



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ΑΓΕΛΑΔΙΝΟΥ ΚΑΙ ΓΙΔΙΝΟΥ ΕΠΙΔΟΡΠΙΟΥ ΓΙΑΟΥΡΤΙΟΥ

ΓΕΩΡΓΙΑ Μ. ΠΑΠΑΪΩΑΝΝΟΥ
ΧΗΜΙΚΟΣ, MSc

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ΑΓΕΛΑΔΙΝΟΥ ΚΑΙ ΓΙΔΙΝΟΥ ΕΠΙΔΟΡΠΙΟΥ ΓΙΑΟΥΡΤΙΟΥ

ΓΕΩΡΓΙΑ Μ. ΠΑΠΑΪΩΑΝΝΟΥ
ΧΗΜΙΚΟΣ, MSc

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2022

«Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από το Τμήμα Χημείας της Σχολής
Θετικών Επιστημών, του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων δεν υποδηλώνει αποδοχή
των γνώμων του συγγραφέα Ν. 5343/32, άρθρο 202, παράγραφος 2»

Ορισμός Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής από τη Γ.Σ.Ε.Σ.: 935Α/4-11-2016.

Μέλη Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:

Επιβλέπων:

Μ.Γ. Κοντομηνάς

Μέλη:

Α. Μπαδέκα

Ε. Κονδύλη

Ημερομηνία ορισμού θέματος: 12-02-2018

Θέμα: «Επίδραση καλλιεργειών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά αγελαδινού και γίδινου επιδορπίου γιαουρτιού»

ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΤΑΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ από τη Γ.Σ.Ε.Σ. 1041/19-07-2021:

Μέλη εξεταστικής επιτροπής:

1. Α. Μπαδέκα, Αναπλ. Καθηγήτρια Τμήματος Χημείας, Παν/μίου Ιωαννίνων
2. Ε. Κονδύλη, Ερευν. Α', ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ/ Ινστιτούτο Τεχνολογίας Αγροτικών Προϊόντων- Τμήμα Γάλακτος, Ιωάννινα
3. Α. Θωμάρεις, Καθηγητής, Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, Διεθνούς Παν/μίου Ελλάδας
4. Γ. Μοάτσου, Αναπλ. Καθηγήτρια Τμήματος Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.
5. Γ. Δημητρέλη, Αναπλ. Καθηγήτρια, Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, Διεθνούς Παν/μίου Ελλάδας

6. Α. Γούλας, Επικ. Καθηγητής, Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, Διεθνούς Παν/μίου Ελλάδας

7. Λ. Μποσνέα, Ερευν. Γ', ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ/ Ινστιτούτο Τεχνολογίας Αγροτικών Προϊόντων- Τμήμα Γάλακτος, Ιωάννινα

Έγκριση Διδακτορικής Διατριβής με βαθμό «ΑΡΙΣΤΑ-10» στις 25-2-2022

Η Πρόεδρος του Τμήματος Χημείας

Η Γραμματέας του Τμήματος

Λουλούδη Μαρία, Καθηγήτρια

Ξανθή Τουτουτζόγλου

Πρόλογος και ευχαριστίες

Η παρούσα διδακτορική διατριβή εκπονήθηκε στο Τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, με σκοπό τη μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επιδορπίων γιαουρτιού από αγελαδινό και γίδινο γάλα με τη χρήση διαφόρων θερμόφιλων καλλιεργείων εκκίνησης και προβιοτικών καλλιεργείων στα πλαίσια της συνεργασίας του Ερευνητικού Εργαστηρίου Χημείας Τροφίμων με την εταιρεία ΔΩΔΩΝΗ Α.Ε.

Επιθυμώ να ευχαριστήσω όλους τους ανθρώπους που συνέβαλαν, ο καθένας διαφορετικά, στην εκπόνηση αυτής της διδακτορικής διατριβής. Αρχικά, αν και φαντάζει δύσκολο να βρω τα κατάλληλα λόγια, το ευχαριστήριο αυτό σημείωμα εκφράζει ένα ελάχιστο μέρος της ευγνωμοσύνης που αισθάνομαι για εκείνους.

Το πρώτο ευχαριστώ δικαιωματικά το οφείλω στον επιβλέποντά μου, Καθηγητή Κ. Μιχαήλ Κοντομηνά για τη στήριξη και την πολύπλευρη συμπαράστασή του σε κάθε στάδιο αυτού του εγχειρήματος. Τον ευχαριστώ θερμά για τη διαρκή επιστημονική καθοδήγηση και για τη σχολαστικότητα και την επιμέλεια με την οποία έσκυψε πάνω από την ερευνητική μου εργασία. Τον ευχαριστώ για την ακέραιη εμπιστοσύνη που μου έδειξε σε κάθε πτυχή της πολυετούς πλέον συνεργασίας μας, για τις πολύτιμες ευκαιρίες που μου πρόσφερε και για όλες τις φορές που υπό τη διακριτική εποπτεία του με έμαθε να «βουτάω στα βαθιά».

Οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην συνεπιβλέπουσα Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Κα Αναστασία Μπαδέκα για την επιστημονική και ηθική στήριξη που αφειδώς μου παρείχε κάθε φορά που τη χρειαζόμουν, για τον πολύτιμο χρόνο που μου αφιέρωσε, για την υπομονή και την κατανόηση με την οποία διαχειρίστηκε κάθε μου απορία ή σκέψη. Το παρόν εγχείρημα δεν θα ήταν εφικτό χωρίς τις προτάσεις της και τη συνεχόμενη καθοδήγησή της.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω το έτερο μέλος της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, Κα Ευθυμία Κονδύλη, Ερευνήτρια Α', Διευθύντρια του ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ/ Ινστιτούτο Τεχνολογίας Αγροτικών Προϊόντων-Τμήμα Γάλακτος, Ιωάννινα, που με την κριτική της ματιά και τις επισημάνσεις της, ιδίως στον τελευταίο και κρίσιμότερο χρόνο υλοποίησής της παρούσας διδακτορικής διατριβής, συνέβαλε ώστε η μελέτη μου να βελτιωθεί ουσιαστικά.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Κ. Απόστολο Θωμάρεϊ, Καθηγητή του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Διεθνούς Παν/μίου Ελλάδας για την ευγενική παραχώρηση των οργάνων του Ερευνητικού Εργαστηρίου Φυσικών και Χημικών Παραμέτρων. Ευχαριστώ επίσης θερμά την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Κα Γεωργία Δημητρέλη του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Διεθνούς Παν/μίου Ελλάδας, για την πολύτιμη βοήθεια της στην επιτέλεση των μετρήσεων των ρεολογικών συντελεστών και ταυτόχρονα για την βοήθειά της στην στατιστική επεξεργασία των δεδομένων και ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Ευχαριστώ ακόμη τα λοιπά μέλη της Επταμελούς Εξεταστικής Επιτροπής κ. Γ. Μοάτσου, Αναπληρώτρια Καθ. Τμήματος Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Γεωπονικού Παν/μίου Αθηνών, Α. Γούλα, Επικ. Καθ., Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, Διεθνούς Παν/μίου Ελλάδας και Λ. Μποσνέα, Ερευν. Γ', ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ/ Ινστιτούτο Τεχνολογίας Αγροτικών Προϊόντων- Τμήμα Γάλακτος, Ιωάννινα για τις εύστοχες υποδείξεις στο περιεχόμενο της διατριβής.

Θα ήταν παράλειψη αν ξεχνούσα την φίλη μου πια, Δρ. Χημικό Ιωάννα Κοσμά, Μεταδιδάκτορα του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε κατά την διεξαγωγή των πειραμάτων αλλά και για την αμέριστη στήριξή της μέχρι σήμερα. Ευχαριστώ πολύ την γαλακτοβιομηχανία ΔΩΔΩΝΗ Α.Ε για την άψογη συνεργασία και για τη διάθεση των πρώτων υλών που χρησιμοποίησα καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας μου.

Πολλές ευχαριστίες θέλω να εκφράσω στους γονείς μου Μιχάλη και Ιφιγένεια για τις αρχές που μου δίδαξαν, για τα εφόδια που μου παρείχαν ώστε να γίνω καλύτερος άνθρωπος, για όσα συνεχίζουν να μου προσφέρουν απλόχερα ώστε να πραγματοποιήσω τα όνειρά μου αλλά και τον αδερφό μου Βαγγέλη για την απέραντη αγάπη και τη διαρκή υποστήριξή του.

Τέλος, το πιο μεγάλο ευχαριστώ το οφείλω στην οικογένειά μου. Αρχικά στο σύζυγό μου Βασίλη ο οποίος πήρε μέρος σε αυτήν την περιπέτεια και υπερασπίστηκε σθεναρά την «ασύμφορη» επιλογή της εκπόνησης μιας διδακτορικής διατριβής. Τον ευχαριστώ για τη μοναδική ικανότητα που έχει να νοηματοδοτεί αυτό που κάνω, ακόμη κι όταν εγώ χάνω το νόημα, αλλά και για την ακλόνητη πίστη του ότι «θα τα καταφέρεις». Στη συνέχεια το πιο γλυκό και

τρυφερό μου ευχαριστώ το οφείλω στις κόρες μου Αφροδίτη και Ιφιγένεια που στόλισαν με παιδικά γέλια αλλά και κλάματα πολλές φορές το κείμενο αυτό. Τις ευχαριστώ για την κατανόησή τους και την υπομονή τους, για την ωριμότητά τους και για το ό,τι απλά ομορφαίνουν τη ζωή μου. Χωρίς αυτούς δε θα κατάφερνα να φθάσω στην «Ιθάκη» μου.

«Πάντα στον νου σου να 'χεις την Ιθάκη. Το φθάσιμον εκεί είν' ο προορισμός σου. Αλλά μη βιάζεις το ταξίδι διόλου. Καλλίτερα χρόνια πολλά να διαρκέσει και γέρος πια ν' αράξεις στο νησί, πλούσιος με όσα κέρδισες στον δρόμο, μη προσδοκώντας πλούτη να σε δώσει η Ιθάκη» (Κ.Π. Καβάφης).

Αφιερώνεται στην οικογένεια μου

Περιεχόμενα

Πρόλογος και ευχαριστίες	7
Περίληψη.....	19
Summary.....	21
Κατάλογος συντομογραφιών	23
Κατάλογος εικόνων.....	24
Κατάλογος Πινάκων	26
1. Εισαγωγή	29
2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση	30
2.1 Αγελαδινό γάλα.....	30
2.2 Γίδινο γάλα.....	31
2.3 Πρόβειο γάλα.....	32
2.4 Προϊόντα γάλακτος	33
2.5 Ιστορικά στοιχεία.....	34
2.6 Είδη γιαουρτιού.....	35
2.7 Φυσικό γιαούρτι	36
2.8 Παραδοσιακό ελληνικό γιαούρτι	36
2.9 Αναμιγμένο γιαούρτι	37
2.10 Στραγγιστό γιαούρτι	37
2.11 Επιδόρπιο γιαουρτιού.....	38
2.12 Παραγωγή γιαουρτιού.....	39
2.13 Νομοθεσία	40
2.14 Επιδόρπια γιαουρτιού.....	43
2.15 Πρόσθετα γεύσης.....	44
2.15.1 Φυσικές γεύσεις.....	47
2.15.2 Αιθέρια έλαια.....	47
2.15.3 Πρωτεΐνες.....	48
2.16 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά γιαουρτιών	49
2.16.1 pH.....	49
2.16.2 Λακτόζη	50

2.16.3	Πρωτεΐνες	50
2.16.4	Λίπος	52
2.16.5	Στερεό υπόλειμμα.....	52
2.16.6	Τέφρα	53
2.16.7	Μεταβολές των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών κατά τη θερμική επεξεργασία του γάλακτος.....	53
2.16.8	Οργανικά οξέα	54
2.16.9	Πτητικές ουσίες.....	54
2.17	Οξειδωτικό στρες	60
2.17.1	Επιπτώσεις του οξειδωτικού στρες στα βιομόρια	60
2.18	Αντιοξειδωτικά.....	62
2.18.1	Μέθοδοι μέτρησης της αντιοξειδωτικής ικανότητας	63
2.18.2	Μέθοδος DPPH	63
2.18.3	Μέθοδος Folin-Ciocalteu	64
2.18.4	Μέθοδος FRAP	64
2.19	Καλλιέργειες μικροοργανισμών	65
2.19.1	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	65
2.19.2	<i>Streptococcus thermophilus</i>	66
2.20	Συμβίωση μικροοργανισμών	67
2.21	Προβιοτικά.....	69
2.21.1	Οφέλη για την υγεία	70
2.21.2	Φλεγμονώδης νόσος του εντέρου	70
2.21.3	Σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου	71
2.21.4	Διάρροια	71
2.21.5	Δυσκοιλιότητα	71
2.21.6	Ανοσοποιητικό σύστημα.....	72
2.21.7	Κριτήρια επιλογής προβιοτικών μικροοργανισμών.....	72
2.22	Γενικά χαρακτηριστικά προβιοτικών μικροοργανισμών	74
2.22.1	<i>Bifidobacteria</i> και Γαλακτοβάκιλλοι	76
2.22.2	Συνθήκες ανάπτυξης.....	77
2.23	Υφή και ρεολογία γιαουρτιών	78
2.23.1	Υφή ως δείκτης ποιότητας	78
2.23.2	Ρεολογία υγρών τροφίμων	80
2.23.3	Ρεολογία ιξωδοελαστικών τροφίμων.....	81

2.23.4 Ρεολογία γάλακτος και γιαουρτιών	84
2.23.5 Παράγοντες που επιδρούν στα ρεολογικά χαρακτηριστικά γιαουρτιών	86
2.24 Οργανοληπτικός Έλεγχος	88
2.24.1 Γενικά	88
2.24.2 Οργανοληπτικός έλεγχος στη βιομηχανία τροφίμων.....	89
3. Σκοπός της εργασίας	92
4. Υλικά και μέθοδοι.....	93
4.1 Υλικά και διαδικασία παρασκευής των επιδορπίων γιαουρτιού	93
4.2 Καλλιέργειες.....	93
4.2.1 Καλλιέργειες πήξης	93
4.2.2 Καλλιέργειες προβιοτικών.....	94
4.3 Πρόσθετα	94
4.4 Διαδικασία παραγωγής επιδορπίων γιαουρτιού	94
4.5 Δείγματα επιδορπίων γιαουρτιού.....	97
4.6 Αναλύσεις	98
4.6.1 Φυσικοχημικές αναλύσεις	98
4.6.2 Παρασκευή μεθανολικών εκχυλισμάτων επιδορπίων γιαουρτιού για προσδιορισμό φαινολικών συστατικών	100
4.6.3 Προσδιορισμός ολικών φαινολικών συστατικών (TPC)	100
4.6.4 Προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας δειγμάτων επιδορπίων γιαουρτιών με τη βοήθεια της ρίζας DPPH (DPPH radical scavenging activity, DPPH-RSA)	101
4.6.5 Προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας δειγμάτων επιδορπίων γιαουρτιών με τη μέθοδο Ferric reducing / antioxidant power (FRAP).....	101
4.6.6 Προσδιορισμός οργανικών οξέων με Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης (HPLC)	102
4.7 Προσδιορισμός μικροβιακής σύστασης	103
4.8 Ρεολογικές ιδιότητες.....	104
4.8.1 Δυναμική δοκιμή ή δοκιμή ταλάντωσης.....	104
4.8.2 Προσδιορισμός βαθμού συναίρεσης	105

4.8.3 Προσδιορισμός της ικανότητας συγκράτησης νερού (Water Holding Capacity).....	105
4.9 Ημι-ποσοτικός προσδιορισμός των πτητικών ενώσεων	106
4.10 Οργανοληπτικός έλεγχος αποδοχής	107
4.11 Στατιστική ανάλυση.....	107
5. Αποτελέσματα και συζήτηση.....	109
5.1 Φυσικοχημική σύσταση αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού	109
5.1.1 pH.....	115
5.1.2 Λίπος	117
5.1.3 Συνολικά στερεά συστατικά.....	118
5.1.4 Λακτόζη	119
5.1.5 Πρωτεΐνες.....	121
5.2 Προσδιορισμός οργανικών οξέων	122
5.2.1 Μυρμηκικό οξύ	124
5.2.2 Γαλακτικό οξύ	125
5.2.3 Κιτρικό οξύ	127
5.3 Αντιοξειδωτική ικανότητα	129
5.3.1 Folin-ciocalteu	131
5.3.2 FRAP.....	132
5.3.3 DPPH	134
5.4 Μικροβιακή σύσταση – Βιωσιμότητα καλλιεργείων εκκίνησης και προβιοτικών	136
5.5 Ρεολογικές παράμετροι	142
5.5.1 Ικανότητα συγκράτησης ύδατος και βαθμού συναίρεσης.....	142
5.5.2 Συντελεστές ελαστικότητας (G') και ιξώδους (G'')	149
5.6 Προσδιορισμός πτητικών συστατικών.....	154
5.6.1 Αλδεΐδες.....	159
5.6.2 Κετόνες.....	161
5.6.3 Πτητικά οξέα	163
5.6.4 Υδρογονάνθρακες	164
5.6.5 Τερπένια.....	165
5.7 Οργανοληπτική αξιολόγηση	165

6. Συμπεράσματα.....	176
7. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	178
8. Βιβλιογραφία.....	179
9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	209
9.1 Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση του συντελεστή ελαστικότητας (G') και ιξώδους (G'') αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού στη συχνότητα 2,0 Hz.	209
9.2 Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση του συντελεστή ελαστικότητας (G') και ιξώδους (G'') αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού στη συχνότητα 0,5 Hz.	210
9.3 Δημοσιευμένες εργασίες.....	211

Περίληψη

Τα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την ανθρώπινη διατροφή. Από αρχαιοτάτων χρόνων το γάλα καταναλώνεται σε διάφορες μορφές. Μια από τις πλέον διαδεδομένες είναι το γιαούρτι. Στην αγορά κυκλοφορούν πλέον πολλά διαφορετικά προϊόντα γιαουρτιού καθώς η τεχνολογία παρασκευής τους έχει εξελιχθεί σημαντικά. Δεδομένης της μεγάλης εμπορικής σημασίας του γιαουρτιού, διεξάγονται συνεχώς μελέτες με απώτερο σκοπό την ανάπτυξη νέων προϊόντων με βελτιωμένα οργανοληπτικά, φυσικοχημικά και προβιοτικά χαρακτηριστικά.

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή εξετάστηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επιδόρπιων γιαουρτιού από αγελαδινό και γίδινο γάλα με τη χρήση διαφόρων θερμοφίλων καλλιιεργειών (ήπια, κλασική, όξινα), προβιοτικών και διαφόρων προσθέτων γεύσης (βανίλια, λεμόνι, πορτοκάλι, και μαστίχα) και με προβιοτικά. Τα δείγματα αναλύθηκαν ως προς τα φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά (pH, λιπαρά, ολικά στερεά, πρωτεΐνες, περιεκτικότητα σε λακτόζη), τα μικροβιολογικά τους χαρακτηριστικά, τα ρεολογικά χαρακτηριστικά (συναίρεση, ικανότητα συγκράτησης νερού, συντελεστής ελαστικότητας (G'), συντελεστής απώλειας (G'') και εφαπτομένη δ) και τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά (χρώμα, οσμή, υφή, γεύση). Τα πτητικά συστατικά των δειγμάτων ταυτοποιήθηκαν με αέρια χρωματογραφία/φασματοσκοπία μαζών και προσδιορίστηκαν ημιποσοτικά. Ομοίως, έγινε προσδιορισμός των οργανικών οξέων, όπως το μυρμηκικό, το γαλακτικό και το κιτρικό με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης. Τέλος, έγινε προσδιορισμός των ολικών φαινολικών συστατικών με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu, ενώ προσδιορίστηκε και η αντιοξειδωτική τους ικανότητα με τη μέθοδο DPPH και με τη μέθοδο FRAP.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τόσο στα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα, όσο και από γίδινο γάλα, το pH, η περιεκτικότητα σε λακτόζη και η ικανότητα συγκράτησης ύδατος μειώθηκαν με την ακόλουθη σειρά: Γλυκιά > Κλασική > Όξινη, με και χωρίς προβιοτικά, ενώ η συναίρεση ακολούθησε την αντίθετη σειρά. Επιπλέον, στα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα παρατηρήθηκε αυξημένη συγκέντρωση γαλακτικού και μυρμηκικού οξέος και μικρότερη περιεκτικότητα σε κιτρικό οξύ. Τα επιδόρπια γιαουρτιού που παρασκευάζονται με αγελαδινό γάλα

εμφάνισαν υψηλότερη συναίρεση/χαμηλότερη ικανότητα συγκράτησης ύδατος, σε σύγκριση με τα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα. Όσον αφορά τους συντελεστές G' και G", καταγράφηκαν υψηλότερες τιμές για το G' παρά για το G", ενδεικτικό μιας συμπεριφοράς στερεού σώματος, και για τα δύο επιδόρπια γιαουρτιού. Μεταξύ των δύο, υψηλότερες τιμές G' καταγράφηκαν για τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα. Ταυτόχρονα τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα επιδόρπια γιαουρτιού στα οποία προστέθηκαν προβιοτικά βακτήρια εμφάνισαν μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με τα επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς τη χρήση προβιοτικών βακτηρίων. Ο πληθυσμός των μικροοργανισμών, τόσο για τη καλλιέργεια εκκίνησης, όσο και για τις προβιοτικές καλλιέργειες παρέμεινε σε υψηλές τιμές, οδηγώντας σε ένα αποδεκτό προϊόν. Μεταξύ των διαφορετικών δειγμάτων που παρασκευάστηκαν, καταγράφηκαν διακυμάνσεις στην περιεκτικότητα των επιδορπίων γιαουρτιού σε αλδεΐδες, αλκοόλες, κετόνες, πτητικά οξέα, υδρογονάνθρακες και τερπένια, γεγονός το οποίο επηρέασε τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά. Τέλος, οι συνολικές βαθμολογίες από τον οργανοληπτικό έλεγχο έδειξαν ότι τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα χωρίς προβιοτικά (ήπια και κλασική καλλιέργεια) ήταν πιο αποδεκτά από αυτά με προβιοτικά, ενώ το αντίθετο ισχύει για τα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα (κλασική και όξινη καλλιέργεια). Μεταξύ των δοκιμασμένων πρόσθετων γεύσης, η βανίλια και το απλό (χωρίς πρόσθετο/μάρτυρας) κατατάσσονται υψηλότερα, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα.

Summary

Dairy products are especially important for the human diet. From ancient times milk is consumed in various forms. One of the most common is yogurt. There are many different yogurt products on the market as their manufacturing technology has improved significantly. Given its great commercial importance, studies are constantly being conducted, aiming to develop new products with improved organoleptic, physicochemical, and health-benefitting properties.

In the present doctoral thesis, the quality characteristics of dessert yogurts from cow and goat milk using various thermophilic starter cultures (mild, classic, acidic), probiotics and various flavor additives (vanilla, lemon, orange, and mastic gum) were investigated. The samples were analyzed for their physicochemical characteristics (pH, fat, total solids, proteins, lactose content syneresis, water holding capacity), microbiological characteristics, rheological characteristics (elastic modulus (G'), viscous modulus (G'') and $\tan\delta$) and their organoleptic characteristics (color, odor, texture, taste). The volatile components of the samples were identified and semi-quantified by gas chromatography/mass spectrometry. Similarly, organic acids namely: formic acid, lactic acid and citric acid were determined by high performance liquid chromatography. Finally, the total phenolic content of dessert yogurts was determined by the Folin-Ciocalteu method, while their antioxidant capacity was determined by the DPPH method and the FRAP method.

The results showed that in both cow and goat dessert yogurts, pH, lactose content, and water holding capacity decreased in the following order: Mild > Classic > Acidic, with and without probiotics, while syneresis followed the opposite order. In addition, yogurt desserts from goat milk had an increased concentration of lactic and formic acid and a lower citric acid content. Dessert yoghurts prepared with cow milk exhibited higher syneresis/lower WHC, compared to goat milk dessert yogurts. Regarding G' and G'' moduli, higher values were recorded for G' than for G'' , indicative of a solid-like behavior for both dessert yogurts. Between the two, higher values of G' were recorded for cow dessert yogurts. At the same time, the results showed that yogurt desserts to which probiotic bacteria were added had a greater antioxidant capacity than

yogurt desserts without the use of probiotic bacteria. The population of microorganisms, both for the starting culture and for the probiotic one, remained high, leading to an acceptable product. Among the different samples prepared, variations in the content of dessert yogurts in aldehydes, alcohols, ketones, volatile acids, hydrocarbons, and terpenes were recorded, which had an impact on the organoleptic properties of the dessert yoghurts. Finally, the overall sensory scores revealed that cow dessert yogurts without probiotics (mild and classic culture) were more acceptable than those with probiotics, while the opposite holds for goat dessert yogurts (classic and acidic culture). Among the tested flavor additives, vanilla and plain (no additive) ranked higher, compared to the rest.

Κατάλογος συντομογραφιών

S. thermophilus: *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*

L. bulgaricus: *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*

ΣΥΑΛ: Στερεό υπόλειμμα άνευ λίπους

cfu: colony forming units (αριθμός αποικιών)

ROS: reactive oxygen species (δραστικά, αντιδρώντα με το οξυγόνο συστατικά)

BHT: 2,6-tert-βουτυλο-p-υδροξυτολουόλιο

DPPH: 2,2'-diphenylpicryl hydrazyl ρίζα

FRAP: Ferric reducing antioxidant power (αναγωγική αντιοξειδωτική δράση τρισθενούς σιδήρου)

M: Γλυκιά-Mild καλλιέργεια εκκίνησης

C: Κλασική-Classic καλλιέργεια εκκίνησης

A: Όξινη-Acidic καλλιέργεια εκκίνησης

P: Προβιοτικά

VAN: Βανίλια

LEM: Λεμόνι

ORA: Πορτοκάλι

MAS: Μαστίχα

WHC: water holding capacity (ικανότητα συγκράτησης ορού)

SPME: solid phase microextraction (μικροεκχύλιση στερεής φάσης)

HPLC: high performance liquid chromatography (υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης)

G': συντελεστής ελαστικότητας

G'': συντελεστής ιξώδους

GC: gas chromatography (αέρια χρωματογραφία)

ANOVA: analysis of variance (ανάλυση διακύμανσης)

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: επιδόρπια γιαουρτιού στην ελληνική αγορά.....	46
Εικόνα 2: Μηχανισμός υπεροξειδωσης λιπιδίων.....	61
Πηγή: en.wikipedia.org/wiki/Lipid_peroxidation	61
Εικόνα 3: <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	66
Εικόνα 4: <i>Streptococcus thermophilus</i>	67
Εικόνα 5: Πληθυσμοί μικροοργανισμών <i>L. bulgaricus</i> και <i>S. thermophilus</i> , συναρτήσει του χρόνου σε κοινή καλλιέργεια. Πηγή: https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Yogurt68	68
Εικόνα 6: Bifidobacteria. Πηγή: alchetron.com/Bifidobacterium	77
Εικόνα 7: Γιαούρτια με διαφορετική υφή από το πιο παχύρρευστο στο πιο λεπτόρρευστο. Πηγή: cooksillustrated.com/articles/1697-tasting-international-yogurts . Ημερομηνία επίσκεψης: 2/2021	79
Εικόνα 8: Τάση συναρτήσει της παραμόρφωσης για ένα ελαστικό στερεό, ένα Νευτώνειο υγρό και ένα ιξωδοελαστικό στερεό σε μια δυναμική δοκιμή. Πηγή: [144]	82
Εικόνα 9: Διανυσματική ανάλυση των συντελεστών απώλειας και ελαστικότητας. Πηγή: [151].....	83
Εικόνα 10: Τυπικό προφίλ των συντελεστών ελαστικότητας και ιξώδους συναρτήσει του χρόνου κατά τη πήξη του γάλακτος. Πηγή: [148]	85
Εικόνα 11: Διάγραμμα ροής παρασκευής των επιδορπίων γιαουρτιού.....	96
Εικόνα 12: Δυναμικός μηχανικός αναλυτής	104
Εικόνα 13: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών, (γ) του είδους της καλλιέργειας εκκίνησης και (δ) του χρόνου αποθήκευσης στο pH των επιδορπίων γιαουρτιού.	117
Εικόνα 14: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών, (γ) του είδους της καλλιέργειας εκκίνησης και (δ) του χρόνου αποθήκευσης στη περιεκτικότητα σε λακτόζη των επιδορπίων γιαουρτιού.....	120
Εικόνα 15: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών, στη περιεκτικότητα σε μυρμηκικό οξύ των επιδορπίων γιαουρτιού.	125
Εικόνα 16: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών και (γ) το είδος της καλλιέργειας, στη περιεκτικότητα σε γαλακτικό οξύ των επιδορπίων γιαουρτιού.....	127
Εικόνα 17: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) του είδους της καλλιέργειας, στη περιεκτικότητα σε κιτρικό οξύ των επιδορπίων γιαουρτιού.....	128

Εικόνα 18: Επίδραση (α) της χρήσης προβιοτικών, (β) του είδους της καλλιέργειας, (γ) των πρόσθετων γεύσης και (δ) του είδους γάλακτος, στην αντιοξειδωτική ικανότητα σύμφωνα με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu, των επιδορπίων γιαουρτιού.....	132
Εικόνα 19: Επίδραση (α) του είδους του γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών, (γ) του είδους της καλλιέργειας και (δ) των πρόσθετων γεύσης, στην αντιοξειδωτική ικανότητα σύμφωνα με τη μέθοδο FRAP, των επιδορπίων γιαουρτιού.	134
Εικόνα 20: Επίδραση (α) του είδους του γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών και (γ) του είδους της καλλιέργειας, στην αντιοξειδωτική ικανότητα σύμφωνα με τη μέθοδο DPPH, των επιδορπίων γιαουρτιού.	136
Εικόνα 21: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) του είδους της καλλιέργειας εκκίνησης, (γ) του πρόσθετου γεύσης και (δ) του χρόνου αποθήκευσης στο πληθυσμό του <i>S. thermophilus</i>	141
Εικόνα 22: Επίδραση (α) της χρήσης προβιοτικών, (β) του είδους της καλλιέργειας εκκίνησης, και (γ) του χρόνου αποθήκευσης στο πληθυσμό του <i>L. bulgaricus</i>	142
Εικόνα 23: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών, (γ) του είδους της καλλιέργειας εκκίνησης και (δ) του χρόνου αποθήκευσης στην ΙΣΥ των επιδορπίων γιαουρτιού.	148
Εικόνα 24: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών, (γ) του είδους της καλλιέργειας εκκίνησης και (δ) του χρόνου αποθήκευσης στη συναίρεση των επιδορπίων γιαουρτιού.	148
Εικόνα 25: Επίδραση του είδους γάλακτος στο συντελεστή ελαστικότητας (G') των επιδορπίων γιαουρτιού.	153
Εικόνα 26: Επίδραση του είδους γάλακτος στην εφραπτομένη δ των επιδορπίων γιαουρτιού.	153
Εικόνα 27: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών και (γ) του πρόσθετου αρώματος στην οσμή των επιδορπίων γιαουρτιού.....	171
Εικόνα 28: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών και (γ) του πρόσθετου αρώματος στην γεύση των επιδορπίων γιαουρτιού.	171
Εικόνα 29: Επίδραση του είδους γάλακτος στην υφή των επιδορπίων γιαουρτιού. ...	172
Εικόνα 30: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών και (γ) του πρόσθετου αρώματος στην συνολική βαθμολογία των επιδορπίων γιαουρτιού.	172

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Χημική σύσταση του αγελαδινού, του γίδινου και του πρόβειου γάλακτος.	33
Πίνακας 2: Κύρια πτητικά συστατικά του γιαουρτιού, η χημική τους δομή και η οσμή τους [62].	56
Πίνακας 3: Σχετικές αναλογίες (%) των κυριότερων πτητικών συστατικών σε γιαούρτια που παρασκευάστηκαν από αγελαδινό και κατσικίσιο γάλα.	59
Πίνακας 4: Χημική σύσταση του συμπυκνώματος πρωτεϊνών Nutrilac® YO-7700	93
Πίνακας 5: Σύμβολα για την κωδικοποίηση των δειγμάτων	97
Πίνακας 6: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση του pH αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού.	110
Πίνακας 7: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση του λίπους αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού.	111
Πίνακας 8: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση των ολικών στερεών αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού.	112
Πίνακας 9: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση της λακτόζης αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού.	113
Πίνακας 10: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση της πρωτεΐνης αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού.	114
Πίνακας 11: Μέσοι όροι (mg/g) και τυπική απόκλιση της περιεκτικότητας των επιδορπίων γιαουρτιού σε οργανικά οξέα για διαφορετικό τύπο γάλακτος, καλλιέργειες, προβιοτικά και πρόσθετα γεύσης την 21 ^η μέρα.	123
Πίνακας 12: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των επιδορπίων γιαουρτιού (21 ^η μέρα)	130
Πίνακας 13: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση (log cfu/g) των πληθυσμών <i>Streptococcus thermophilus</i> και <i>Lactobacillus bulgaricus</i> αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού.	137
Πίνακας 14: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση της Ικανότητας Συγκράτησης Ύδατος (ΙΣΥ) αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού.	143
Πίνακας 15: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση του βαθμού συναίρεσης αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού.	144
Πίνακας 16: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση του συντελεστή ελαστικότητας (G') και ιξώδους (G'') αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού στη συχνότητα 1,0 Hz 1 ^η μέρα).	150

Πίνακας 17: Πτητικά συστατικά αγελαδινών επιδορπίων (mg/kg) γιαουρτιού, χωρίς προβιοτικά, με διαφορετικές καλλιέργειες (1 ^η μέρα). Με διαφορετικούς εκθέτες σημειώνονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές για $p < 0,05$	154
Πίνακας 18: Πτητικά συστατικά αγελαδινών επιδορπίων (mg/kg) γιαουρτιού, με προβιοτικά, με διαφορετικές καλλιέργειες (1 ^η μέρα). Με διαφορετικούς εκθέτες σημειώνονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές για $p < 0,05$	156
Πίνακας 19: Πτητικά συστατικά γίδινων επιδορπίων (mg/kg) γιαουρτιού, χωρίς προβιοτικά, με διαφορετικές καλλιέργειες (1 ^η μέρα). Με διαφορετικούς εκθέτες σημειώνονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές για $p < 0,05$	157
Πίνακας 20: Πτητικά συστατικά γίδινων επιδορπίων (mg/kg) γιαουρτιού, με προβιοτικά, με διαφορετικές καλλιέργειες (1 ^η μέρα). Με διαφορετικούς εκθέτες σημειώνονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές για $p < 0,05$	158
Πίνακας 21: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού (εύρος κλίμακας 1-5).....	166
Πίνακας 22: Συσχέτιση Pearson των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών με τις οργανοληπτικές παραμέτρους των επιδορπίων γιαουρτιών	173
Πίνακας 23: Συσχέτιση Pearson των πτητικών συστατικών με τις οργανοληπτικές παραμέτρους των επιδορπίων γιαουρτιών	174

1. Εισαγωγή

Παρότι η τεχνολογία εξελίσσεται και πολλές μέθοδοι εκσυγχρονίζονται, υπάρχουν αρκετές μέθοδοι, κυρίως στη Τεχνολογία Τροφίμων, οι οποίες έχουν μείνει σχεδόν αναλλοίωτες, εδώ και πολλά χρόνια. Μια από αυτές τις τεχνολογίες είναι και η τεχνολογία παρασκευής γιαουρτιού. Το γιαούρτι και τα επιδόρπια γιαουρτιού, ήταν από αρχαιοτάτων χρόνων, ένα από τα βασικά συστατικά της διατροφής του ανθρώπου. Σήμερα, παραμένει ένα βασικό κομμάτι της διατροφής. Δεδομένου όμως ότι οι καταναλωτικές συνήθειες μεταβάλλονται συνεχώς, απαιτείται να γίνονται αλλαγές στη σύσταση του προϊόντος προκειμένου να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των καταναλωτών. Οι αλλαγές βέβαια, δεν είναι πάντα εξίσου εύκολες, όπως συμβαίνει με άλλες κατηγορίες τροφίμων, δεδομένου ότι το γιαούρτι είναι ένα «ζωντανό» τρόφιμο. Παρότι η διαδικασία παρασκευής του φαίνεται απλή, υπάρχουν πολλές παράμετροι οι οποίες επηρεάζουν άμεσα, τόσο την καταλληλότητα, όσο και την αποδοχή του τελικού προϊόντος από τους καταναλωτές. Για τον λόγο αυτό, οποιαδήποτε αλλαγή επιχειρείται στη τεχνολογία παρασκευής γιαουρτιού, πρέπει να εξετάζεται ενδελεχώς. Μόνο με αυτόν τον τρόπο θα παραχθούν προϊόντα ανώτερης ποιότητας αλλά θα αποκτηθεί και η γνώση η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί περαιτέρω για να βοηθήσει στις μεταγενέστερες τεχνολογικές εξελίξεις. Για τον σκοπό αυτό, χρειάζεται να υπάρχει μια βαθύτερη και πολύπλευρη κατανόηση του θέματος.

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Το γάλα είναι μια τροφή που παράγεται από τα θηλαστικά προκειμένου να θρέψουν τα νεογνά τους. Ως εκ τούτου, είναι μία πλήρης τροφή, ικανή να υποστηρίξει τη συντήρηση και την ανάπτυξη των νεογνών, στα πρώτα στάδια της ζωής τους [1]. Το γάλα, μεταξύ άλλων, αποτελείται από πρωτεΐνες, λακτόζη, τριγλυκερίδια, φώσφορο, ασβέστιο και βιταμίνες (Α, Β, και κυρίως D) [2]. Όπως είναι αναμενόμενο, πολλές είναι οι παράμετροι που επηρεάζουν τη χημική σύσταση του γάλακτος, όπως η εποχή, η τροφή που καταναλώνει το ζώο, το είδος του ζώου και άλλα [3].

Λόγω της μεγάλης θρεπτικής του αξίας αλλά και του εύγευστου χαρακτήρα του, το γάλα αποτέλεσε από τις κύριες τροφές του ανθρώπου από την εποχή που εξημερώθηκαν τα ζώα και τέθηκαν οι βάσεις για τη κτηνοτροφία [1]. Τα γαλακτοπαραγωγικά ζώα αποτελούν: οι αγελάδες, αίγες, πρόβατα, γαϊδούρια, καμήλες, βουβάλια, κ.α. θηλαστικά [2,4]. Το γάλα το οποίο καταναλώνεται κατά κόρον από κάθε λαό διαφέρει ανάλογα με τη περιοχή. Για παράδειγμα στη βόρεια Ευρασία και στις πολύ κρύες περιοχές της Τάιγκα, όπου οι αγελάδες δεν μπορούν να επιβιώσουν, οι άνθρωποι καταναλώνουν κατά κύριο λόγο το γάλα του τάρανδου, ενώ σε περιοχές με δύσκολο κλίμα και λιγοστό νερό, όπου λίγα ζώα επιβιώνουν, οι καμήλες είναι η κύρια πηγή γάλακτος για τους γηγενείς πληθυσμούς [4]. Πέρα όμως από τις κλιματικές ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει ο εκάστοτε τόπος, το μεγαλύτερο ποσοστό του γάλακτος που καταναλώνεται παγκοσμίως προέρχεται από αγελάδες, βουβάλια, αίγες και πρόβατα.

2.1 Αγελαδινό γάλα

Παρότι, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η χημική σύσταση του γάλακτος δεν είναι κάτι σταθερό, αλλά επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, προσεγγιστικά, η χημική σύσταση του αγελαδινού γάλακτος είναι: 87% νερό, 4,9% λακτόζη, 3,6% λίπος, 2,8% καζεΐνη, 0,6% πρωτεΐνες ορού και 0,7% ανόργανα άλατα [1,5]. Η περιεκτικότητά του σε ασβέστιο και λυσίνη (ένα αμινοξύ που συχνά λείπει από τις πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης) είναι μεγάλη, ενώ τα λιπίδια που περιέχει είναι στην πλειονότητά (~60 %) τους κορεσμένα λιπαρά [5].

Σε σχέση με το ανθρώπινο μητρικό γάλα, το αγελαδινό γάλα, υστερεί σε λινελαϊκό οξύ (το γάλα του ανθρώπου έχει περίπου 50 φορές περισσότερο λινελαϊκό οξύ). Όσον αφορά τα μεταλλικά στοιχεία, το ασβέστιο και ο φώσφορος, που ευνοούν την απορρόφηση των υπολοίπων συστατικών του από τον οργανισμό, βρίσκονται σε μεγάλη συγκέντρωση [5]. Το αγελαδινό γάλα περιέχει όλες τις βιταμίνες, ενώ περιέχει μικρές ποσότητες από τις βιταμίνες D και C. Ευνοεί την απορρόφηση του ασβεστίου και θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες ανάπτυξης του σκελετού και διατήρησης της γαλακτικής χλωρίδας του πεπτικού συστήματος [1,5,6].

Δεδομένης της ισορροπημένης σύστασής του και του μεγάλου αριθμού θρεπτικών συστατικών που περιέχει, η κατανάλωσή του είναι πολύ σημαντική για τα παιδιά, τα οποία βρίσκονται στην ανάπτυξη. Ωστόσο, δεν συμβαίνει το ίδιο στους ενήλικες, οι οποίοι, αφενός έχουν χαμηλότερες ανάγκες σε θρεπτικά συστατικά σε σχέση με τα παιδιά και τους έφηβους, και αφετέρου, επειδή στους ενήλικες έχει παρατηρηθεί αρκετές φορές δυσανεξία στη λακτόζη, εξαιτίας της αδρανοποίησης του ενζύμου λακτάσης αυξανόμενης της ηλικίας του ανθρώπου [1,5,6].

