. P., & Bassi, D. (2019). *Keep recycling going: new approaches to reduce LDL-C. Biochemical Pharmacology.* doi:10.1016/j.bcp.2019.04.003
- Kosvari E, Shavali Gilani P, Shokri S, Borazgh AM, Rezagholizade-Shirvan A, Nia AP. (2023). Influence of green pepper extract on the physicochemical, antioxidant, and sensory properties of stirred yogurt. *Food Chemistry: X* 21 101070 <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.101070>
- Kourouniotou, Evangelia Karagianni, Nikoleta, Bari, Anastasia, Diseri, Aikaterini, Hatzioannou, Marianthi, Giannouli, Persephoni, (2023). Effects of Guarana Aqua Extracts on Fermentation Kinetics and Quality Properties of Set-Type Yogurts, *Journal of Food Processing and Preservation* doi: 10.1155/2023/4504541
- Kumar LS, Pugalenth LS, Ahmad M, Reddy S, Barkhane Z, Elmadi J. Probiotics in irritable bowel syndrome: a review of their therapeutic role. *Cureus.* (2022) 14:1–5. doi: 10.7759/cureus.23880
- Kwon, H. C., Bae, H., Seo, H. G., & Han, S. G. (2019). Short communication: Chia seed extract enhances physiochemical and antioxidant properties of yogurt. *Journal of Dairy Science.* doi:10.3168/jds.2018-16129
- Kyselova, Z. (2011). *Toxicological aspects of the use of phenolic compounds in disease prevention. Interdisciplinary Toxicology, 4(4), 173–183.* doi:10.2478/v10102-011-0027-5

- Lee, J. K., Jeon, J. K., & Byun, H. G. (2014). Antihypertensive effect of novel angiotensin I converting enzyme inhibitory peptide from chum salmon (*Oncorhynchus keta*) skin in spontaneously hypertensive rats. *Journal of Functional Foods*, 27, 381-389. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2014.01.021>.
- Lee J-A et al (2020) Antioxidant activity and quality characteristics of yogurt added with blueberry powder. *Res Sci Res* 2:76–85. <https://doi.org/10.52346/rsr.2020.2.2.76>
- Lee WJ, Lucey JA. (2010). Formation and physical properties of yogurt. *Asian Australas J Anim Sci*. 23:1127–36. doi: 10.5713/ajas.2010.r05
- Li S, Ye A, Singh H. (2021). Effects of seasonal variations on the quality of set yogurt, stirred yogurt, and Greek-style yogurt. *J Dairy Sci*. 104:1424–32. doi: 10.3168/jds.2020-19071
- Lichtenstein AH, Deckelbaum RJ. (2001). for the American Heart Association Nutrition Committee. Stanol/sterol ester-containing foods and blood cholesterol levels. A statement for Healthcare professionals from the Nutrition Committee of the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism of the American Heart Association. *Circulation*;103:1177-9.
- Lucey JA, Wilbanks DJ, Horne DS. Impact of heat treatment of milk on acid gelation. *Int Dairy J*. (2022) 125:105222. doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105222
- Moss M. *The complete book of yoghurt*. London: Grub Street (2002).
- Muñoz-Durango, N., Fuentes, C. A., Castillo, A. E., González-Gómez, L. M., Vecchiola, A., Fardella, C. E., & Kalergis, A. M. (2016). Role of the renin-angiotensin-aldosterone system beyond blood pressure regulation: molecular and cellular mechanisms involved in end-organ damage during arterial hypertension. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(7), 797. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms17070797>. PMID:27347925.
- Musial, C., Kuban-Jankowska, A., & Gorska-Ponikowska, M. (2020). *Beneficial Properties of Green Tea Catechins*. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(5), 1744. doi:10.3390/ijms21051744
- National Osteoporosis Foundation. (2021). What is osteoporosis? Available at: <https://www.nof.org/patients/what-is-osteoporosis/>
- Nelios G, Nikolaou A, Papazilakis P, Kourkoutas Y. (2023). Developing new high-protein-content traditional-type Greek yoghurts based on Jersey cow Milk. *Dairy*. 4:235–48. doi: 10.3390/dairy4010017
- Noakes, M.; Clifton, P.M.; Doornbos, A.M.; Trautwein, E.A. (2005). Plant sterol ester-enriched milk and yoghurt effectively reduce serum cholesterol in modestly hypercholesterolemic subjects. *Eur. J. Nutr.*, 44, 214–222.