2.2 Γίδινο γάλα

Το αίγαιο ή αλλιώς γίδινο γάλα παρουσιάζει, ίσως, το μεγαλύτερο ενδιαφέρον σε σχέση με τους άλλους τύπους γάλακτος, λόγω της ειδικής χημικής του σύστασης [3]. Εξαιτίας αυτής, συμπεριλαμβάνεται στην κατηγορία των πρώτων υλών με υψηλή ποιότητα και χρησιμοποιείται για την παρασκευή τροφών που προορίζονται για όλες τις ηλικίες (από νήπια μέχρι ηλικιωμένους), καθώς και για κατηγορίες του πληθυσμού με ιδιαίτερες ανάγκες [7].

Το γίδινο γάλα έχει σημαντικές θρεπτικές και θεραπευτικές λειτουργίες, για την ανθρώπινη υγεία, κυρίως λόγω των βιολογικά ενεργών συστατικών του. Συγκεκριμένα η τεράστια θρεπτική αξία του γιδίνου γάλακτος προέρχεται από τα λιπαρά οξέα των λιπιδίων που περιέχει, διαχωρίζοντάς το από το αγελαδινό γάλα [3,8]. Το γίδινο γάλα περιέχει βουτυρικό, καπρονικό, καπρυλικό, καπρινικό, λαυρικό, μυριστικό, παλμιτικό, στεατικό, ελαϊκό και λινολενικό οξύ [9]. Παρότι το αγελαδινό περιέχει τα ίδια λιπαρά οξέα, το γίδινο γάλα έχει καπρονικό οξύ,

καπρυλικό οξύ και καπρινικό οξύ σε μεγαλύτερη συγκέντρωση από το αγελαδινό, ενώ το αγελαδινό έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση σε παλμιτικό οξύ σε σχέση με το γίδινο [9]. Επιπλέον, το γίδινο γάλα έχει μικρότερου μεγέθους λιποσφαίρια συγκριτικά με το αγελαδινό και το πρόβειο. Το χαρακτηριστικό αυτό καθιστά το γίδινο γάλα πιο εύπεπτο σε σχέση με τα υπόλοιπα [10].

Παρά βέβαια την ιδιαίτερη θρεπτική του αξία, η κατανάλωση του δεν είναι τόσο ευρεία, λόγω της ιδιαίτερης γεύσης και οσμής του, και προέρχεται από τα λιπαρά οξέα μικρής αλυσίδας (C_6 , C_8 , C_9 και C_{10}) [11].

2.3 Πρόβειο γάλα

Το πρόβειο γάλα περιέχει εξαιρετικά υψηλή συγκέντρωση λιπαρών και λινελαϊκού οξέος (ακολουθεί το γίδινο και έπειτα το αγελαδινό γάλα) [12]. Το λινελαϊκό οξύ έχει ποικίλες ευεργετικές ιδιότητες για την ανθρώπινη υγεία, με αποτέλεσμα να καταβάλλεται προσπάθεια από ερευνητές να αυξηθεί η ποσοστιαία αναλογία του λιπαρού αυτού οξέος στο λίπος του γάλακτος, με τροποποιήσεις στη σύνθεση και τη χημική σύσταση του σιτηρεσίου των ζώων [12]. Το πρόβειο γάλα έχει επίσης υψηλό περιεχόμενο στερεών. Εξαιτίας του γεγονότος αυτού το πρόβειο γάλα είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για παραγωγή τυριού (παράγει πολύ περισσότερο τυρί από ότι η ίδια ποσότητα αγελαδινού ή γιδίνου γάλακτος). Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η κατά προσέγγιση χημική σύσταση του αγελαδινού, του γιδίνου και του πρόβειου γάλακτος-[1,3,5-8,12,13].

Πίνακας 1: Χημική σύσταση του αγελαδινού, του γίδινου και του πρόβειου γάλακτος

Σύνθεση	Γίδινο γάλα	Πρόβειο γάλα	Αγελαδινό Γάλα
Λίπος (%)	3,8	7,9	3,6
Μη λιπαρά στερεά συστατικά (%)	8,9	12,0	9,0
Πρωτεΐνη (%)	3,4	6,2	3,2
Λακτόζη (%)	4,1	4,9	4,7
Καζεΐνη (%)	2,4	4,2	2,6
Μη πρωτεϊνικό Άζωτο (%)	0,4	0,8	0,2
Αλβουμίνη-γλοβουλίνη (%)	0,6	1,0	0,6
Τέφρα (%)	0,8	0,9	0,7
Θερμίδες kcal/100ml	70	105	69

2.4 Προϊόντα γάλακτος

Πέρα από την άμεση κατανάλωση του γάλακτος, το γάλα έχει χρησιμοποιηθεί για τη παραγωγή μιας μεγάλης σειράς προϊόντων. Τα προϊόντα αυτά παρασκευάζονται συνήθως μέσω ζύμωσης με μικροοργανισμούς. Τα προϊόντα γάλακτος («fermented products») που παράγονται με την οξυγαλακτική ζύμωση ή την οξυγαλακτική και αλκοολική ζύμωση της λακτόζης του γάλακτος διακρίνονται ανάλογα με το είδος της ζύμωσης και το είδος των μικροοργανισμών που συμμετέχουν στη ζύμωση [14,15]. Η ποικιλία των προϊόντων αυτών, ιδίως τα τελευταία χρόνια, είναι μεγάλη (ξινόγαλα, γιαούρτι, τυρί, κεφίρ, κ.α.). Στην Ελλάδα και στις περισσότερες χώρες, ένα από τα πλέον αντιπροσωπευτικά προϊόντα γάλακτος αυτών είναι το γιαούρτι [15].

Το γιαούρτι αποτελεί μία πολύ θρεπτική και εύπεπτη τροφή, κατάλληλη για όλες τις ηλικίες. Λόγω της διατροφικής του αξίας, το γιαούρτι ανήκει στην κατηγορία των πιο συχνά καταναλισκόμενων τροφίμων [14]. Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (Άρθρο 82) γιαούρτι χαρακτηρίζεται «το γαλακτοκομικό το προϊόν το οποίο παράγεται από τη ζύμωση και πήξη του γάλακτος, με τη χρήση υποχρεωτικά των καλλιεργειών - εκκινητών *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* (*S. thermophilus*) και *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (*L. bulgaricus*), ώστε το τελικό ζυμωμένο προϊόν να περιέχει τουλάχιστον 10^7 cfu/g ζώντων οξυγαλακτικών βακτηρίων μέχρι την ημερομηνία ανάλωσής του».

Οι παραπάνω μικροοργανισμοί είναι βακτήρια τα οποία ζυμώνουν τα σάκχαρα προς γαλακτικό οξύ. Το γαλακτικό οξύ προσδίδει στα ζυμωμένα προϊόντα την ευχάριστη όξινη γεύση και συμβάλλει έμμεσα στο πήξιμο του γάλακτος. Τα γαλακτικά βακτήρια παράγουν, επιπλέον, αρωματικές ενώσεις και η πρωτεολυτική τους δράση, συμβάλλει στη διαμόρφωση των ιδιαίτερων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των ζυμωμένων προϊόντων [16,17]. Οι μικροοργανισμοί θα πρέπει να είναι ζωντανοί, ενεργοί και σε ικανοποιητικές ποσότητες στο τελικό προϊόν, καθώς στην δράση τους οφείλονται οι ευεργετικές ιδιότητες του γιαουρτιού.

Πέραν των προαναφερθέντων μικροοργανισμών, είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται και άλλα γαλακτικά βακτήρια για χρήση ως εναρκτήριες καλλιέργειες στην παραγωγή γιαουρτιού, όπως τα προβιοτικά (τα περισσότερα εκ των οποίων ανήκουν στα οξυγαλακτικά βακτήρια), για να προσδώσουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στα προϊόντα [16–18]. Λεπτομερέστερη αναφορά στους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται ή μπορούν εν δυνάμει να χρησιμοποιηθούν ως προβιοτικά θα γίνει στην συνέχεια.

2.5 Ιστορικά στοιχεία

Παρόλο που δεν υπάρχουν διαθέσιμες καταγεγραμμένες πληροφορίες σχετικά με την προέλευση του γιαουρτιού και των άλλων γαλακτοκομικών προϊόντων, πιστεύεται, γενικά, ότι η παρασκευή γιαουρτιού είναι η πρώτη ανθρώπινη μέθοδος για τη συντήρηση του γάλακτος [19]. Η ζύμωση του γάλακτος έγινε για

πρώτη φορά στη Μέση Ανατολή από Τούρκους νομάδες που ζούσαν στην Ασία. Οι Τούρκοι έδωσαν στο προϊόν που έφτιαξαν το όνομα "yoghurt", τον 8ο μ.Χ αιώνα [19]. Οι υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν σε αυτή την περιοχή του πλανήτη άγγιζαν τους 40 °C αποτελώντας καθοριστικό παράγοντα για την παραγωγή ζυμωμένων προϊόντων (γιαούρτι στη προκειμένη περίπτωση) [15]. Εν συνεχεία, το γιαούρτι έγινε γνωστό στις Βαλκανικές χώρες, ενώ στην Ευρώπη εμφανίστηκε αιώνες μετά. Στην Αγγλία το προϊόν ονομάστηκε «Yoghurt» στην Βουλγαρία «Yahourth», ενώ όταν έφτασε στην Αμερική πήρε το όνομα «Yogurt».

Το επιστημονικό ενδιαφέρον των μικροβιολόγων για το γιαούρτι άρχισε περίπου το 1890, όταν ξεκίνησε η μελέτη της μικροβιακής χλωρίδας των όξινων προϊόντων [20]. Ο Ρώσος μικροβιολόγος Elie Metchnikoff ήταν ο πρώτος που ανέφερε την αξία του γιαουρτιού για την ανθρώπινη υγεία αποδίδοντας την καλή υγεία και μακροβιότητα των Βουλγάρων στην κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων γιαουρτιού. Στη συνέχεια ακολούθησαν αρκετές μελέτες σχετικά με τις θετικές επιδράσεις των οξυγαλακτικών βακτηρίων στην ανθρώπινη υγεία, επιβεβαιώνοντας τη θεωρία του Elie Metchnikoff [20].

2.6 Είδη γιαουρτιού

Στην αγορά κυκλοφορούν αρκετοί διαφορετικοί τύποι γιαουρτιού. Ειδικά τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος στην τεχνολογία παρασκευής γιαουρτιού. Κάποιοι από τους τύπους γιαουρτιού που παρασκευάζονται δεν είναι σύμφωνοι με τον διεθνώς αποδεκτό ορισμό. Έτσι σε πολλές χώρες έχει γίνει σαφής διαχωρισμός μεταξύ των τύπων γιαουρτιού που χαρακτηρίζονται ως "φυσικό γιαούρτι" ή "γιαούρτι", ανταποκρινόμενοι στον ορισμό του FAO/WHO (1977a) και σε κάθε άλλο τύπο γιαουρτιού που παίρνει την ονομασία "επιδόρπιο γιαουρτιού". Τα επιδόρπια γιαουρτιού χαρακτηρίζονται με ένα ιδιαίτερο όνομα ανάλογα με τη σύστασή τους. Γενικά, το γιαούρτι διακρίνεται ανάλογα με:

α) Το είδος του γάλακτος που χρησιμοποιείται για την παραγωγή γιαουρτιού σε:

- Αγελαδινό
- Γίδινο
- Πρόβειο κ.ο.κ.

β) Τον τρόπο επεξεργασίας/πρόσθετα που περιέχει σε:

- Φυσικό (συνεκτικό) (set)
- Παραδοσιακό
- Αναμιγμένο (stirred)
- Στραγγιστό
- Επιδόρπιο γιαουρτιού

γ) Με την περιεκτικότητα σε λιπαρά σε:

- Άπαχο 0%
- Ημιαποβουτυρωμένο (1,5-5%)
- Πλήρες (3,5-10%)

2.7 Φυσικό γιαούρτι

Το φυσικό γιαούρτι ή αλλιώς συνεκτικό γιαούρτι είναι το συμπαγές ή στερεάς δομής (set) γιαούρτι. Το φυσικό γιαούρτι έχει επικρατήσει στη χώρα μας και παράγεται είτε ως έχει είτε συνοδευόμενο από φρούτα, οπότε και αποκαλείται επιδόρπιο γιαουρτιού. Η ομογενοποίηση του γάλακτος, που πραγματοποιείται κατά την επεξεργασία του, δεν επιτρέπει το σχηματισμό υμενίου λιποσφαιρίων (πέτσα) στην επιφάνεια. Η επώαση γίνεται στη συσκευασία, σε ερμητικώς κλειστά κύπελλα [21].

2.8 Παραδοσιακό ελληνικό γιαούρτι

Το παραδοσιακό ελληνικό γιαούρτι είναι το γιαούρτι που καθώς παράγεται σχηματίζεται η επιδερμίδα ή αλλιώς «πέτσα» [22]. Παρασκευάζεται από γάλα το οποίο έχει υποστεί βρασμό, χωρίς ωστόσο να έχει λάβει χώρα προηγουμένως τυποποίηση ή ομογενοποίηση του γάλακτος [22]. Η μοναδική τροποποίηση της φυσικής του σύνθεσης αφορά τη ρύθμιση της λιποπεριεκτικότητάς του.

Μετά τον βρασμό το γάλα διαμοιράζεται σε δοχεία πήλινα ή πλαστικά και δεν αναδεύεται προκειμένου να δημιουργηθεί στην επιφάνειά του η χαρακτηριστική «πέτσα». Στην ουσία η επιφάνεια του γιαουρτιού είναι μια

στοιβάδα λιποσφαιριδίων. Στη συνέχεια το γάλα ψύχεται και όταν η θερμοκρασία φτάσει τους 45°C γίνεται ο εμβολιασμός του με συγκεκριμένη ποσότητα από τη καλλιέργεια εκκίνησης [22].

Ως καλλιέργεια εκκίνησης χρησιμοποιείται ορισμένη ποσότητα γιαουρτιού προηγούμενης πήξης και ακολουθεί η επώαση και η ψύξη του εμβολιασμένου γάλακτος προκειμένου να γίνει γιαούρτι. Κύριο μειονέκτημα της παρασκευής γιαουρτιού είναι ότι η αρχική καλλιέργεια με την οποία γίνεται ο εμβολιασμός παρουσιάζει συχνά ασταθή χαρακτηριστικά, με αποτέλεσμα να ελλοχεύει και ο κίνδυνος επιμόλυνσης [22].

2.9 Αναμιγμένο γιαούρτι

Το αναμιγμένο ή αναδευμένο (stirred) γιαούρτι είναι ο τύπος γιαουρτιού που κυκλοφορεί περισσότερο στην αγορά. Το γιαούρτι αυτό έχει ημίρρευστη έως ρευστή μορφή [22]. Σε αντίθεση με τους άλλους τύπους γιαουρτιών, η επώαση κατά την επεξεργασία του γιαουρτιού γίνεται μέσα σε δεξαμενές, και το μίγμα αναδεύεται είτε συνεχώς είτε περιοδικά [22]. Ο συγκεκριμένος τύπος γιαουρτιού προτιμάται για τη παρασκευή επιδορπίων γιαουρτιών (με την ανάμιξη με συστατικά που προσδίδουν επιπλέον γεύση, όπως φρούτα ή προϊόντα αυτών), λόγω του ότι διευκολύνεται η ανάμιξη των συστατικών μετά την επώαση [23].

2.10 Στραγγιστό γιαούρτι

Το στραγγισμένο γιαούρτι ή στραγγιστό, όπως προδίδει και το όνομά του, παραλαμβάνεται από πλήρες γάλα μετά την απομάκρυνση (αποστράγγιση) του νερού. Κατά την παρασκευή του γιαουρτιού αυτού, το γάλα πήζει σε δεξαμενές και με ανάδευση γίνεται θραύση του πηγματος. Η στράγγιση του πηγματος μπορεί να γίνει με παραδοσιακό τρόπο (μέσα σε υφασμάτινους σάκους), με φυγοκέντρηση του πηγματος (φυγοκεντρικούς διαχωριστήρες στις μεγάλες βιομηχανίες γάλακτος) και με υπερδιήθηση του πηγματος. Το στραγγισμένο γιαούρτι, σύμφωνα με την Ελληνική Νομοθεσία (Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, 2003), πρέπει να περιέχει λίπος σε ποσοστό 8% με εξαίρεση το αγελαδινό στραγγισμένο γιαούρτι που το ποσοστό του λίπους του πρέπει να ανέρχεται τουλάχιστον σε 5% [23].

2.11 Επιδόρπιο γιαουρτιού

Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία, στον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών «ως επιδόρπιο γιαουρτιού χαρακτηρίζεται το προϊόν έτοιμο προς βρώση που παρασκευάζεται:

1. Από μια ή περισσότερες κατηγορίες γάλακτος που προβλέπονται από το άρθρο 80 του Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (2003).
2. Από προϊόντα γάλακτος ή και συστατικό γάλακτος (πρωτεΐνη γάλακτος, λακτόζη) ή και μαγιά γιαουρτιού και στις δυο περιπτώσεις τα παραπάνω προϊόντα γάλακτος ή το γάλα σε αναλογία 75% τουλάχιστον κατά βάρος του τελικού προϊόντος, αναγόμενο σε νωπό γάλα.
3. Από σακχαρούχες γλυκαντικές ύλες.
4. Από σκόνη κακάο λιποπεριεκτικότητας 10% τουλάχιστον σε βούτυρο κακάο, σοκολάτα ή εκχύλισμα καφέ με ή χωρίς καφεΐνη.
5. Από χυμούς φρούτων με ή χωρίς ζάχαρη, ή τεμάχια φρούτων φρέσκα ή ζαχαρωμένα καθώς και προϊόντα με γλυκαντικές ύλες του άρθρου 131 ή και άλλες ύλες που περιλαμβάνονται στον Κώδικα Τροφίμων με εξαίρεση τις πρόσθετες ύλες του Κεφαλαίου III του παρόντα Κώδικα.

Επιπλέον στα προστιθέμενα προϊόντα επιτρέπεται να περιλαμβάνονται και αρωματικές και χρωστικές ύλες, σταθεροποιητές (καραγεννάνη, αραβικό κόμμι, εδωδιμη ζελατίνη κ.α.), καθώς και πηκτικές ύλες, σύμφωνα με την αρχή του *quantum satis* (χωρίς όριο συγκέντρωσης).

Τα επιδόρπια γιαουρτιού μπορεί να αποτελούνται είτε από φυσικό είτε από αναμιγμένο γιαούρτι. Στο φυσικό γιαούρτι η προσθήκη των φρούτων γίνεται εντός των κυπέλλων συσκευασίας, πριν την προσθήκη του εμβολιασμένου γάλακτος, ενώ στο αναμιγμένο γιαούρτι η προσθήκη φρούτων γίνεται στο γιαούρτι που έχει πήξει, με τη συσκευασία του μίγματος να ακολουθεί [24].

2.12 Παραγωγή γιαουρτιού

Στις σύγχρονες βιομηχανικές μονάδες το γιαούρτι παράγεται χρησιμοποιώντας δύο θερμοφιλα βακτήρια που δρουν συνεργατικά, τους μικροοργανισμούς *S. thermophilus* και *L. bulgaricus*, για τη ζύμωση του γάλακτος. Η διαδικασία παραγωγής γιαουρτιού είναι η εξής [22,25]:

α) Πρώτο βήμα της παραγωγής γιαουρτιού αποτελεί η θέρμανση (βρασμός) του νωπού γάλακτος που γίνεται στις ακόλουθες θερμοκρασίες:

- 80-85 °C για 30 min
- 90-95 °C για 5 min
- 110 °C για 30 sec

Η αρχική αυτή θερμική επεξεργασία του γάλακτος πραγματοποιείται με σκοπό την καταστροφή όλων των μικροοργανισμών που βρίσκονται στο γάλα, έτσι ώστε να καταστεί εφικτή η επιθυμητή ζύμωση από τους δύο παραπάνω επιθυμητούς μικροοργανισμούς, για να αποφευχθεί η αλλοίωση του προϊόντος και να έχει μεγαλύτερο χρόνο συντήρησης αλλά κύριο και σημαντικότερο, για να προστατέψει την υγεία των καταναλωτών. Ένα επιπλέον όφελος της θερμικής επεξεργασίας του γάλακτος είναι η θερμική αδρανοποίηση των ένζυμων που μπορεί να υπάρχουν στο γάλα αλλά και η μετουσίωση των πρωτεϊνών του ορού γάλακτος (β-λακτοσφαιρίνη και α-λακταλβουμίνη) [25].

β) Στη συνέχεια το γάλα ψύχεται στους 42-45°C και ταυτόχρονα προστίθενται στο γάλα ποσότητα 0,5-3,5 % w/w των παραπάνω δύο μικροοργανισμών (η ποσότητα ρυθμίζεται κατάλληλα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται πληθυσμός μικροοργανισμών τουλάχιστον 10^7 cfu/g κατά την ημερομηνία ανάλωσής τους). Τα δύο αυτά οξυγαλακτικά βακτήρια αποτελούν την καλλιέργεια εκκίνησης του γιαουρτιού. Η συμβίωση των δύο μικροοργανισμών, έχει σαν αποτέλεσμα τη γρήγορη ανάπτυξή τους και την αύξηση της οξύτητας του προϊόντος, καθώς το ένα ενισχύει την ανάπτυξη του άλλου μέσω των προϊόντων του μεταβολισμού τους [22,25,26]

γ) Μετά την προσθήκη των βακτηρίων το γάλα επωάζεται για 3 έως 6 ώρες, έως ότου το pH του τελικού προϊόντος να μειωθεί περίπου στο 4,6 (το ισοηλεκτρικό σημείο των καζεϊνών) [25]. Στο σημείο αυτό, το φωσφορικό ασβέστιο διαλυτοποιείται και προκαλείται διάσπαση των εσωτερικών μικκυλίων

της καζεΐνης. Αφού το pH φτάσει το 4,6 το πλήθος των αρνητικά φορτισμένων ομάδων στις καζεΐνες μειώνεται, με αποτέλεσμα να μειώνονται και οι ηλεκτροστατικές απωθήσεις μεταξύ τους. Έτσι, υπερισχύουν φαινόμενα όπως οι υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις, που έχουν ως αποτέλεσμα τη στερεοχημική αποσταθεροποίησή τους. Οι καζεΐνες συσσωματώνονται και δημιουργούν συστάδες [27,28].

δ) Μετά από την παραπάνω επώαση το γιαούρτι συντηρείται σε χαμηλή θερμοκρασία (ψυγείο) μέχρι την κατανάλωσή του. Κατά την επώαση αυτή το αρνητικό φορτίο των καζεϊνικών μικκυλίων μειώνεται και ο ρυθμός διαλυτοποίησης του κολλοειδούς φωσφορικού ασβεστίου αυξάνεται [25].

ε) Αποτέλεσμα της επώασης είναι η απομάκρυνση του προστατευτικού στρώματος των υδρόφιλων τμημάτων της κ-καζεΐνης, η μείωση των ηλεκτροστατικών απώσεων και της σταθεροποίησης της δομής, και η αύξηση των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στις καζεΐνες σχηματίζοντας ένα τρισδιάστατο δίκτυο. Το δίκτυο αυτό μετατρέπεται σε πήγμα που περικλείει το σύνολο του νερού και των συστατικών του γάλακτος [29].

2.13 Νομοθεσία

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών και το ΦΕΚ 788/Β' /31.12.1987, ως πρώτη ύλη του γιαουρτιού χρησιμοποιείται το γάλα όπως αυτό ορίζεται στον Κανονισμό ΕΚ 1308/2013 (Παράρτημα VII, Μέρος III, παράγραφος (1) και απαγορεύεται η χρήση ολικά αφυδατωμένου γάλακτος ή παραγώγων του γάλακτος σε μορφή σκόνης. Κατά την παρασκευή του γιαουρτιού, πέραν της πρώτης ύλης, επιτρέπεται μόνο: α) η προσθήκη κρέμας γάλακτος για τη ρύθμιση της περιεκτικότητας σε λιπαρές ουσίες β) η προσθήκη πρωτεϊνών γάλακτος για τεχνολογικούς λόγους ρύθμισης του στερεού υπολείμματος άνευ λίπους (ΣΥΑΛ), του ίδιου είδους ζώου, υπό την προϋπόθεση ότι η αύξηση του ΣΥΑΛ στο γιαούρτι δε θα ξεπερνά το ΣΥΑΛ του γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε, όπως ορίζεται στο άρθρο 80, παρ. 3 του Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, κατά 4 μονάδες.

Στην περίπτωση που θα χρησιμοποιηθούν για τη ζύμωση και άλλοι μικροοργανισμοί επιπλέον της χαρακτηριστικής καλλιέργειας του γιαουρτιού της παρ. 1, αναγράφονται στην επισήμανση υπό την προϋπόθεση ότι ο πληθυσμός

τους θα είναι τουλάχιστον 10^7 cfu/gr προϊόντος κατά την ημερομηνία ανάλωσης. Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στο γιαούρτι από αγελαδινό ή γίδινο γάλα πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,2% και από πρόβειο γάλα τουλάχιστον 5,5%. Σε περίπτωση χρήσης μιγμάτων γάλακτος η ελάχιστη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη υπολογίζεται από την αναλογία των ειδών του γάλακτος.

Το λίπος και στερεό υπόλειμμα άνευ λίπους στο γιαούρτι πρέπει να βρίσκεται σε ποσοστό μεγαλύτερο κατά 10% τουλάχιστον από τα όρια που καθορίζονται στο άρθρο 80 (παράγραφος 3) των αντίστοιχων ειδών γάλακτος από τα οποία παρασκευάστηκε αυτό. Εκτός από τα είδη γάλακτος που περιλαμβάνονται στο άρθρο 80 (παράγραφος 3), επιτρέπεται η παρασκευή πλήρους γιαουρτιού από μίγμα ίσων μερών νωπού γάλακτος αγελάδας και βουβάλου ή προβάτου.

Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία το γιαούρτι θα πρέπει να είναι πρώτης (Α') ποιότητας όπως αυτή ορίζεται στον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών & Αντικειμένων Κοινής Χρήσης Άρθρο 82 και να έχει παραχθεί σύμφωνα με τις ισχύουσες κτηνιατρικές και υγειονομικές διατάξεις και να ανταποκρίνεται πλήρως στις διατάξεις του Π.Δ. 56/21-2-1995 «Συμμόρφωση της Ελληνικής νομοθεσίας προς τις Οδηγίες 92/46/ΕΟΚ και 92/47/ΕΟΚ του Συμβουλίου περί των υγειονομικών κανόνων που διέπουν την παραγωγή και εμπορία γάλακτος και προϊόντων με βάση το γάλα» (ΦΕΚ 45/27-2-95 τ. Α').

Έτσι το γιαούρτι κάθε είδους θα πρέπει να πληροί τους παρακάτω όρους για να μπορεί να καταναλωθεί:

- α) να έχει παρασκευασθεί από γάλα αγελάδας, αίγας ή προβάτου και μαγιά απουσία αντιβιοτικών και γενετικά τροποποιημένων υλικών.
- β) να είναι συμπαγές, όχι πορώδες και η επιφάνεια της μάζας του να παρουσιάζει την όψη αλάβαστρου.
- γ) να έχει δομή λεία, μαλακή και κρεμώδη.
- δ) να έχει ευχάριστη γεύση και οσμή υπόγλυκη
- ε) το pH του να είναι 4,0-4,5 και να πωλείται σε δοχεία όπου θα είναι πάντα καλυμμένο με αδιάβροχο φύλλο χαρτί ή άλλα από τα επιτρεπόμενα είδη.

Επιπλέον απαγορεύεται:

α) Η πώληση γιαουρτιού που έχει αντιληπτό ίζημα. Σε περίπτωση που, διαπιστωθεί τέτοιο ίζημα, θα πρέπει να διευκρινιστεί με μικροσκοπική εξέταση αν αυτό οφείλεται σε ξένες ουσίες προς το γιαούρτι.

β) Η πώληση γιαουρτιού που έχει υποστεί και κάποια άλλη ζύμωση, εκτός από την ειδική ζύμωση που γίνεται για το συγκεκριμένο είδος γιαουρτιού.

γ) Η πώληση γιαουρτιού που έχει υποστεί αλλοίωση από μικροβιακή δράση ή έχει αποικίες μυκήτων στην επιφάνειά του.

δ) Η πώληση γιαουρτιού που έχει υπολείμματα ορμονών, αυξητικών παραγόντων, αντιβιοτικών, μυκοτοξινών τύπου A & B, βαρέων μετάλλων σύμφωνα με τους ΕΚ 1881/2006, ΕΚ 396/2005, ΕΚ 10/2011, ΕΚ 2377/1990 και τροποποιήσεις, Φυτοφάρμακα 149/2008, Αλλεργιογόνα 68/2007.

ε) Η διάθεση στην κατανάλωση γιαουρτιού, του οποίου οι οργανοληπτικές ιδιότητες δεν είναι κανονικές και ευχάριστες (ανεπιθύμητη οσμή και γεύση).

στ) Η προσφορά για πώληση και η διάθεση γενικά στην κατανάλωση, γιαουρτιού χρωματισμένου με οποιαδήποτε χρωστική ή με κάποιο άλλο μέσο.

ζ) Η παρασκευή και διάθεση στην κατανάλωση γιαουρτιού που παρασκευάστηκε από διατηρημένο γάλα γενικά, με εξαίρεση το αποστειρωμένο γάλα και το γάλα κατάψυξης.

θ) Η διάθεση στην κατανάλωση γιαουρτιού που περιέχει ζάχαρη.

Η συσκευασία του γιαουρτιού θα πρέπει να είναι από υλικό κατάλληλο για τρόφιμα σύμφωνα με το Άρθρο 26 Κεφάλαιο ΙΙ του Κώδικα Τροφίμων και Ποτών και θα κλείνει αεροστεγώς (με εξαίρεση το γιαούρτι που πωλείται σε πήλινο περιέκτη) με πολυστρωματικό φύλλο αλουμινίου με κράμα αυτού που θα περιέχει τουλάχιστον 99% αργίλιο >0,05% Mn, max 0,1% Zn, 0,05-2%Cu, max 0,05% άλλα λοιπά στοιχεία σύμφωνα με τα πρότυπα ΕΛΟΤ 601/602, το δε βάρος της κάθε συσκευασίας να είναι περίπου 200 gr και σε δεύτερη συσκευασία σε χαρτοκιβώτια ανοικτά, στοιβαζόμενα, αντοχής, των 12 τεμαχίων.

Τα μέσα συσκευασίας δεν θα πρέπει να μεταφέρουν τοξικές ή καρκινογόνες ουσίες στο προϊόν. Στο μέσο συσκευασίας (κεσεδάκι) θα πρέπει να αναγράφονται υποχρεωτικά στα Ελληνικά με ευανάγνωστα γράμματα, από χρώμα ή μελάνι ή άλλο μηχανικό τρόπο που δεν μεταφέρουν τοξικές ή καρκινογόνες ουσίες (ΕΚ 89/109), οι απαραίτητες ενδείξεις σύμφωνα με τις κτηνιατρικές και υγειονομικές διατάξεις: επωνυμία παρασκευαστή, αριθμός έγκρισης, ημερομηνία παραγωγής και λήξης, καθώς και ο κωδικός παρτίδας (άρθρο 5 γιαούρτι).

2.14 Επιδόρπια γιαουρτιού

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν ως τώρα, το γιαούρτι είναι μια πολύ καλή πηγή θρεπτικών συστατικών και επιλεγμένων μικροοργανισμών, οι οποίοι με τη σειρά τους επιφέρουν πολλαπλά οφέλη στην υγεία [30]. Προκειμένου να ικανοποιηθούν οι διατροφικές συνήθειες και ανάγκες των καταναλωτών, παρασκευάζονται γιαούρτια με διαφορετική περιεκτικότητα σε λιπαρά (0%, 2%, 3,5%), σε υγρασία (παραδοσιακό και στραγγιστό γιαούρτι), των οποίων η περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, ασβέστιο, μέταλλα, ιχνοστοιχεία κ.α. δεν μεταβάλλεται σημαντικά σε σχέση με το κανονικό γιαούρτι. Ωστόσο, μια μεγάλη κατηγορία των προϊόντων που κυκλοφορούν στην αγορά, ανήκει στη κατηγορία των επιδορπίων γιαουρτιού [31].

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, επιδόρπιο γιαουρτιού χαρακτηρίζεται "το προϊόν έτοιμο προς βρώση που παρασκευάζεται από μια ή περισσότερες κατηγορίες γάλακτος που προβλέπονται από το άρθρο 80 του Κ.Τ.Π (2003), προϊόντα γάλακτος ή και συστατικό γάλακτος (πρωτεΐνη γάλακτος, λακτόζη) ή και μαγιά γιαουρτιού και στις δύο περιπτώσεις τα παραπάνω προϊόντα γάλακτος ή το γάλα σε αναλογία 75% τουλάχιστον κατά βάρος του τελικού προϊόντος, αναγόμενο σε νωπό γάλα, οξυγαλακτικές καλλιέργειες (π.χ. *Lactobacillus* πλέον αυτών των *Lactobacillus bulgaricus* και *Streptococcus thermophilus*), σακχαρούχες γλυκαντικές ύλες (σακχαρόζη ή άλλο σάκχαρο), φυσικές αρωματικές ουσίες όπως φρούτα (νωπά, αφυδατωμένα, εγκυτιωμένα, κλπ), χυμούς φρούτων, κακάο σκόνη (λιποπεριεκτικότητας 10% τουλάχιστον σε βούτυρο κακάο,) σοκολάτα ή εκχύλισμα καφέ με ή χωρίς καφεΐνη και άλλες φυσικές ουσίες που δίνουν γεύση και άρωμα". Τα επιδόρπια γιαουρτιού εκτός

από όλα τα παραπάνω θρεπτικά συστατικά, δύναται να περιέχουν φρούτα ή κομμάτια φρούτων, ζελατίνη ή βούτυρο γάλακτος, τροποποιημένο άμυλο, μπισκότο, σιρόπι κ.α.

2.15 Πρόσθετα γεύσης

Σκοπός των πρόσθετων γεύσης είναι να ενισχύσουν ή να ελαχιστοποιήσουν, να βελτιώσουν ή και να διαφοροποιήσουν τη γεύση και την οσμή του γιαουρτιού, διότι σε αρκετούς, δεν είναι αρεστή η εγγενής, ελαφρώς όξινη γεύση του γιαουρτιού ή η μυρωδιά του η οποία συνδέεται με τον τύπο του γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε [32]. Τα πρόσθετα γεύσης φυσικά, είναι μια υποκατηγορία των προσθέτων τροφίμων που μπορούν εν δυνάμει να χρησιμοποιηθούν, αλλά παραμένει η κύρια κατηγορία προσθέτων για την παρασκευή επιδορπίων γιαουρτιού [33].

Τα επιδόρπια γιαουρτιού είναι διαθέσιμα σε τεράστια ποικιλία γεύσεων [34]. Οι γεύσεις προστίθενται είτε από πριν είτε κατά τη συσκευασία του επιδορπίου [35]. Τα πρόσθετα που προστίθενται είναι κυρίως φρούτα νωπά, αφυδατωμένα ή εγκυτιωμένα, τα οποία μπορεί να είναι είτε ολόκληρα είτε με μορφή πολτού [36]. Τα πιο συνηθισμένα φρούτα που χρησιμοποιούνται για τη παρασκευή επιδορπίων γιαουρτιού είναι το μήλο, το βερίκοκο, το κεράσι, η μαύρη σταφίδα, το μπλε μούρο, το λεμόνι, το μανταρίνι, το βατόμουρο, η φράουλα και το ροδάκινο [37,38]. Στα πρόσθετα επίσης συγκαταλέγονται οι ξηροί καρποί, τα δημητριακά, η σοκολάτα, η βανίλια, η καραμέλα, κτλ [37]. Γενικά οι γεύσεις που προστίθενται στα επιδόρπια γιαουρτιού πέρα από την τεράστια ποικιλία που προσφέρουν στον καταναλωτή, αυξάνει και την γλυκύτητα του προϊόντος έως και 50%.

Στις γλυκαντικές ουσίες, εκτός από τα φρούτα (λόγω των εγγενών σακχάρων που αυτά περιέχουν), ανήκουν το ιμβερτοσάκχαρο, η ακατέργαστη ζάχαρη, η μελάσα, το σιρόπι καλαμποκιού υψηλής περιεκτικότητας σε φρουκτόζη, η μαλτόζη και το μέλι [35,37,39]. Δεδομένης της τάσης προς την υγιεινή διατροφή τα τελευταία χρόνια, παρασκευάζονται επιδόρπια γιαουρτιού στα οποία ως γλυκαντικό χρησιμοποιείται σακχαρίνη ή ασπαρτάμη [39]. Εκτός, από τα συνηθισμένα πρόσθετα, τα επιδόρπια γιαουρτιού μπορεί να περιέχουν ως

πρόσθετα βιταμίνες, όπως βιταμίνη Α (σε ποσότητα μέχρι τα 2000 IU (International Units/946mL) και D (σε ποσότητα μέχρι τα 400 IU/946mL), καθώς και διάφορους σταθεροποιητές και άλλα συστατικά για βελτίωση της γεύσης, του αρώματος και του χρώματος [40].

Στην Ελλάδα είναι αρκετά διαδεδομένα τα επιδόρπια γιαουρτιών. Αρκετές εταιρείες παρασκευάζουν επιδόρπια γιαουρτιών (Εικόνα 1). Τα πιο γνωστά από αυτά είναι:

- επιδόρπιο γιαουρτιού λεμόνι
- επιδόρπιο γιαουρτιού φράουλα
- επιδόρπιο γιαουρτιού καρύδι και βρώμη
- επιδόρπιο γιαουρτιού μέλι αμύγδαλα
- επιδόρπιο γιαουρτιού δαμάσκηνο
- επιδόρπιο γιαουρτιού ακτινίδιο
- επιδόρπιο γιαουρτιού gourmet πορτοκάλι σοκολάτα
- επιδόρπιο γιαουρτιού gourmet καραμέλα σοκολάτα
- επιδόρπιο γιαουρτιού μήλο σταφίδα
- επιδόρπιο γιαουρτιού φρούτα του δάσους
- επιδόρπιο γιαουρτιού μέλι
- επιδόρπιο γιαουρτιού μύρτιλο
- ⊖ επιδόρπιο γιαουρτιού κεράσι
- επιδόρπιο γιαουρτιού protein βανίλια
- επιδόρπιο γιαουρτιού με δημητριακά & τροπικά φρούτα
- επιδόρπιο γιαουρτιού protein berries
- επιδόρπιο γιαουρτιού δημητριακά & superfruits
- επιδόρπιο γιαουρτιού protein ροδάκινο
- επιδόρπιο γιαουρτιού ροδάκινο
- φυτικό επιδόρπιο βανίλια

- ο φυτικό επιδόρπιο μπλούμπερι
- ο φυτικό επιδόρπιο ροδάκινο
- ο φυτικό επιδόρπιο αχλάδι
- ο επιδόρπιο γιαουρτιού super fruits (ρόδι, raspberry, goji berry)
- ο επιδόρπιο γιαουρτιού super fruits (μύρτιλο, βατόμουρο, φραγκοστάφυλο, cranberry)
- ο επιδόρπιο γιαουρτιού super fruits (μπανάνα, μάνγκο, λιναρόσπορος, δημητριακά)
- ο επιδόρπιο γιαουρτιού super sroop φράουλα
- ο επιδόρπιο γιαουρτιού μήλο αχλάδι μπανάνα
- ο επιδόρπιο γιαουρτιού ανανάς ρόδι
- ο επιδόρπιο γιαουρτιού φράουλα μπισκότο
- ο παιδικό γιαούρτι μπανάνα
- ο παιδικό γιαούρτι μπισκότο
- ο παιδικό γιαούρτι φράουλα



Εικόνα 1: επιδόρπια γιαουρτιού στην ελληνική αγορά

2.15.1 Φυσικές γεύσεις

Το γεγονός ότι κυκλοφορούν ήδη τόσα επίδορπια γιαουρτιών στην Ελληνική αγορά και το ότι ο αριθμός τους μεγαλώνει, δείχνει τη προτίμησή τους από τους καταναλωτές. Το τελευταίο διάστημα όμως παρατηρείται μεγάλη στροφή στις συνήθειες των καταναλωτών της Ευρώπης σε γεύσεις πιο «φυσικές» [32,41]. Έχει υιοθετηθεί η τάση να αποφεύγεται η προσθήκη «χημικών» στα τρόφιμα, και να χρησιμοποιούνται φυσικά εναλλακτικά πρόσθετα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα προϊόντα που περιέχουν γλυκαντικά (στεβιοζίτες) από το φυτό στέβια [42], τα οποία αντικαθιστούν τα προϊόντα τα οποία περιέχουν ζάχαρη.

Υπάρχει η τάση να αντικαθίστανται τα τεχνητά πρόσθετα γεύσης με φυσικές γεύσεις. Σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Ποτών των Ηνωμένων Πολιτειών (U.S. Food and Drug Administration) ο όρος «φυσική γεύση» σημαίνει το αιθέριο έλαιο, ελαιορητίνη, εκχύλισμα, προϊόν υδρόλυσης πρωτεϊνών, απόσταγμα ή οποιοδήποτε προϊόν ψησίματος, θέρμανσης ή ενζυμόλυσης, το οποίο περιέχει τα αρωματικά συστατικά που προέρχονται από ένα μπαχαρικό, φρούτο ή χυμό φρούτων, λαχανικό ή χυμό λαχανικών, βρώσιμη μαγιά, βότανο, φλοιό, άνθος, ρίζα, φύλλα ή παρόμοια φυτικά υλικά, κρέας, θαλασσινά, πουλερικά, αυγά, γαλακτοκομικά προϊόντα ή προϊόντα ζύμωσης αυτών, των οποίων η σημαντική λειτουργία στα τρόφιμα είναι αρωματική παρά θρεπτική [43]. Οι περισσότερες από τις φυσικές γεύσεις έχουν ένα επιπλέον πλεονέκτημα, ότι διαθέτουν φαρμακευτικές ιδιότητες. Είναι επίσης βιοαποικοδομήσιμες, φιλικές προς το περιβάλλον και δεν έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στους καταναλωτές [44]. Παρά την τεράστια γκάμα επιδορπίων γιαουρτιού που κυκλοφορεί σήμερα στην αγορά, είναι περιορισμένη η παραγωγή επιδορπίων που να έχουν φυσικά πρόσθετα γεύσης [44].

2.15.2 Αιθέρια έλαια

Μια από τις πιο διαδεδομένες κατηγορίες φυσικών γεύσεων είναι τα αιθέρια έλαια. Τα αιθέρια έλαια περιέχουν πτητικές ενώσεις, γνωστές εδώ και πολλά χρόνια, που απομονώνονται από ένα αρωματικό φυτό ή φρούτο μέσω απόσταξης [45]. Τα αιθέρια έλαια χαρακτηρίζονται από διακριτική μυρωδιά και είναι σχεδόν άχρωμα. Βρίσκονται σε υγρή μορφή, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και είναι

ιδιαίτερα πτητικά σε θερμοκρασίες πάνω από 50 °C. Λόγω της πτητικότητας τους έχουν χαρακτηριστικό άρωμα. Αν και χρησιμοποιούνται κατά κόρον για τις θεραπευτικές (π.χ. αντιβακτηριακές, αναλγητικές, διουρητικές) και χαλαρωτικές τους ιδιότητες [46], δεν υπάρχουν πολλές μελέτες για τη χρήση τους στα επιδόρπια γιαουρτιού ως πρόσθετα γεύσης. Ωστόσο κυκλοφορούν προτάσεις-συνταγές για προσθήκη αιθέριων ελαίων στο γιαούρτι σε διάφορους ιστότοπους (π.χ. <https://blog.aromatools.com/create-a-unique-yogurt-flavor-with-essential-oils/>). Οι προτάσεις αυτές περιλαμβάνουν αιθέρια έλαια λεμονιού, πορτοκαλιού, λάιμ, μανταρινιού, κανέλας, γκρέιπφρουτ κ.α. Τα αιθέρια έλαια προτιμώνται γιατί όταν προστίθενται στα τρόφιμα προσδίδουν άρωμα, εξαιτίας των πτητικών τους ιδιοτήτων, καθώς και φρέσκια γεύση. Από την άλλη με τη χρήση των αιθέριων ελαίων αποφεύγεται ο κίνδυνος να προκληθούν διαταραχές στην υφή του γιαουρτιού (στην περίπτωση που χρησιμοποιούταν αντί για αιθέριο έλαιο το αντίστοιχο εκχύλισμα) [47].

2.15.3 Πρωτεΐνες

Πέρα από την τεράστια ποικιλία των επιδορπίων γιαουρτιού που κυκλοφορεί στην αγορά, που ενισχύεται από την ανάγκη των καταναλωτών για διαφορετικές γεύσεις, υπάρχει ανάγκη για παραγωγή λειτουργικών τροφίμων [29]. Ειδικά τα τελευταία χρόνια οι καταναλωτές στρέφονται όλο ένα και περισσότερο σε προϊόντα που έχουν καλή γεύση με χαμηλά λιπαρά και αυξημένη διατροφική αξία (πλούσια σε αμινοξέα, ιχνοστοιχεία και πρωτεΐνες). Έτσι άρχισαν να παρασκευάζονται γιαούρτια με αυξημένα επίπεδα πρωτεΐνης και ιχνοστοιχείων [29]. Η προσθήκη των πρωτεϊνών όμως μπορεί να επηρεάσει τον τρόπο παρασκευής του προϊόντος, τον χρόνο που χρειάζεται για τη ζύμωση, δεδομένης της αλληλεπίδρασης των πρωτεϊνών με άλλες πρωτεΐνες, καθώς και την τελική του δομή. Γι' αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η μεταβολή της υφής και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του γιαουρτιού [29]. Επίσης η αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη αυξάνει την ποσότητα του χημικά συνδεδεμένου νερού και αποτρέπει τον διαχωρισμό του ορού από το πήγμα κατά την αποθήκευση.

Η αύξηση της περιεκτικότητας του γιαουρτιού σε πρωτεΐνη μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με συμπύκνωση του γάλακτος (π.χ. εξάτμιση του γάλακτος υπό κενό) είτε με προσθήκη πρωτεϊνών όπως η απομονωμένη πρωτεΐνη γάλακτος, συμπυκνώματα πρωτεΐνης γάλακτος, σκόνη τυρογάλακτος, καζεΐνης κ.ά. [29].

2.16 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά γιαουρτιών

Προκειμένου να παρασκευάζονται γιαούρτια τα οποία θα είναι αποδεκτά από τους καταναλωτές και θα έχουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά, πρέπει να αξιολογούνται τα φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά [48]. Δεδομένου ότι η ουσιαστική μεταβολή που λαμβάνει χώρα κατά τη παρασκευή γιαουρτιού είναι η μετουσίωση των πρωτεϊνών, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του γιαουρτιού είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του γάλακτος από το οποίο προέρχεται [49]. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα θα είναι διαφορετικά από εκείνα του γιαουρτιού από κατσικίσιο ή πρόβειο γάλα. Επιπλέον, τα επιδόρπια γιαουρτιού, δεδομένου ότι παρασκευάζονται με τη προσθήκη διαφόρων ουσιών ή τροφίμων (π.χ. φρούτα) θα έχουν και αυτά διαφορετικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά από το κανονικό γιαούρτι [50]. Ως εκ τούτου, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των γιαουρτιών μελετώνται διεξοδικά. Τα πλέον μελετούμενα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά είναι το pH, η οξύτητα, το λίπος, η πρωτεΐνη, η λακτόζη, τα ολικά στερεά και η τέφρα [50]. Πέρα από τα παραπάνω φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, μελετώνται επιπλέον και τα οργανικά οξέα των γιαουρτιών.

2.16.1 pH

Πρώτη παράμετρος που μετριέται είναι το pH του γιαουρτιού. Ως pH ορίζεται ο αρνητικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου, δηλαδή $pH = -\log[H^+]$. Η παράμετρος αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς επηρεάζει τα συστατικά που βρίσκονται στο γάλα με αποτέλεσμα να επηρεάζεται και η συμπεριφορά των μικροοργανισμών σε αυτό [51]. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι ότι το pH διαδραματίζει σημαντικό ρόλο

στην αποσταθεροποίηση των πρωτεϊνών και τη δημιουργία του τρισδιάστατου δικτύου, στο οποίο οφείλεται η συγκράτηση του νερού και εν τέλει το «πήξιμο» του γάλακτος σε γιαούρτι. Η μείωση του pH κατά τη ζύμωση οφείλεται στη παραγωγή κατά κύριο λόγο γαλακτικού οξέος από τους προστιθέμενους μικροοργανισμούς, καταναλώνοντας λακτόζη. Αν το pH δεν μειωθεί αρκετά, δε θα γίνει μετουσίωση των πρωτεϊνών, αν μειωθεί πολύ γρήγορα τότε το γιαούρτι δεν θα έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με ένα γιαούρτι το οποίο θα έχει παραχθεί από βραδύτερη πτώση της τιμής του pH, ενώ αν μειωθεί αρκετά, τότε το γιαούρτι θα έχει έντονη όξινη γεύση, κάνοντας το ανεπιθύμητο για βρώση από τους καταναλωτές [51].

2.16.2 Λακτόζη

Η λακτόζη είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη παραγωγή γιαουρτιού. Πρόκειται για τον μοναδικό σχεδόν υδατάνθρακα που περιέχεται στο γάλα [52]. Είναι ένας δισακχαρίτης (αποτελείται από D-γλυκόζη και D-γαλακτόζη) με περιεχόμενο περίπου 5%. Ο κύριος ρόλος της λακτόζης στο γάλα είναι η παροχή ενέργειας. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η κατά τη διάρκεια της γαλουχίας, η ποσότητα της λακτόζης που περιέχεται στο γάλα μειώνεται σταδιακά, γεγονός το οποίο είναι αντίστροφο από αυτό που συμβαίνει με τις πρωτεΐνες και το λίπος (τα οποία κατά τη πορεία της γαλουχίας αυξάνονται στο γάλα). Η σημασία του στη παραγωγή γιαουρτιού έγκειται στο γεγονός ότι αποτελεί πηγή ενέργειας για τους μικροοργανισμούς που ζυμώνουν το γάλα προς γιαούρτι. Επιπλέον, προσδίδει θρεπτική αξία στο τρόφιμο ενώ επηρεάζει την εμφάνιση του χρώματος και της γεύσης [52,53].

2.16.3 Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες του γάλακτος θεωρούνται από τα πλέον σημαντικά θρεπτικά συστατικά του γάλακτος και των γιαουρτιών [53]. Το γάλα περιέχει δυο κύριες κατηγορίες πρωτεϊνών, τις καζεΐνες (περίπου το 80% των συνολικών πρωτεϊνών) και τις πρωτεΐνες του ορού (περίπου 20% των συνολικών πρωτεϊνών). Οι κύριες πρωτεΐνες είναι οι εξής [54]:

- Καζεΐνη (~26 g/kg γάλακτος)
- α_{s1}-καζεΐνη (~10,7 g/kg γάλακτος)
- α_{s2}-καζεΐνη (~2,8 g/kg γάλακτος)
- β-καζεΐνη (~8,6 g/kg γάλακτος)
- κ-καζεΐνη (~3,1 g/kg γάλακτος)
- γ-καζεΐνη (~0,8 g/kg γάλακτος)
- Πρωτεΐνες ορού γάλακτος (~6,3 g/kg γάλακτος)
- β-λακτοσφαιρίνη (~3,2 g/kg γάλακτος)
- α- λακταλβουμίνη (~1,2 g/kg γάλακτος)
- αλβουμίνη ορού (~0,4 g/kg γάλακτος)
- Πεπτόνες πρωτεάσης (~0,8 g/kg γάλακτος)
- Ανοσογλοβουλίνες (~0,8 g/kg γάλακτος)
- IgG1, IgG2 (~0,65 g/kg γάλακτος)
- IgA (~0,14 g/kg γάλακτος)
- IgM (~0,05 g/kg γάλακτος)
- Λακτοφερρίνη (~0,1 g/kg γάλακτος)
- Τρανσφερρίνη (~0,01 g/kg γάλακτος)
- Πρωτεΐνες μεμβρανών (~0,7 g/kg γάλακτος)
- Άλλες (~0,9 g/kg γάλακτος)

Οι πρωτεΐνες είναι αυτές οι οποίες μεταουσιώνονται με τη μείωση του pH του γάλακτος και συνεισφέρουν στο πήξιμο του γάλακτος, μετατρέποντάς το σε γιαούρτι. Δεδομένου ότι υπάρχουν σε μεγάλη ποσότητα στο γάλα, επηρεάζουν σημαντικά τις φυσικοχημικές ιδιότητες του γάλακτος και συνεπώς και του γιαουρτιού το οποίο θα παραχθεί [55]. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι καζεΐνες και οι πρωτεΐνες του ορού, είναι σημαντικές πηγές βιοδραστικών πεπτιδίων. Οι βιοδραστικές ενώσεις, είναι ενώσεις οι οποίες πέρα από τη θρεπτική τους αξία, επιδρούν σε επίπεδο φυσιολογίας στο ανθρώπινο σώμα [56]. Τα βιοδραστικά πεπτίδια έχουν συνήθως στοχευμένη βιολογική δράση όπως

αντιμικροβιακή, αντιυπερτασική κ.α. Τα βιοδραστικά πεπτίδια του γάλακτος εμφανίζουν συνδυαστική δράση και για αυτό θεωρούνται ιδιαίτερα σημαντικά συστατικά, καθιστώντας το γιαούρτι ένα λειτουργικό τρόφιμο [57].

2.16.4 Λίπος

Το λίπος είναι ένα από τα πιο σημαντικά συστατικά του γάλακτος και κατ' επέκταση και των γιαουρτιών [58]. Πέρα από το γεγονός ότι αποτελεί εξαιρετική πηγή ενέργειας (προσδίδει τα μεγαλύτερα ποσά ενέργειας σε σχέση με όλα τα άλλα συστατικά του γάλακτος/γιαουρτιού), ταυτόχρονα αποτελεί εξαιρετική πηγή των βιταμινών Α, D, Ε, και Κ (οι οποίες είναι λιποδιαλυτές) και διαφόρων λιπαρών οξέων. Πέραν όμως και από τη θρεπτική του αξία, διαδραματίζει καίριο ρόλο στο άρωμα των γαλακτοκομικών προϊόντων [39]. Τα πτητικά λιπαρά οξέα τα οποία περιέχει, είναι υπεύθυνα για το χαρακτηριστικό άρωμα του γάλακτος, γεγονός που το καθιστά ευχάριστο για κατανάλωση. Ο προσδιορισμός του λίπους στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι σημαντικός. Προκειμένου να διατεθεί στην αγορά ένα τυποποιημένο προϊόν, θα πρέπει να έχει όσο το δυνατόν σταθερή σύσταση σε ορισμένα συστατικά [59]. Δεδομένου ότι τα επίπεδα του λίπους στο γάλα ποικίλουν ανάλογα με το είδος του ζώου και με την εποχή, θα πρέπει να γίνεται προσδιορισμός του λίπους προκειμένου να αφαιρείται ή μη η περιεκτικότητά του για τη παρασκευή των εμπορικών προϊόντων. Ακόμη, ο προσδιορισμός του λίπους είναι σημαντικός προκειμένου να διαπιστωθεί και τυχόν νοθεία στο γάλα. Από τις πλέον συνηθισμένες μορφές νοθείας είναι η αφαίρεση λίπους. Μια τέτοια πρακτική θα είχε συνέπειες στο τελικό προϊόν και για αυτό διενεργούνται οι σχετικές αναλύσεις (π.χ. προσδιορισμός ξηρού υπολείμματος άνευ λίπους) [59].

2.16.5 Στερεό υπόλειμμα

Ως στερεό υπόλειμμα ορίζεται ως το σύνολο των ουσιών το οποίο παραμένει μετά τη θέρμανση και ξήρανση του γάλακτος. Πέραν αυτού, συνήθως υπολογίζεται το στερεό υπόλειμμα άνευ λίπους (ΣΥΑΛ) καθώς η τιμή του παρουσιάζει μεγαλύτερη σταθερότητα σαν τιμή, διότι δεν περιέχει το λίπος του οποίου η τιμή μεταβάλλεται περισσότερο με βάση την εποχή [59].

2.16.6 Τέφρα

Τέφρα είναι τα συστατικά του γιαουρτιού τα οποία παραμένουν μετά από καύση και πύρωση του στερεού υπολείμματος σε υψηλή θερμοκρασία ($\geq 550^{\circ}\text{C}$). Στην τέφρα περιέχονται ορισμένα κύρια συστατικά όπως όπως το νάτριο, το κάλιο, το ασβέστιο, το μαγνήσιο, και ο φώσφορος (υπό μορφή οξειδίων) καθώς και τα ιχνοστοιχεία όπως ο ψευδάργυρος, το σελήνιο κ.α. Όσον αφορά τα μέταλλα, κατά την παρασκευή του γιαουρτιού, λαμβάνει χώρα ανακατανομή του Ca, του P και του Mg μεταξύ της διαλυτής και της κolloειδούς μορφής, με αποτέλεσμα να μειώνεται το pH και να επηρεάζεται ο χρόνος πήξης του γιαουρτιού [60].

2.16.7 Μεταβολές των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών κατά τη θερμική επεξεργασία του γάλακτος

Οι μεταβολές των παραπάνω κατηγοριών ενώσεων κατά τη θερμική κατεργασία του γάλακτος προκειμένου να παρασκευαστεί γιαούρτι, έχει άμεση επίδραση στη ποιότητα του γιαουρτιού [27]. Για παράδειγμα, οι πρωτεΐνες του ορού του γάλακτος, μετουσιώνονται, απενεργοποιούνται οι ανοσοσφαιρίνες και λαμβάνει χώρα η παραγωγή δισουλφιδικών ομάδων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται η ικανότητα σχηματισμού κρέμας αλλά ταυτόχρονα να αυξάνονται οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες του γιαουρτιού. Όσον αφορά τις καζεΐνες, λαμβάνει χώρα μερική υδρόλυση τους και αποφωσφορυλίωση, ενώ ταυτόχρονα παράγονται και γλυκοπεπτίδια από την κ-καζεΐνη [27]. Αυτά έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση του μεγέθους των μικκυλίων, την ελαχιστοποίηση της συναίρεσης και τη σταθεροποίηση του πηγματος.

Τα ένζυμα απενεργοποιούνται με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιείται η πικρή γεύση. Αυτό συμβαίνει διότι αναστέλλονται αντιδράσεις οι οποίες καταλύονται από τα ένζυμα και οι οποίες οδηγούν στον σχηματισμό προϊόντων με πικρή γεύση. Η λακτόζη αποικοδομείται και ταυτόχρονα σχηματίζονται οργανικά οξέα, φουρφουράλη και υδροξυφουρφουράλη, μέσω της αντίδρασης Maillard. Το αποτέλεσμα είναι η μείωση του pH, η παραγωγή γαλακτικού οξέος που επηρεάζει την ανάπτυξη της αρχικής καλλιέργειας ενώ ταυτόχρονα η παραγωγή των οργανικών οξέων έχει συμβολή στη γεύση του γιαουρτιού [27]. Τα λιπαρά σχηματίζουν λακτόνες, μεθυλοκετόνες και άλλες πτητικές κετόνες που έχουν επίσης συμβολή στη γεύση του γιαουρτιού [27].

2.16.8 Οργανικά οξέα

Τα οργανικά οξέα (μυρμηκικό οξύ, γαλακτικό οξύ, κιτρικό οξύ) διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του γιαουρτιού αλλά και γενικότερα στα ζυμωμένα γαλακτοκομικά προϊόντα. Λειτουργούν ακόμη, ως φυσικά συντηρητικά τα οποία καταστέλλουν τη δράση παθογόνων και μη μικροοργανισμών [61] και έχουν σημαντική συνεισφορά στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του γιαουρτιού. Κύριες πηγές οργανικών οξέων στο γιαούρτι είναι το γάλα το οποίο χρησιμοποιείται για τη παραγωγή του, η ζύμωση που λαμβάνει χώρα καθώς αποτελούν κύρια προϊόντα αυτής, η υδρόλυση του λίπους και η απευθείας προσθήκη διαφόρων συστατικών, όπως γίνεται για τη παρασκευή επιδορπίων γιαουρτιού.

2.16.9 Πτητικές ουσίες

Οι πτητικές ουσίες, είναι ενώσεις στις οποίες οφείλεται το άρωμα του γιαουρτιού. Δεδομένου ότι το άρωμα είναι ένα κρίσιμο συστατικό για την αποδοχή ενός τροφίμου, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εμπορευματοποίηση του. Για το σκοπό αυτό, έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες αναλύσεις, προκειμένου να ταυτοποιηθούν οι πτητικές ενώσεις του γιαουρτιού. Οι κυριότερες από αυτές καταγράφονται στον Πίνακα 2 [62]. Στον Πίνακα 3 δίνονται οι σχετικές αναλογίες των κυριότερων πτητικών συστατικών σε γιαούρτια που παρασκευάστηκαν από αγελαδινό και κατσικίσιο γάλα. Από τους πίνακες αυτούς προκύπτει αφενός ότι η αντίληψη της οσμής του γιαουρτιού είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και είναι ένας συνδυασμός πολλών διαφορετικών οσμών.

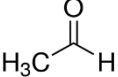
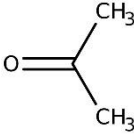
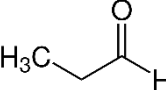
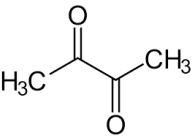
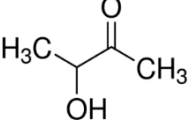
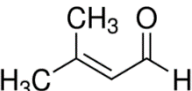
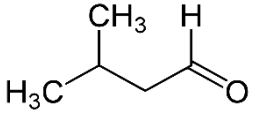
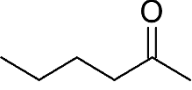
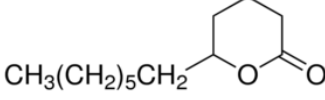
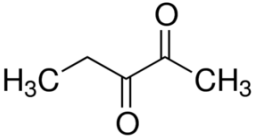
Πολλές βέβαια από τις οσμές αυτές δεν γίνονται επί μέρους αντιληπτές, καθώς η ένωση στην οποία οφείλεται η οσμή αυτή θα πρέπει να βρίσκεται σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από ένα ελάχιστο κατώφλι [63]. Επιπλέον, παρατηρείται ότι σε γιαούρτια που προέρχονται από γάλα διαφορετικού ζώου, το προφίλ των πτητικών ενώσεων διαφοροποιείται σημαντικά, προσδίδοντας του διαφορετικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Στην περίπτωση των επιδορπίων γιαουρτιού, όπως είναι αναμενόμενο, τα πρόσθετα γεύσης που χρησιμοποιούνται έχουν επίδραση και στην οσμή του γιαουρτιού. Μπορούν να αλλάξουν το προφίλ των αρωματικών ενώσεων και να αναδείξουν οσμές, να

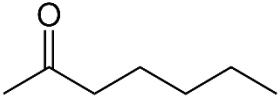
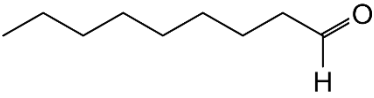
καλύψουν άλλες ή και να προσδώσουν νέες οσμές [63]. Τα κυριότερα φρούτα και αρώματα φρούτων που χρησιμοποιούνται στη παρασκευή επιδορπίων γιαουρτιού είναι[63]:

- ❖ Βερίκοκο
- ❖ Μήλο
- ❖ Κράνμπερι
- ❖ Μανταρίνι
- ❖ Κορόμηλο
- ❖ Βατόμουρο
- ❖ Φράουλα
- ❖ Ακτινίδια
- ❖ Φραγκοστάφυλο
- ❖ Λεμόνι
- ❖ Παπάγια
- ❖ Πεπόνι
- ❖ Δαμάσκηνο
- ❖ Μαύρο κεράσι
- ❖ Μαύρη σταφίδα
- ❖ Ανανάς
- ❖ Ροδάκινο
- ❖ Σταφύλι
- ❖ Μπανάνα
- ❖ Μαύρο μούρο
- ❖ Μοσχολέμονο
- ❖ Μάνγκο
- ❖ Φρούτο του πάθους
- ❖ Πορτοκάλι
- ❖ Αχλάδι
- ❖ Μανταρίνι

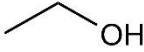
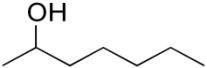
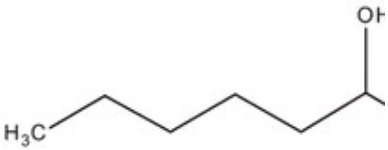
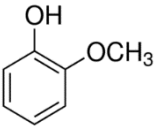
Πέρα από αυτά τα πρόσθετα βέβαια, υπάρχουν και άλλα όπως το μέλι, τα μπισκότα, το κακάο, η σοκολάτα, και άλλα τα οποία προστίθενται προκειμένου να προσδώσουν ξεχωριστό άρωμα στο επιδόρπιο γιαουρτιού.

Πίνακας 2: Κύρια πτητικά συστατικά του γιαουρτιού, η χημική τους δομή και η οσμή τους [62].

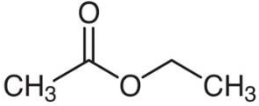
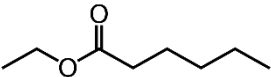
Όνομα	Χημική δομή	Οσμή
Καρβονυλικές ενώσεις		
Ακεταλδεΐδη		Αιθέρια, φρέσκια, πράσινη, έντονη
Ακετόνη		Γλυκιά, φρουτώδης
Προπανάλη		Γλυκιά, φρουτώδης
Διακετύλιο		Βουτυρώδης, κρεμώδης, βανίλια
Ακετοΐνη		Βουτυρώδης
3-μεθυλ-2-βουτενάλη		Μεταλλική, αλδεϋδική, ποώδη
3-μεθυλοβουτανάλη		Πράσινη, άγουρη, κακάο
2-Εξανόνη		Λουλουδένια, φρουτώδης
γ-Δωδεκαλακτόνη		Φρέσκου φρούτου, ροδάκινου, αχλαδιού, δαμάσκηνου, βουτύρου
2,3-πεντανοδιόνη		Ήπια, βουτυρώδης, βανίλιας

2-επτανόνη		Φρουτώδης, πικάντικη, κανέλας
Νονανάλη		Γλυκιά, λουλουδένια, εσπεριδοειδούς, σαν γρασίδι

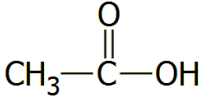
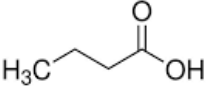
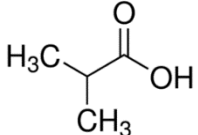
Αλκοόλες

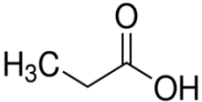
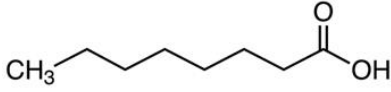
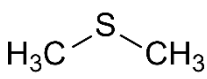
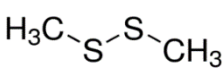
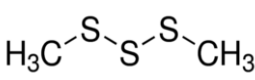
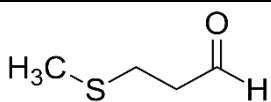
Αιθανόλη		Ήπια, αιθέρια
2-Επτανόλη		Γήινη, λιπαρή
1-οκτενοτριόλη		Μανιταριού
2-μεθόξυ-φαινόλη		Φαινολική, καπνιστή, πικάντικη

Εστέρες

Οξικός αιθυλεστέρας		Διαλύτη, φρουτώδης, ανανά
Εξανικός αιθυλεστέρας		Φρουτώδης, μήλου, μπανάνας

Οξέα

Οξικό οξύ		Ξιδιού, πικάντικη, όξινη
Βουτυρικό οξύ		Οξεία, τυριού, ξινή, αποσύνθεσης
ισοβουτυρικό οξύ		Γλυκιά, ήπια, σάπιου μήλου

Προπιονικό οξύ		Ξιδιού, πικάντικη, ξινισμένου γάλακτος
Οκτανικό οξύ		Κέρινη, σαπουνιού, αίγας, μούχλας, φρουτώδης
Θειούχες ενώσεις		
Διμεθυλοσουλφίδιο		Έντονη, λακτόνης, θείου, λάχανου
Διμεθυλοδισουλφίδιο		Βρασμένου λάχανου, κουνουπιδιού, σκόρδου
Διμέθυλο-τρισουλφίδιο		θείου
Μεθειονάλη		Βρασμένου λάχανου, βρασμένης πατάτας, θείου

Πίνακας 3: Σχετικές αναλογίες (%) των κυριότερων πηθτικών συστατικών σε γιαούρτια που παρασκευάστηκαν από αγελαδινό και κατσικίσιο γάλα.

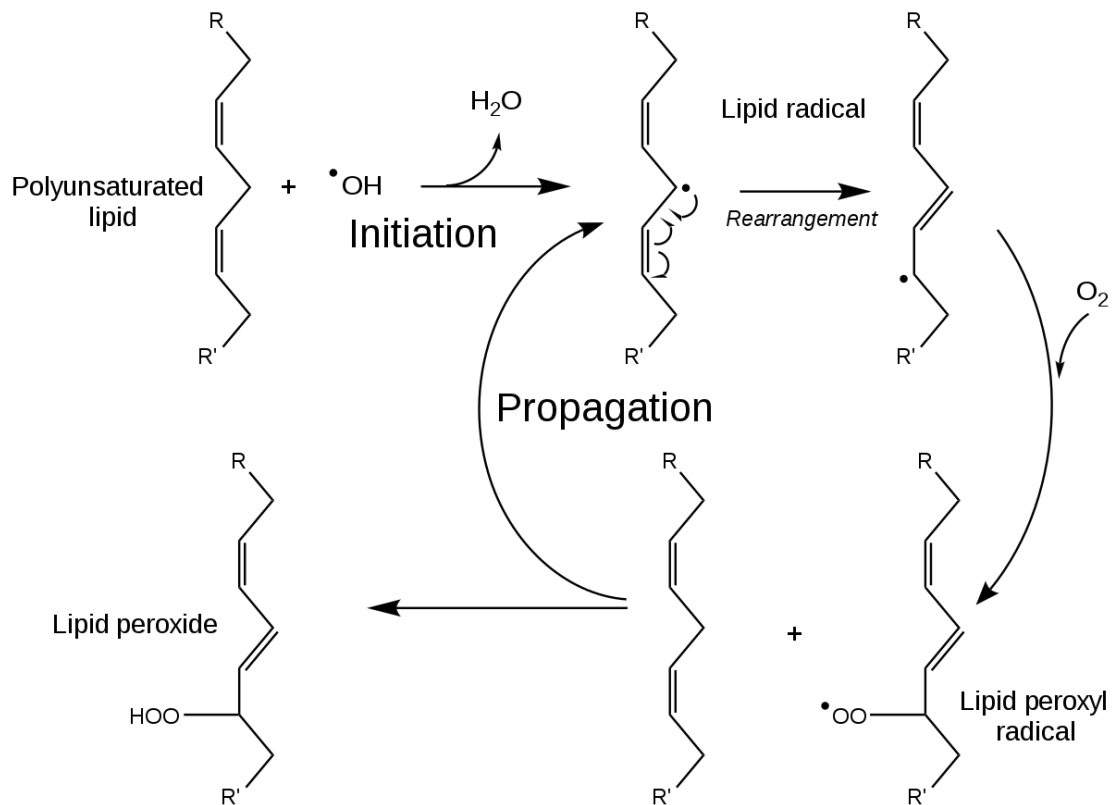
	Γιαούρτι από αγελαδινό γάλα	Γιαούρτι από κατσικίσιο γάλα
Ακεταλδεΐδη	1,42	0,28
Εξανάλη	0,98	0,76
Διακετύλιο	1,80	0,89
Ακετοΐνη	2,24	1,29
2,3-πενταδιόνη	1,63	1,51
2-επτανόνη	0,71	1,25
2-νονανόνη	0,52	1,47
2-ενδεκανόνη	0,18	0,19
Αιθανόλη	0,10	0,10
Οξικός αιθυλεστέρας	3,03	1,40
οκτανικός αιθυλεστέρας	0,12	-
Φθαλικός διαιθυλεστέρας	-	0,57
Οξικό οξύ	0,95	0,87
Βουτυρικό οξύ	2,58	0,92
Καπρονικό οξύ	3,34	3,46
Καπρυλικό οξύ	0,93	2,02
Καπρινικό οξύ	-	0,75
Βενζοϊκό οξύ	-	2,90
Λιμονένιο	1,67	3,37
α-πινένιο	0,69	0,71
ρ-κυμένιο	0,54	1,03
ρ-ξυλόλιο	4,55	3,94
ο-ξυλόλιο	1,61	0,71
Τολουόλιο	4,63	3,53
Στυρόλιο	0,70	0,98
αιθυλοβενζόλιο	0,35	0,28
1-αιθυλο-3-μέθυλο βενζόλιο	0,12	0,73
1,3,5-τριμέθυλοβενζόλιο	1,03	0,79
Επτάνιο	5,72	4,04
Οκτάνιο	0,24	0,20
Εννεάνιο	0,57	0,48
Δεκάνιο	0,74	0,69
Ενδεκάνιο	3,06	3,68
Διμέθυλοσουλφόνη	1,62	0,62

2.17 Οξειδωτικό στρες

Το οξειδωτικό στρες είναι ένας εξαιρετικά σημαντικός παράγοντας στην παθογένεση πολυάριθμων χρόνιων παθήσεων, προκαλώντας ή ενισχύοντας ασθένειες όπως ο καρκίνος, η ισχαιμική καρδιακή νόσος, ο διαβήτης, η αθηροσκλήρωση και οι νευροεκφυλιστικές διαταραχές όπως το άσθμα [64]. Πέρα από αυτές τις ασθένειες, το οξειδωτικό στρες καθώς διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και στη γήρανση και τη φλεγμονή. Προκαλείται κυρίως μέσω ελευθέρων ριζών και δραστικών ειδών οξυγόνου, γνωστά και ως reactive oxygen species (ROS). Το σουπεροξειδικό ανιόν ($O_2^{\bullet-}$), η ρίζα υδροξυλίου (OH^{\bullet}), και το υπεροξειδίο του υδρογόνου (H_2O_2) είναι τα κυριότερα ROS τα οποία μέσω της οξείδωσης διάφορων ενώσεων προκαλούν ασθένειες. Οξειδωτικό στρες μπορεί να προκληθεί είτε ως αποτέλεσμα «φυσιολογικών» διεργασιών, όπως: η διαφυγή των ελευθέρων ριζών και των ROS από τα μιτοχόνδρια και η φαγοκυττάρωση, είτε ως αποτέλεσμα περιβαλλοντικών παραγόντων, όπως η έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία, διάφορους ρυπαντές, τοξικές ουσίες κ.α. [65].

2.17.1 Επιπτώσεις του οξειδωτικού στρες στα βιομόρια

Το οξειδωτικό στρες επηρεάζει αρνητικά τα λιπίδια, τις πρωτεΐνες και DNA σε τέτοιο βαθμό που ενώσεις που αναστέλλουν το οξειδωτικό στρες είναι απαραίτητες για έναν οργανισμό. Η υπεροξειδωση των λιπιδίων είναι υψίστης σημασίας μιας και όλες οι κυτταρικές μεμβράνες έχουν υψηλές συγκεντρώσεις σε ακόρεστα λιπαρά οξέα [64]. Η υπεροξειδωση των λιπιδίων περιλαμβάνει απόσπαση ενός ατόμου υδρογόνου από μια ομάδα μεθυλενίου, τη δημιουργία ενός διπλού δεσμού γειτονικά της ομάδας μεθυλενίου η οποία εξασθενεί τον δεσμό μεταξύ των ατόμων υδρογόνου και άνθρακα με αποτέλεσμα να μπορεί να αποσπαστεί εύκολα από το μόριο. Μετά την απόσπαση του υδρογόνου, το λιπαρό οξύ σχηματίζει ένα συζυγές διένιο και αντιδρά με το οξυγόνο σχηματίζοντας ROO^{\bullet} . Οι ελεύθερες ρίζες που παράγονται αποσπούν κι άλλο άτομο υδρογόνου από ένα γειτονικό λιπαρό οξύ, με αποτέλεσμα να επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία (Εικόνα 2) [64].



Εικόνα 2: Μηχανισμός υπεροξειδωσης λιπιδίων.
 Πηγή: en.wikipedia.org/wiki/Lipid_peroxidation

Οι ρίζες ROS, το $\text{OH}\cdot$, το $\text{RO}\cdot$ και οι ενεργές ρίζες αζώτου καταστρέφουν τις πρωτεΐνες, μέσω του εκφυλισμού και των αλλαγών που προκαλούν στην τριτοταγή τους δομή. Αποτέλεσμα της δράσης των ελευθέρων ριζών είναι η απώλεια της ενζυμικής λειτουργίας, καθώς και οι αλλαγές στις διάφορες λειτουργίες που επιτελεί ο κάθε τύπος κυττάρου μέσω των πρωτεϊνών που παράγονται [64,66,67].

Αν και το DNA είναι ένα εξαιρετικά σταθερό και καλά προστατευμένο μόριο, οι ελεύθερες ρίζες μπορούν να το επηρεάσουν. Οι βλάβες που προκαλούν οι ελεύθερες ρίζες στο DNA αφορούν τη θραύση της αλληλουχίας του DNA, την τροποποίηση των αζωτούχων βάσεων, την απώλεια των πουρινών, καθώς και τη βλάβη στο σύστημα επιδιόρθωσης του DNA που μπορεί να αναδείξει πολυάριθμα λάθη. Ένα παράδειγμα δράσης των ελευθέρων ριζών είναι η ρίζα υδροξυλίου ($\text{OH}\cdot$) που προσβάλλει τη γουανίνη στη θέση C-8 και σχηματίζει ένα οξειδωτικό προϊόν, την 8-υδροξυγουανίνη. Οι ρίζες υδροξυλίου μπορούν επίσης να

επιτεθούν και σε άλλες βάσεις οδηγώντας στο σχηματισμό προϊόντων διαφορετικών από τις υπάρχουσες αζωτούχες βάσεις [64,68,69]. Ωστόσο αν η οξειδωτική βλάβη είναι περιορισμένη, το κύτταρο είναι ικανό να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση.

2.18 Αντιοξειδωτικά

Τα αντιοξειδωτικά είναι φυσικές ουσίες που είτε αναστέλλουν είτε προφυλάσσουν τα κύτταρα από το οξειδωτικό στρες [67]. Έως τώρα, έχει μελετηθεί μια πληθώρα τροφίμων για την αντιοξειδωτική τους ικανότητα, συμπεριλαμβανομένων των φρούτων, κηπευτικών, κρασιού, ελαίων, αρωματικών φυτών και μπαχαρικών [70]. Χαρακτηριστικά παραδείγματα συστατικών με αντιοξειδωτική δράση αποτελούν η βιταμίνη C και E, τα φαινολικά οξέα, τα φλαβονοειδή, οι πολυφαινόλες και τα καροτενοειδή (καροτένιο, λυκοπένιο, λουτεΐνη). Η εισαγωγή αντιοξειδωτικών ουσιών στα λιπαρά τρόφιμα, εμποδίζει την καταστροφή των βιταμινών και την αυτό-οξείδωση των λιπιδίων, διασφαλίζοντας τη διατήρηση της γεύσης και της οσμής των τροφίμων στα επιθυμητά πλαίσια [67]. Τα πιο συνηθισμένα συνθετικά αντιοξειδωτικά είναι το 2,6-tert-βουτυλο-p-υδροξυτολουόλιο (BHT), η 2-tert-βουτυλο-p-υδροξυανισόλη (BHA), η tert-βουτυλο-υδροκινόννη (TBHQ) και ο γαλλικός προπυλεστέρας (PG). Ωστόσο, πρόσφατες μελέτες αμφισβητούν την ασφάλεια των συνθετικών αυτών αντιοξειδωτικών [71]. Έτσι το επιστημονικό ενδιαφέρον έχει στραφεί προς την εξεύρεση ασφαλέστερων αντιοξειδωτικών φυσικής προέλευσης με τα φρούτα, τα κηπευτικά και τα αρωματικά φυτά να είναι τα πιο ελκυστικά. Τα αντιοξειδωτικά συστατικά που βρίσκονται σε αυτά τα φυσικά προϊόντα αυξάνουν τη διατροφική αξία των φυτικών τροφίμων και συμβάλλουν στην ανάπτυξη των οργανοληπτικών τους χαρακτηριστικών (γεύση, οσμή, στυφότητα) [71].

Η περιεκτικότητα των αντιοξειδωτικών συστατικών στα τρόφιμα ποικίλλει. Για παράδειγμα η περιεκτικότητα των ολικών πολυφαινολικών στο ελαιόλαδο είναι 50-80 mg/kg, στις ελιές 500-2000 mg/kg, στα φρούτα 20-3000 mg/kg (π.χ. πορτοκάλια 500-1000 mg/kg), στα κηπευτικά 60-2000 mg/kg, στους ξηρούς καρπούς 0,4-300 g/kg, στο άσπρο κρασί 200-300 mg/L, στη μπύρα 60-100 mg/L και στο κόκκινο κρασί 500-1000 mg/L [72-75].

2.18.1 Μέθοδοι μέτρησης της αντιοξειδωτικής ικανότητας

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι για την εκτίμηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας [76,77]. Κάποιες περιλαμβάνουν οξείδωση ενός λιπιδίου ή μιας λιποπρωτεΐνης υπό ορισμένες συνθήκες και στη συνέχεια εκτίμηση της αναστολής της οξείδωσης με διάφορους τρόπους, ενώ άλλες βασίζονται στη μέτρηση της ικανότητας των αντιοξειδωτικών να δεσμεύουν ελεύθερες ρίζες. Στη δεύτερη περίπτωση μετριέται, είτε η συγκέντρωση της αντιοξειδωτικής ένωσης ή της ελεύθερης ρίζας [78,79]. Οι πλέον διαδεδομένες μέθοδοι είναι η μέθοδος DPPH, η μέθοδος Folin-Ciocalteu και η μέθοδος FRAP. Επιπλέον, υπάρχουν και λιγότερο διαδεδομένες μέθοδοι, όπως η μέθοδος ORAC (αντιοξειδωτική αντίδραση με ρίζες υπεροξυλίου), HORAC (αντιοξειδωτική ικανότητα δέσμευσης ριζών OH), CUPRAC (αναγωγή Cu (II) σε Cu (I) από αντιοξειδωτικά), ABTS (αντιοξειδωτική αντίδραση με οργανική κατιοντική ρίζα) κ.α.

2.18.2 Μέθοδος DPPH

Το DPPH (2,2'-diphenylpicryl hydrazyl) είναι από τις ελάχιστες σταθερές και εμπορικά διαθέσιμες ρίζες αζώτου, με μέγιστο απορρόφησης στα 515 nm (ορατό και υπεριώδες) [80]. Το χρώμα του είναι ερυθρο-ιώδες, αλλά όταν αντιδρά με άλλες ρίζες, ηλεκτρόνια, ή άτομα υδρογόνου αποχρωματίζεται. Το DPPH είναι υδρόφοβο και έτσι όλες οι αντιδράσεις γίνονται σε οργανικούς διαλύτες με πιο συνηθισμένο τη μεθανόλη. Κατά τις αντιδράσεις θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι το DPPH είναι εξαιρετικά ευαίσθητο στις συνθήκες του συστήματος όπου λαμβάνει χώρα η αντίδραση (pH, οξυγόνο και έκθεση στο φως) [81]. Τα αποτελέσματα εκφράζονται και ως το ποσοστό του DPPH που απομένει στο δείγμα και είναι αντιστρόφως ανάλογο με την συγκέντρωση των αντιοξειδωτικών στο δείγμα.