- Nguyen L. and Hwang E.-S., (2016). "Quality characteristics and antioxidant activity of yogurt supplemented with Aronia (*Aronia melanocarpa*) juice," Preventive Nutrition and Food Science, vol. 21, no. 4, pp. 330–337.
- Ohama H, Ikeda H, Moriyama H (2006). Health foods and foods with health claims. Toxicology 221, 95–111.
- Papadaki, E.; Roussis, I.G. (2022). Assessment of Antioxidant and Scavenging Activities of Various Yogurts Using Different Sample Preparation Procedures. Appl. Sci, 12, 9283. <https://doi.org/10.3390/app12189283>
- Párraga-Martínez, I.; López-Torres-Hidalgo, J.D.; Del Campo, J.M.; Galdón-Blesa, M.P.; Precioso-Yáñez, J.C.; Rabanales-Sotos, J.; Lloret-Callejo, Á. Long-term effects of plant stanols on the lipid profile of patients with hypercholesterolemia. A randomized clinical trial. Rev. Esp. Cardiol. 2015, 68, 665–671.
- Paulino, N., Paulino, A. S., Diniz, S. N., de Mendonça, S., Gonçalves, I. D., Faião Flores, F., Quincoces Suarez, J. A. (2016). *Evaluation of the anti-inflammatory action of curcumin analog (DM1): Effect on iNOS and COX-2 gene expression and autophagy pathways. Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 24(8), 1927–1935. doi:10.1016/j.bmc.2016.03.024
- Ragab ES, Zhang S, Korma SA, Buniowska-Olejniak M, Nasser SAA, Esatbeyoglu T, et al. Physicochemical and rheological properties of stirred yoghurt during storage induced from high-intensity Thermosonicated goat and cow Milk. *Fermentation*. (2023) 9:42. doi: 10.3390/fermentation9010042
- Rashwan AK et al (2021) Potential processing technologies for developing sorghum-based food products: an update and comprehensive review. Trends Food Sci Technol 110:168–182. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.087>
- Rashwan AK, Karim N, Xu Y, Cui H, Fang J, Cheng K, et al. Chemical composition, quality attributes and antioxidant activity of stirred-type yogurt enriched with *Melastoma dodecandrum* Lour fruit powder. *Food Funct*. (2022) 13:1579–92. doi: 10.1039/D1FO03448K
- Ray B. (2010). *Handbook of dairy foods and nutrition*. Boca Raton, FL: CRC Press (2010).
- Rehman, R., Ahmad, A. M., Razzaq, A., Ullah, H., Rehman, Z., and Rehman, R. (2022). The Comparison of the Efficacy of Probiotic (*Bacillus Clausii*) with Yoghurt in the Management of Acute Watery Diarrhoea. Pakistan Armed Forces Medical Journal, 72(6): 2059-62.
- Reifen, R., A. Karlinsky, A. H. Stark, Z. Berkovich, and A. Nyska. (2015). α -Linolenic acid (ALA) is an anti-inflammatory agent in inflammatory bowel disease. J. Nutr. Biochem. 26:1632–1640.

- Reyes-Gordillo K, Segovia J, Shibayama M, Vergara P, Moreno MG, Muriel P. (2007). Curcumin protects against acute liver damage in the rat by inhibiting NF-kappaB, proinflammatory cytokines production and oxidative stress. *Biochim Biophys Acta*. 1770(6):989-96. doi: 10.1016/j.bbagen.2007.02.004. Epub 2007 Feb 22. PMID: 17383825.
- Rul F. (2017). Yogurt: microbiology, organoleptic properties, and probiotic potential. In: *Fermented foods, part II: Technological interventions*, 525 (Eds.) Ray, R.C., Montet, D. Boca Raton, USA: CRC Press, Food Biology Series
- Sah, B.N.P.; Vasiljevic, T.; McKechnie, S.; Donkor, O.N. (2016). Antibacterial and antiproliferative peptides in symbiotic yogurt-Release and stability during refrigerated storage. *J. Dairy Sci.*, 99, 4233–4242.