Το ποσοστό αυτό υπολογίζεται ως:

$$\% \text{ DPPH} = \frac{A_{\text{δείγματος ελέγχου}} - A_{\text{δείγματος}}}{A_{\text{δείγματος ελέγχου}}} \times 10$$

2.18.3 Μέθοδος Folin-Ciocalteu

Η Μέθοδος Folin-Ciocalteu είναι γνωστή και ως μέθοδος προσδιορισμού ολικών φαινολών [82]. Είναι μια μέθοδος απλή στη χρήση και με αναπαραγώγιμα αποτελέσματα. Η μέθοδος βασίζεται στην οξειδωση των φαινολών με ταυτόχρονη αναγωγή του φωσφομολυβδενικού και φωσφοβολφραμικού οξέος από τα οποία αποτελείται το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu. Το Folin-Ciocalteu είναι διάλυμα σύνθετων πολυμερών ιόντων που σχηματίζονται από φωσφο-μολυβδενικά ($H_3PMo_{12}O_{40}$) και φωσφοβολφραμικά ($H_3PW_{12}O_{40}$) ετεροπολυμερή οξέα με έντονο κίτρινο χρώμα [83]. Σε αλκαλικό περιβάλλον, οι φαινολικές ενώσεις οξειδώνονται προς μείγμα κυανών οξειδίων του βολφραμίου (W_8O_{23}) και του μολυβδενίου (Mo_8O_{23}), με ταυτόχρονη αναγωγή των ετεροπολυμερών οξέων. Το σχηματιζόμενο κυανό χρώμα παρουσιάζει μέγιστη απορρόφηση περίπου στα 750 nm και η ένταση του χρώματος είναι ανάλογη με τη συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων. Οι φαινολικές ουσίες που προσδιορίζονται με τον δείκτη Folin-Ciocalteu εκφράζονται συνήθως ως ισοδύναμα γαλλικού οξέος. Η αντίδραση των φαινολικών συστατικών με το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu γίνεται μόνο κάτω από βασικές συνθήκες και για αυτό το λόγο γίνεται ρύθμιση του pH με διάλυμα ανθρακικού νατρίου ώστε $pH \approx 10$, ενώ η εμφάνιση του κυανού χρώματος δεν εξαρτάται από την δομή που έχουν τα φαινολικά συστατικά [82]. Ένα άλλο πλεονέκτημα της μεθόδου, πέρα από την ευκολία στη χρήση, είναι η απορρόφηση σε μεγάλο μήκος κύματος του χρωμοφόρου (730 nm) που ελαχιστοποιεί την πιθανότητα εσφαλμένων αποτελεσμάτων λόγω της καταμέτρησης και των χρωστικών του δείγματος, καθώς πολλά οργανικά δείγματα περιέχουν χρωστικές ουσίες [82].

2.18.4 Μέθοδος FRAP

Η μέθοδος FRAP (Ferric iron reducing antioxidant power) είναι μέθοδος απλή στη χρήση με χαμηλό κόστος, ενώ απαιτεί ελάχιστο χρόνο. Πρόκειται για μια φωτομετρική μέθοδο προσδιορισμού της συνολικής αντιοξειδωτικής ισχύος που μετρά την αναγωγή του σύμπλοκου τριχλωριούχου σιδήρου – TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine) σε ένα έγχρωμο προϊόν (σε όξινο pH, ώστε να διατηρηθεί η διαλυτότητα του σιδήρου). Η μέθοδος FRAP δεν χρησιμοποιείται για την ανίχνευση ενώσεων που δρουν ως αποσβέστες ελεύθερων ριζών (μεταφορά

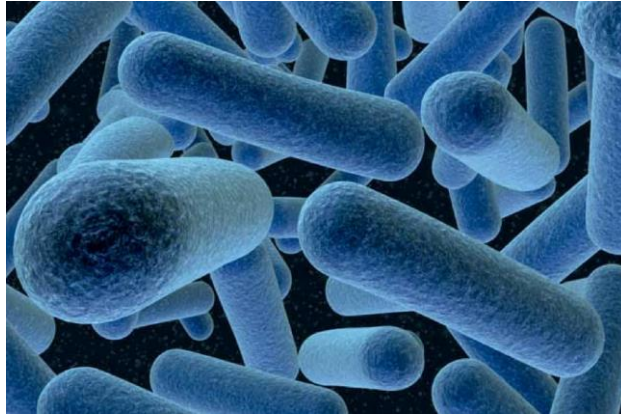
υδρογόνου), ιδιαίτερα θειόλες όπως είναι η γλουταθειόνη και πρωτεΐνες [84,85]. Ανάλογα με τις ενώσεις των οποίων την αντιοξειδωτική ικανότητα θέλουμε να προσδιορίσουμε υπολογίζεται και ο χρόνος στον οποίο θα γίνει η μέτρηση. Οι φαινόλες που δεσμεύουν το σίδηρο ή έχουν την ικανότητα να διασπώνται σε ενώσεις με χαμηλή δραστηριότητα, αναλύονται σε μικρότερα χρονικά διάστημα (π.χ. 4 min), ενώ ενώσεις όπως είναι οι πολυφαινόλες αντιδρούν πιο αργά και χρειάζονται μεγαλύτερο χρόνο ανάλυσης για να ανιχνευθούν [85].

2.19 Καλλιέργειες μικροοργανισμών

2.19.1 *Lactobacillus bulgaricus*

Ο *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (*L. bulgaricus*) (Εικόνα 3) ανήκει στο γένος *Lactobacillus*. Είναι ένα θετικό κατά Gram θερμοφιλο βακτήριο με ραβδοειδή μορφή. Αποτελεί ένα σημαντικό είδος στις εμπορικές οξυγαλακτικές καλλιέργειες, αφού παράγει σημαντικά μεγαλύτερες ποσότητες οξέος σε σχέση με τα υπόλοιπα οξυγαλακτικά βακτήρια. Το γένος των λακτοβάκιλλων περιλαμβάνει 64 είδη με μεγάλη ποικιλομορφία ως προς το σχήμα τους (μπορεί να είναι μακρύ και λεπτό ή κοντό). Οι λακτοβάκιλλοι έχουν βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης μεταξύ 30°C - 40°C, είναι ανθεκτικοί στα οξέα (σε χαμηλό pH κάτω από το 4,5) με βέλτιστη τιμή ανάπτυξης στην ελαφρώς όξινη περιοχή (5,0-7,0), ενώ στην αλκαλική περιοχή ο ρυθμός ανάπτυξής τους μειώνεται σημαντικά [86].

Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την ικανότητά τους να μεταβολίζουν σάκχαρα. Τα είδη που μεταβολίζουν υποχρεωτικά ομοζυμωτικά τις εξόζες, παράγοντας γαλακτικό οξύ (>85%), και δεν ζυμώνουν τις πεντόζες ανήκουν στην πρώτη κατηγορία. Στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα είδη που μεταβολίζουν τις εξόζες προαιρετικά ομοζυμωτικά, αλλά όταν δεν υπάρχει επαρκής γλυκόζη ακολουθούν ετεροζυμωτικό τύπο ζύμωσης. Το αποτέλεσμα της ζύμωσης είναι η παραγωγή γαλακτικού οξέος το οποίο αποτελεί το 50%, καθώς και οξικού οξέος, αιθανόλης και διοξειδίου του άνθρακα. Τέλος στην τρίτη κατηγορία ανήκουν οι υποχρεωτικά ετεροζυμωτικοί λακτοβάκιλλοι που μεταβολίζουν τις εξόζες προς γαλακτικό οξύ, αιθανόλη και CO₂ [87,88].

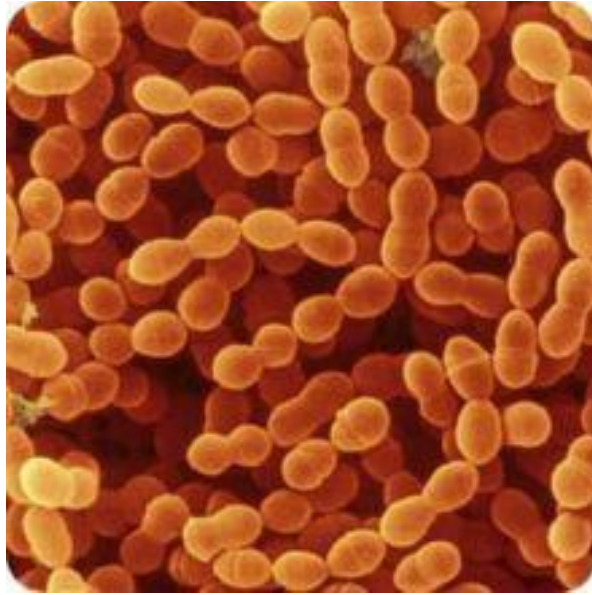


Εικόνα 3: *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*

2.19.2 *Streptococcus thermophilus*

Ο *Streptococcus thermophilus* (Εικόνα 4) ανήκει στο γένος *Streptococcus*. Το γένος *Streptococcus* περιλαμβάνει 27 είδη βακτηρίων από τα οποία μόνο ο *S. thermophilus* χρησιμοποιείται στις οξυγαλακτικές καλλιέργειες. Στην κατηγορία των στρεπτόκοκκων ανήκουν και οι *S. mutants*, *S. andinosus*, *S. sanguinus*, *S. mints* και *S. salivarius*. Ο *S. thermophilus* είναι ένα προαιρετικά αναερόβιο, θετικό κατά Gram βακτήριο με μορφή κόκκου. Γενικά οι στρεπτόκοκκοι εμφανίζουν μη υποχρεωτικό ομοζυμωτικό μεταβολισμό και ζυμώνουν τη λακτόζη και τη σακχαρόζη παράγοντας L-γαλακτικό οξύ [89]. Το βέλτιστο εύρος θερμοκρασίας ανάπτυξης για αυτόν τον μικροοργανισμό είναι από 35 - 42 °C. Τα περισσότερα στελέχη του μπορούν να επιβιώσουν στους 60 °C για 30 min, ενώ δεν αναπτύσσεται καθόλου σε θερμοκρασίες μικρότερες των 10 °C.

Χρησιμοποιείται κυρίως για την παρασκευή ποικιλιών σκληρού τυριού, μοτσαρέλας και γιαουρτιού. Είναι πολύ ευαίσθητος στα αντιβιοτικά [88,90]. Ο *S. thermophilus* αναπτύσσεται καλά στο γάλα, σε συμβίωση με τον *L. bulgaricus*, από το οποίο μπορεί να απομονωθεί εύκολα [91]. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο *S. thermophilus* είναι πιο ευαίσθητος από τον *L. bulgaricus* σε όξινο περιβάλλον με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλη πιθανότητα οι κόκκοι του βακτηρίου να τραυματιστούν ή ακόμη και να αδρανοποιηθούν από την παρατεταμένη αποθήκευση του γιαουρτιού [92].



Εικόνα 4: *Streptococcus thermophilus*

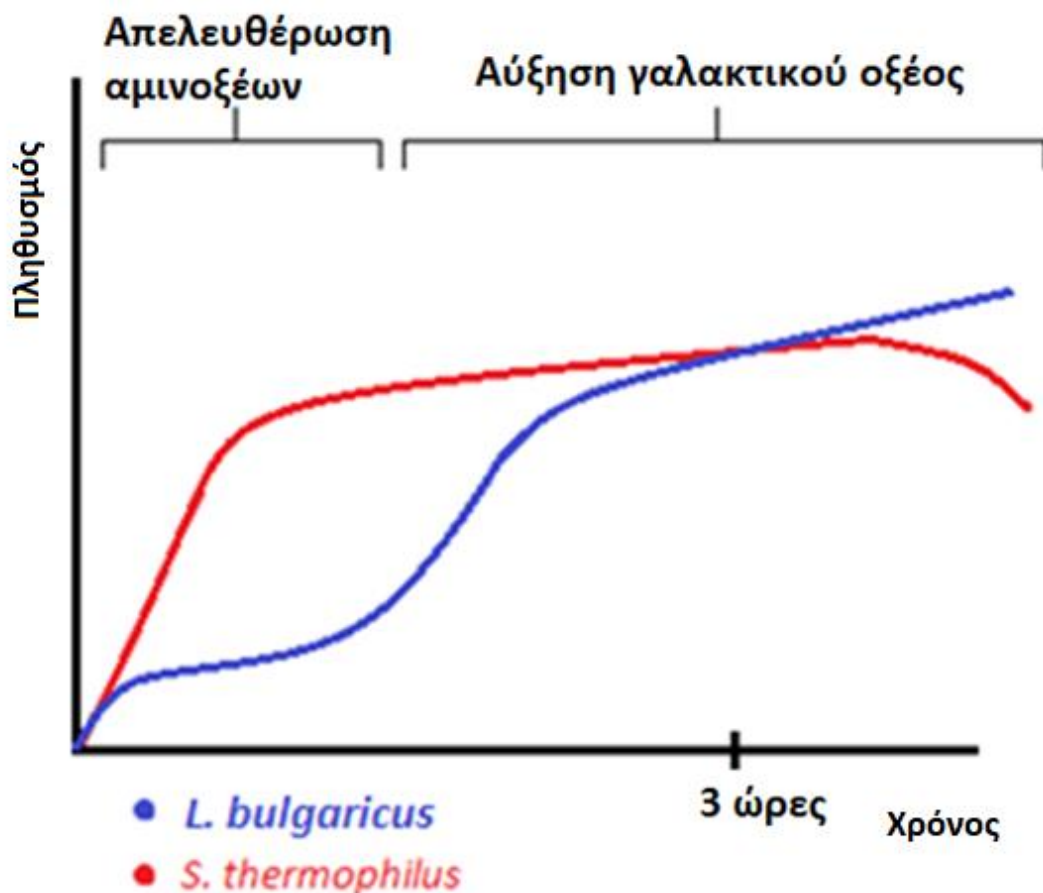
2.20 Συμβίωση μικροοργανισμών

Ως συμβίωση ορίζεται η αμοιβαία σχέση ανάπτυξης μεταξύ δύο ή περισσότερων μικροοργανισμών. Αποτέλεσμα αυτής της αμοιβαίας συνύπαρξης είναι ο ταχύτερος ρυθμός ανάπτυξης κυττάρων (από ότι αν οι μικροοργανισμοί καλλιεργούνταν χωριστά) και ταυτόχρονα η ταχύτερη πήξη του γάλακτος, όταν οι μικροοργανισμοί προστίθενται στο γάλα για την παρασκευή γιαουρτιού. Στις σύγχρονες εμπορικές καλλιέργειες ως μικροοργανισμοί εκκίνησης χρησιμοποιούνται, συνήθως, ο *S. thermophilus* και ο *L. delbruecki ssp. bulgaricus* [93]. Από την ζύμωση των βακτηρίων απελευθερώνονται διοξείδιο του άνθρακα, μυρμηκικό οξύ, πεπτιδία και αμινοξέα. Η ταυτόχρονη ανάπτυξη των παραπάνω μικροοργανισμών έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη παραγωγή οξέος που συντελεί στην απόδοση καλύτερης γεύσης στο τελικό προϊόν, σε σύγκριση με την παραγωγή προϊόντων με χρήση μιας μόνο καλλιέργειας εκκίνησης [94].

Συγκεκριμένα κατά τη διάσπαση της καζεΐνης από πρωτεάσες του *L. bulgaricus* απελευθερώνονται πολυάριθμα αμινοξέα τα οποία διεγείρουν την ανάπτυξη του *S. thermophilus* [95]. Έπειτα, ο *S. thermophilus* αυξάνεται ταχύτερα, απομακρύνει την περίσσεια οξυγόνου και παράγει CO₂ και μυρμηκικό οξύ, το οποίο διεγείρει τον *L. bulgaricus*. Σε αυτή τη φάση της ανάπτυξης των μικροοργανισμών, τα κύτταρα του *S. thermophilus* αναπαράγονται ταχύτερα και

υπερτερούν από αυτά των βακίλλων με σχέση περίπου 3-4 προς 1 [96,97]. Στη συνέχεια η αύξηση του *S. thermophilus* επιβραδύνεται εξαιτίας της αυξημένης συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος (είναι πιο ευαίσθητος από τον *L. bulgaricus* σε όξινο περιβάλλον), ενώ αυξάνεται ο πληθυσμός *L. bulgaricus*.

Προκειμένου στο τελικό προϊόν να επιτευχθεί αναλογία 1:1 των δύο μικροοργανισμών, πρέπει να τηρηθούν μέτρα που αφορούν την ποσότητα εμβολιασμού, καθώς και τον χρόνο και τη θερμοκρασία επώασης. Κατά τη διάρκεια της επώασης γίνεται έλεγχος των παραμέτρων αυτών. Έχει βρεθεί ότι για να διατηρηθεί αυτή η αναλογία στο τελικό προϊόν θα πρέπει η θερμοκρασία να διατηρείται στους 45 °C, ο χρόνος επώασης να είναι περίπου 3 ώρες και το τελικό pH να είναι 4,2 [54,87]. Αξίζει να σημειωθεί ότι και οι δύο μικροοργανισμοί ζυμώνουν τη λακτόζη και παράγουν γαλακτικό οξύ. Το γάλα θα έπηξε ακόμη και αν ως καλλιέργεια εκκίνησης χρησιμοποιούνταν ένας μόνο μικροοργανισμός. Ωστόσο αυτό θα συνέβαινε με πιο αργούς ρυθμούς. Στην εικόνα 5 φαίνεται η ανάπτυξη των δύο στελεχών συναρτήσει του χρόνου επώασης.



Εικόνα 5: Πληθυσμοί μικροοργανισμών *L. bulgaricus* και *S. thermophilus*, συναρτήσει του χρόνου σε κοινή καλλιέργεια. Πηγή: <https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Yogurt>

Στην Εικόνα 5 φαίνεται η αναλογία των δύο στελεχών η οποία αλλάζει συνεχώς. Αρχικά, τα βακτήρια του *S. thermophilus* αναπτύσσονται ταχύτερα λόγω της περίσσειας οξυγόνου και της έλλειψης γαλακτικού οξέος, παράγοντας CO₂ και μυρμηκικό οξύ. Έπειτα, η ανάπτυξη των βακτηρίων του *S. thermophilus* επιβραδύνεται λόγω του οξέος που παράγεται. Στη συνέχεια, τα βακτήρια του *L.bulgaricus* αναπτύσσονται ταχύτερα ως αποτέλεσμα της επίδρασης του παραγόμενου CO₂ και του μυρμηκικού οξέος. Τελικά με το πέρας της επώασης διατηρείται η αρχική αναλογία των δύο μικροοργανισμών.

Δεδομένης της ευεργετικής δράσης που προσφέρει η παρουσία των μικροοργανισμών στον οργανισμό του ανθρώπου, τα τελευταία χρόνια, εξετάζεται όλο και περισσότερο η προσθήκη προβιοτικών μικροοργανισμών σε συνδυασμό με τις συμβατικές καλλιέργειες εκκίνησης κατά την παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων. Στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται ως προβιοτικά καθώς και στα οφέλη που παρουσιάζουν στη υγεία του ανθρώπου.

2.21 Προβιοτικά

Ο όρος «προβιοτικά» εμφανίσθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και προέρχεται από τις Ελληνικές λέξεις "προ" και "βιοτικό" που σημαίνουν "για τη ζωή". Ο πρώτος ορισμός που δόθηκε ήταν το 1998 από τους Fuller και Gibson, οι οποίοι ως προβιοτικά ορίζουν τα ζωντανά μικροβιακά συμπληρώματα τροφών που είναι ευεργετικά για τον άνθρωπο, εξισορροπώντας την εντερική μικροχλωρίδα του [98]. Οι Guarner & Schaafsma ορίζουν ως προβιοτικά τους ζωντανούς μικροοργανισμούς οι οποίοι όταν καταναλώνονται έχουν ευεργετική επίδραση στην υγεία του ανθρώπου, πέραν της εγγενούς επίδρασης στη γενικότερη διατροφή [99]. Ο ορισμός αυτός αναφέρει ότι οι μικροοργανισμοί αυτοί μπορούν να δράσουν ευεργετικά ακόμη και διασχίζοντας τον πεπτικό σωλήνα, αρκεί να είναι ζωντανοί. Πέραν αυτού υπάρχουν και μελέτες οι οποίες έχουν διαπιστώσει την πιθανή ευεργετική δράση ακόμη και νεκρών προβιοτικών κυττάρων καθώς επίσης και μεταβολιτών τους [100]. Ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) των Ηνωμένων Εθνών και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) ορίζει ως προβιοτικά "τους ζωντανούς μικροοργανισμούς που χορηγούμενοι σε επαρκείς ποσότητες, έχουν ευεργετική επίδραση στην υγεία του ξενιστή" [101]

2.21.1 Οφέλη για την υγεία

Τα προβιοτικά αποτελούν μια μεγάλη κατηγορία λειτουργικών μικροοργανισμών, οι οποίοι εισέρχονται στον οργανισμό του ανθρώπου μέσω της κατανάλωσης κυρίως γαλακτοκομικών προϊόντων [102]. Η παρουσία των προβιοτικών μικροοργανισμών στη διατροφή του ανθρώπου έχει πολλαπλά οφέλη για την υγεία του και γι' αυτό τον λόγο τα τελευταία χρόνια, υπήρξε μια έντονη αύξηση στην ιατρική έρευνα για την αξιολόγηση των θεραπευτικών ωφελειών των προβιοτικών, καθώς και αυξανόμενο εμπορικό ενδιαφέρον για τα τρόφιμα με προβιοτικά. Μελέτες υποστηρίζουν ότι τα προβιοτικά βακτήρια μας προστατεύουν από εντερικά παθογόνα [103], από το ελικοβακτηρίδιο του πυλωρού, που ευθύνεται για το έλκος του στομάχου [104], καθώς και από αλλεργίες.

Επίσης οι μικροοργανισμοί αυτοί συμβάλλουν στη διατήρηση της επιθυμητής μικροχλωρίδας του πεπτικού μας συστήματος [105] και ενισχύουν το ανοσοποιητικό μας σύστημα [106]. Τα τελευταία χρόνια, οι ερευνητές στρέφονται σε εφαρμογές δράσης των προβιοτικών βακτηρίων πέραν του πεπτικού συστήματος του ανθρώπου [107]. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά μερικά από τα οφέλη των προβιοτικών στην υγεία του ανθρώπου.

2.21.2 Φλεγμονώδης νόσος του εντέρου

Η φλεγμονώδης νόσος του εντέρου αναφέρεται σε οποιαδήποτε νόσο προκαλεί χρόνια φλεγμονή του πεπτικού συστήματος. Οι πιο κοινοί τύποι φλεγμονωδών νόσων του εντέρου είναι η ελκώδης κολίτιδα και η νόσος του Crohn. Έρευνες έχουν δείξει πως τα προβιοτικά βακτήρια έχουν θεραπευτικό όφελος για τους ασθενείς που πάσχουν από τις παραπάνω ασθένειες [108,109]. Στις έρευνες αυτές χρησιμοποιήθηκαν δύο μεμονωμένα στελέχη το *Escherichia coli Nissle 1917*, το *Saccharomyces boulardii* καθώς και ένα προϊόν, το οποίο αποτελείται από μίγμα τριών στελεχών *bifidobacteria*, τεσσάρων στελεχών γαλακτοβακίλλων, και ενός στελέχους του *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*.

2.21.3 Σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου

Το σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου είναι μια λειτουργική διαταραχή του εντέρου που σχετίζεται με το άγχος. Ωστόσο η διαταραχή της εντερικής μικροχλωρίδας διαδραματίζει καίριο ρόλο στο σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου και μια προβιοτική θεραπεία ίσως να είναι αποτελεσματική στη μείωση των συμπτωμάτων. Παρ'όλα αυτά δεν υπάρχουν αρκετές αποδείξεις από κλινικές έρευνες επί του θέματος ενώ οι έρευνες συνεχίζονται. Αν και οι περισσότερες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στη θεραπεία των συμπτωμάτων, είναι πιθανόν ο ρόλος των προβιοτικών να αφορά περισσότερο στην πρόληψη του συνδρόμου ευερέθιστου εντέρου [110,111].

2.21.4 Διάρροια

Η πιο συνηθισμένη αιτία οξείας διάρροιας εμφανίζεται στην παιδική ηλικία. Οι προληπτικές και θεραπευτικές δράσεις ορισμένων προβιοτικών, όπως το στελέχος *Lactobacillus rhamnosus GG*, είναι αποδεδειγμένες σε παιδιά με οξεία διάρροια. Λιγότερο επιτυχής είναι η επίδραση των προβιοτικών σε ενήλικες ή σε περιπτώσεις σοβαρής διάρροιας με αφυδάτωση. Επίσης κάποια προβιοτικά στελέχη αποτρέπουν ή θεραπεύουν διαταραχές σχετιζόμενες με αντιβιοτικά, ενώ δεν υπάρχουν αρκετές έρευνες που να υποστηρίζουν ότι τα προβιοτικά θεραπεύουν τη διάρροια των ταξιδιωτών [110,111].

2.21.5 Δυσκοιλιότητα

Τα προβιοτικά αυξάνουν την κινητικότητα του εντέρου επιτρέποντας την αυξημένη συχνότητα των κενώσεων. Παράλληλα βελτιώνεται η υφή των κοπράνων, ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις, ανακουφίζονται τα δυσάρεστα συμπτώματα που συνοδεύουν τη δυσκοιλιότητα (φούσκωμα, επίπονες κενώσεις κ.α.). Έχουν διεξαχθεί μελέτες σχετικά με τις επιδράσεις των γαλακτικών βακτηρίων και συγκεκριμένα του στελέχους *Lactobacillus casei Shirota* στη δυσκοιλιότητα. Επίσης η χορήγηση του στελέχους *Bifidobacterium longum BB536* σε γυναίκες με δυσκοιλιότητα, καθώς και σε ηλικιωμένους είχε θετική επίδραση στην αύξηση της εντερικής τους κινητικότητας και εν τέλει στην αντιμετώπιση της δυσκοιλιότητας [111].

2.21.6 Ανοσοποιητικό σύστημα

Αρκετές έρευνες υποστηρίζουν ότι τα προβιοτικά ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα του ανθρώπου. Η ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος από τα προβιοτικά πραγματοποιείται μέσω διαφορετικών οδών. Τα προβιοτικά αποτρέπουν την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών (*Coliforms, Clostridia*), δημιουργώντας ένα φράγμα προστασίας των καλών βακτηρίων στο έντερο (*Lactobacilli, Bifidobacteria*). Ουσιαστικά, τα προβιοτικά βοηθούν στην ενίσχυση της μικροβιακής χλωρίδας του εντέρου και για αυτό τον λόγο είναι απαραίτητα κατά τη λήψη αντιβιοτικών, τα οποία διαταράσσουν τη φυσιολογική μικροχλωρίδα του εντέρου [112].

Έχει αναφερθεί ότι η χορήγηση προβιοτικών σε ασθενείς που λαμβάνουν αντιβιοτικά μπορεί να μειώσει ή ακόμα και να αποτρέψει τον κίνδυνο από διάρροιες [113]. Επίσης τα προβιοτικά μειώνουν την πιθανότητα εισόδου επικίνδυνων βακτηρίων στον οργανισμό δημιουργώντας αντίξοες συνθήκες (χαμηλό pH, παραγωγή αντιμικροβιακών ουσιών) [114]. Τέλος τα προβιοτικά συμμετέχουν στην παραγωγή ενέργειας και τη σύνθεση βιταμινών, συμβάλλουν στη μείωση εκδήλωσης αλλεργιών, την αντιμετώπιση της ακμής και τον έλεγχο του βάρους, και ενισχύουν τον μεταβολισμό των φυτικών ινών [106,111]

2.21.7 Κριτήρια επιλογής προβιοτικών μικροοργανισμών

Η ανάπτυξη και η παραγωγή των προβιοτικών τροφίμων είναι μία πολύπλοκη και ακριβή διαδικασία και οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται ως προβιοτικοί θα πρέπει να αναγνωρίζονται γενικά ως ασφαλείς (GRAS-Generally Regarded As Safe) [115]. Τα κριτήρια επιλογής των μικροοργανισμών που θα χρησιμοποιηθούν ως προβιοτικά είναι αυστηρά και η διατήρηση της λειτουργικότητάς τους σε ένα γαλακτοκομικό υπόστρωμα εμφανίζει δυσκολίες που σχετίζονται με το είδος της επεξεργασίας [116]. Ωστόσο η μεγάλη ποικιλία προβιοτικών μικροοργανισμών τα οποία έχουν ταυτοποιηθεί μέχρι σήμερα υποδηλώνει ότι τα προβιοτικά στελέχη μπορούν επιτυχώς να παρασκευάζονται και να ενσωματώνονται σε υψηλής ποιότητας αποδεκτά προϊόντα τροφίμων, όπου μπορούν να διατηρούν τη βιωσιμότητα και τη λειτουργικότητά τους [117]. Η επιλογή των κατάλληλων στελεχών έχει ιδιαίτερη σημασία τόσο για την συμπεριφορά της καλλιέργειας, όσο

και για την επιβίωσή τους στα τρόφιμα. Εξαιτίας της μεγάλης ποικιλομορφίας των μικροοργανισμών, η επιλογή ενός προβιοτικού μικροοργανισμού ανάμεσα στα διαφορετικά είδη καθώς και τα διαφορετικά στελέχη του ίδιου είδους, αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία.

Το πρώτο κριτήριο επιλογής των προβιοτικών μικροοργανισμών, για την επιτυχή προσθήκη τους στα τρόφιμα, είναι ότι αυτοί θα πρέπει να μπορούν να παρασκευαστούν υπό βιομηχανικές συνθήκες, και στη συνέχεια να επιβιώνουν και να διατηρούν τη λειτουργικότητά τους στα τρόφιμα, κατά την παρασκευή και τη συντήρηση των προϊόντων στα οποία ενοφθαλμίζονται [102,117,118]. Οι συνθήκες κάτω από τις οποίες συντηρούνται τα προϊόντα καθώς και τα υλικά συσκευασίας που χρησιμοποιούνται είναι σημαντικοί παράγοντες που καθορίζουν την ποιότητα τους [119].

Στις περισσότερες των περιπτώσεων οι προβιοτικές καλλιέργειες συνοδεύονται με συμβατικές καλλιέργειες εκκίνησης (*Streptococcus thermophilus*), οι οποίες επιτρέπουν την πολύ καλή επιβίωση όλων των προβιοτικών στελεχών [120,121] ή καλλιέργεια γιαούρτης. Σύμφωνα με ορισμένες μελέτες, τα ζυμωμένα γαλακτοκομικά προϊόντα δεν διατηρούν επαρκείς πληθυσμούς προβιοτικών βακτηρίων κατά τη διάρκεια της ζωής τους [122]. Αυτό πιθανότατα είναι αποτέλεσμα των βακτηριοσινών που παράγουν τα βακτήρια, οι οποίες μπορούν να αναστείλουν τη δραστηριότητα των συμβατικών καλλιεργειών εκκίνησης και αντιστρόφως [121].

Η επιβίωση των προβιοτικών μικροοργανισμών από την παραγωγή του προϊόντος μέχρι και την κατανάλωσή του εξακολουθεί να είναι μια πρόκληση για τη βιομηχανία αφού πολλές μεταβολικές ιδιότητες, όπως π.χ. η ευαισθησία που εμφανίζουν στο οξυγόνο θα πρέπει να ληφθούν υπόψη [123]. Η συντήρηση των προϊόντων, που περιέχουν προβιοτικούς μικροοργανισμούς, ο έλεγχος της θερμοκρασίας επώασης και του pH, αποτελούν παράγοντες επιβίωσης των προβιοτικών [123].

Οι προβιοτικοί μικροοργανισμοί θα πρέπει να επιβιώνουν σε επαρκείς πληθυσμούς στο προϊόν. Συνιστάται ένας ελάχιστος πληθυσμός κυττάρων της τάξης των 10^6 cfu/g [124] ή σε επίπεδο ημερήσιας κατανάλωσης συνιστάται τουλάχιστον 10^8 έως 10^9 cfu/ 100g προϊόντος [122,125], που ισοδυναμεί με 10^6 έως 10^7 cfu/g [123,126]. Ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων

Εθνών και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας [101] υποστηρίζει ότι ένα προβιοτικό τρόφιμο θα πρέπει να περιέχει πληθυσμό 10^6 έως 10^7 cfu/g έτσι ώστε μία μερίδα γιαουρτιού ή τυριού των 100 g να παρέχει συνολικά 10^8 - 10^9 cfu προβιοτικών μικροοργανισμών.

Ωστόσο, οι μελέτες που υποστηρίζουν ότι ο αριθμός αυτός πιθανότατα είναι μικρότερος από τον επιθυμητό σε κάποιες περιπτώσεις, δεδομένου ότι εξαρτάται από το στέλεχος και τη δράση του [127]. Για παράδειγμα, όταν η προστιθέμενη καλλιέργεια είναι τα bifidobacteria, η Διεθνής Ομοσπονδία Γάλακτος (International Dairy Federation-IDF) ορίζει ότι το προϊόν θα πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 10^7 cfu/mL οξυγαλακτικά βακτήρια [128]. Τελευταία έχουν προταθεί υψηλότερα επίπεδα ημερήσιας πρόσληψης, όπως 10^8 έως 10^{10} cfu/g προϊόντος [129].

Η φυσική και η γενετική σταθερότητα των προβιοτικών μικροοργανισμών θα πρέπει να είναι εγγυημένη, να μην ανήκουν σε παθογόνους μικροοργανισμούς και να μην είναι τοξικά, μεταλλαξιγόνα και καρκινογόνα για το ξενιστή [116]. Θα πρέπει να επιβιώνουν κατά τη διάρκεια της πέψης και να έχουν την ικανότητα να προσκολλώνται και να αποικίζουν το βλεννογόνο του εντέρου και να δρουν ανταγωνιστικά έναντι των παθογόνων μικροοργανισμών. Η επιτυχής αποίκηση στο έντερο αφορά την ικανότητά τους να ανέχονται τη θερμότητα, το ωσμωτικό στρες και το οξυγόνο [130]. Τα προβιοτικά τρόφιμα πρέπει να είναι ασφαλή, να προάγουν την ανθρώπινη υγεία και να έχουν καλά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά [121]. Επιπλέον, η παρουσία των προβιοτικών μικροοργανισμών θα πρέπει να μην έχει δυσμενείς επιπτώσεις στη γεύση και στο άρωμα του προϊόντος και να μην αυξάνει την οξύτητα του προϊόντος στη διάρκεια ζωής του [131].

2.22 Γενικά χαρακτηριστικά προβιοτικών μικροοργανισμών

Στους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή προβιοτικών συγκαταλέγονται τα οξυγαλακτικά βακτήρια (lactic acid bacteria), οι γαλακτοβάκιλλοι και οι εντερόκοκκοι, καθώς επίσης και τα Bifidobacteria. Στα γένη Lactobacillus και Bifidobacterium ανήκουν τα κύρια [101] και τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα προβιοτικά στα τρόφιμα, δεδομένου ότι σημαντικά οφέλη για την υγεία συνδέονται με την πρόσληψη αυτών των μικροοργανισμών [130].

Οι παραπάνω μικροοργανισμοί ανήκουν στα Gram-θετικά βακτήρια, τα οποία παράγουν γαλακτικό οξύ [101] και ορισμένα από αυτά αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της φυσιολογικής εντερικής μικροχλωρίδας σε ανθρώπους καθώς και σε ζώα [121]. Ειδικά τα οξυγαλακτικά βακτήρια χρησιμοποιούνται κατά κόρον ως καλλιέργειες εκκίνησης σε ζυμωμένα τρόφιμα και ποτά, αφού βελτιώνουν τα διατροφικά, οργανοληπτικά, τεχνολογικά χαρακτηριστικά και τη διάρκεια ζωής του προϊόντος [132].

Οι πιο συνηθισμένοι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή προβιοτικών είναι οι εξής:

Λακτοβάκιλλοι:

- *Lactobacillus casei* Shirota
- *Lactobacillus crispatus* CTV05
- *Lactobacillus reuteri* MM53
- *Lactobacillus rhamnosus* GG
- *Lactobacillus acidophilus* NCFM
- *Lactobacillus plantarum* 299v
- *Lactobacillus casei* DN-173 010
- *Lactobacillus casei* CRI-431
- *Lactobacillus kefir*
- *Lactobacillus Fermentum*
- *Lactobacillus alivarius*
- *Lactobacillus gasserii* (PA16/8)

Bifidobacteria:

- *Bifidobacterium lactis* HN019
- *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*
- *Bifidobacterium animalis* BB12
- *Bifidobacterium animalis* DN173010
- *Bifidobacterium longum* (BB536)
- *Bifidobacterium longum* (SP07/3-SBT2928)

Άλλα

- *Enterococcus faecalis*
- *Enterococcus faecium*
- *Propionibacterium freudenreichii*
- *Lactococcus lactis*
- *Saccharomyces cerevisiae*
- *Sporolactobacillus inulinus*,

2.22.1 Bifidobacteria και Γαλακτοβάκιλλοι

Τα Bifidobacterium spp. (Εικόνα 6) είναι αυστηρά αναερόβια και μπορούν να παράγουν εκτός από γαλακτικό και οξικό οξύ [133]. Απαντώνται, κυρίως, στα τρόφιμα, στην ανθρώπινη στοματική κοιλότητα και το έντερο, καθώς και στις γαστρεντερικές οδούς των εντόμων και των ζώων. Τα βακτήρια του γένους Bifidobacterium spp. ζυμώνουν εξόζες όπως η λακτόζη, γαλακτόζη, ραφινόζη, σακχαρόζη, μαννιτόλη και σορβιτόλη και πολυσακχαρίτες όπως η αμυλοπηκτίνη, αμυλόζη, και η βλεννίνη. Στα υποστρώματα τα οποία μπορούν να μεταβολίσουν συγκαταλέγονται οι φρουκτοολιγοσακχαρίτες. Η παρουσία των Bifidobacterium spp είναι σημαντική για τη μικροχλωρίδα του εντέρου σε ενήλικα και ηλικιωμένα άτομα, μέσω της αναστολής της ανάπτυξης των κολοβακτηριδίων και των κλωστριδίων που προκαλεί [134].

Σε αντίθεση με τα οξυγαλακτικά βακτήρια, οι μηχανισμοί μέσω των οποίων τα βακτήρια αυτά επιφέρουν την επιθυμητή ευεργετική δράση, δεν είναι αρκετά γνωστοί. Τα Bifidobacteria είναι δύσκολο να μελετηθούν στο εργαστήριο. Οι περισσότερες πληροφορίες που έχουμε σήμερα για αυτά προέρχονται από σύγχρονες προσεγγίσεις των γονιδιωματικών πληροφοριών αλληλουχίας [135]. Τα στελέχη του είδους *B. lactis* είναι τα πιο κοινά στελέχη των Bifidobacteria που χρησιμοποιούνται στα ζυμωμένα γάλατα, λόγω της αντοχής τους σε όξινες συνθήκες, χαμηλές τιμές pH και στο διαλυμένο οξυγόνο που υπάρχει στα προϊόντα και αποτελούν ανασταλτικούς παράγοντες για την ανάπτυξη βακτηρίων [136]

Άλλα οξυγαλακτικά βακτήρια που χρησιμοποιούνται ως προβιοτικά είναι οι εντερόκοκκοι *Enterococcus faecalis* και *Enterococcus faecium*, ο *Sporolactobacillus inulinus*, και οι *Propionibacterium freudenreichii* και *Saccharomyces cerevisiae*, οι οποίοι είναι μη οξυγαλακτικοί μικροοργανισμοί και χρησιμοποιούνται κυρίως σε φαρμακευτικά προϊόντα [137].



Εικόνα 6: Bifidobacteria. Πηγή: alchetron.com/Bifidobacterium

2.22.2 Συνθήκες ανάπτυξης

Τα Bifidobacteria εμφανίζουν βέλτιστο εύρος θερμοκρασίας από 37-41 °C. Η ελάχιστη θερμοκρασία στην οποία μπορούν να αναπτυχθούν είναι οι 25 °C, ενώ η μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 43-45 °C [124]. Η βιωσιμότητα των Bifidobacteria που χρησιμοποιούνται σε γαλακτοκομικά προϊόντα, επηρεάζεται από την απουσία οξυγόνου, αφού τα βακτήρια αυτά ανήκουν στους αναερόβιους μικροοργανισμούς. Οι βέλτιστες τιμές pH για την ανάπτυξη των Bifidobacteria είναι οι τιμές μεταξύ 6-7. Η ανάπτυξη των βακτηρίων αυτών σταματά για τιμές pH μεγαλύτερες από 8,5 και μικρότερες από 4,5 [124], με εξαίρεση τα *B. lactis* και *B. animalis*, τα οποία παρουσιάζουν ανθεκτικότητα ακόμη και σε τιμές pH μικρότερες του 4,5 (pH=3,5). Ο εγκλεισμός/ενθυλάκωση, η οξειδωτική προσαρμογή και οι αεροστεγείς συσκευασίες που προστατεύουν τα προϊόντα από την επαφή τους με το οξυγόνο αποτελούν τεχνικές-μέτρα τα οποία λαμβάνονται προκειμένου να διασφαλισθεί το υψηλό ποσοστό βιωσιμότητας των Bifidobacteria [138].

Οι γαλακτοβάκιλλοι, είναι ένα γένος βακτηρίων που περιλαμβάνουν παραπάνω από 125 διαφορετικά είδη. Πρόκειται για Gram-θετικούς μικροοργανισμούς οι οποίοι αναπτύσσονται σε αναερόβιες συνθήκες, αλλά παρουσιάζουν ανοχή στο οξυγόνο. Οι γαλακτοβάκιλλοι είναι χρήσιμοι μικροοργανισμοί για τον άνθρωπο, και σπάνια προκαλούν προβλήματα υγείας. Οι μικροοργανισμοί αυτοί έχουν τη δυνατότητα να μεταβολίζουν τη γλυκόζη, αλλά και άλλα σάκχαρα, μέσω του αναερόβιου καταβολισμού τους προς γαλακτικό οξύ. Η χρησιμότητά τους για τον άνθρωπο είναι τεράστια, γεγονός που φαίνεται και από το ότι αποτελούν μέρος της φυσιολογικής μικροχλωρίδας του ανθρώπου, κατά μήκος του γαστρεντερικού σωλήνα. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται στη τεχνολογία των τροφίμων, για την ανάπτυξη τροφίμων όπως το γιαούρτι, το τυρί, η μπίρα κ.α. Ο πλέον διαδεδομένος γαλακτοβάκιλλος είναι ο *Lactobacillus acidophilus*, καθώς υπάρχει στα περισσότερα ζυμούμενα προϊόντα γάλακτος και χρησιμοποιείται για τις ευεργετικές του ιδιότητες για την αποκατάσταση της φυσιολογικής χλωρίδας του εντέρου [139].

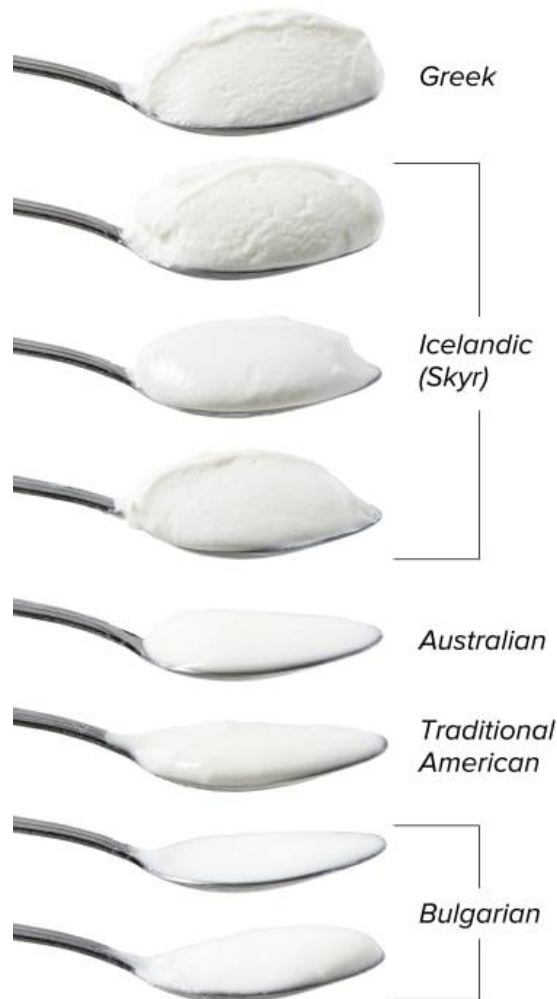
2.23 Υφή και ρεολογία γιαουρτιών

2.23.1 Υφή ως δείκτης ποιότητας

Κατά γενική ομολογία, όταν κάποιος αξιολογεί τα τρόφιμα, το πρώτο πράγμα που λαμβάνει υπόψη είναι η γεύση, και στη συνέχεια το άρωμα. Ωστόσο, στις βιομηχανίες τροφίμων πέρα από τη γεύση και το άρωμα, δίνεται εξαιρετική βαρύτητα και στην υφή του τροφίμου. Οι καταναλωτές είναι ευαίσθητοι στην υφή, οπότε αυτός ο παράγοντας ποιότητας των τροφίμων είναι μια παράμετρος που επηρεάζει την αποδοχή ή μη των τροφίμων από τους καταναλωτές [140]. Έχει βρεθεί ότι η υφή είναι ένα διακριτικό χαρακτηριστικό των τροφίμων, και για ορισμένα τρόφιμα, μπορεί να είναι πιο σημαντική από το άρωμα και τη γεύση για τους καταναλωτές [140]. Τα επιθυμητά χαρακτηριστικά υφής εξαρτώνται από τον τύπο του τροφίμου, τον χρόνο που μεσολαβεί μέχρι να καταναλωθεί το τρόφιμο, τις προσδοκίες των καταναλωτών, τα κατά τόπους κοινώς αποδεκτά πρότυπα και ψυχολογικούς παράγοντες [141].

Δεδομένης της σημαντικότητάς της, από πολύ νωρίς, έγιναν προσπάθειες να δοθεί ένα ορισμός της υφής. Ως υφή ορίζεται το άθροισμα των φυσικών ιδιοτήτων του τροφίμου που οφείλονται στα δομικά του συστατικά (μοριακά, μικροσκοπικά και μακροσκοπικά) και ο τρόπος με τον οποίο επιδρούν στα

αισθητήρια όργανα του ανθρώπου [140]. Ο άνθρωπος, αντιλαμβάνεται την υφή του τροφίμου, σχεδόν αποκλειστικά μέσω της αφής, είτε με τα δάκτυλα είτε με το στόμα. Η αφή είναι η αίσθηση και επιτρέπει στον καταναλωτή να αξιολογήσει το τρόφιμο και να το κατατάξει σε μαλακό, σφιχτό και σκληρό, σε εύθρυπτο, τραγανό, τρυφερό, κολλώδες, ελαστικό, στεγνό, λιπαρό και άλλα, όταν πρόκειται για στερεό και σε λεπτόρρευστο ή παχύρρευστο, όταν πρόκειται για υγρό τρόφιμο [142]. Στην Εικόνα 7 παρουσιάζονται γιαούρτια με διαφορετικές υφές.



Εικόνα 7: Γιαούρτια με διαφορετική υφή από το πιο παχύρρευστο στο πιο λεπτόρρευστο. Πηγή: cooksillustrated.com/articles/1697-tasting-international-yogurts. Ημερομηνία επίσκεψης: 2/2021

Λόγω της πολυπλοκότητάς της, η υφή είναι δύσκολο να μελετηθεί και να δοθούν τιμές με τις οποίες θα περιγράφεται η υφή του τροφίμου, έτσι ώστε να μπορεί να προβλεφθεί η αποδοχή ή η μη από τους καταναλωτές [143]. Παρότι

ένας τρόπος αξιολόγησης της υφής είναι με οργανοληπτική εξέταση από εκπαιδευμένες ομάδες αξιολογητών, έχουν αναπτυχθεί και ενόργανες διατάξεις αξιολόγησης ορισμένων χαρακτηριστικών της υφής. Τα περισσότερα από αυτά τα όργανα στηρίζονται στην ιδιότητα ενός τροφίμου να παραμορφώνεται από την επίδραση κάποιας δύναμης/τάσης [144]. Δεδομένου ότι ο κλάδος της επιστήμης που μελετάει τη συμπεριφορά της ύλης (ροή/παραμόρφωση) όταν σε αυτήν εφαρμόζονται δυνάμεις ονομάζεται ρεολογία, η μελέτη της υφής των τροφίμων στηρίζεται πολλές φορές στη ρεολογία. Στη ρεολογία των τροφίμων, όταν εξετάζεται ένα στερεό τρόφιμο τότε αξιολογείται κυρίως η ελαστικότητα του ενώ όταν εξετάζεται ένα υγρό τρόφιμο, τότε αξιολογείται κυρίως το ιξώδες του [143].

Ιξώδες είναι το μέτρο της αντίστασης που παρουσιάζει ένα ρευστό ή ημίρευστο τρόφιμο όταν σε αυτό εφαρμόζονται διατμητικές τάσεις [145]. Στην ουσία πρόκειται για όρο αντίθετο της ρευστότητας (τάση για ροή) και χρησιμοποιείται ευρύτατα για την αξιολόγηση της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αξιολογηθούν οι πρώτες ύλες ως προς τη ποιότητά τους, οι μέθοδοι που εφαρμόζονται για τη παραγωγή ενός τροφίμου αλλά και η επίδραση προσθέτων στο τρόφιμο [146]. Συνήθως το ιξώδες υπολογίζεται με χρήση ιξωδομέτρων, όταν πρόκειται για Νευτώνεια υγρά ενώ γίνεται και χρήση ρεομέτρων, καθώς με αυτά είναι δυνατή η μέτρηση του ιξώδους και μη Νευτώνειων υγρών [146].

2.23.2 Ρεολογία υγρών τροφίμων

Ανάλογα με τη μαθηματική σχέση που διέπει τη σχέση μεταξύ της τάσης (τ) και της ταχύτητας διολίσθησης ή παραμόρφωσης ($\dot{\gamma}$) τα ρευστά χωρίζονται στις εξής κατηγορίες [144,146,147]:

- Πλαστικά Bingham ($\tau = \mu \dot{\gamma} + \tau_0$)
- Πλαστικά Casson ($\tau = k \dot{\gamma}^n + \tau_0$) ($n < 1$)
- Ψευδοπλαστικά ($\tau = k \dot{\gamma}^n$) ($n < 1$)
- Νευτώνεια υγρά
- Πηγνυόμενα ή εκτατά ($\tau = k \dot{\gamma}^n$) ($n > 1$)
- Μικτού τύπου πηγνυόμενα ($\tau = k \dot{\gamma}^n + \tau_0$) ($n > 1$)

Στις παραπάνω εξισώσεις, το k ονομάζεται συντελεστής συνεκτικότητας, το τ_0 είναι η απαιτούμενη τάση για την έναρξη της ροής και το n είναι ο δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς. Πέρα όμως από την αμιγώς ρευστή συμπεριφορά των τροφίμων, αρκετά από αυτά εμφανίζουν μικτή συμπεριφορά, δηλαδή συμπεριφέρονται και σαν ιξώδη ρευστά και σαν ελαστικά στερεά. Τέτοια τρόφιμα όπως το μέλι, η μαγιονέζα, το γιαούρτι, η κέτσαπ και άλλα ονομάζονται ιξωδοελαστικά τρόφιμα [147].

2.23.3 Ρεολογία ιξωδοελαστικών τροφίμων

Προκειμένου να αξιολογηθούν οι ιξωδοελαστικές ιδιότητες των τροφίμων, μπορούν να διεξαχθούν διάφορες δυναμικές ρεολογικές δοκιμές από τις οποίες, ξεχωρίζει η δοκιμή Διάτμησης με μικρού πλάτους ταλάντωση (Small Amplitude Oscillatory Shear, SAOS). Η συγκεκριμένη δοκιμή εμφανίζει πολλά πλεονεκτήματα όπως [148–150]:

- (1) Είναι μια μη καταστρεπτική μέθοδος.
- (2) Επιτρέπει τη συσχέτιση ρεολογικών ιδιοτήτων με τη δομή ενός τροφίμου.
- (3) Επιτρέπει τον εύκολο προσδιορισμό της γραμμικής ιξωδοελαστικής περιοχής (αλλάζοντας το πλάτος της τάσης)
- (4) Επιτρέπει τον ταυτόχρονο προσδιορισμό των τιμών G' και G''
- (5) Είναι πιο γρήγορη από άλλες δοκιμές

Σε μια δοκιμή SAOS το δείγμα τοποθετείται μεταξύ δυο παράλληλων πλακών, με τη μια να είναι σταθερή και με την άλλη να εκτελεί παλινδρομική κίνηση, παράλληλα με την άλλη πλάκα, εφαρμόζοντας μια ημιτονοειδή τάση $\gamma(t)$ με συχνότητα ω η οποία περιγράφεται από την εξίσωση [144]:

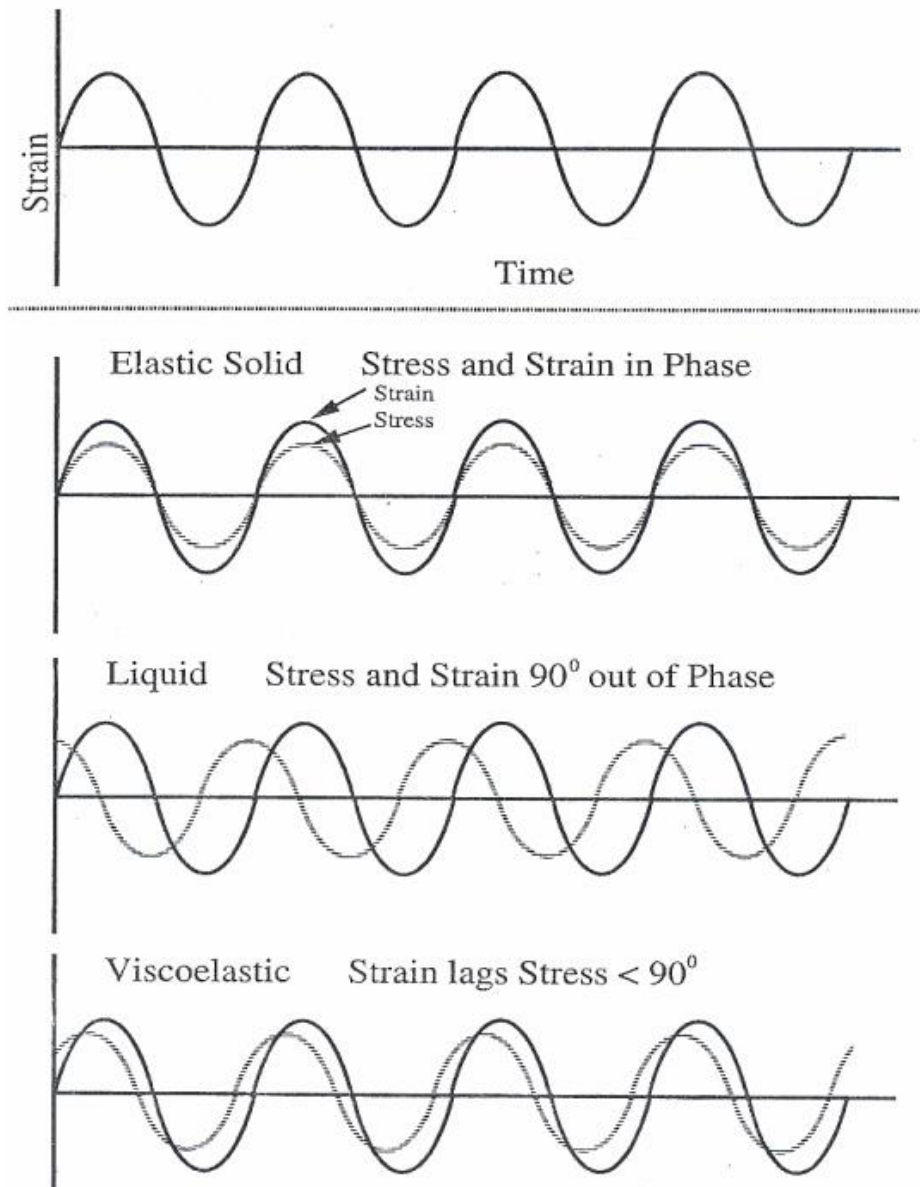
$$\gamma(t) = \gamma_0 \sin(\omega t)$$

όπου γ_0 είναι το πλάτος της παραμόρφωσης και ω η γωνιακή συχνότητα. Στη συνέχεια μετρούνται η διαφορά φάσης ανάμεσα στην ημιτονοειδή τάση παρουσία και απουσία του δείγματος και ο λόγος των πλατών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 8. Με την εφαρμογή της παραπάνω τάσης, παράγονται δυο συνιστώσες της τάσης, μια ελαστική συνιστώσα σε φάση με την τάση και μια ιξώδης συνιστώσα εκτός φάσης κατά 90° [144,151].

Η εφαρμοζόμενη τάση (σ_0) εκφράζεται από την εξίσωση:

$$\sigma_0 = G' \gamma_0 \sin(\omega t) + G'' \gamma_0 \cos(\omega t)$$

όπου το G' είναι ένα μέτρο της ελαστικότητας (αναφέρεται σε στερεά) και το G'' ένα μέτρο του ιξώδους (αναφέρεται σε υγρά).



Εικόνα 8: Τάση συναρτήσει της παραμόρφωσης για ένα ελαστικό στερεό, ένα Νευτώνειο υγρό και ένα ιξωδοελαστικό στερεό σε μια δυναμική δοκιμή. Πηγή: [144]

Στα ιξωδοελαστικά υλικά, η παραμόρφωση που προκύπτει μετά την εφαρμογή της ημιτονοειδούς τάσης, εξακολουθεί να έχει ημιτονοειδή μορφή έχει μια καθυστέρηση φάσης κατά δ rads (όπως φαίνεται στην Εικόνα 9). Η αλλαγή φάσης της τάσης εκφράζεται από την εξίσωση [144,151]:

$$\sigma(t) = \sigma_0 \sin(\omega t + \delta)$$

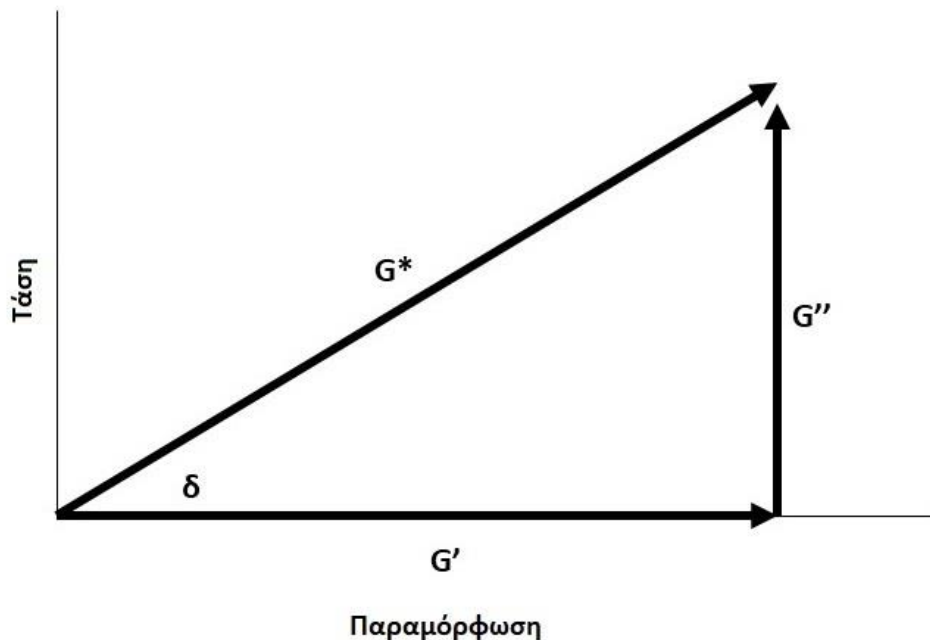
Συνδυάζοντας τις παραπάνω εξισώσεις, η ιξωδοελαστική συμπεριφορά ενός τροφίμου προκύπτει από τις εξής εξισώσεις:

$$G' = \left[\frac{\sigma_0}{\gamma_0} \right] \cos \delta$$

$$G'' = \left[\frac{\sigma_0}{\gamma_0} \right] \sin \delta$$

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'}$$

Το G' εκφράζει τη ποσότητα ενέργειας που αποθηκεύεται στο υλικό ανά κύκλο ταλάντωσης και το G'' εκφράζει τη ποσότητα ενέργειας που χάνεται λόγω ιξώδους ανά κύκλο ταλάντωσης. Η εφαπτομένη της γωνίας δ εκφράζει το λόγο της απώλειας ενέργειας ανά κύκλο ταλάντωσης προς την ενέργεια που αποθηκεύεται, ανά κύκλο ταλάντωσης (Εικόνα 9) [144,151].



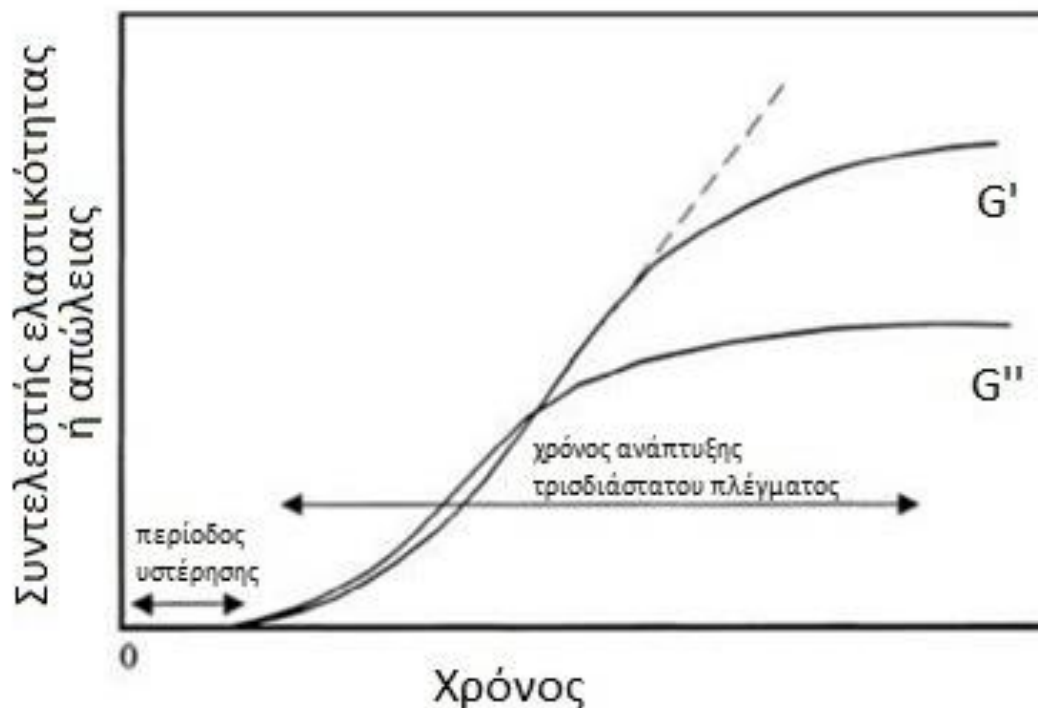
Εικόνα 9: Διανυσματική ανάλυση των συντελεστών απώλειας και ελαστικότητας. Πηγή: [151]

2.23.4 Ρεολογία γάλακτος και γιαουρτιών

Όσον αφορά τις ρεολογικές ιδιότητες του γάλακτος, αυτές προσεγγίζουν πολύ τις ιδιότητες των Νευτώνειων υγρών, παρόλο που παρατηρείται μια μικρή μείωση στο ιξώδες του γάλακτος, όσο αυξάνεται η διατμητική τάση που δέχεται [152]. Όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα του γάλακτος σε στερεά ή και λίπος τότε οι ρεολογικές του ιδιότητες προσεγγίζουν περισσότερο αυτές των μη Νευτώνειων υγρών [152]. Κατά τη παρασκευή γιαουρτιού, το γάλα θερμαίνεται, σε υψηλότερη θερμοκρασία και για περισσότερο χρόνο από την κανονική παστερίωση (κυμαίνεται από 90 έως 95 °C για 5 έως 10 λεπτά), έτσι ώστε (i) να καταστραφούν όλοι οι μικροοργανισμοί του γάλακτος και (ii) να βελτιωθεί η συνοχή του προϊόντος μέσω της μετουσίωσης των πρωτεϊνών του ορού του γάλακτος [152].

Οι κύριες πρωτεΐνες του ορού του γάλακτος που παίζουν σημαντικό ρόλο στο πήξιμο του γιαουρτιού είναι η α-γαλακταλβουμίνη και η γαλακτογλοβουλίνη. Η θερμοκρασία και ο χρόνος θέρμανσης του γάλακτος παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του τελικού προϊόντος, καθώς υπάρχουν δύο ενδεχόμενα. Αν η θέρμανση γίνει σε υψηλή θερμοκρασία και χρόνο (π.χ. 90°C για 10 λεπτά), τότε και οι δύο πρωτεΐνες μετουσιώνονται, με αποτέλεσμα το γιαούρτι να εμφανίζει μικρότερη συναίρεση (όπως εξηγείται στη συνέχεια). Αντιθέτως, αν η θέρμανση γίνει σε χαμηλότερη θερμοκρασία, τότε στην πήξη συμμετέχει κυρίως η γαλακτογλοβουλίνη (λόγω της αναστρέψιμης μετουσίωσης της γαλακταλβουμίνης) γεγονός που οδηγεί σε γιαούρτι με αυξημένη συναίρεση [152–154]. Στη συνέχεια, κατά τη παραγωγή του γαλακτικού οξέος, τα μικκύλια καζεΐνης αποσταθεροποιούνται, με αποτέλεσμα να λαμβάνει χώρα η πήξη του γάλακτος. Όσο αυξάνεται η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος, τόσο το pH ελαττώνεται, με αποτέλεσμα όταν το pH είναι ίσο και μικρότερο από το ισοηλεκτρικό σημείο των πρωτεϊνών, να αναπτύσσονται υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πρωτεϊνών [154]. Στο σημείο αυτό, τα υδρόφιλα κολλοειδή δεσμεύουν μόρια νερού, γεγονός που οδηγεί στην αύξηση του ιξώδους του γιαουρτιού και άρα επιτυγχάνεται αλλαγή στην υφή του. Με βάση αυτά, το γιαούρτι χαρακτηρίζεται ως ψευδοπλαστικό υλικό, διότι για να ξεκινήσει η ροή του, πρέπει να ξεπεραστεί η τάση για την έναρξη ροής του [153].

Δεδομένου ότι το γιαούρτι παρουσιάζει αρκετές ακόμα ρεολογικές ιδιότητες των μη Νευτώνειων ρευστών, όπως αραιώση διάτμησης, ιξωδοελαστικότητα και εξάρτηση από το χρόνο, χαρακτηρίζεται ως ιξωδοελαστικό ρευστό (για τα γιαούρτια που παρασκευάζονται υπό ανάδευση ή τα πόσιμα γιαούρτια) ή ιξωδοελαστικό στερεό (για τα γιαούρτια στερεάς δομής) [153,155,156]. Για το χαρακτηρισμό του ιξώδους των γιαουρτιών χρησιμοποιούνται, μεταξύ άλλων, συνήθως τρεις παράμετροι, όπως αναφέρθηκε παραπάνω: ο συντελεστής ελαστικότητας G' (storage modulus) ο οποίος ορίζει την ελαστική συμπεριφορά του στερεού δείγματος, ο συντελεστής απώλειας G'' (loss modulus) ο οποίος ορίζει την ιξώδη συμπεριφορά του ρευστού δείγματος και η εφαπτομένη δ ($\tan\delta$) η οποία ισούται με G''/G' [153,155]. Όσο πιο αυξημένη είναι η τιμή της εφαπτομένης αυτό σημαίνει ότι το δείγμα συμπεριφέρεται περισσότερο ως ιξώδες ρευστό και λιγότερο ως ελαστικό στερεό υλικό, ενώ αντιθέτως όσο μικρότερη είναι η τιμή της εφαπτομένης, τότε τόσο λιγότερο το δείγμα συμπεριφέρεται ως ιξώδες ρευστό και περισσότερο ως ελαστικό στερεό υλικό. Συνεπώς, οι παραπάνω δείκτες είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι για την αξιολόγηση ιξωδοελαστικών δειγμάτων [148]. Στην Εικόνα 10 παρουσιάζεται ένα ενδεικτικό τυπικό προφίλ των τιμών των δύο συντελεστών συναρτήσει του χρόνου κατά τη πήξη του γάλακτος.



Εικόνα 10: Τυπικό προφίλ των συντελεστών ελαστικότητας και ιξώδους συναρτήσει του χρόνου κατά τη πήξη του γάλακτος. Πηγή: [148]

Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τα ρεολογικά χαρακτηριστικά των γιαουρτιών είναι η περιεκτικότητά τους σε νερό. Ένα φαινόμενο που παρατηρείται γενικά στα γιαούρτια είναι η συναίρεση, δηλαδή η απομάκρυνση νερού από το πήγμα [154]. Οι πρωτεΐνες κατά τη πήξη του γάλακτος σχηματίζουν ένα τρισδιάστατο πλέγμα, καθώς ενώνονται με δεσμούς μεταξύ τους. Όσο όμως αλλάζουν οι φυσικοχημικές παράμετροι του περιβάλλοντος, όπως για παράδειγμα το pH, τότε το τρισδιάστατο πλέγμα των πρωτεϊνών, μεταβάλλεται και είτε συστέλλεται είτε διαστέλλεται, με αποτέλεσμα να ελαττώνεται ή να αυξάνεται η ποσότητα του νερού που κατακρατείται από αυτό. Εφόσον λοιπόν η ποσότητα του νερού που υπάρχει στο δείγμα αλλάζει, θα αλλάζουν και τα ρεολογικά χαρακτηριστικά του γιαουρτιού, δεδομένης της αλλαγής στο ιξώδες. Κατά συνέπεια, ένας ακόμα τρόπος για την αξιολόγηση των ρεολογικών ιδιοτήτων των γιαουρτιών είναι η αξιολόγηση της συναίρεσης ή και της ικανότητάς τους να συγκρατούν νερό (water holding capacity, WHC), που στην ουσία είναι το αντίστροφο της συναίρεσης [154].

2.23.5 Παράγοντες που επιδρούν στα ρεολογικά χαρακτηριστικά γιαουρτιών

Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι οι ρεολογικές ιδιότητες των γιαουρτιών είναι πολύπλοκες, καθώς επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες. Μεταξύ άλλων, επηρεάζονται από τη περιεκτικότητα σε στερεά, τη φυσική κατάσταση των λιπαρών συστατικών, τη ποσότητα των πρωτεϊνών του γάλακτος, τη σύσταση του γάλακτος, τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη πήξη του γάλακτος, τον τύπο και τη ποσότητα της καλλιέργειας των μικροοργανισμών που χρησιμοποιούνται για την εκκίνηση της πήξης, τη θερμοκρασία και το χρόνο της θερμικής επεξεργασίας του γάλακτος πριν τον εμβολιασμό, τη θερμοκρασία κατά τη ζύμωση, τις συνθήκες αποθήκευσης, την ομογενοποίηση ή μη του γάλακτος, την οξύτητα και όπως είναι φυσικό, τον τύπο του χρησιμοποιούμενου γάλακτος [148].

Σε μια πρόσφατη μελέτη, έγινε σύγκριση των ρεολογικών ιδιοτήτων γιαουρτιών, χαμηλών σε λιπαρά, τα οποία παρασκευάστηκαν από αγελαδινό, πρόβειο και κατσικίσιο γάλα [156]. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο χρόνος ζύμωσης ήταν διαφορετικός για το κατσικίσιο γάλα (περίπου 7 ώρες) σε σχέση

με το αγελαδινό και πρόβειο γάλα, τα οποία έπηξαν σε περίπου 5 ώρες. Επιπλέον, ο χρόνος πήξης για το κατσικίσιο γάλα ήταν περίπου 6 ώρες σε αντίθεση με το αγελαδινό και πρόβειο γάλα, για τα οποία ήταν περίπου 2 ώρες. Επιπλέον, με το πέρας τη ζύμωσης παρατηρήθηκε ότι ο συντελεστής ελαστικότητας για το γιαούρτι από κατσικίσιο γάλα είχε σημαντικά μικρότερη τιμή από τον συντελεστή ελαστικότητας του γιαουρτιού από αγελαδινό ή πρόβειο γάλα. Η μικρότερη αυτή τιμή στο κατσικίσιο γιαούρτι αποδίδεται πιθανότητα στις λιγότερες διασυνδέσεις των μικκυλίων καζεΐνης μεταξύ τους. Αυτό είναι πιθανότατα αποτέλεσμα της χαμηλότερης περιεκτικότητας σε καζεΐνη του κατσικίσιου γάλακτος [156]. Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν και σε άλλη εργασία, με τη τιμή G' για γιαούρτι από κατσικίσιο γάλα να έχει τη τιμή 5,8 Pa και τη τιμή 124 Pa για γιαούρτι από αγελαδινό γάλα. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα το γιαούρτι από κατσικίσιο γάλα να μη μπορεί να χαρακτηριστεί γιαούρτι στερεάς δομής [157].

Πέρα από όλους τους παραπάνω παράγοντες που είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι με την υφή και τα ρεολογικά χαρακτηριστικά του παραγόμενου γιαουρτιού, τα διάφορα συστατικά που μπορούν εν δυνάμει να προστεθούν επηρεάζουν τα ρεολογικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων επιδορπίων γιαουρτιού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα επιδόρπια γιαουρτιών με άρωμα/γεύση φράουλας. Προηγούμενη μελέτη έδειξε ότι η προσθήκη φράουλας στο γάλα οδήγησε σε ένα πιο συνεκτικό επιδόρπιο γιαουρτιού, καθώς την 7^η μέρα παρατηρήθηκε ότι το επιδόρπιο γιαουρτιού ήταν κατά περίπου 25% πιο συνεκτικό σε σχέση με το απλό γιαούρτι [158]. Σύμφωνα με τους ερευνητές, αυτό οφείλεται πιθανότατα σε δύο παράγοντες. Αφενός, η προσθήκη του αρώματος φράουλας μείωσε το pH του γάλακτος, με αποτέλεσμα να ενισχύεται το δίκτυο των πρωτεϊνών και αφετέρου, και οι μικροοργανισμοί του επιδορπίου, παράγουν εξωπολυσακχαρίτες, οι οποίοι συμμετέχουν στο δίκτυο των πρωτεϊνών, ενισχύοντάς το [158]. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και σε άλλη εργασία, όπου παρασκευάστηκαν επιδόρπια γιαουρτιού με πράσινο τσάι [159]. Τα επιδόρπια γιαουρτιού με πράσινο τσάι εμφάνισαν μεγαλύτερες τιμές για τον συντελεστή ελαστικότητας σε σχέση με τα απλά γιαούρτια. Το πράσινο τσάι είναι πλούσιο σε φαινολικά συστατικά τα οποία, όμως, δεν συμμετέχουν στο δίκτυο των πρωτεϊνών. Ωστόσο, η αύξηση του ιξώδους που παρατηρήθηκε, αποδόθηκε

στην αύξηση των στερεών που περιέχονται [159]. Ομοίως η εργασία του Matter και των συν. (2016), οι οποίοι πρόσθεσαν πολτό παπάγιας ή πολτό φραγκόσουκου, δείχνει επίσης ότι η προσθήκη των δύο φρούτων οδηγεί σε επιδόρπια γιαουρτιού με μεγαλύτερο ιξώδες [36].

Εν αντιθέσει, υπάρχουν και άλλες δημοσιευμένες εργασίες, στις οποίες τα πρόσθετα που μελετήθηκαν, οδήγησαν σε επιδόρπια γιαουρτιού με χαμηλότερο ιξώδες. Παράδειγμα αποτελεί η εργασία των Ramírez-Sucre και Vélez-Ruiz (2013) οι οποίοι εξέτασαν την επίδραση της προσθήκης καραμέλας για τη παρασκευή επιδορπίων γιαουρτιού [160]. Οι ερευνητές βρήκαν ότι η προσθήκη της καραμέλας προκαλεί μείωση του ιξώδους των επιδορπίων γιαουρτιού, πιθανόν γιατί παρεμποδίζει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πρωτεϊνών κατά τον σχηματισμό του τρισδιάστατου πλέγματος. Ομοίως, σε άλλη εργασία παρατηρήθηκε ότι η προσθήκη μελάσας σταφυλιών ή βύσσινων οδήγησε σε επιδόρπια γιαουρτιών με μεγαλύτερη συναίρεση σε σχέση με το δείγμα ελέγχου, ενώ η προσθήκη καρπών αγριοτριανταφυλλιάς ή πολτού χουρμάδων, έδωσε επιδόρπια γιαουρτιών με χαμηλότερη συναίρεση σε σχέση με το δείγμα ελέγχου [161]. Αυτό συνδέεται πιθανότατα με τις αλλαγές του pH που προκαλεί η κάθε προσθήκη. Σε κάθε περίπτωση, γίνεται αντιληπτό ότι δεν μπορεί να προβλεφθεί αυστηρά η ρεολογική συμπεριφορά του επιδορπίου που θα παρασκευαστεί ούτε υπάρχει κάποιος “κανόνας” που ισχύει και συνεπώς, οι οποιοσδήποτε προσθήκες πρέπει να μελετώνται εκτενώς για το τι αλλαγές θα επιφέρουν στις ρεολογικές ιδιότητες των επιδορπίων γιαουρτιού.

2.24 Οργανοληπτικός Έλεγχος

2.24.1 Γενικά

Οι ιδιότητες των τροφίμων που μπορούν να γίνουν αντιληπτές με τις αισθήσεις (π.χ. γεύση, εμφάνιση, υφή, οσμή) επηρεάζουν την επιλογή του από τους καταναλωτές περισσότερο από τη θρεπτική του αξία [162]. Για παράδειγμα μπορεί ένα τρόφιμο να έχει εξαιρετικά υψηλή θρεπτική αξία αλλά η εμφάνισή του να μην είναι ελκυστική από τους καταναλωτές και η γεύση και η οσμή του να αποτρέπουν τους καταναλωτές να το αγοράσουν [163]. Όλα αυτά δημιούργησαν την ανάγκη ελέγχου ενός προϊόντος πριν βγει στην αγορά χρησιμοποιώντας τις

αισθήσεις. Ο έλεγχος αυτός ονομάστηκε οργανοληπτικός έλεγχος και σήμερα έχει πολλαπλό ρόλο και χρησιμότητα [164]. Αρχικά χρησιμεύει στην συγκέντρωση πληροφοριών για το τρόφιμο που αφορούν την εμφάνιση/χρώμα, την υφή, την οσμή και τη γεύση του. Πληροφορίες απαραίτητες για τον καταναλωτή [165].

2.24.2 Οργανοληπτικός έλεγχος στη βιομηχανία τροφίμων

Ο οργανοληπτικός έλεγχος των τροφίμων είναι απαραίτητος για τη συνολική εκτίμηση της ποιότητάς τους. Εφαρμόζεται στη βιομηχανία τροφίμων για τον έλεγχο της ποιότητας των ήδη υπαρχόντων προϊόντων, καθώς και κατά την ανάπτυξη νέων προϊόντων [165,166]. Πιο συγκεκριμένα ο οργανοληπτικός έλεγχος πραγματοποιείται για τον έλεγχο της ομοιομορφίας της παρτίδας (ανίχνευση διαφορών μεταξύ των προϊόντων), για τον έλεγχο του προϊόντος σε περίπτωση αντικατάστασης συστατικού στη συνταγή του ή μεταβολής των συνθηκών παραγωγής του, για τον έλεγχο της αλλοίωσης του προϊόντος, για τον έλεγχο επιμόλυνσης του προϊόντος κτλ. [165][167]. Επίσης ο οργανοληπτικός έλεγχος στοχεύει στην αντιμετώπιση κάποιου προβλήματος κατά τη δημιουργία του προϊόντος ή σε κάποιο αρχικό στάδιο πριν παραχθεί το «ελαττωματικό προϊόν» σε μεγάλες ποσότητες. Έτσι ο έλεγχος μπορεί να γίνεται στις πρώτες ύλες, στη γραμμή παραγωγής, σε στάδια κατά τα οποία προστίθενται άλλα συστατικά και κατά την συσκευασία του τροφίμου [168]

Οι δοκιμές γίνονται συνήθως από εκπαιδευμένους δοκιμαστές στα οργανοληπτικά εργαστήρια των βιομηχανιών τροφίμων. Τα χαρακτηριστικά των τροφίμων εξετάζονται με τη σειρά που γίνονται αντιληπτά [164]. Πρώτα εξετάζεται η εμφάνιση (χρώμα, μέγεθος, σχήμα) μετά η υφή (σκληρότητα, παρουσία ανιχνεύσιμων στερεών σωματιδίων κτλ.), χρησιμοποιώντας το χέρι, το στόμα ή κάποιο άλλο σκεύος όπως το κουτάλι ή το μαχαίρι [164]. Στη συνέχεια οι εκπαιδευμένοι δοκιμαστές οσμίζονται και γεύονται το προϊόν. Εξετάζουν το ακουστικό αποτέλεσμα κατά το δάγκωμα-μάσημα (τραγανότητα), την υφή στο στόμα κατά το δάγκωμα ή μάσημα (σκληρότητα, ελαστικότητα, λιπαρότητα, κτλ.), το άρωμα (flavor-οσμή/γεύση) και τη γεύση που αφήνει στο στόμα (επίγευση) [166,169].

Ο οργανοληπτικός έλεγχος είναι υψίστης σημασίας και αφορά αφενός την αναγνώριση των επιθυμητών για τον καταναλωτή χαρακτηριστικών, τον έλεγχο του αποτελέσματος με την ενσωμάτωση διαφόρων προσθέτων στα προϊόντα, όσον αφορά τα νέα προϊόντα, και αφετέρου την αναγνώριση των παρανοήσεων και την περιγραφική απόδοση των χαρακτηριστικών των υπαρχόντων προϊόντων [169]. Η επιτυχία του οργανοληπτικού ελέγχου εξαρτάται από τον βαθμό συσχέτισης των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τροφίμων με τα αντίστοιχα τεχνολογικά χαρακτηριστικά, δηλαδή συστατικά και ποσότητες αυτών, συνθήκες παραγωγής και συντήρησης κ.α.

Κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο θα πρέπει να τηρούνται κάποιες προϋποθέσεις όπως [168,170,171]:

- Ο έλεγχος να πραγματοποιείται σε οργανοληπτικό εργαστήριο ειδικό για τη διεξαγωγή των δοκιμών. Το εργαστήριο πρέπει να διαθέτει χωριστούς θαλάμους δοκιμών και κατάλληλες συνθήκες υγρασίας, θερμοκρασίας, φωτισμού, αερισμού, απουσία οσμών θορύβων κτλ.
- Οι εκπαιδευμένοι δοκιμαστές θα πρέπει να λειτουργούν ως όργανα μέτρησης υπακούοντας σε κάποιους κανόνες συμπεριφοράς. Για παράδειγμα απαγορεύεται το κάπνισμα και η κατανάλωση φαγητού πριν τις δοκιμές. Επίσης οι εκπαιδευμένοι δοκιμαστές θα πρέπει να ξεπλένουν το στόμα τους με νερό πριν και μετά κάθε δοκιμή.
- Οι δοκιμές πρέπει να γίνονται σύμφωνα με τα καθιερωμένα πρότυπα.
- Κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο θα πρέπει να συμπληρώνονται κατάλληλα έντυπα από τους δοκιμαστές.
- Θα πρέπει να πραγματοποιείται αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των δοκιμών με κατάλληλη στατιστική επεξεργασία.