- Santos RA, Rodrigues RL, de Lima MBD, Nascimento EB, Carvalho AMB, Gadelha CAA, (2022). Influence of aqueous yam extract and goat milk casein powder on the characteristics of goat Greek-style yogurt. *Int J Gastronomy Food Sci*. 27:100465. doi: 10.1016/j.ijgfs.2021.100465
- Sengupta S et al (2016) Hypolipidemic effects of soy yogurt fortified with antioxidant rich vegetable oil on albino mice fed high cholesterol diet. *Mater Today Proc* 3:3222–3237. [https://doi.org/ 10.1016/j. matpr. 2016. 10. 004](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2016.10.004)
- Serra M, Trujillo AJ, Jaramillo PD, Guamis B, Ferragut V. Ultra-high homogenization-induced changes in skim milk: impact on acid coagulation properties. *J Dairy Res*. (2008) 75:69–75. doi: 10.1017/S0022029907003032
- Serra M, Trujillo AJ, Guamis B, Ferragut V. Evaluation of physical properties during storage of set and stirred yogurts made from ultra-high pressure homogenizationtreated milk. *Food Hydrocoll*. (2009) 23:82–91. doi: 10.1016/j.foodhyd.2007.11.015
- Sfakianakis P, Tzia C. Conventional and innovative processing of milk for yogurt manufacture; development of texture and flavor: a review. *FoodReview*. (2014) 3:176–93. doi: 10.3390/foods3010176
- Shah, N. P. (2006). Health Benefits of Yogurt and Fermented Milks. *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*, 327–351. doi:10.1002/9780470277812.ch21
- Sheikh S, Siddique F, Ameer K, Ahmad RS, Hameed A, Ebad A. (2023). Effects of white mulberry powder fortification on antioxidant activity, physicochemical, microbial and sensorial properties of yogurt produced from buffalo milk. *Food Sci Nutr*. 11:204–15. doi: 10.1002/fsn3.3053

- Shin, H. S., H. Satsu, M.-J. Bae, Z. Zhao, H. Ogiwara, M. Totsuka, and M. Shimizu. (2015). Anti-inflammatory effect of chlorogenic acid on the IL-8 production in Caco-2 cells and the dextran sulphate sodium-induced colitis symptoms in C57BL/6 mice. *Food Chem.* 168:167–175.
- Shori, A. B., & Baba, A. S. (2013). *Antioxidant activity and inhibition of key enzymes linked to type-2 diabetes and hypertension by Azadirachta indica-yogurt.* *Journal of Saudi Chemical Society*, 17(3), 295–301. doi:10.1016/j.jscs.2011.04.006
- Shori A.B., Yong Y.S., Baba A.S. (2021). Effects of herbal yogurt with fish collagen on bioactive peptides with angiotensin-I converting enzyme inhibitory activity. *Food Sci. Technol, Campinas*, 41(4): 902-907
- Sieuwerts, S. (2016). Microbial Interactions in the Yoghurt Consortium: Current Status and Product Implications. *SOJ Microbiology & Infectious Diseases*, 4(2), 1-5.
- Silva FA et al (2022) Incorporation of phenolic-rich ingredients from integral valorization of Isabel grape improves the nutritional, functional and sensory characteristics of probiotic goat milk yogurt. *Food Chem* 369:130957. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130957>
- Singh, B. N., Shankar, S., & Srivastava, R. K. (2011). *Green tea catechin, epigallocatechin-3-gallate (EGCG): Mechanisms, perspectives and clinical applications.* *Biochemical Pharmacology*, 82(12), 1807–1821. doi:10.1016/j.bcp.2011.07.093
- Silyvridou, A.; Bari, A.; Georgopoulou, T.; Baxevanou, C.; Giannouli, P. (2024). Aqua Extracts of Lyophilized Sea Buckthorn Modify Fermentation and Quality Properties of Set-Type Yogurt. *Appl. Sci.*, 14, 7634. <https://doi.org/10.3390/app14177634>
- Sivamaruthi GD, Paramithiotis S, Wijaya CH, Suharta S, Sanlier N, Shin H-S, (2020). Traditional fermented foods with anti-aging effect: A concentric review. *Food Res Int.* 134:109269. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109269
- Skoog, I., & Gustafson, D. (2003). Hypertension, hypertension-clustering factors and Alzheimer's disease. *Neurological Research*, 25(6), 675-680. <http://dx.doi.org/10.1179/016164103101201986>. PMID:14503023.
- Sodini I, Remeuf F, Haddad S, Corrieu G. (2004). The relative effect of milk base, starter, and process on yogurt texture: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 44:113–37. doi: 10.1080/10408690490424793
- Swinbanks D, O'Brien J (1993). Japan explores the boundary between food and medicine. *Nature* 364, 180.