Οι οργανοληπτικές δοκιμές που πραγματοποιούνται στις βιομηχανίες τροφίμων χωρίζονται σε δοκιμές διαφοροποίησης, περιγραφικές δοκιμές και τις δοκιμές προτίμησης-αποδοχής [168,170,171].

- Στις περιγραφικές δοκιμές (descriptive testing), οι δοκιμαστές αξιολογούν και περιγράφουν την ένταση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών όπως οσμή, εμφάνιση, γεύση, υφή και ακουστικών ιδιοτήτων των δειγμάτων.

Στη συνέχεια η βαθμολογία που προκύπτει καταγράφεται σε βαθμολογημένη κλίμακα για να διευκολυνθεί η περιγραφή της [172]. Στις περιγραφικές δοκιμές συμμετέχουν 5-11 εκπαιδευμένοι δοκιμαστές [173].

- Στις δοκιμές διάκρισης-διαφοροποίησης (discrimination testing) γίνεται σύγκριση για τον εντοπισμό οποιασδήποτε αντιληπτής διαφοράς μεταξύ δειγμάτων ίδιας παρτίδας ή παρομοίων ανταγωνιστικών εμπορικών προϊόντων. Για αυτές τις δοκιμές συνήθως απαιτούνται 25 με 40 ημiekπαιδευμένοι δοκιμαστές και η ανάλυση των δεδομένων τους βασίζεται σε στατιστική επεξεργασία των σωστών απαντήσεων. Σε αυτές τις δοκιμές περιλαμβάνονται η δοκιμή ζεύγους (paired comparison test) και η τριγωνική δοκιμή (triangle test) [168].
- Από τις δοκιμές προτίμησης-αποδοχής (affective testing) προκύπτει ο βαθμός προτίμησης των τροφίμων. Σε αυτές τις δοκιμές οι δοκιμαστές εκφράζουν την αρέσκεια (like) ή απαρέσκεια (dislike) τους για κάποιο τρόφιμο ή/και για ένα ή/και περισσότερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του [168,170,171]. Οι δοκιμαστές που συμμετέχουν σε αυτή τη δοκιμή μπορεί να αποτελούνται από καταναλωτές του τροφίμου που εξετάζεται. Για να είναι αποδεκτά τα αποτελέσματα θα πρέπει το δείγμα να είναι αρκετά μεγάλο (αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού), γεγονός που κάνει τη μέθοδο δαπανηρή και χρονοβόρα. Επιθυμητό είναι να πραγματοποιείται από δοκιμαστές που είναι καταναλωτές του εξεταζόμενου τροφίμου. Το μειονέκτημα της είναι ότι για να χαρακτηριστούν τα αποτελέσματα της αντιπροσωπευτικά του πληθυσμού θα πρέπει να συμμετάσχουν αρκετοί δοκιμαστές, γεγονός που την καθιστά δαπανηρή και χρονοβόρα [174]. Ο αριθμός των δοκιμαστών που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί η δοκιμή αυτή κυμαίνεται από 51 έως 100 άτομα [173]

Τα κύρια οργανοληπτικά χαρακτηριστικά για την παραγωγή γιαουρτιού αφορούν την λευκότητά του (χρώμα), την παρουσία ανιχνεύσιμων στερεών σωματιδίων (λεία υφή), την ρευστότητά του (ιξώδες), το άρωμά του, τη γεύση του (ξινό, γλυκό, αλμυρό, πικρό και μεταλλικό) και την αίσθηση γεύσης που εμφανίζεται στο στόμα [175,176]. Οι δοκιμαστές αφού βαθμολογήσουν τα χαρακτηριστικά αυτά σε μια κλίμακα από το 1 έως το 9 ή από το 1 έως το 5 βαθμολογούν και τη γενική εντύπωση που έχουν για το προϊόν.

3. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας διδακτορικής διατριβής αποτελεί η μελέτη όλων των βασικών παραμέτρων ποιότητας των επιδορπίων γιαουρτιού. Αναλυτικότερα:

1. Φυσικοχημικών
2. Μικροβιολογικών
3. Ρεολογικών
4. Πτητικών συστατικών
5. Οργανοληπτικών χαρακτηριστικών.

Οι παράμετροι αυτοί καθορίζουν άμεσα την καταλληλότητα του τελικού προϊόντος και την αποδοχή του από τους καταναλωτές. Τα υπό μελέτη επιδόρπια γιαουρτιού προέκυψαν από διαφορετικούς συνδυασμούς είδους γάλακτος (αγελαδινό και γίδινο), καλλιέργειας εκκίνησης (κλασική, γλυκιά και όξινη), προβιοτικών και διάφορων πρόσθετων γεύσης (βανίλια, μαστίχα, πορτοκάλι και λεμόνι).

4. Υλικά και μέθοδοι

4.1 Υλικά και διαδικασία παρασκευής των επιδορπίων γιαουρτιού

Για την παρασκευή των επιδορπίων γιαουρτιού στερεάς δομής (set type) χρησιμοποιήθηκε πλήρες ελληνικό αγελαδινό και γίδινο γάλα της εταιρίας ΔΩΔΩΝΗ Α.Ε. (Ιωάννινα, Ελλάδα). Η λιποπεριεκτικότητά του αγελαδινού γάλακτος κυμαινόταν από 3,8% έως 4,0% ενώ του γιδίνου από 4,3% έως 4,6%. Για βελτίωση της δομής προστέθηκε συμπύκνωμα πρωτεϊνών αγελαδινής προέλευσης (Nutrilac® YO-7700) της εταιρίας Arla Foods Ελλάς ΑΕΒΕ (Μαρούσι, Αθήνα), σε αναλογία 0,5% κ.ο. (Πίνακας 4).

Πίνακας 4: Χημική σύσταση του συμπυκνώματος πρωτεϊνών Nutrilac® YO-7700

Πρωτεΐνη (Nx6,38)	75-79 %	
Λακτόζη	7-10 %	
Λίπος	max	5 %
Τέφρα	max	7 %
Υγρασία	max	6 %

4.2 Καλλιέργειες

4.2.1 Καλλιέργειες πήξης

Προστέθηκαν τρεις θερμόφιλες λυοφιλιωμένες DVS (Direct Vat Set) καλλιέργειες της εταιρίας Chr. Hansen (Hoersholm, Denmark) όπου χρησιμοποιήθηκαν απευθείας στο γάλα και περιείχαν στελέχη των *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* και *Streptococcus thermophilus*:

- γλυκιά (YoFlex® Mild 1,0),
- κλασική (YF-L812) και
- όξινη (YF-L903).

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του παρασκευαστή, οι καλλιέργειες αυτές είναι κατάλληλες για την παρασκευή γιαουρτιών στερεάς δομής (set type).

4.2.2 Καλλιέργειες προβιοτικών

Στην παγκόσμια αγορά ως κυρίαρχα προβιοτικά βακτήρια χρησιμοποιούνται τα *Bifidobacterium* και οι *Lactobacillus spp.* [177].

Στην παρούσα εργασία στα αγελαδινά επιδόρπια γιαουρτιού προστέθηκε θερμοφιλή καλλιέργεια προβιοτικών (nu-trish® BB-12®, *Bifidobacterium animalis*) ενώ στα γίδινα θερμοφιλή καλλιέργεια *Lactobacillus acidophilus* (nu-trish® LA-5®), όλες της εταιρίας Chr. Hansen (Hoersholm, Denmark).

Στα μεν αγελαδινά χρησιμοποιήθηκε το BB12 ως το πιο ευρέως εν χρήσει προβιοτικό στα ζυμούμενα προϊόντα από αγελαδινό γάλα, στα δε γίδινα το LA-5 γιατί παρουσιάζει καλύτερη προσαρμογή και βιωσιμότητα σε όξινα υποστρώματα σε σχέση με άλλα προβιοτικά βακτήρια (π.χ. *Bifidobacterium spp.*) [31].

4.3 Πρόσθετα

Ως βέλτιστες ποσότητες πρόσθετων γεύσης, επιλέχθηκαν μετά από πολλές δοκιμές οι ακόλουθες:

- Βανίλια σε σκόνη (0,05g/100 mL) με κωδική ονομασία Vanilla Evarom Bacarat 693109, της εταιρίας BIOTRECK S.A.C.I.(Athens,Greece).
- Έλαιο λεμόνι (0,03mL/100 mL) με κωδική ονομασία Lemon Evarom 454404 F, της εταιρίας BIOTRECK S.A.C.I.(Athens,Greece).
- Έλαιο πορτοκάλι (0,03mL/100 mL) με κωδική ονομασία Orange Natural Evarom 441801 F, της εταιρίας BIOTRECK S.A.C.I.(Athens,Greece).
- Έλαιο μαστίχας (0,01mL/100mL) της Ένωσης Μαστιχοπαραγωγών Χίου (Chios Greece).

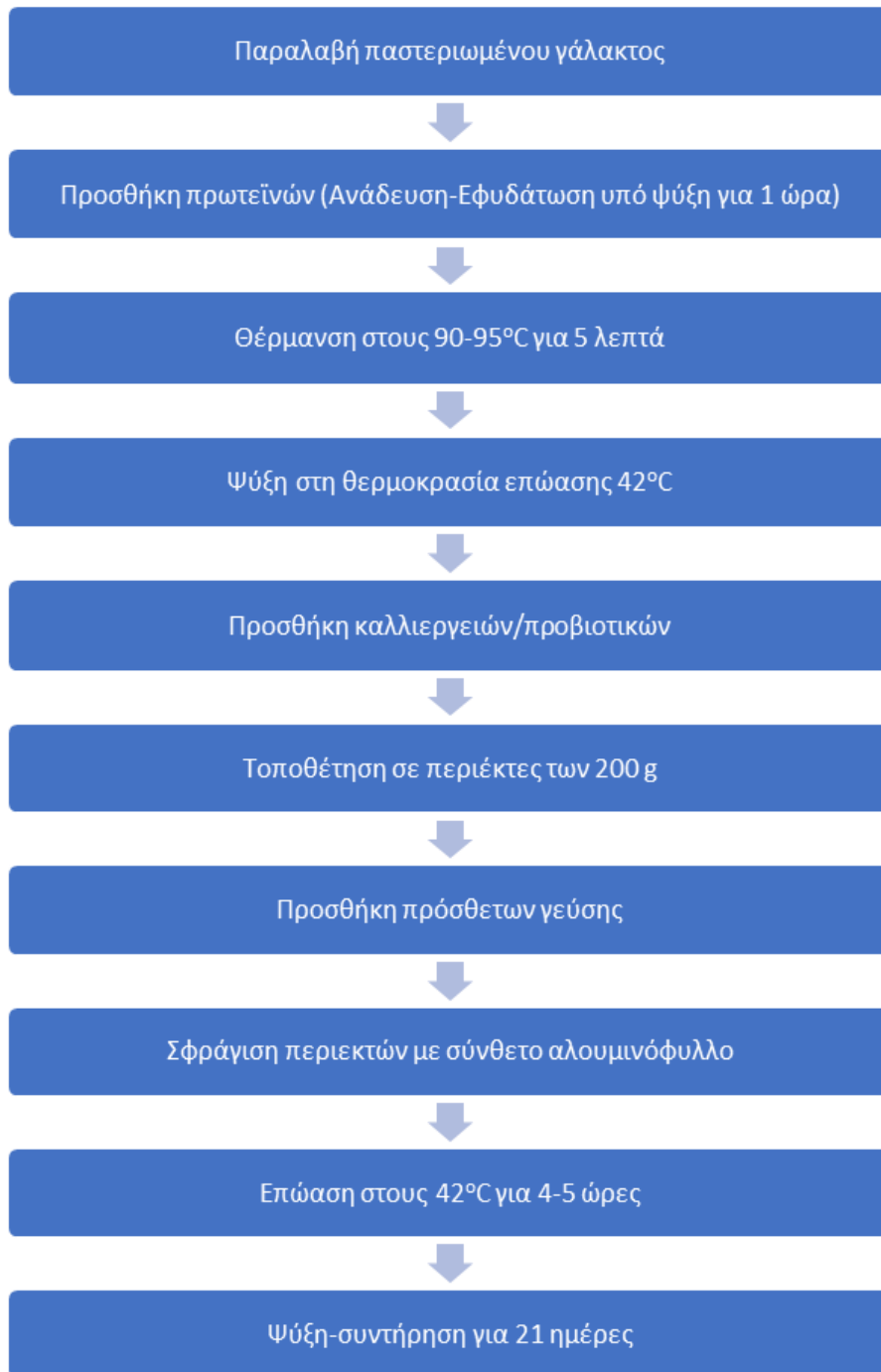
4.4 Διαδικασία παραγωγής επιδορπίων γιαουρτιού

Για την παραγωγή 30 δειγμάτων επιδορπίων γιαουρτιού κάθε φορά χρησιμοποιήθηκαν 3,4 L γάλακτος. Στη συνέχεια προστέθηκε 0,5% κ.ο. πρωτεΐνη αγελαδινού γάλακτος υπό ανάδευση και ψύξη, στους 4°C, για χρονικό διάστημα

μιας ώρας ώστε να επιτευχθεί η εφυδάτωση των πρωτεϊνών. Ακολούθησε θέρμανση στους 90°C-95°C για 5 λεπτά, υπό συνεχόμενη ανάδευση, και αφέθηκε προς ψύξη σε θερμοκρασία περιβάλλοντος έως τους 42°C.

Σε σταθερή θερμοκρασία 42°C και υπό συνεχή ανάδευση προστέθηκαν σύμφωνα με τις προδιαγραφές της εταιρείας οι καλλιέργειες εκκίνησης και προβιοτικών σε αναλογία 4,5g/L και 0,1g/L γάλακτος αντίστοιχα. Ακολούθησε προσθήκη του μίγματος σε πλαστικά κύπελλα χωρητικότητας 200g με παράλληλη προσθήκη των προσθέτων γεύσης με ήπια ανάδευση. Τα δείγματα σφραγίστηκαν με θερμοσυγκόλληση με πολυστρωματικό φύλλο αλουμινίου και μεταφέρθηκαν σε θάλαμο επώασης με σταθερή θερμοκρασία στους 42°C για 4-5 ώρες (ο χρόνος επώασης επιλέχθηκε μετά από προκαταρκτικά πειράματα με βάση τα οποία προέκυψε ότι 4 ώρες ήταν αρκετές προκειμένου να προκύψουν συμπαγή αγελαδινά επιδόρπια γιαουρτιού και 5 ώρες για να προκύψουν συμπαγή γίδινα επιδόρπια γιαουρτιού και ταυτόχρονα, στις ώρες αυτές επιτεύχθηκε βέλτιστη τιμή pH). Μετά την παρασκευή τους, τοποθετήθηκαν σε οικιακό ψυγείο με σταθερή θερμοκρασία 4°C όπου και συντηρήθηκαν για 21 ημέρες.

Συνοπτικά η παρασκευή των επιδορπίων γιαουρτιού παρουσιάζεται στην Εικόνα 11.



Εικόνα 11: Διάγραμμα ροής παρασκευής των επιδορπίων γιαουρτιού

4.5 Δείγματα επιδορπίων γιαουρτιού

Προέκυψαν 60 διαφορετικά επιδόρπια γιαουρτιού (30 αγελαδινά και 30 γίδινα) από πλήρες αγελαδινό και γίδινο γάλα αντίστοιχα, με 0,5% αγελαδινή πρωτεΐνη, από τις παρακάτω μεταχειρίσεις:

- Οι τρεις καλλιέργειες (γλυκιά, κλασική, όξινη) σε αγελαδινό γάλα με όλα τα πρόσθετα (3×5 (4 πρόσθετα και 1 μάρτυρας) αγελαδινά δείγματα).
- Οι τρεις καλλιέργειες (γλυκιά, κλασική, όξινη) σε γίδινο γάλα με όλα τα πρόσθετα (3×5 (4 πρόσθετα και 1 μάρτυρας) γίδινα δείγματα).
- Οι τρεις καλλιέργειες συν την καλλιέργεια προβιοτικών BB-12 σε αγελαδινό γάλα με όλα τα πρόσθετα (3×5 (4 πρόσθετα και 1 μάρτυρας) αγελαδινά δείγματα).
- Οι τρεις καλλιέργειες συν την καλλιέργεια προβιοτικών LA-5 σε γίδινο γάλα με όλα τα πρόσθετα (3×5 (4 πρόσθετα και 1 μάρτυρας) γίδινα δείγματα).

Στον Πίνακα 5 δηλώνονται τα σύμβολα για την κωδικοποίηση των δειγμάτων.

Και τα 60 διαφορετικά επιδόρπια παρασκευάστηκαν και αναλύθηκαν τουλάχιστον 3 φορές.

Πίνακας 5: Σύμβολα για την κωδικοποίηση των δειγμάτων

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	ΣΥΜΒΟΛΟ
Γλυκιά-Mild	M
Κλασική-Classic	C
Όξινη-Acidic	A
Προβιοτικά BB-12 (αγελαδινό)/ LA-5 (γίδινο)	P

ΠΡΟΣΘΕΤΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ
Βανίλια	VAN
Λεμόνι	LEM
Πορτοκάλι	ORA
Μαστίχα	MAS

4.6 Αναλύσεις

4.6.1 Φυσικοχημικές αναλύσεις

Η σύσταση των επιδορπίων γιαουρτιού (λίπος, πρωτεΐνη, λακτόζη και ολικά στερεά) προσδιορίσθηκε την 1^η και 21^η ημέρα μετά την παρασκευή τους.

Για τον προσδιορισμό του λίπους στα επιδόρπια γιαουρτιού εφαρμόσθηκε η μέθοδος Gerber [178] τροποποιημένη: Σε ποτήρι ζέσης ζυγίστηκαν 11,33 g δείγματος, προστέθηκαν 6 mL θειικού οξέος, αναμίχθηκαν καλά μέχρι να διαλυθούν οι πρωτεΐνες του δείγματος και ακολούθως μεταφέρθηκαν προσεκτικά στο βουτυρόμετρο χρησιμοποιώντας άλλα 4 mL θειικού οξέος. Στη συνέχεια προστέθηκε στο βουτυρόμετρο 1 mL ισοαμυλικής αλκοόλης και ακολούθησε πολύ καλή ανάμιξη. Ακολούθησε φυγοκέντρωση στις 1100-1200 στροφές/λεπτό για 5 λεπτά, τοποθέτησή του στο υδατόλουτρο των $65 \pm 1^\circ\text{C}$ για 5 λεπτά και κατόπιν έγινε ανάγνωση της στάθμης του λίπους (% λιποπεριεκτικότητα).

Για τον προσδιορισμό του ολικού αζώτου (πρωτεΐνες) στο προϊόν χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Kjeldahl [179]. Ζυγίστηκαν σε αναλυτικό ζυγό 1 g προϊόντος μέσα σε ειδικό χάρτινο υποδοχέα, ο οποίος είναι ελεύθερος αζώτου. Ο υποδοχέας με το δείγμα τοποθετήθηκε με προσοχή στον πάτο της ειδικής φιάλης 500 mL (BÜCHI Labortechnik AG, Switzerland). Συνολικά, χρησιμοποιήθηκαν έξι φιάλες, όπου στη συνέχεια προστέθηκαν από δύο ταμπλέτες καταλύτη (kjeltabs, 3,5g K_2SO_4 , 0,2g $\text{Cu}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, Merck) και με σιφώνιο 20 mL πυκνό H_2SO_4 , (97%, Merck). Οι φιάλες τοποθετήθηκαν σε ειδικό στατό της συσκευής καύσης (315, BÜCHI Labortechnik AG, Switzerland) μέσα στον απαγωγό. Το στατό σφραγίστηκε με ειδικό καπάκι, το οποίο αποτελεί μια διάταξη απαγωγής των καυσαερίων. Αφού σφραγίστηκε το καπάκι, δημιουργήθηκε κενό αέρος μέσω ψυκτήρα νερού (το καπάκι της συσκευής καύσης συνδεόταν με αντλία κενού και λειτουργούσε με τρεχούμενο νερό).

Έγινε εκκίνηση της συσκευής καύσης, πρώτα έως τη θερμοκρασία των 50–60°C και σταδιακά η θερμοκρασία αυξήθηκε. Η καύση διήρκεσε περίπου 2 ώρες, στο τέλος της οποίας το διάλυμα ήταν διαυγές. Διακόπηκε η λειτουργία της συσκευής, ενώ το καπάκι της διάταξης απαγωγής ανοίχτηκε μόνο όταν κρύωσε το διάλυμα και δεν διακρίνονταν ατμοί, ενώ ταυτόχρονα έπαυσε και η λειτουργία του ψυκτήρα. Σε κάθε φιάλη προστέθηκαν, με ογκομετρικό κύλινδρο, 50 mL

αποσταγμένο νερό. Μετά την προθέρμανση της συσκευής απόσταξης (315, BÜCHI Labortechnik AG, Switzerland), έχοντας στη θέση του προς απόσταξη διαλύματος αποσταγμένο νερό, η πρώτη απόσταξη έγινε με φιάλη χωρίς δείγμα στην οποία είχαν προστεθεί 70mL νερού (δηλαδή όσο όγκο υγρών είχαν και οι φιάλες με το δείγμα). Με ειδική λαβίδα τοποθετήθηκε η υπό ανάλυση φιάλη στην ειδική θέση στη συσκευή απόσταξης και προστέθηκαν 70 mL NaOH 40% w/w, μέχρι η στάθμη του υγρού να αυξηθεί κατά 70 mL. Η απόσταξη άρχισε και το απόσταγμα συλλέχθηκε σε κωνική φιάλη που περιείχε 50 mL βορικό οξύ (H₃BO₃ 20% w/w). Στο βορικό αμμώνιο που σχηματίστηκε έγινε προσθήκη 2-3 σταγόνων δείκτη ερυθρού του μεθυλίου - κυανού του μεθυλενίου και ακολούθησε ογκομέτρηση με πρότυπο διάλυμα HCl 0,1N. Ο δείκτης από μωβ χρώμα που είχε αρχικά, άλλαξε στο ισοδύναμο σημείο και έγινε ρόδινος, οπότε και σταμάτησε η ογκομέτρηση.

Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη υπολογίστηκε από τον παρακάτω τύπο [180]:

$$\text{Πρωτεΐνη(\%)} = \frac{V \times N \times 1,4 \times \text{Συντελεστής Kjeldahl}}{\text{Βάρος δείγματος (g)}}$$

όπου,

- V: τα mL υδροχλωρικού οξέος που καταναλώθηκαν κατά την ογκομέτρηση
- N: η κανονικότητα του διαλύματος υδροχλωρικού οξέος
- Ο συντελεστής Kjeldahl για τα γαλακτοκομικά προϊόντα ισούται με 6,38.

Ο υπολογισμός των συνολικών στερεών συστατικών έγινε ως εξής [181]: τοποθετήθηκαν 20g άμμου και μία γυάλινη ράβδος σε κάψα αλουμινίου και ξηράθηκαν σε κλίβανο στους 105°C μέχρι σταθερού βάρους. Η κάψα αφέθηκε να ψυχθεί σε ξηραντήρα και τοποθετήθηκαν 5g δείγματος. Στη συνέχεια τα δείγματα ξηράθηκαν για 75 λεπτά στους 130°C (μέχρι ξηρού βάρους). Μετά την ξήρανση η κάψα απομακρύνθηκε από το φούρνο και αφέθηκε να ψυχθεί σε ξηραντήρα και ζυγίστηκε. Η περιεκτικότητα σε ολικά στερεά υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$\% \text{ Ολικά Στερεά} = 100 - \% \text{ Υγρασία}$$

Για τον υπολογισμό της λακτόζης εφαρμόστηκε η μέθοδος του Montgomery (1961) [182] με μερικές τροποποιήσεις: ελήφθησαν 0,2 g δείγματος τα οποία αραιώθηκαν έως τα 100 mL αποσταγμένου νερού. Προστέθηκε 0,1 mL υδατικό διάλυμα φαινόλης 80% w/v, και άμεσα (5sec) 5 mL πυκνού θειικού οξέος. Στη συνέχεια, το διάλυμα αναδεύτηκε καλά, και αφέθηκε για 30 λεπτά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τέλος, το δείγμα φωτομετρήθηκε στα 489 nm.

Η μέτρηση του pH έγινε σε ψηφιακό πεχάμετρο Delta OHM, Italy. Όλες οι αναλύσεις έγιναν εις τριπλούν, μετρώντας τα τρία διαφορετικά δείγματα.

4.6.2 Παρασκευή μεθανολικών εκχυλισμάτων επιδορπίων γιαουρτιού για προσδιορισμό φαινολικών συστατικών

Αναμίχθηκαν 10 g επιδορπίου γιαουρτιού με 10 mL διαλύματος MeOH:H₂O (60:40 v/v). Κατόπιν ισχυρής ανάδευσης για 2 λεπτά, έγινε φυγοκέντρηση στις 5000 rpm για 15 λεπτά σε φυγόκεντρο HERAEUS Biofuge Primo R, της εταιρίας ThermoFisher Scientific (USA). Συλλέχθηκε το υπερκείμενο, διηθήθηκε με φίλτρο σύριγγας 0,45 μm (PVDF, Whatman) και αραιώθηκε με διάλυμα MeOH:H₂O (60:40 v/v) μέχρι τελικού όγκου 20mL.

4.6.3 Προσδιορισμός ολικών φαινολικών συστατικών (TPC)

Οι μετρήσεις του προσδιορισμού των ολικών φαινολικών συστατικών έγιναν με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu σε μεθανολικά εκχυλίσματα από τα επιδόρπια γιαουρτιών [183]. Ειδικότερα, σε μεθανολικό εκχύλισμα 0,3 mL προστέθηκαν 1,5mL υδατικού δ/τος 0,2 N Folin-Ciocalteu. Μετά από 5 λεπτά προστέθηκαν 1,2 mL 0,7N Na₂CO₃. Τα δείγματα παρέμειναν για 2 ώρες σε σκοτεινό μέρος σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και μετρήθηκε η απορρόφηση του διαλύματος έναντι τυφλού στα 765 nm σε φασματοφωτομέτρο Shimadzu UV-1280 (Kioto, Japan). Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως ισοδύναμα γαλλικού οξέος (mg/100g επιδορπίου γιαουρτιού), με βάση την καμπύλη αναφοράς που κατασκευάστηκε για τα εύρη συγκεντρώσεων 10, 25, 50, 75, 100 mg/100g επιδορπίου γιαουρτιού.

Όλες οι αναλύσεις έγιναν εις τριπλούν.

4.6.4 Προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας δειγμάτων επιδορπίων γιαουρτιών με τη βοήθεια της ρίζας DPPH (DPPH radical scavenging activity, DPPH-RSA)

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, για τον προσδιορισμό της αντιοξειδωτικής ικανότητας των επιδορπίων γιαουρτιού, ήταν σύμφωνη με τους Karaaslan et al (2011) [184], με μικρές τροποποιήσεις.

Σε 0,1 mL μεθανολικού εκχυλίσματος προστέθηκαν 2,9 mL μεθανολικού δ/τος DPPH 0,1 mM. Μετά από παραμονή για 30 λεπτά σε σκοτεινό μέρος σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μετρήθηκε η απορρόφηση του διαλύματος έναντι τυφλού στα 517 nm σε φασματοφωτομέτρο Shimadzu UV-1280 (Kioto, Japan). Ο προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας έγινε από τον τύπο:

$$SCA\% = [(A_{CONTROL} - A_{SAMPLE}) / A_{CONTROL} * 100]$$

Όπου:

- $A_{CONTROL}$ = η απορρόφηση του μεθανολικού δ/τος DPPH 0,1 mM στα 517 nm
- A_{SAMPLE} = η απορρόφηση του μεθανολικού εκχυλίσματος των επιδορπίων γιαουρτιού στα 517 nm

Όλες οι αναλύσεις έγιναν εις τριπλούν.

4.6.5 Προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας δειγμάτων επιδορπίων γιαουρτιών με τη μέθοδο Ferric reducing / antioxidant power (FRAP)

Η αντιοξειδωτική ικανότητα που ανάγει τον σίδηρο (FRAP) αξιολογήθηκε σύμφωνα με την μέθοδο που περιγράφονται από τους Lucas et al (2006) [185]. Εν συντομία, 400 μ L μεθανολικού εκχυλίσματος αναμιχθηκαν με 3,6 mL φρέσκου αντιδραστηρίου TPTZ [2,4,6-τρι-(2-πυριδυλ-)-δ-τριαζίνη]. Αυτό το ρυθμιστικό παρασκευάστηκε με ανάμιξη 300 mmol/L ρυθμιστικού διαλύματος οξικού οξέος (pH 3,6), 8 mmol TPTZ σε 30 mmol/L HCl και 20 mmol/L $FeCl_3$ σε αναλογία 10:1:1. Το μίγμα επώαστηκε στους 37 ° C για 10 λεπτά και ακολούθησε σύντομη φυγοκέντρηση (3180 rpm για 2 λεπτά) και η μέτρηση της απορρόφησης έναντι τυφλού στα 593 nm σε φασματοφωτομέτρο Shimadzu UV-1280 (Kioto,

Japan). Τα αποτελέσματα υπολογίστηκαν με βάση την καμπύλη αναφοράς $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ που κατασκευάστηκε για τα εύρη συγκεντρώσεων 0,1-0,5 mmol Fe^{2+}/L . Όλες οι αναλύσεις έγιναν εις τριπλούν.

4.6.6 Προσδιορισμός οργανικών οξέων με Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης (HPLC)

Προσδιορίστηκαν τα οργανικά οξέα: μυρμηκικό, γαλακτικό και κιτρικό.

Ο προσδιορισμός των οργανικών οξέων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο των Mortera et al (2018) [186]. Αναμίχθηκαν 1 g επιδορπίου γιαουρτιού με 10 mL νερού υψηλής καθαρότητας. Κατόπιν ισχυρής ανάδευσης για 2 λεπτά έγινε φυγοκέντρηση στις 4800 rpm για 15 λεπτά στους 17° C σε φυγόκεντρο HERAEUS Biofuge Primo R, της εταιρίας ThermoFisher Scientific (USA). Συλλέχθηκε το υπερκείμενο και διηθήθηκε μέσω φίλτρου σύριγγας 0,45 μm (PVDF, Whatman).

Χρησιμοποιήθηκε χρωματογραφικό σύστημα HPLC (Agilent 1100 Series) και στήλη τύπου C-18 (Agilent Eclipse XDB, 5μm, 150x4,6mm) για το διαχωρισμό των ενώσεων.

Οι χρωματογραφικές συνθήκες ήταν οι ακόλουθες:

Κινητή φάση: Διάλυμα Na_3PO_4 0,02M με pH=2,8 (ρυθμίστηκε με H_3PO_4)

Ροή έκλουσης: 1,0 mL/min, σύστημα ισοκρατικό (διάρκεια 10min)

Μήκος κύματος: 210 nm (Ανιχνευτής UV)

Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg/100g επιδορπίου γιαουρτιού με βάση την καμπύλη αναφοράς που κατασκευάστηκε για τα οργανικά οξέα (μυρμηκικό, γαλακτικό, κιτρικό) με εύρος συγκεντρώσεων 10-700 mg/L. Όλες οι αναλύσεις έγιναν εις τριπλούν.

4.7 Προσδιορισμός μικροβιακής σύστασης

Τα δείγματα των επιδορπίων γιαουρτιού ομογενοποιήθηκαν σε συσκευή Stomacher 400 και στην συνέχεια χρησιμοποιώντας αποστειρωμένη σπάτουλα υπό ασηπτικές συνθήκες ζυγίστηκαν 10 g προϊόντος και μεταφέρθηκαν σε αποστειρωμένη σακούλα Stomacher, όπου προστέθηκαν 90 mL πεπτονούχου διαλύματος (Buffered Peptone Water της εταιρίας Merck, Darmstadt, Germany) και ομογενοποιήθηκαν εκ νέου. Στην συνέχεια έγινε η προετοιμασία των διαδοχικών δεκαδικών αραιώσεων σύμφωνα με το IDF standard 122 [187] και ακολούθησε ο ενοφθαλμισμός σε ειδικά υποστρώματα και η επώαση των τριβλύων ως ακολούθως:

1. *Lactobacillus bulgaricus* σε υπόστρωμα MRS_{5.4} Agar, pH 5,4, της εταιρίας Biolife (Milano, Italy) με την τεχνική ενσωμάτωσης και επώαση στους 37⁰ C για 72 ώρες, σύμφωνα με το IDF standard 117 [188].
2. *Streptococcus thermophilus* σε υπόστρωμα M-17 της εταιρίας Biolife (Milano, Italy) με την τεχνική ενσωμάτωσης και επώαση στους 43⁰ C για 72 ώρες, σύμφωνα με το IDF standard 117 [188].
3. Ζύμες και μύκητες σε υπόστρωμα YGC (Yeast Glucose Chloramphenicol) της εταιρίας Biolife (Milano, Italy) με την τεχνική ενσωμάτωσης και επώαση στους 25⁰ C για 5 ημέρες, σύμφωνα με το IDF standard 94 [189].
4. Εντεροβακτήρια σε υπόστρωμα VRBGA (Violet Red Bile Glucose Agar) της εταιρίας Biolife (Milano, Italy) με την τεχνική ενσωμάτωσης και επώαση στους 37⁰ C για 24 ώρες [190].
5. *Bifidobacterium* σε υπόστρωμα MRS της εταιρίας Biolife (Milano, Italy) εμπλουτισμένο με 5 ml διαλύματος CyHCl και 2,5 mL διαλύματος Murigocin με την τεχνική ενσωμάτωσης και επώαση στους 37⁰ C για 72 ώρες απουσία οξυγόνου.
6. *Lactobacillus acidophilus* σε υπόστρωμα MRS-IM της εταιρίας Biolife (Milano, Italy) εμπλουτισμένο με μαλτόζη, την τεχνική ενσωμάτωσης και επώαση στους 37⁰ C για 72 ώρες.

Τα τρυβλία που περιείχαν από 30 έως 300 αποικίες καταμετρήθηκαν και καταγράφηκαν ως colony forming units ανά g (cfu/g). Όλες οι αναλύσεις έγιναν εις τριπλούν.

4.8 Ρεολογικές ιδιότητες

4.8.1 Δυναμική δοκιμή ή δοκιμή ταλάντωσης

Για τη μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε ο δυναμικός μηχανικός αναλυτής Bohlin C-VOR 150 (Malvern Instruments Ltd, Worcestershire, UK) (Εικόνα 12). Στα δείγματα εφαρμόστηκε η δυναμική δοκιμή. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στους 5°C.



Εικόνα 12: Δυναμικός μηχανικός αναλυτής

Στη δοκιμή ταλάντωσης χρησιμοποιήθηκαν οι συνθήκες σάρωσης συχνότητας ταλάντωσης με ελεγχόμενη παραμόρφωση (frequency sweep-strain control). Η συχνότητα κυμαινόταν από 0,01-10Hz, ενώ οι μετρήσεις έγιναν υπό καθεστώς ελεγχόμενης παραμόρφωσης, ώστε να διασφαλίζεται ότι η δοκιμή θα πραγματοποιούνταν εντός της περιοχής της γραμμικής ελαστικότητας (καθορίστηκε με προκαταρκτικές δοκιμές). Η τιμή παραμόρφωσης των δειγμάτων ήταν $1,07 \times 10^{-5}$ Pa. Από την εφαρμογή της δοκιμής προσδιορίστηκαν οι συντελεστές ελαστικότητας (G') και ιξώδους (G'').

Ποσότητα δείγματος τοποθετήθηκε μεταξύ δύο πλακών, οι οποίες είχαν οδοντωτή (serrated) επιφάνεια για να αποφευχθούν φαινόμενα ολίσθησης. Η επάνω πλάκα μετακινήθηκε προς το δείγμα, ώστε να έρθει σε επαφή με αυτό. Η απόσταση μεταξύ των δύο πλακών ορίστηκε στα 2000 μm. Η περίσσεια του δείγματος αφαιρέθηκε με μία σπάτουλα και στη συνέχεια δόθηκε εντολή για την έναρξη της μέτρησης. Όλες οι αναλύσεις έγιναν εις τριπλούν.

4.8.2 Προσδιορισμός βαθμού συναίρεσης

Η συναίρεση των επιδορπίων γιαουρτιού στερεάς δομής (set) προσδιορίστηκε με την μέθοδο της στράγγισης [191], μετρώντας τον όγκο αλλά και ζυγίζοντας τον ορό μετά από τεμαχισμό και διήθηση 100 g δείγματος. Ο όγκος του δείγματος αρχικά τεμαχίστηκε σε τεταρτημόρια και ακολούθησε η διήθηση μέσω διηθητικού χαρτιού για 24 ώρες. Ο ορός συλλέχθηκε σε ογκομετρικό κύλινδρο και καταγράφηκε το βάρος του ορού στις 24 ώρες, από το οποίο προέκυψε η συναίρεση ως ποσοστό του επί τοις εκατό κατά βάρος (% w/w). Η μέτρηση της συναίρεσης πραγματοποιήθηκε την 1η και την 21η ημέρα μετά την παρασκευή των επιδορπίων γιαουρτιού. Όλες οι αναλύσεις έγιναν εις τριπλούν.

4.8.3 Προσδιορισμός της ικανότητας συγκράτησης νερού (Water Holding Capacity)

Ο προσδιορισμός της ικανότητας των επιδορπίων γιαουρτιού να συγκρατούν τον ορό τους (WHC) έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο των Akalin et al. (2012) [192]. Τοποθετήθηκαν 20 g από κάθε δείγμα σε προζυγισμένους δοκιμαστικούς σωλήνες και φυγοκεντρήθηκαν στις 6000 rpm για 10 min στους 20°C και ακολούθως ζυγίστηκε σε ζυγό ακριβείας ο όγκος (mL) του ορού. Η μέτρηση του WHC πραγματοποιήθηκε την 1η και την 21η ημέρα μετά την παρασκευή των επιδορπίων γιαουρτιού και ο υπολογισμός έγινε με βάση τη σχέση:

$$WHC = [100 * (\text{βάρος γιαουρτιού} - \text{βάρος ορού}) / \text{βάρος γιαουρτιού}]$$

και εκφράστηκε επί τοις % κ.β.

Όλες οι αναλύσεις έγιναν εις τριπλούν.

4.9 Ημι-ποσοτικός προσδιορισμός των πτητικών ενώσεων

Ο ημι-ποσοτικός προσδιορισμός των πτητικών συστατικών πραγματοποιήθηκε με την τεχνική SPME-GC/MS με τη χρήση ίνας SPME (solid phase micro – extraction) DVB/CAR/PDMS 50/30μm (Divinylbenzene/Carboxen/Polydimethylsiloxane) της εταιρίας Supelco, (Bellafonte, USA).

Για την ανάλυση των πτητικών συστατικών χρησιμοποιήθηκε αέριος χρωματογράφος Agilent 7890A συζευγμένος με φασματογράφο μάζας Agilent 5975C inert XL MSD (Wilmington, DE, USA). Η στήλη χρωματογραφίας ήταν DB-5MS, 60 m×0,32 mm×1μm (J & W Scientific, Folsom, USA).

Ο προσδιορισμός των πτητικών ενώσεων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με μικρές τροποποιήσεις της μεθόδου των Dan et al. 2017. Σε φιαλίδιο όγκου 20 mL τοποθετήθηκαν $5 \pm 0,01$ g δείγματος επιδορπίου γιαουρτιού και 10 μL εσωτερικού προτύπου (4-μέθυλ-2-πεντανόνη). Το φιαλίδιο κλείστηκε αεροστεγώς με πώμα από υλικό PTFE/silicone septum και τοποθετήθηκε σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 45°C για 15 λεπτά για να επιτευχθεί ισορροπία. Στη συνέχεια η ίνα DVB/CAR/PDMS 50/30μm (SPME) εκτέθηκε στον υπερκείμενο χώρο του δείγματος για 10 λεπτά με σκοπό τη συλλογή των πτητικών ενώσεων. Μετά το πέρας του χρόνου η ίνα τοποθετήθηκε στον εισαγωγέα του Αέριου Χρωματογράφου-Φασματογράφου Μαζών.

Οι παρακάτω αεριοχρωματογραφικές συνθήκες προέκυψαν έπειτα από δοκιμές βελτιστοποίησης και ήταν οι εξής:

Θερμοκρασία εισαγωγέα: 260°C

Split ratio: 2:1

Θερμοκρασιακό πρόγραμμα φούρνου: αρχική θερμοκρασία 40°C για 5min, αύξηση θερμοκρασίας στους 115°C με ρυθμό 10°C/min, περαιτέρω αύξηση θερμοκρασίας στους 270°C με ρυθμό 8°C/min όπου παραμένει για 2 min.

Θερμοκρασία γραμμής μεταφοράς: 260°C

Θερμοκρασία θαλάμου ιονισμού: 230°C

Θερμοκρασία τετράπολου: 150°C

Εύρος σάρωσης μαζών (m/z): 35-350

Όλες οι μετρήσεις έγιναν εις τριπλούν.

Η ταυτοποίηση των ενώσεων έγινε:

1. με χρήση της βιβλιοθήκης μαζών Wiley7-Nist05 και
2. με προσδιορισμό των σχετικών δεικτών κατακράτησης (RI) των πτητικών συστατικών.

Ο τελευταίος έγινε με τη χρήση προτύπου μείγματος αλκανίων (C8-C20) (Fluka, Buchs, Switzerland).

4.10 Οργανοληπτικός έλεγχος αποδοχής

Τα χαρακτηριστικά των επιδορπίων γιαουρτιού αξιολογήθηκαν από 51 μη εκπαιδευμένους δοκιμαστές γιαουρτιού, αποτελούμενους από μεταπτυχιακούς φοιτητές και καθηγητές του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων (ηλικιακό εύρος 25-60). Ο οργανοληπτικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε σε μεμονωμένους θαλάμους υπό ελεγχόμενες συνθήκες φωτός, θερμοκρασίας και υγρασίας. Ζητήθηκε από τους δοκιμαστές να βαθμολογήσουν το χρώμα, την οσμή, τη γεύση και την υφή των επιδορπίων γιαουρτιού χρησιμοποιώντας μια κλίμακα αποδοχής 1-5 σύμφωνα με την IDF. Από τις βαθμολογίες αυτές προέκυψε ο συνολικός βαθμός του κάθε δείγματος. Το 5 αντιστοιχεί στην βέλτιστη βαθμολογία ενώ το 1 στην χειρίστη. Το 3 λήφθηκε ως το κατώτερο όριο αποδοχής. Κάθε δοκιμαστής αξιολόγησε περίπου 5 g από κάθε δείγμα το οποίο βρισκόταν σε θερμοκρασία 4° C και ξέπλενε το στόμα του με μεταλλικό νερό μετά την αξιολόγηση. Στους αξιολογητές δόθηκαν πολύ λίγες πληροφορίες σχετικά με τη διαδικασία παραγωγής επιδορπίων γιαουρτιού (πρόσθετα γεύσης ή προσθήκη προβιοτικών).

4.11 Στατιστική ανάλυση

Στα στοιχεία του πειράματος εφαρμόστηκε η ANOVA τεσσάρων παραγόντων. Στην περίπτωση της παραμέτρου 'χρόνος' εφαρμόστηκε ANOVA πέντε παραγόντων. Εκτός από τα αποτελέσματα των πτητικών όπου έγινε ONE WAY ANOVA.

Στις περιπτώσεις όπου τα αποτελέσματα της ANOVA εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές των μελετούμενων παραγόντων, εφαρμόστηκε ο έλεγχος των πολλαπλών συγκρίσεων της δοκιμής του Tukey, ώστε να εντοπιστούν αυτές οι διαφορές. Επιπλέον, διερευνήθηκε η ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών με δημιουργία των main effects plots. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με την χρήση του προγράμματος Minitab 18.

5. Αποτελέσματα και συζήτηση

5.1 Φυσικοχημική σύσταση αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού

Στους Πίνακες 6-10 καταγράφονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις του pH, του λίπους, των ολικών στερεών, της λακτόζης και της πρωτεΐνης όλων των παραχθέντων επιδορπίων γιαουρτιού από αγελαδινό και γίδινο γάλα. Στα αποτελέσματα εφαρμόστηκε η ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA). Για τις περιπτώσεις όπου εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, εφαρμόστηκε ο έλεγχος των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey. Τα στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα ($p < 0,05$) αποτυπώνονται στις Εικόνες 12-16.

Πίνακας 6: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση του pH αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού.

		M	C	A	M+P	C+P	A+P
Αγελαδινά Ημέρες							
PL	1^η	4,44±0,01	4,36±0,01	4,34±0,02	4,40±0,01	4,36±0,01	4,28±0,01
	21^η	4,36±0,01	4,28±0,01	4,23±0,02	4,31±0,01	4,22±0,02	4,16±0,01
VAN	1^η	4,44±0,01	4,38±0,01	4,36±0,04	4,39±0,01	4,36±0,01	4,29±0,01
	21^η	4,37±0,01	4,30±0,01	4,24±0,02	4,30±0,01	4,20±0,03	4,16±0,01
LEM	1^η	4,42±0,01	4,40±0,01	4,36±0,01	4,36±0,01	4,33±0,03	4,29±0,01
	21^η	4,34±0,01	4,31±0,01	4,23±0,03	4,28±0,01	4,20±0,00	4,16±0,01
ORA	1^η	4,42±0,01	4,39±0,01	4,37±0,01	4,35±0,01	4,30±0,04	4,26±0,02
	21^η	4,32±0,01	4,30±0,01	4,23±0,04	4,28±0,01	4,24±0,02	4,16±0,01
MAS	1^η	4,40±0,01	4,36±0,01	4,34±0,02	4,38±0,01	4,31±0,01	4,26±0,02
	21^η	4,28±0,02	4,26±0,02	4,19±0,01	4,27±0,02	4,25±0,02	4,15±0,01
Γίδινα Ημέρες							
PL	1^η	4,37±0,01	4,32±0,03	4,28±0,01	4,31±0,01	4,25±0,01	4,18±0,01
	21^η	4,29±0,01	4,26±0,01	4,24±0,01	4,24±0,01	4,21±0,01	4,12±0,04
VAN	1^η	4,38±0,02	4,34±0,03	4,29±0,01	4,33±0,01	4,27±0,02	4,18±0,01
	21^η	4,32±0,01	4,26±0,01	4,23±0,01	4,28±0,01	4,21±0,01	4,01±0,05
LEM	1^η	4,37±0,01	4,34±0,01	4,30±0,01	4,31±0,03	4,28±0,03	4,17±0,01
	21^η	4,29±0,01	4,23±0,02	4,18±0,01	4,28±0,01	4,21±0,01	3,99±0,01
ORA	1^η	4,38±0,01	4,32±0,01	4,27±0,01	4,33±0,04	4,26±0,01	4,17±0,01
	21^η	4,30±0,01	4,22±0,03	4,21±0,01	4,28±0,01	4,16±0,01	4,02±0,04
MAS	1^η	4,38±0,01	4,33±0,01	4,28±0,01	4,36±0,03	4,29±0,01	4,17±0,02
	21^η	4,29±0,01	4,20±0,02	4,15±0,04	4,26±0,01	4,16±0,01	3,99±0,01

M: Γλυκιά (Mild), **C:** Κλασική (Classic), **A:** Όξινη (Acidic), **P:** Προβιοτικά (Probiotic), **PL:** Χωρίς πρόσθετα γεύσης (Plain), **VAN:** Βανίλια (Vanilla), **LEM:** Έλαιο Λεμονιού (Lemon), **ORA:** Έλαιο Πορτοκαλιού (Orange), **MAS:** Έλαιο Μαστίχας (Mastic).

Πίνακας 7: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση του λίπους αγελαδινών και γίδινων επιδερμίων γιαουρτιού.

		M	C	A	M+P	C+P	A+P
Αγελαδινά		Λίπος (%)					
PL	1^η	3,92±0,09	3,94±0,12	3,91±0,03	3,92±0,05	3,90±0,07	3,91±0,09
	21^η	3,84±0,07	3,96±0,08	3,93±0,09	3,90±0,07	3,91±0,02	3,90±0,07
VAN	1^η	3,91±0,08	3,97±0,06	3,95±0,04	3,89±0,04	3,88±0,09	3,96±0,06
	21^η	3,85±0,05	3,88±0,05	3,91±0,07	3,94±0,02	3,91±0,07	3,92±0,03
LEM	1^η	3,93±0,09	3,89±0,07	3,88±0,04	3,93±0,01	3,89±0,01	3,95±0,04
	21^η	3,94±0,06	3,95±0,08	3,86±0,08	3,88±0,04	3,93±0,04	3,88±0,05
ORA	1^η	3,92±0,05	3,91±0,08	3,89±0,07	3,87±0,08	3,93±0,08	3,92±0,08
	21^η	3,93±0,04	3,88±0,10	3,93±0,04	3,93±0,09	3,90±0,09	3,91±0,03
MAS	1^η	3,86±0,01	3,93±0,09	3,91±0,08	3,91±0,07	3,95±0,04	3,88±0,04
	21^η	3,93±0,05	3,93±0,08	3,94±0,09	3,92±0,04	3,95±0,04	3,89±0,07
Γίδινα		Λίπος (%)					
PL	1^η	4,72±0,03	4,69±0,05	4,70±0,04	4,75±0,07	4,75±0,07	4,75±0,07
	21^η	4,73±0,04	4,70±0,02	4,67±0,08	4,70±0,05	4,75±0,07	4,75±0,03
VAN	1^η	4,73±0,04	4,68±0,07	4,75±0,07	4,68±0,04	4,68±0,08	4,73±0,07
	21^η	4,70±0,02	4,70±0,00	4,70±0,01	4,68±0,03	4,75±0,07	4,72±0,03
LEM	1^η	4,73±0,04	4,73±0,04	4,75±0,07	4,70±0,00	4,73±0,08	4,67±0,09
	21^η	4,75±0,07	4,70±0,04	4,70±0,05	4,75±0,07	4,75±0,07	4,75±0,04
ORA	1^η	4,68±0,03	4,75±0,07	4,69±0,01	4,70±0,00	4,70±0,02	4,69±0,01
	21^η	4,75±0,07	4,70±0,02	4,70±0,00	4,73±0,04	4,75±0,07	4,76±0,07
MAS	1^η	4,68±0,01	4,73±0,04	4,67±0,08	4,75±0,07	4,70±0,00	4,74±0,09
	21^η	4,75±0,07	4,70±0,03	4,75±0,07	4,68±0,01	4,69±0,04	4,71±0,08

M: Γλυκιά (Mild), **C:** Κλασική (Classic), **A:** Όξινη (Acidic), **P:** Προβιοτικά (Probiotic), **PL:** Χωρίς πρόσθετα γεύσης (Plain), **VAN:** Βανίλια (Vanilla), **LEM:** Έλαιο Λεμονιού (Lemon), **ORA:** Έλαιο Πορτοκαλιού (Orange), **MAS:** Έλαιο Μαστίχας (Mastic)

Πίνακας 8: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση των ολικών στερεών αγελαδινών και γίδινων επιδορπιών γιαουρτιού.

Αγελαδινά	Μ	C	A	M+P	C+P	A+P			
							Ημέρες	Στερεά (%)	
PL	1 ^η	14,25±0,06	14,19±0,07	14,18±0,08	14,23±0,05	14,22±0,04	14,18±0,04		
	21 ^η	14,18±0,06	14,19±0,03	14,25±0,03	14,25±0,08	14,26±0,09	14,20±0,06		
	1 ^η	14,19±0,02	14,22±0,05	14,19±0,05	14,26±0,03	14,20±0,01	14,23±0,09		
	21 ^η	14,25±0,02	14,26±0,06	14,23±0,02	14,24±0,02	14,23±0,07	14,21±0,05		
	1 ^η	14,22±0,04	14,20±0,04	14,21±0,07	14,19±0,04	14,18±0,01	14,19±0,06		
VAN	21 ^η	14,18±0,05	14,21±0,02	14,24±0,06	14,22±0,01	14,21±0,02	14,24±0,01		
	1 ^η	14,19±0,05	14,23±0,04	14,25±0,07	14,24±0,06	14,21±0,02	14,25±0,04		
	21 ^η	14,25±0,01	14,25±0,05	14,18±0,06	14,22±0,04	14,21±0,08	14,20±0,01		
	1 ^η	14,21±0,09	14,21±0,07	14,20±0,06	14,24±0,05	14,26±0,09	14,19±0,08		
	21 ^η	14,19±0,03	14,24±0,02	14,21±0,01	14,18±0,08	14,17±0,06	14,18±0,07		
Γίδινα	Ημέρες	Στερεά (%)							
		PL	1 ^η	14,92±0,04	14,93±0,04	14,91±0,06	14,93±0,05	14,89±0,01	14,92±0,02
		21 ^η	14,87±0,04	14,92±0,03	14,96±0,06	14,96±0,08	14,87±0,06	14,88±0,03	
		VAN	1 ^η	14,93±0,05	14,92±0,03	14,87±0,07	14,88±0,06	14,92±0,02	14,87±0,07
		21 ^η	14,88±0,03	14,92±0,03	14,95±0,07	14,88±0,04	14,91±0,06	14,87±0,06	
LEM	1 ^η	14,88±0,05	14,88±0,08	14,88±0,05	14,90±0,04	14,86±0,02	14,87±0,01		
21 ^η	14,90±0,06	14,90±0,00	14,91±0,08	14,89±0,05	14,87±0,09	14,93±0,08			
ORA	1 ^η	14,91±0,04	14,92±0,04	14,91±0,05	14,91±0,04	14,91±0,08	14,88±0,08		
21 ^η	14,92±0,02	14,94±0,02	14,95±0,07	14,92±0,04	14,90±0,08	14,89±0,06			
MAS	1 ^η	14,91±0,06	14,92±0,06	14,91±0,04	14,90±0,04	14,88±0,04	14,87±0,03		
21 ^η	14,87±0,06	14,90±0,04	14,87±0,08	14,92±0,06	14,88±0,05	14,90±0,05			

M: Γλυκιά (Mild), C: Κλασική (Classic), A: Όξινη (Acidic), P: Προβιοτικά (Probiotic), PL:Χωρίς πρόσθετα γεύσης (Plain), VAN: Βανίλια (Vanilla), LEM: Έλαιο Λεμονιού (Lemon), ORA:Έλαιο Πορτοκαλιού (Orange), MAS: Έλαιο Μαστίχας (Mastic)

Πίνακας 9: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση της λακτόζης αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού.

		M		C		A		M+P		C+P		A+P	
Αγελαδινά	Ημέρες	Λακτόζη (%)											
PL	1 ^η	6,14±0,08	5,92±0,04	5,88±0,06	5,93±0,02	5,79±0,02	5,65±0,01	5,79±0,02	5,79±0,02	5,79±0,02	5,79±0,02	5,79±0,02	5,65±0,01
	21 ^η	5,99±0,01	5,95±0,02	5,71±0,02	5,81±0,01	5,75±0,03	5,71±0,02	5,71±0,02	5,75±0,03	5,75±0,03	5,75±0,03	5,75±0,03	5,71±0,02
VAN	1 ^η	6,13±0,02	5,92±0,04	5,83±0,04	5,91±0,01	5,82±0,01	5,64±0,01	5,82±0,01	5,91±0,01	5,82±0,01	5,82±0,01	5,82±0,01	5,64±0,01
	21 ^η	6,01±0,01	5,94±0,06	5,85±0,02	5,77±0,02	5,71±0,02	5,70±0,04	5,71±0,02	5,77±0,02	5,71±0,02	5,71±0,02	5,71±0,02	5,70±0,04
LEM	1 ^η	6,13±0,00	5,94±0,01	5,90±0,00	5,93±0,02	5,79±0,01	5,63±0,03	5,79±0,01	5,93±0,02	5,79±0,01	5,79±0,01	5,79±0,01	5,63±0,03
	21 ^η	5,99±0,01	5,98±0,02	5,76±0,04	5,85±0,01	5,71±0,04	5,71±0,01	5,71±0,04	5,85±0,01	5,71±0,04	5,71±0,04	5,71±0,04	5,71±0,01
ORA	1 ^η	6,08±0,04	5,97±0,02	5,94±0,02	5,90±0,01	5,79±0,01	5,65±0,04	5,79±0,01	5,90±0,01	5,79±0,01	5,79±0,01	5,79±0,01	5,65±0,04
	21 ^η	5,97±0,04	5,97±0,01	5,79±0,03	5,84±0,01	5,66±0,04	5,66±0,01	5,66±0,04	5,84±0,01	5,66±0,04	5,66±0,04	5,66±0,04	5,66±0,01
MAS	1 ^η	6,13±0,01	5,95±0,04	5,93±0,01	5,96±0,01	5,79±0,01	5,65±0,01	5,79±0,01	5,96±0,01	5,79±0,01	5,79±0,01	5,79±0,01	5,65±0,01
	21 ^η	6,01±0,01	5,87±0,01	5,71±0,04	5,96±0,04	5,79±0,02	5,64±0,01	5,79±0,02	5,96±0,04	5,79±0,02	5,79±0,02	5,79±0,02	5,64±0,01
Γίδια	Ημέρες	Λακτόζη (%)											
PL	1 ^η	5,92±0,04	5,62±0,02	5,36±0,01	5,54±0,02	5,19±0,02	5,14±0,02	5,19±0,02	5,54±0,02	5,19±0,02	5,19±0,02	5,19±0,02	5,14±0,02
	21 ^η	5,60±0,01	5,37±0,01	5,27±0,03	5,38±0,04	5,25±0,05	5,24±0,02	5,25±0,05	5,38±0,04	5,25±0,05	5,25±0,05	5,25±0,05	5,24±0,02
VAN	1 ^η	5,86±0,04	5,61±0,02	5,20±0,02	5,50±0,03	5,34±0,02	5,20±0,02	5,34±0,02	5,50±0,03	5,34±0,02	5,34±0,02	5,34±0,02	5,20±0,02
	21 ^η	5,63±0,04	5,37±0,01	5,34±0,06	5,37±0,04	5,29±0,01	5,22±0,02	5,29±0,01	5,37±0,04	5,29±0,01	5,29±0,01	5,29±0,01	5,22±0,02
LEM	1 ^η	5,85±0,03	5,51±0,01	5,20±0,04	5,62±0,02	5,36±0,01	5,14±0,02	5,36±0,01	5,62±0,02	5,36±0,01	5,36±0,01	5,36±0,01	5,14±0,02
	21 ^η	5,58±0,04	5,38±0,01	5,36±0,06	5,51±0,10	5,28±0,04	5,23±0,01	5,28±0,04	5,51±0,10	5,28±0,04	5,28±0,04	5,28±0,04	5,23±0,01
ORA	1 ^η	5,86±0,06	5,48±0,04	5,35±0,01	5,64±0,01	5,20±0,02	5,12±0,03	5,20±0,02	5,64±0,01	5,20±0,02	5,20±0,02	5,20±0,02	5,12±0,03
	21 ^η	5,58±0,03	5,39±0,04	5,34±0,02	5,42±0,04	5,28±0,04	5,22±0,02	5,28±0,04	5,42±0,04	5,28±0,04	5,28±0,04	5,28±0,04	5,22±0,02
MAS	1 ^η	5,84±0,06	5,48±0,04	5,28±0,00	5,61±0,01	5,36±0,01	5,21±0,01	5,36±0,01	5,61±0,01	5,36±0,01	5,36±0,01	5,36±0,01	5,21±0,01
	21 ^η	5,58±0,03	5,38±0,04	5,17±0,04	5,41±0,02	5,32±0,01	5,10±0,02	5,32±0,01	5,41±0,02	5,32±0,01	5,32±0,01	5,32±0,01	5,10±0,02

M: Γλυκιά (Mild), C: Κλασική (Classic), A: Όξινη (Acidic), P: Προβιοτικά (Probiotic), PL:Χωρίς πρόσθετα γεύσης (Plain), VAN: Βανίλια (Vanilla), LEM: Έλαιο Λεμονιού (Lemon), ORA: Έλαιο Πορτοκαλιού (Orange), MAS: Έλαιο Μαστίχας (Mastic).

Πίνακας 10: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση της πρωτεΐνης αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού.

		M		C		A		M+P		C+P		A+P	
Αγελαδινά	Ημέρες	Πρωτεΐνη (%)											
PL	1 ^η	3,83±0,01	3,82±0,04	3,77±0,08	3,79±0,02	3,80±0,03	3,83±0,01	3,84±0,01	3,79±0,02	3,80±0,03	3,83±0,01	3,84±0,01	3,83±0,01
	21 ^η	3,84±0,02	3,79±0,04	3,82±0,03	3,84±0,01	3,84±0,06	3,84±0,01	3,82±0,05	3,84±0,01	3,84±0,06	3,80±0,04	3,84±0,01	3,80±0,04
VAN	1 ^η	3,86±0,08	3,83±0,06	3,83±0,05	3,82±0,05	3,78±0,05	3,83±0,05	3,82±0,05	3,82±0,05	3,78±0,05	3,78±0,05	3,82±0,05	3,78±0,05
	21 ^η	3,84±0,03	3,79±0,08	3,85±0,01	3,78±0,03	3,81±0,04	3,85±0,01	3,78±0,03	3,78±0,03	3,81±0,04	3,83±0,04	3,81±0,04	3,83±0,04
LEM	1 ^η	3,83±0,03	3,82±0,03	3,81±0,02	3,79±0,01	3,77±0,09	3,81±0,02	3,79±0,01	3,79±0,01	3,77±0,09	3,84±0,08	3,84±0,01	3,84±0,08
	21 ^η	3,79±0,02	3,79±0,02	3,84±0,02	3,84±0,02	3,78±0,04	3,84±0,02	3,84±0,02	3,84±0,02	3,78±0,04	3,81±0,02	3,84±0,02	3,81±0,02
ORA	1 ^η	3,78±0,08	3,83±0,09	3,81±0,01	3,84±0,05	3,78±0,01	3,81±0,01	3,84±0,05	3,84±0,05	3,78±0,01	3,82±0,02	3,84±0,05	3,82±0,02
	21 ^η	3,79±0,05	3,81±0,02	3,81±0,04	3,78±0,08	3,82±0,04	3,81±0,04	3,78±0,08	3,78±0,08	3,82±0,04	3,80±0,01	3,82±0,04	3,80±0,01
MAS	1 ^η	3,81±0,06	3,78±0,03	3,83±0,04	3,83±0,03	3,81±0,01	3,83±0,04	3,83±0,03	3,83±0,03	3,81±0,01	3,81±0,06	3,81±0,01	3,81±0,06
	21 ^η	3,79±0,07	3,81±0,01	3,78±0,08	3,85±0,02	3,84±0,03	3,78±0,08	3,85±0,02	3,85±0,02	3,84±0,03	3,81±0,06	3,84±0,03	3,81±0,06
Γίδια	Ημέρες	Πρωτεΐνη (%)											
PL	1 ^η	4,06±0,08	4,04±0,00	4,07±0,05	4,01±0,01	4,02±0,03	4,04±0,00	4,01±0,01	4,01±0,01	4,02±0,03	4,01±0,01	4,02±0,03	4,01±0,01
	21 ^η	4,04±0,02	4,07±0,02	4,00±0,03	4,04±0,04	4,06±0,06	4,00±0,03	4,04±0,04	4,04±0,04	4,06±0,06	4,03±0,04	4,06±0,06	4,03±0,04
VAN	1 ^η	4,01±0,04	4,04±0,00	4,03±0,01	4,01±0,02	4,01±0,02	4,03±0,01	4,01±0,02	4,01±0,02	4,01±0,02	4,03±0,01	4,01±0,02	4,03±0,01
	21 ^η	4,09±0,01	4,02±0,04	4,00±0,01	4,03±0,04	4,05±0,04	4,00±0,01	4,03±0,04	4,03±0,04	4,05±0,04	4,06±0,04	4,03±0,04	4,06±0,04
LEM	1 ^η	4,06±0,03	4,07±0,02	4,04±0,03	4,06±0,05	4,00±0,01	4,04±0,03	4,06±0,05	4,06±0,05	4,00±0,01	4,00±0,01	4,00±0,01	4,00±0,01
	21 ^η	4,02±0,01	4,02±0,05	4,06±0,06	4,00±0,01	4,02±0,01	4,06±0,06	4,00±0,01	4,00±0,01	4,02±0,01	4,05±0,05	4,02±0,01	4,05±0,05
ORA	1 ^η	4,04±0,04	4,05±0,04	4,06±0,06	4,08±0,01	4,06±0,03	4,06±0,06	4,08±0,01	4,08±0,01	4,06±0,03	4,07±0,04	4,06±0,03	4,07±0,04
	21 ^η	4,02±0,02	4,07±0,04	4,00±0,01	4,01±0,01	4,03±0,05	4,00±0,01	4,01±0,01	4,01±0,01	4,03±0,05	4,01±0,01	4,03±0,05	4,01±0,01
MAS	1 ^η	4,06±0,06	4,02±0,02	4,03±0,04	4,00±0,02	4,06±0,03	4,03±0,04	4,00±0,02	4,00±0,02	4,06±0,03	4,03±0,03	4,06±0,03	4,03±0,03
	21 ^η	4,07±0,07	4,03±0,01	4,07±0,02	4,01±0,03	4,07±0,07	4,07±0,02	4,01±0,03	4,01±0,03	4,07±0,07	4,07±0,07	4,07±0,07	4,07±0,07

M: Γλυκιά (Mild), C: Κλασική (Classic), A: Όξινη (Acidic), P: Προβιοτικά (Probiotic), PL:Χωρίς πρόσθετα γεύσης (Plain), VAN: Βανίλια (Vanilla), LEM: Έλαιο Λεμονιού (Lemon), ORA: Έλαιο Πορτοκαλιού (Orange), MAS: Έλαιο Μαστίχας (Mastic).

5.1.1 pH

Ειδικότερα, το pH στα δείγματα αγελαδινών επιδορπίων την 1^η ημέρα παρασκευής τους, κυμάνθηκε από 4,26 στα δείγματα A+P/ MAS και A+P/ORΑ έως 4,44 στα δείγματα Μ και ΜVΑη ενώ στα 21^{ης} ημέρας από 4,15 στο δείγμα A+P/MAS έως 4,37 στο δείγμα Μ/VAN. Αντίστοιχα στα δείγματα γίδινων επιδορπίων την 1^η ημέρα παρασκευής τους, παρατηρήθηκε η ελάχιστη τιμή 4,17 στα δείγματα A+P/LEM, A+P/ORΑ και A+P/MAS και η μέγιστη τιμή 4,38 στα δείγματα Μ/VAN, Μ/ORΑ, Μ/MAS, ενώ στα 21^{ης} ημέρας παρατηρήθηκε ελάχιστη τιμή 3,99 στα δείγματα A+P/LEM και A+P/MAS και μέγιστη τιμή 4,32 στο δείγμα Μ/VAN.

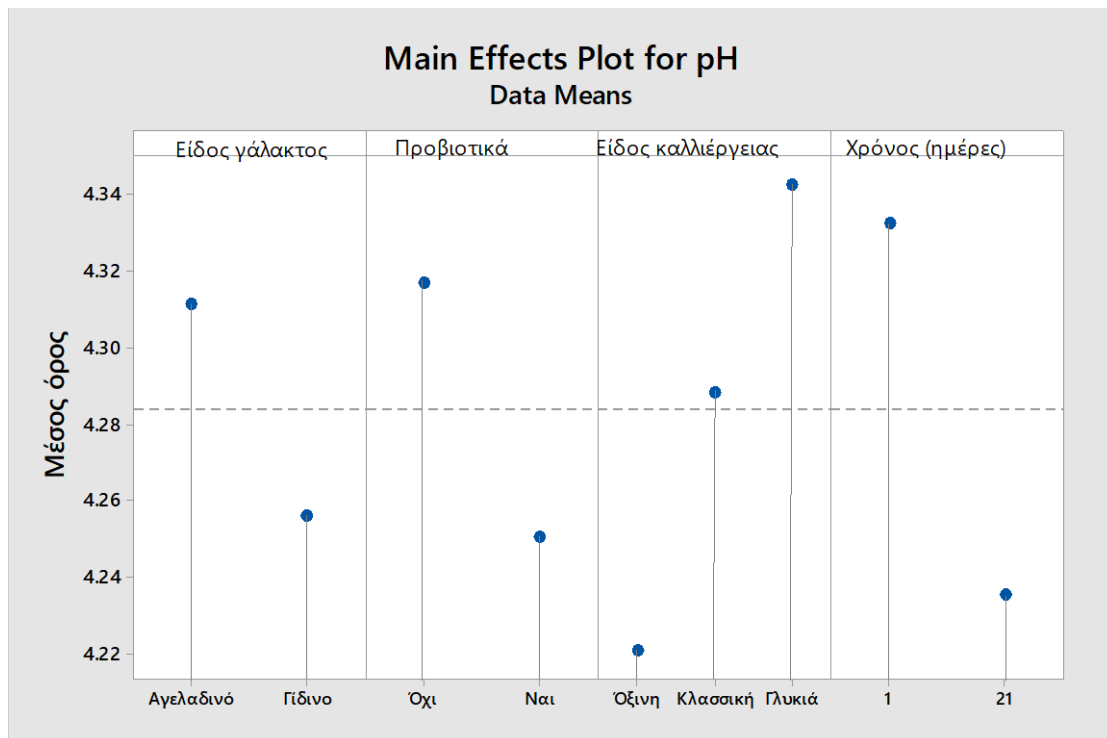
Όσον αφορά τη χρήση διαφορετικών καλλιεργειών, το pH όλων των δειγμάτων μειώθηκε με την εξής σειρά: Μ>C>Α για τα δείγματα χωρίς προβιοτικά και αντίστοιχα για τα δείγματα με προβιοτικά Μ+P>C+P>Α+P. Το ίδιο μοτίβο παρατηρήθηκε και σε όλα τα δείγματα με πρόσθετα γεύσης. Έτσι, φαίνεται ότι η χρήση συγκεκριμένων καλλιεργειών (έναρξης και προβιοτικών) ενίσχυσε την οξίνιση του προϊόντος. Το pH δεν επηρεάστηκε ($p>0,05$) με τη χρήση πρόσθετων γεύσης. Όσον αφορά τα αγελαδινά δείγματα, καταγράφηκαν παρόμοιες τιμές pH από τον Sah και τους συνεργάτες του (2016) [193] οι οποίοι μελέτησαν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά γιαουρτιών με προβιοτικά εμπλουτισμένα με σκόνη φλούδας ανανά πλούσια σε φυτικές ίνες κατά τη διάρκεια συντήρησής τους. Για τα γίδινα δείγματα παρόμοιες τιμές pH καταγράφηκαν και από τους Kaminarides & Anifantakis (2004) οι οποίοι μελέτησαν τα χαρακτηριστικά συνεκτικών (set) γιαουρτιών από γίδινο και πρόβειο γάλα και μίγμα αυτών [194] αλλά και από τους Erkaya & Şengül (2011) κατά την σύγκριση των φυσικοχημικών παραμέτρων γιαουρτιών από διαφορετικούς τύπους γάλακτος (αγελαδινού, βουβαλίσσιου, πρόβειου και γίδινου) [195] καθώς και από τους De Santis et al.,(2019) οι οποίοι ασχολήθηκαν με τη βελτίωση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών γίδινων γιαουρτιών [196].

Γενικά, παρατηρήθηκε μείωση του pH σε όλα τα δείγματα από την 1^η ημέρα παρασκευής τους έως την 21^η ημέρα συντήρησής τους με στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p<0,05$) για το αντίστοιχο χρονικό διάστημα. Η ελάττωση του pH οφείλεται στη γαλακτική ζύμωση που λαμβάνει χώρα. Παρόμοια συμπεριφορά παρατηρήθηκε από τους Tomovska et al.,(2016) οι οποίοι

μελέτησαν το pH, την ογκομετρούμενη οξύτητα και αντιοξειδωτική ικανότητα σε προϊόντα από αγελαδινό γάλα που έχει υποστεί ζύμωση [197] και από τους El-Sayed et al., (2002) οι οποίοι χρησιμοποίησαν κόμμι ξανθάνης στην παραγωγή αγελαδινού γιαουρτιού και γιαουρτιού σόγιας [198]. Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και από την Θεοδώρου (2015), η οποία μελέτησε την επίδραση διαφόρων τεχνολογικών παραμέτρων στα χαρακτηριστικά προϊόντων τύπου γιαούρτης από γίδινο γάλα [199] καθώς και από την da Silva (2015) η οποία μελέτησε την επίδραση της προσθήκης υδατοδιαλυτού εκχυλίσματος σόγιας και προβιοτικής καλλιέργειας στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και στην συγκέντρωση φολικού οξέος γίδινων γιαουρτιών [200].

Στην Εικόνα 13 φαίνεται η επίδραση του είδους γάλακτος, της χρήσης προβιοτικών, του είδους της καλλιέργειας εκκίνησης και του χρόνου αποθήκευσης στο pH των επιδορπίων γιαουρτιού. Όσον αφορά τον τύπο του γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε για τη παρασκευή των επιδορπίων, από τα αποτελέσματα της ANOVA και της δοκιμής Tukey φαίνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$) μεταξύ των τιμών του pH στα επιδόρπια γιαουρτιού από τα δύο είδη γάλακτος. Τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα εμφανίζουν ελαφρώς μεγαλύτερες τιμές pH ($< 0,1$). Η χρήση διαφόρων τύπων γάλακτος μπορεί να επηρεάσει το ρυθμό οξίνισης διαφορετικών οξυγαλακτικών βακτηρίων, με αποτέλεσμα ορισμένα να είναι πιο δραστικά στο αγελαδινό γάλα και άλλα στο γίδινο γάλα [201]. Για παράδειγμα, στο γίδινο γάλα, [28] ο *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* εμφανίζει αυξημένη ανάπτυξη, δραστικότητα πεπτιδασών και προκαλεί πιο έντονη οξύτητα.

Όσον αφορά τη χρήση προβιοτικών, από τα αποτελέσματα της δοκιμής Tukey παρατηρείται ότι τα επιδόρπια γιαουρτιού στα οποία προστέθηκαν προβιοτικά εμφανίζουν στατιστικά σημαντικά μικρότερη ($p < 0,05$) τιμή pH σε σχέση με τα επιδόρπια γιαουρτιού στα οποία δεν προστέθηκαν προβιοτικά. Τα αποτελέσματα αυτά είναι ανάλογα με προηγούμενη εργασία, σύμφωνα με την οποία, η παρατηρούμενη διαφορά στην οξύτητα των επιδορπίων, οφείλεται πιθανότατα στη μεγαλύτερη δραστικότητα των καλλιεργειών εκκίνησης, κάτι το οποίο μπορεί να οφείλεται στην παρουσία προβιοτικών βακτηρίων [202]. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το είδος της καλλιέργειας εκκίνησης που χρησιμοποιήθηκε επηρεάζει τη τιμή του pH του επιδορπίου. Η διαφορά αυτή οφείλεται στη διαφορετική αναλογία των δυο μικροοργανισμών στην αρχική καλλιέργεια που χρησιμοποιήθηκε.



Εικόνα 13: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών, (γ) του είδους της καλλιέργειας εκκίνησης και (δ) του χρόνου αποθήκευσης στο pH των επιδορπίων γιαουρτιού.

5.1.2 Λίπος

Στα αγελαδινά επιδόρπια γιαουρτιού το λίπος την 1^η ημέρα παρασκευής τους κυμάνθηκε από 3,86% στο δείγμα M/MAS έως 3,97% στο δείγμα C/VAN, ενώ στα 21^{ης} ημέρας κυμάνθηκε από 3,84% στο δείγμα M έως 3,96% στο δείγμα C. Αντίστοιχες τιμές καταγράφηκαν και σε προηγούμενες εργασίες κατά την σύγκριση των φυσικοχημικών παραμέτρων γιαουρτιών από διαφορετικούς τύπους γάλακτος (αγελαδινού, βουβαλίσσιου, πρόβειου και γίδινου) [21,195].

Στα γίδινα επιδόρπια γιαουρτιού παρατηρήθηκαν την 1^η ημέρα παρασκευής τους η χαμηλότερη τιμή 4,67% στα δείγματα A+P/LEM και A/MAS ενώ η υψηλότερη τιμή 4,75% σε αρκετά δείγματα. Όσον αφορά τα 21^{ης} ημέρας παρατηρήθηκε ελάχιστη τιμή πάλι 4,67% αλλά στο δείγμα A και μέγιστη τιμή 4,76% στο δείγμα A+P/ORΑ. Αντίστοιχες τιμές καταγράφηκαν και από άλλες ερευνητικές ομάδες οι οποίες μελέτησαν τα φυσικοχημικά, μικροβιολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά γίδινων γιαουρτιών [194,195,203].

Η περιεκτικότητα σε λιπαρά τόσο στο γιαούρτι με αγελαδινό όσο και σε κατσικίσιο επιδόρπιο δεν διέφερε σημαντικά ($p>0,05$) με την καλλιέργεια εκκίνησης ή προβιοτικών, τα πρόσθετα γεύσης και τον χρόνο αποθήκευσης. Παρόμοιες τιμές % λίπους καταγράφηκαν από τους Erkaya και Seengul (2011) [195] οι οποίοι συνέκριναν τις φυσικοχημικές παραμέτρους των γιαουρτιών που παρασκευάζονται από διαφορετικούς τύπους γάλακτος (αγελαδινό, βουβαλίσιο, πρόβειο και κατσικίσιο) καθώς και από τους Tamime και Robinson (2007) [27]. Τα βιβλιογραφικά δεδομένα σχετικά με το λίπος (%) συμφωνούν με αυτά για τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό και γίδινο γάλα της παρούσας μελέτης [194,195,204]. Όσον αφορά την παράμετρο που επηρεάζει την περιεκτικότητα σε λιπαρά από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι είναι μόνο ο τύπος του γάλακτος.

5.1.3 Συνολικά στερεά συστατικά

Στα συνολικά στερεά συστατικά των αγελαδινών επιδορπίων, την 1^η ημέρα παρασκευής τους, οι τιμές τους κυμάνθηκαν από 14,18% έως 14,26% όπως και στα 21^{ης} ημέρας ($p>0,05$). Οι τιμές που καταγράφηκαν είναι σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες [195,198,205].

Στα συνολικά στερεά των γιδίνων επιδορπίων, την 1^η ημέρα παρασκευής τους, παρατηρήθηκε χαμηλότερη τιμή 14,86% στο δείγμα C+P και υψηλότερη τιμή 14,93% στα δείγματα M/VAN, C και M+P. Στα 21^{ης} ημέρας παρατηρήθηκε ελάχιστη τιμή 14,87% σε περισσότερα από τρία δείγματα και μέγιστη τιμή 14,96% στα δείγματα A και M+P. Οι τιμές που καταγράφηκαν είναι σε συμφωνία με προηγούμενες εργασίες [195,199,203,204,206].

Τα συνολικά στερεά (%) των γιδίνων επιδορπίων γιαουρτιών (14,92 %) ήταν υψηλότερα ($p<0,05$) από τα αντίστοιχα αγελαδινά (14,25%). Αυτό μπορεί να αποδοθεί στην υψηλότερη περιεκτικότητα σε λιπαρά του κατσικίσιου γάλακτος που συμβάλλει σε υψηλότερα συνολικά στερεά στο γιαούρτι επιδόρπιο κατσικίσιο [198]. Η καλλιέργεια εκκίνησης/προβιοτικών καθώς και τα πρόσθετα γεύσης και ο χρόνος αποθήκευσης δεν επηρέασαν σημαντικά ($p>0,05$) τη συνολική περιεκτικότητα σε στερεά τόσο στα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό όσο και από γίδινο γάλα. Τα στερεά στο γιαούρτι περιλαμβάνουν πρωτεΐνες, λίπος και λακτόζη και ανόργανα συστατικά. Παρά τη μικρή μείωση της λακτόζης του

γιαουρτιού κατά την αποθήκευση (βλ. παρακάτω), η συνολική περιεκτικότητα σε στερεά δεν επηρεάστηκε σημαντικά. Οι τιμές των συνολικών στερεών που καταγράφηκαν στην παρούσα μελέτη συμφωνούν με αυτές των Erkaya και Seengul (2011) [195], El-Sayed et al. (2002) [198], καθώς και με τους Olugbujiro και Oseh (2011) [205]. Όσον αφορά τα συνολικά στερεά των δειγμάτων, η παράμετρος που επηρεάζει τις τιμές, σύμφωνα με τα αποτελέσματα είναι το είδος του γάλακτος που χρησιμοποιείται.

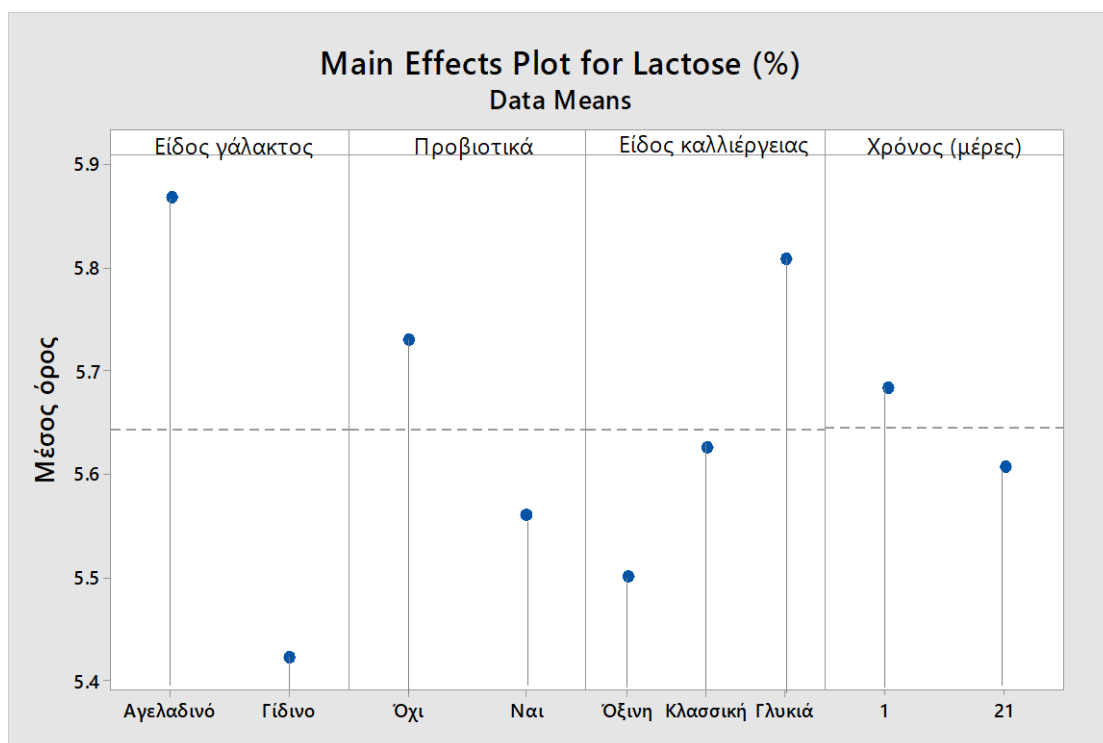
5.1.4 Λακτόζη

Οι τιμές της λακτόζης των αγελαδινών δειγμάτων κυμάνθηκαν από 5,63% στο δείγμα A+P/LEM έως 6,14% στο δείγμα M, στα 1^{ης} ημέρας δείγματα. Αντίστοιχα για τα 21^{ης} ημέρας η ελάχιστη τιμή ήταν 5,64% στο A+P/MAS και η μέγιστη 6,01% στα δείγματα M/VAN και M/MAS. Όσον αφορά τα γίδινα δείγματα 1^{ης} ημέρας εμφάνισαν την ελάχιστη τιμή 5,12% στο δείγμα A+P/ORA και την μέγιστη τιμή την 5,92% στο δείγμα M. Αντίστοιχα για τα 21^{ης} ημέρας η ελάχιστη τιμή 5,10% καταγράφηκε στο A+P/MAS και η μέγιστη τιμή 5,63% στο δείγμα M. Τα δείγματα που παρασκευάστηκαν είχαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λακτόζη, σε σχέση με τη βιβλιογραφία, γεγονός που οφείλεται στη προσθήκη της πρωτεΐνης πριν τη Παρασκευή των επιδορπίων [4,203,207].