- Talib, Ambreen, Samad, Abdul, Shah, Rabbya, Rana, Tehreem, Hossain, Md, Kumari, Swati, Kim, SoHee, Muazzam, Ayesha, Hwang, Young-Hwa, Joo, Seon-Tea, (2024). Yogurt: A Spoonful of Wellness for Every Body, DOI: 10.5851/fl.2024.e9, Food and Life
- Tami SH et al (2022) Buffalo stirred yoghurt fortified with grape seed extract: new insights into its functional properties. Food Biosci 47:101752. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101752>
- Tamime AY, Robinson RK. *Yoghurt science and technology*. 2nd ed. Oxford: Blackwell Publishing Ltd. (1999).
- Vázquez-Trespalcacios, E.M.; Romero-Palacio, J. (2014). Efficacy of yogurt drink with added plant stanol esters (Benecol®, Colanta) in reducing total and LDL cholesterol in subjects with moderate hypercholesterolemia: A randomized placebo-controlled crossover trial NCT01461798. Lipids Health Dis. 13, 1–7
- Volpe, R.; Niittynen, L.; Korpela, R.; Sirtori, C.; Bucci, A.; Fraone, N.; Pazzucconi, F. (2001). Effects of yoghurt enriched with plant sterols on serum lipids in patients with moderate hypercholesterolaemia. Br. J. Nutr., 86, 233–239.
- Wang, W., & Kang, P. M. (2020). *Oxidative Stress and Antioxidant Treatments in Cardiovascular Diseases*. *Antioxidants*, 9(12), 1292. doi:10.3390/antiox9121292
- Wang X, Kristo E, LaPointe G. Adding apple pomace as a functional ingredient in stirred-type yogurt and yogurt drinks. *Food Hydrocoll.* (2020) 100:105453. doi: 10.1016/j.foodhyd.2019.105453
- Wang L et al (2023) Comparative studies on the nutritional and physicochemical properties of yoghurts from cows', goats', and camels' milk powder. Int Dairy J 138:105542. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105542>
- Weerathilake WADV, Rasika DMD, Ruwanmali JKU, (2014). Munasinghe MADD. The evolution, processing, varieties and health benefits of yogurt. *Int J Sci Res Publ.* 4:1–10.
- Yamauchi R, Fujisawa M, Koyanagi S, Muramatsu A, Kobayashi T, Wada Y, (2023). Formate producing capacity provided by reducing ability of *Streptococcus thermophilus* NADH oxidase determines yogurt acidification rate. *J Dairy Sci.* doi: 10.3168/jds.2023-23245
- Yang, Y., Han, X., Chen, Y., Wu, J., Li, M., Yang, H., ... Wei, L. (2021). EGCG Induces Pro-inflammatory Response in Macrophages to Prevent Bacterial Infection through the 67LR/p38/JNK Signaling Pathway. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(20), 5638–5651. doi:10.1021/acs.jafc.1c01353

- Zahid HF et al (2022) In vitro bioaccessibility of phenolic compounds and alpha-glucosidase inhibition activity in yoghurts enriched with mango peel powder. Food Biosci 50:102011. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102011>
- Zeng, Z., J. Luo, F. Zuo, Y. Zhang, H. Ma, & S. Chen. (2016). Screening for potential novel probiotic *Lactobacillus* strains based on high dipeptidyl peptidase IV and α -glucosidase inhibitory activity. J. Funct. Foods. 20:486-495. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.11.030>
- Zhu, C. F., Li, G. Z., Peng, H. B., Zhang, F., Chen, Y., & Li, Y. (2010). Therapeutic effects of marine collagen peptides on Chinese patients with type 2 diabetes mellitus and primary hypertension. *The American Journal of the Medical Sciences*, 340(5), 360-366. <http://dx.doi.org/10.1097/MAJ.0b013e3181edfcf2>. PMID:20739874.
- Δημοσθενόπουλος. Λειτουργικά τρόφιμα. [http://www.sciencetech.gr/arxeia/ARTHRA/NUTRITION/LEITOYRGIKA%20TRQ FIMA.pdf](http://www.sciencetech.gr/arxeia/ARTHRA/NUTRITION/LEITOYRGIKA%20TRQ%20FIMA.pdf).
- Μάντης Α., 2005. Υγιεινή και Τεχνολογία του Γάλακτος και των Προϊόντων του, 3η Έκδοση. Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη, Α.Ε: Αθήνα.