Γενικά, η λακτόζη μειώθηκε με την εξής σειρά: M>C>A για τα δείγματα χωρίς προβιοτικά και αντίστοιχα για τα δείγματα με προβιοτικά M+P>C+P>A+P. Το ίδιο μοτίβο παρατηρήθηκε και σε όλα τα δείγματα με πρόσθετα.

Στην Εικόνα 143 φαίνεται η επίδραση του είδους γάλακτος, της χρήσης προβιοτικών, του είδους της καλλιέργειας εκκίνησης, και του χρόνου αποθήκευσης στη περιεκτικότητα σε λακτόζη των επιδορπίων γιαουρτιού. Όσον αφορά τον τύπο γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε, βρέθηκε να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($p<0,05$) για τους δύο τύπους γάλακτος. Συνεπώς, η λακτόζη, η πρώτη ύλη που αξιοποιούν οι μικροοργανισμοί, στα επιδόρπια από γίδινο γάλα, θα έχει καταναλωθεί σε μεγαλύτερο βαθμό. Αυτό οφείλεται στη διαφορετική δραστηριότητα των μικροοργανισμών στους διαφορετικούς τύπους γάλακτος [201]. Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν και για τη χρήση προβιοτικών. Όταν χρησιμοποιήθηκαν προβιοτικά, η λακτόζη στο δείγμα

μειώθηκε. Αυτό οφείλεται πιθανότατα στη μεγαλύτερη δραστικότητα των καλλιέργειών εκκίνησης, καθώς τα προβιοτικά προάγουν την ανάπτυξη των βακτηρίων (επιπλέον ζύμωση) [202]. Ο *Lactobacillus acidophilus* LA-5 είχε ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη μείωση της λακτόζης σε σύγκριση με τον *Bifidobacterium animalis* BB-12 κάτι το οποίο είναι σε συμφωνία με την τάση μείωσης του pH. Σύμφωνα με τη δοκιμή Tukey, τα ίδια ισχύουν και για τις διαφορετικές καλλιέργειες εκκίνησης που χρησιμοποιήθηκαν. Τέλος, όσον αφορά το χρόνο αποθήκευσης, υπήρχε στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$) μικρότερη περιεκτικότητα σε λακτόζη μετά από 21 μέρες αποθήκευσης των επιδορπίων, το οποίο είναι αναμενόμενο, δεδομένου ότι η γαλακτική ζύμωση συνεχίζεται με μικρότερο βέβαια ρυθμό, λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας αποθήκευσης και λόγω του χαμηλού pH.



Εικόνα 14: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών, (γ) του είδους της καλλιέργειας εκκίνησης και (δ) του χρόνου αποθήκευσης στη περιεκτικότητα σε λακτόζη των επιδορπίων γιαουρτιού.

5.1.5 Πρωτεΐνες

Στην πρωτεΐνη των αγελαδινών δειγμάτων παρατηρήθηκε την 1^η ημέρα παρασκευής τους ελάχιστη τιμή 3,77% στα δείγματα A και C+P/LEM και μέγιστη τιμή 3,86% στο δείγμα M/VAN, ενώ στα 21^{ης} ημέρας παρατηρήθηκε ελάχιστη τιμή 3,78% σε περισσότερα από τρία δείγματα και μέγιστη τιμή 3,85% στα δείγματα A/VAN και M+P/MAS. Οι τιμές της πρωτεΐνης βρέθηκαν σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες [208–210].

Αντίστοιχα για την πρωτεΐνη των γίδινων δειγμάτων παρατηρήθηκε την 1^η ημέρα παρασκευής τους χαμηλότερη τιμή 4,00% στα δείγματα M+P/MAS, C+P/LEM και A+P/LEM ενώ υψηλότερη τιμή 4,08% στο δείγμα M+P/ORA ενώ στα 21^{ης} ημέρας παρατηρήθηκε ελάχιστη τιμή 4,00% σε περισσότερα από τρία δείγματα και μέγιστη τιμή 4,09% στο δείγμα M/VAN. Οι τιμές της πρωτεΐνης βρέθηκαν σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες [195,203].

Γενικά, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη εμφάνισε υψηλότερες τιμές στην πλειονότητα των δειγμάτων επιδόρπιου γιαουρτιού από γίδινο γάλα (4,06 %) σε σύγκριση με τα αντίστοιχα από αγελαδινό γάλα (3,83 %) καταγράφοντας στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$) μεταξύ των δύο. Αυτό οφείλεται στην υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες του κατσικίσιου γάλακτος σε σύγκριση με το αγελαδινό γάλα. Η καλλιέργεια εκκίνησης και προβιοτικών, τα πρόσθετα γεύσης και ο χρόνος αποθήκευσης δεν επηρέασαν σημαντικά ($p > 0,05$) την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Οι τιμές πρωτεϊνικού επιδόρπιου γιαουρτιού της παρούσας μελέτης συμφωνούν με αυτές που αναφέρουν οι Erkaya και Seengul (2011) [195], Eissa et al. (2011) [204], Dave and Shah (1998) [208] και Vitalioti (2012) [211].

Συνοψίζοντας, τα αγελαδινά επιδόρπια παρουσίασαν υψηλότερες τιμές pH από αυτές των γίδινων επιδορπίων ($p < 0,05$), με υψηλότερες τιμές στα δείγματα της γλυκιάς καλλιέργειας (M) και χαμηλότερες στα δείγματα της όξινης καλλιέργειας με προβιοτικά (A+P) ενώ αντίθετα οι τιμές του λίπους, στην πλειονότητά τους, παρουσίασαν υψηλότερες τιμές στα γίδινα επιδόρπια από ότι στα αγελαδινά ($p < 0,05$).

Γενικά, τα συνολικά στερεά των γίδινων επιδορπίων παρουσίασαν υψηλότερες μέσες τιμές από αυτές των αγελαδινών ($p < 0,05$), λόγω του υψηλότερου ποσοστού λίπους και πρωτεΐνης των γίδινων δειγμάτων.

Όσον αφορά τη λακτόζη ακολούθησε το ίδιο μοτίβο μείωσης με αυτό του pH σε όλα τα δείγματα ($M > C > A$ και $M+P > C+P > A+P$), με υψηλότερες τιμές στην πλειονότητα των αγελαδινών επιδορπίων ($p < 0,05$), λόγω του υψηλότερου ποσοστού λακτόζης του αγελαδινού γάλακτος.

Τέλος, οι πρωτεΐνες παρουσίασαν στην πλειονότητα τους υψηλότερες τιμές στα γίδινα επιδόρπια έναντι των αγελαδινών ($p < 0,05$) διότι το ποσοστό των πρωτεϊνών του γίδινου γάλακτος ήταν υψηλότερο.

5.2 Προσδιορισμός οργανικών οξέων

Στον Πίνακα 11 καταγράφονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις της περιεκτικότητας των παραγόμενων επιδορπίων γιαουρτιού από αγελαδινό και γίδινο γάλα σε οργανικά οξέα (μυρμηκικό, γαλακτικό κιτρικό). Στα αποτελέσματα εφαρμόστηκε η ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA). Για τις περιπτώσεις όπου εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, εφαρμόστηκε ο έλεγχος των πολλαπλών συγκρίσεων της δοκιμής Tukey. Τα στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα ($p < 0,05$) αποτυπώνονται στις Εικόνες 25-27.

Πίνακας 11: Μέσοι όροι (mg/g) και τυπική απόκλιση της περιεκτικότητας των επιδωρητών γισουρτιού σε οργανικά οξέα για διαφορετικό τύπο γάλακτος, καλλιέργειες, προβιοτικά και πρόσθετα γεύσης την 21^η μέρα

	M	C	A	M+P	C+P	A+P
Γαλακτικό οξύ						
PL	8,99±0,13	9,12±0,76	10,33±0,07	7,92±0,01	10,10±0,09	9,72±0,21
VAN	8,22±0,02	8,91±0,23	11,30±0,02	8,07±0,01	10,06±0,11	9,52±0,11
LEM	9,39±0,14	9,36±0,42	11,19±0,27	8,31±0,01	9,18±0,13	10,19±0,15
ORA	9,00±0,07	9,09±0,09	9,82±0,02	8,34±0,02	9,87±0,05	10,07±0,01
MAS	9,68±0,03	9,53±0,01	10,46±0,18	8,20±0,01	9,94±0,05	10,72±0,10
Μυρμηκικό οξύ						
PL	3,83±0,06	3,65±0,35	4,19±0,60	3,25±0,02	3,11±0,01	3,86±0,07
VAN	3,59±0,02	3,82±0,04	3,89±0,01	3,35±0,02	3,20±0,01	3,65±0,02
LEM	4,00±0,01	4,27±0,43	3,87±0,04	3,49±0,01	2,92±0,02	3,78±0,02
ORA	3,78±0,01	4,01±0,09	3,47±0,05	3,55±0,04	3,14±0,03	3,6±0,02
MAS	4,11±0,01	4,06±0,01	3,71±0,06	3,40±0,01	2,17±1,29	3,68±0,01
Κιτρικό οξύ						
PL	2,07±0,02	4,26±0,69	2,62±0,01	1,74±0,01	3,84±0,04	4,78±0,04
VAN	2,05±0,05	3,97±0,13	2,49±0,08	1,84±0,02	3,94±0,01	4,47±0,01
LEM	2,06±0,02	4,76±1,09	2,51±0,04	1,89±0,01	3,66±0,02	4,58±0,01
ORA	2,01±0,01	4,09±0,02	2,31±0,01	2,26±0,06	3,91±0,01	1,86±0,13
MAS	2,22±0,01	4,26±0,01	2,39±0,01	2,18±0,05	3,91±0,01	1,79±0,20
Γαλακτικό οξύ						
PL	13,09±0,02	12,09±0,19	13,09±0,10	15,26±0,04	14,28±0,07	13,26±0,01
VAN	13,10±0,11	11,87±0,03	12,48±0,11	15,72±0,31	14,47±0,15	12,62±0,03
LEM	13,28±0,08	13,91±0,04	13,32±0,20	16,27±0,40	12,94±0,07	13,78±0,01
ORA	15,20±0,35	11,92±0,21	13,95±0,33	18,94±0,02	13,49±0,08	11,62±0,03
MAS	14,70±0,26	12,24±0,54	12,18±0,08	17,20±0,24	12,66±0,06	14,64±0,04
Μυρμηκικό οξύ						
PL	7,10±0,08	7,31±0,10	7,61±0,05	9,06±0,38	10,51±0,16	8,43±0,05
VAN	6,98±0,10	7,32±0,04	7,36±0,05	9,08±0,05	10,60±0,01	8,16±0,04
LEM	6,91±0,19	8,10±0,05	7,82±0,02	9,45±0,11	9,62±0,09	8,80±0,01
ORA	8,29±0,21	7,22±0,05	8,09±0,02	10,84±0,06	10,05±0,02	7,54±0,02
MAS	7,36±0,19	7,20±0,04	7,22±0,07	10,09±0,19	9,43±0,12	9,35±0,07
Κιτρικό οξύ						
PL	1,96±0,04	3,65±0,04	0,99±0,18	1,17±0,01	3,03±0,01	2,73±0,01
VAN	2,09±0,14	3,65±0,01	0,81±0,01	1,42±0,02	3,15±0,01	2,72±0,01
LEM	2,08±0,09	4,12±0,05	0,97±0,03	1,29±0,11	2,86±0,03	2,78±0,03
ORA	2,45±0,04	3,62±0,06	1,15±0,31	1,56±0,04	2,93±0,01	2,33±0,05
MAS	2,60±0,01	3,99±0,29	1,10±0,19	1,23±0,08	2,81±0,03	3,15±0,08

M: Γλυκιά (Mild), C: Κλασική (Classic), A: Ώξινη (Acidic), P: Προβιοτικά (Probiotic), PL:Χωρίς πρόσθετα γεύσης (Plain), VAN: Βανίλια (Vanilla),
LEM: Έλαιο Λεμονιού (Lemon), ORA:Έλαιο Πορτοκαλιού (Orange), MAS: Έλαιο Μαστίχας (Mastic)

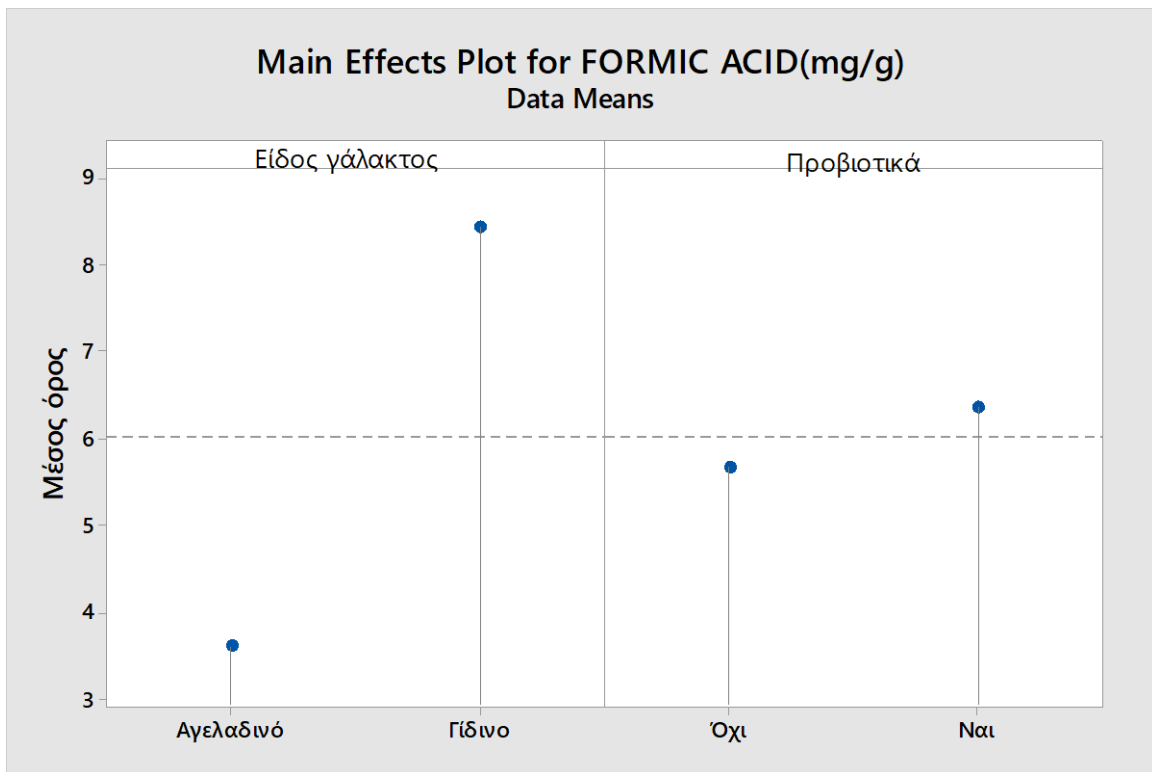
Κατά τη γαλακτική ζύμωση που λαμβάνει χώρα για τη παραγωγή των επιδορπίων γιαουρτιού, συμβαίνουν τα εξής: Αρχικά γίνεται διάσπαση πρωτεϊνών από πρωτεάσες του *L. bulgaricus* και απελευθερώνονται πολυάριθμα αμινοξέα τα οποία διεγείρουν την ανάπτυξη του *S. thermophilus* [95]. Έπειτα, ο *S. thermophilus* αναπτύσσεται ταχύτερα, απομακρύνει την περίσσεια οξυγόνου και παράγει CO₂ και μυρμηκικό οξύ, το οποίο διεγείρει τον *L. bulgaricus* [96,97]. Στη συνέχεια η αύξηση του *S. thermophilus* επιβραδύνεται εξαιτίας της αυξημένης συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος, το οποίο παράγεται και από τα δύο βακτήρια. Τα οργανικά οξέα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο γιαούρτι, καθώς λειτουργούν ως φυσικά συντηρητικά τα οποία καταστέλλουν τη δράση παθογόνων και μη μικροοργανισμών [61] και έχουν σημαντική συνεισφορά στα οργανοληπτικά συστατικά του γιαουρτιού, ενώ ευθύνονται και για τη δομή του. Συνεπώς, το γαλακτικό και το μυρμηκικό οξύ είναι προϊόντα της γαλακτικής ζύμωσης, ενώ το κιτρικό οξύ, που αποτελεί ένα ακόμα από τα κύρια οργανικά οξέα των επιδορπίων, είναι προϊόν της ζύμωσης, αλλά απαντά και στο νωπό γάλα [212].

5.2.1 Μυρμηκικό οξύ

Όσον αφορά τη περιεκτικότητα των δειγμάτων σε μυρμηκικό οξύ, στα αγελαδινά επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς προβιοτικά, η χαμηλότερη τιμή ήταν 3,47 mg/g για το A/ORΑ και η μεγαλύτερη 4,19 mg/g για το A/PL. Στα επιδόρπια που προστέθηκαν προβιοτικά, οι τιμές κυμαίνονταν από 2,17 mg/g (C+P/MAS) έως 3,86 mg/g (A+P/PL). Ομοίως, στα γίδινα επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς προβιοτικά, η χαμηλότερη τιμή ήταν 6,91 mg/g για το M/LEM και η μεγαλύτερη 8,10 mg/g για το C/LEM. Στα επιδόρπια που προστέθηκαν προβιοτικά, οι τιμές κυμαίνονταν από 8,16 mg/g (A+P/VAN) έως 10,84 mg/g (M+P/ORΑ). Οι τιμές αυτές είναι σύμφωνες με τους Vianna et al. [213] και των Delgado et al. [212] οι οποίοι παρατήρησαν ότι τα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε μυρμηκικό οξύ σε σχέση με τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα.

Στην Εικόνα 15 παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές ($p < 0,05$) παράμετροι που επηρεάζουν την περιεκτικότητα των επιδορπίων γιαουρτιού σε μυρμηκικό οξύ, σύμφωνα με τη δοκιμή Tukey. Οι παράμετροι αυτές είναι το είδος του γάλακτος και η χρήση των προβιοτικών. Το μυρμηκικό οξύ είναι προϊόν του μεταβολισμού του *S. thermophilus*. Με βάση τα αποτελέσματα των

μικροβιολογικών αναλύσεων, προέκυψε ότι τα γίδινα επιδόρπια γιαουρτιού έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα στον μικροοργανισμό ($\sim 9,3 \log \text{ cfu/g}$), σε σχέση με τα αγελαδινά επιδόρπια γιαουρτιού ($\sim 9,1 \log \text{ cfu/g}$). Συνεπώς, και η περιεκτικότητά τους σε μυρμηκικό οξύ, αναμένεται να αυξάνεται ανάλογα [214]. Επιπλέον, όσον αφορά τη χρήση προβιοτικών βακτηρίων, όταν προστίθενται στο επιδόρπιο γιαουρτιού, τότε παρατηρείται μια στατιστικά σημαντική αυξημένη περιεκτικότητα σε μυρμηκικό οξύ σε σχέση με τα επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς προβιοτικά. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι αρκετά είδη προβιοτικών βακτηρίων είναι σε θέση να παράγουν μικρές ποσότητες μυρμηκικού οξέος, μέσω ομοζυμωτικών μεταβολικών μονοπατιών [215].



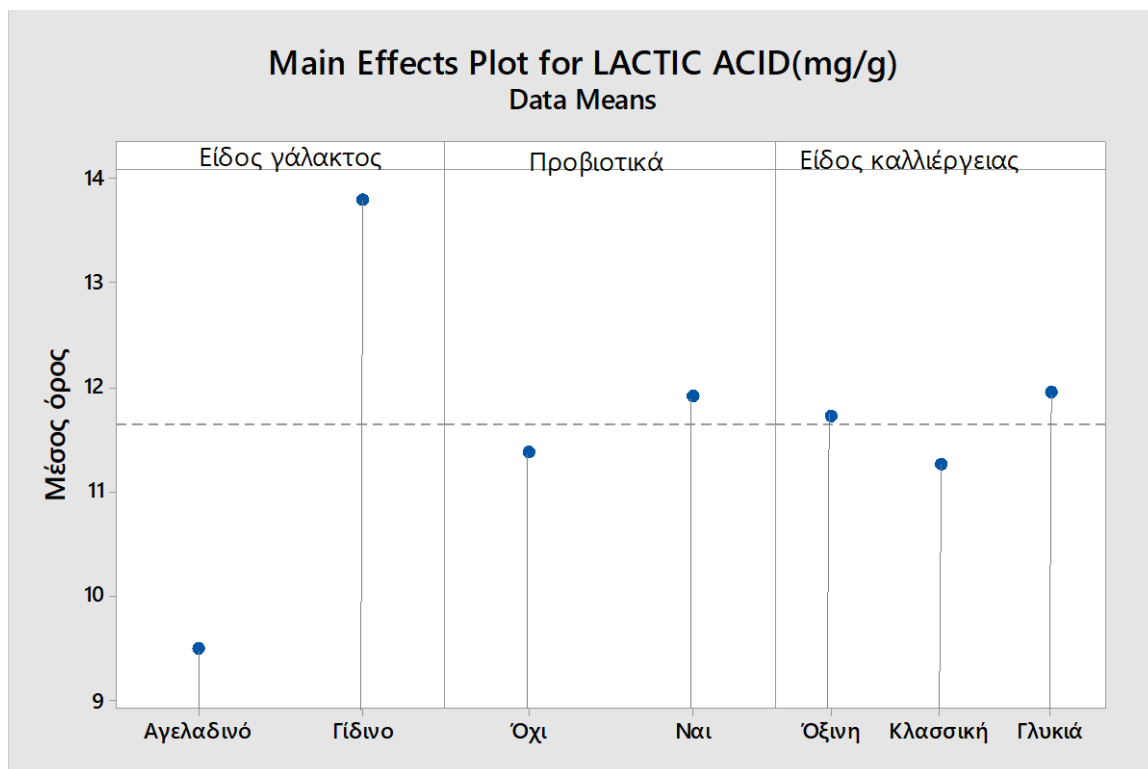
Εικόνα 15: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών, στη περιεκτικότητα σε μυρμηκικό οξύ των επιδορπίων γιαουρτιού.

5.2.2 Γαλακτικό οξύ

Όσον αφορά τη περιεκτικότητα των δειγμάτων σε γαλακτικό οξύ, στα αγελαδινά επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς προβιοτικά, η χαμηλότερη τιμή ήταν $2,01 \text{ mg/g}$ για το M/ORΑ και η μεγαλύτερη $4,76 \text{ mg/g}$ για το C/LEM. Στα επιδόρπια που προστέθηκαν προβιοτικά, οι τιμές κυμαίνονταν από $1,84 \text{ mg/g}$ (M+P/VAN) έως

4,78 mg/g (A+P/PL). Ομοίως, στα γίδινα επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς προβιοτικά, η χαμηλότερη τιμή ήταν 0,81 mg/g για το A/PL και η μεγαλύτερη 4,12 mg/g για το C/LEM. Στα επιδόρπια που προστέθηκαν προβιοτικά, οι τιμές κυμαίνονταν από 1,17 mg/g (M+P/PL) έως 3,15 mg/g (C+P/VAN και A+P/MAS). Οι τιμές αυτές είναι σύμφωνες με τους Vianna et al. [213] και των Delgado et al. [212] οι οποίοι παρατήρησαν ότι τα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε γαλακτικό οξύ σε σχέση με τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα, πιθανόν λόγω της αυξημένης μεταβολικής δραστηριότητας των βακτηρίων κατά τη ζύμωση του γίδινου γάλακτος.

Στην Εικόνα 16 παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές ($p < 0,05$) παράμετροι που επηρεάζουν την περιεκτικότητα των επιδορπίων γιαουρτιού σε γαλακτικό οξύ, σύμφωνα με τη δοκιμή Tukey. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την περιεκτικότητα των επιδορπίων γιαουρτιού σε γαλακτικό οξύ είναι το είδος του γάλακτος, η χρήση των προβιοτικών και το είδος της καλλιέργειας εκκίνησης. Το γαλακτικό οξύ είναι το κύριο προϊόν της ζύμωσης του γάλακτος από τα οξυγαλακτικά βακτήρια. Όσο μεγαλύτερη είναι η μεταβολική δραστηριότητα των μικροοργανισμών, τόσο μεγαλύτερη είναι και η περιεκτικότητα του επιδορπίου σε γαλακτικό οξύ [213]. Επιπλέον, όσον αφορά τη χρήση προβιοτικών βακτηρίων, όταν προστίθενται στο επιδόρπιο γιαουρτιού, τότε παρατηρείται μια στατιστικά σημαντική αυξημένη περιεκτικότητα σε γαλακτικό οξύ σε σχέση με τα επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς προβιοτικά. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι ορισμένα είδη προβιοτικών βακτηρίων είναι σε θέση να παράγουν μικρές ποσότητες γαλακτικού οξέος [216].

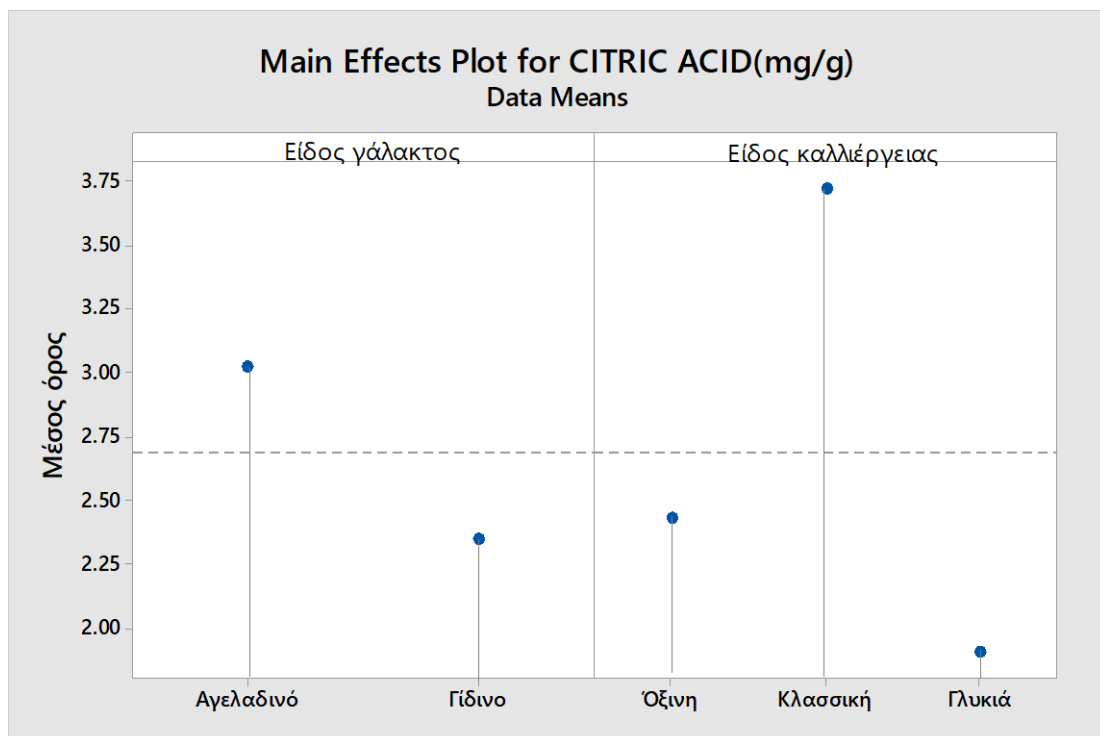


Εικόνα 16: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών και (γ) το είδος της καλλιέργειας, στη περιεκτικότητα σε γαλακτικό οξύ των επιδορπίων γιαουρτιού.

5.2.3 Κιτρικό οξύ

Όσον αφορά τη περιεκτικότητα των δειγμάτων σε κιτρικό οξύ, στα αγελαδινά επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς προβιοτικά, η χαμηλότερη τιμή ήταν 2,01 mg/g για το M/ORΑ και η μεγαλύτερη 4,76 mg/g για το C/LEM. Στα επιδόρπια που προστέθηκαν προβιοτικά, οι τιμές κυμαίνονταν από 1,74 mg/g (M+P/PL) έως 4,78 mg/g (A+P/PL). Ομοίως, στα γίδινα επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς προβιοτικά, η χαμηλότερη τιμή ήταν 0,81 mg/g για το A/VAN και η μεγαλύτερη 4,12 mg/g για το C/LEM. Στα επιδόρπια που προστέθηκαν προβιοτικά, οι τιμές κυμαίνονταν από 1,17 mg/g (M+P/PL) έως 3,15 mg/g (A+P/MAS). Οι τιμές αυτές είναι σύμφωνες με τους Vianna et al. [213], των Delgado et al. [212], των Bob et al. [217] οι οποίοι παρατήρησαν ότι τα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα έχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε κιτρικό οξύ σε σχέση με τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα, και αυτό οφείλεται στην περιεκτικότητα των δύο τύπων γάλακτος σε κιτρικό οξύ.

Στην Εικόνα 17 παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές ($p < 0,05$) παράμετροι που επηρεάζουν την περιεκτικότητα των επιδορπίων γιαουρτιού σε κιτρικό οξύ, σύμφωνα με τη δοκιμή Tukey. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την περιεκτικότητα των επιδορπίων γιαουρτιού σε κιτρικό οξύ είναι το είδος του γάλακτος και το είδος της καλλιέργειας. Το κιτρικό οξύ είναι ένα από τα κύρια οξέα του νωπού γάλακτος [218]. Στα επιδόρπια γιαουρτιού εντοπίζεται, λόγω της εγγενούς περιεκτικότητας του γάλακτος, καθώς όχι μόνο δεν παράγεται από τα βακτήρια, αλλά καταναλώνεται προς παραγωγή άλλων μεταβολιτών. Συνεπώς, όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του κιτρικού οξέος σε ένα επιδόρπιο, αυτό υποδηλώνει ότι καταναλώνεται λιγότερο από τα οξυγαλακτικά βακτήρια, άρα και η μεταβολική τους δραστηριότητα είναι μειωμένη [213]. Συνεπώς, στα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα που παρατηρείται μικρότερη περιεκτικότητα σε κιτρικό οξύ, αυτό δηλώνει μεγαλύτερη κατανάλωση από τους μικροοργανισμούς, άρα και μεγαλύτερη μεταβολική δραστηριότητα τους, γεγονός που επιβεβαιώνει και την αυξημένη συγκέντρωση μυρμηκικού και γαλακτικού οξέος στα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα.



Εικόνα 17: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) του είδους της καλλιέργειας, στη περιεκτικότητα σε κιτρικό οξύ των επιδορπίων γιαουρτιού.

5.3 Αντιοξειδωτική ικανότητα

Στον Πίνακα 12 καταγράφονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις της αντιοξειδωτικής ικανότητας των επιδορπίων γιαουρτιού από αγελαδινό και γίδινο γάλα σύμφωνα με τις τρεις μεθόδους που εφαρμόστηκαν (Folin-Ciocalteu, FRAP και DPPH). Στα αποτελέσματα εφαρμόστηκε η ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA). Για τις περιπτώσεις όπου εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, εφαρμόστηκε ο έλεγχος των πολλαπλών συγκρίσεων της δοκιμής Tukey. Τα αποτελέσματα αποτυπώνονται στις Εικόνες 17-19.

Πίνακας 12: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των επιδωρηθίων γιαουρτιού (21^η μέρα)

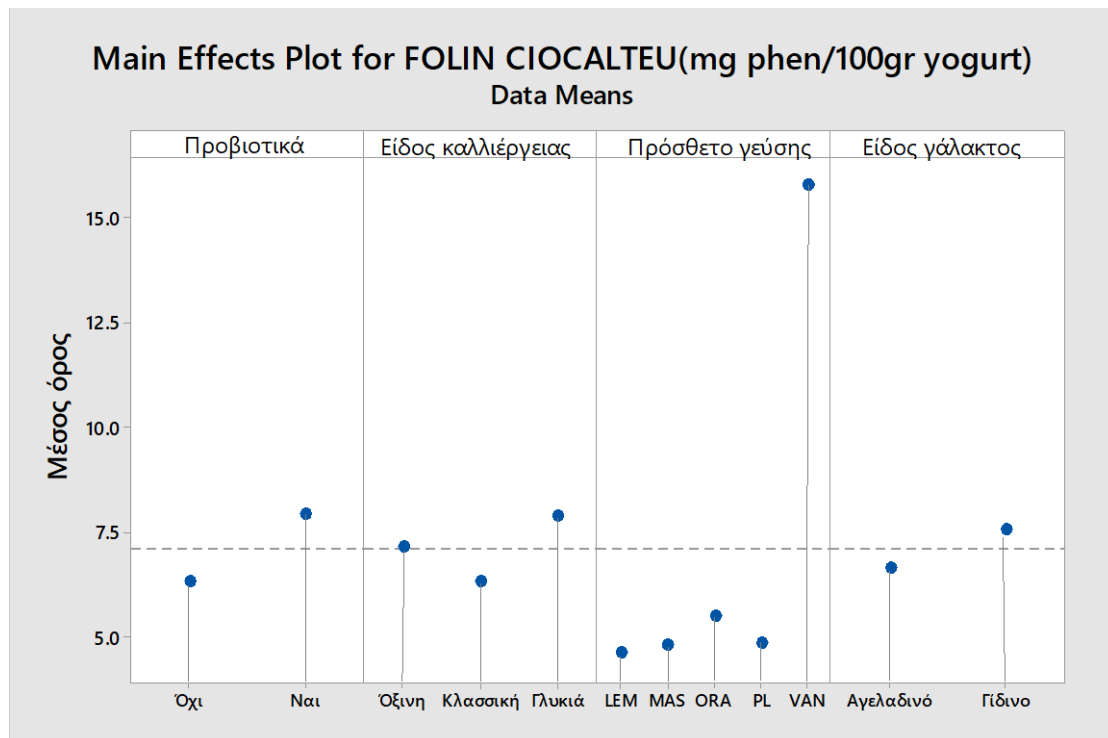
	M	C	A	M+P	C+P	A+P
Folin ciocalteu						
				ΑΓΕΛΑΔΙΝΑ		
PL	3,48±0,18	4,86±0,53	4,00±0,17	4,97±0,17	2,78±0,06	4,88±0,36
VAN	14,68±0,18	18,43±0,11	4,40±0,24	18,89±0,58	15,47±0,08	20,32±0,39
LEM	3,38±0,12	4,24±0,04	4,01±0,17	4,39±0,50	2,47±0,05	5,71±0,07
ORA	0,83±0,06	3,83±0,11	14,96±0,12	4,68±0,11	3,58±0,16	5,41±0,05
MAS	3,29±0,10	4,24±0,26	3,89±0,09	4,96±0,16	3,54±0,02	5,48±0,26
				ΑΓΕΛΑΔΙΝΑ		
PL	0,25±0,01	0,22±0,01	0,25±0,01	0,27±0,01	0,28±0,01	0,20±0,01
VAN	0,27±0,01	0,29±0,01	0,31±0,01	0,31±0,01	0,24±0,01	0,25±0,01
LEM	0,21±0,01	0,24±0,01	0,23±0,01	0,19±0,01	0,37±0,01	0,19±0,01
ORA	0,22±0,01	0,24±0,01	0,23±0,01	0,32±0,02	0,27±0,01	0,20±0,01
MAS	0,20±0,01	0,26±0,01	0,23±0,01	0,38±0,01	0,25±0,01	0,22±0,01
				ΑΓΕΛΑΔΙΝΑ		
				ΑΓΕΛΑΔΙΝΑ		
PL	12,04±0,41	1,82±0,42	1,63±0,51	8,43±0,56	4,34±1,02	7,43±0,73
VAN	10,31±0,68	1,75±0,32	1,66±1,20	7,15±1,09	8,08±2,09	6,30±0,28
LEM	10,34±0,43	1,55±0,15	2,03±0,15	6,84±1,05	6,68±0,81	6,10±2,06
ORA	9,51±0,82	1,53±0,06	1,38±0,03	7,14±0,68	5,54±0,55	7,30±0,70
MAS	8,06±0,33	1,64±0,16	3,10±0,56	6,79±1,09	9,39±0,22	5,51±0,58
				ΓΙΔΙΝΑ		
				ΓΙΔΙΝΑ		
PL	4,18±0,08	4,60±0,04	4,56±0,15	10,62±0,14	4,55±0,08	4,86±0,15
VAN	16,61±1,63	12,26±0,03	17,95±0,14	20,72±0,23	15,26±0,12	14,45±0,17
LEM	3,10±0,51	3,66±0,07	4,50±0,05	9,57±0,01	5,00±0,01	5,21±0,17
ORA	4,75±0,63	3,92±0,08	4,36±0,23	10,89±0,08	4,56±0,12	4,48±0,10
MAS	3,37±0,22	4,68±0,03	4,48±0,01	10,06±0,08	4,71±0,07	5,13±0,14
				ΓΙΔΙΝΑ		
				ΓΙΔΙΝΑ		
PL	0,09±0,01	0,07±0,01	0,04±0,01	0,26±0,01	0,07±0,01	0,06±0,01
VAN	0,13±0,01	0,11±0,01	0,11±0,01	0,33±0,01	0,11±0,01	0,10±0,01
LEM	0,08±0,01	0,07±0,01	0,05±0,01	0,27±0,01	0,08±0,01	0,07±0,01
ORA	0,08±0,01	0,05±0,01	0,04±0,01	0,30±0,01	0,07±0,01	0,06±0,01
MAS	0,08±0,01	0,05±0,01	0,04±0,01	0,23±0,01	0,07±0,01	0,06±0,01
				ΓΙΔΙΝΑ		
				ΓΙΔΙΝΑ		
PL	6,78±0,26	7,12±0,96	5,81±1,04	13,95±0,48	6,76±0,67	8,14±0,46
VAN	6,96±0,37	7,23±0,75	6,94±0,13	20,92±0,11	5,75±1,03	5,32±0,88
LEM	6,02±0,36	6,47±0,05	5,99±0,99	16,95±1,11	7,69±0,34	5,02±0,09
ORA	4,93±0,36	5,90±0,93	5,80±0,09	19,63±0,42	6,11±0,52	3,96±0,88
MAS	5,79±0,64	5,87±1,09	5,71±0,76	17,03±0,14	6,18±0,24	4,26±0,08

M: Γλυκιά (Mild), C: Κλασική (Classic), A: Ώξινη (Acidic), P: Προβιοτικά (Probiotic), PL: Χωρίς πρόσθετα γεύσης (Plain), VAN: Βανίλια (Vanilla),
 LEM: Έλαιο Λεμονιού (Lemon), ORA: Έλαιο Πορτοκαλιού (Orange), MAS: Έλαιο Μαστίχας (Mastic)

5.3.1 Folin-ciocalteu

Όσον αφορά την αντιοξειδωτική ικανότητα σύμφωνα με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu, των επιδορπίων γιαουρτιού, στα αγελαδινά επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς προβιοτικά, η χαμηλότερη τιμή ήταν 0,83 για το M/ORΑ και η μεγαλύτερη 18,43 για το C/VAN. Στα επιδόρπια που προστέθηκαν προβιοτικά, οι τιμές κυμαίνονταν από 2,78 (C+P/PL) έως 20,32 (A+P/VAN). Ομοίως, στα γίδινα επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς προβιοτικά, η χαμηλότερη τιμή ήταν 3,10 για το M/LEM και η μεγαλύτερη 17,95 για το A/VAN. Στα επιδόρπια που προστέθηκαν προβιοτικά, οι τιμές κυμαίνονταν από 4,55 (C+P/PL) έως 20,72 (M+P/VAN). Οι τιμές αυτές είναι συγκρίσιμες με αυτές που αναφέρονται στην εργασία του Youn (2019) [219] και του Illuraparalayam (2014) [220]. Παρατηρείται ότι τα επιδόρπια γιαουρτιού στα οποία περιέχονταν προβιοτικά, είχαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε φαινολικά συστατικά και συνεπώς μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα σύμφωνα με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu, κάτι το οποίο είναι σύμφωνο με προηγούμενη εργασία [221], όπου αναφέρεται ότι ένζυμα συμβάλλουν στην αλλαγή της σύστασης του δείγματος, με αποτέλεσμα να απελευθερώνονται δεσμευμένα φαινολικά συστατικά. Επιπλέον, μπορεί ορισμένα φαινολικά οξέα όπως το φερουλικό οξύ και το κουμαρικό οξύ, μέσω μεταβολικών διεργασιών να μετατρέπονται σε βανιλικό οξύ και υδρόξυ-βενζοϊκά οξέα [221].

Στην Εικόνα 18 παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές ($p < 0,05$) παράμετροι που επηρεάζουν την αντιοξειδωτική ικανότητα σύμφωνα με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu, των επιδορπίων γιαουρτιού, σύμφωνα με τη δοκιμή Tukey. Οι παράμετροι αυτές είναι η χρήση των προβιοτικών βακτηρίων, το είδος της καλλιέργειας, η χρήση πρόσθετου γεύσης και το είδος του γάλακτος. Οι αλλαγές στη περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις των δειγμάτων με διαφορετική καλλιέργεια ή και προβιοτικά, καθώς και είδος γάλακτος θα μπορούσε να οφείλεται στη μεταβολική δραστηριότητα των μικροοργανισμών και στην ικανότητά τους να αποδομούν ή να αλλάζουν τη δομή των φαινολικών μορίων, όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενες μελέτες [222,223]. Επίσης, όσον αφορά τα πρόσθετα γεύσης, η χρήση του πρόσθετου VAN αυξάνει σημαντικά την αντιοξειδωτική ικανότητα των επιδορπίων γιαουρτιού. Αυτό θα μπορούσε να οφείλεται στην εγγενή περιεκτικότητα του πρόσθετου σε φαινολικά συστατικά [224,225].



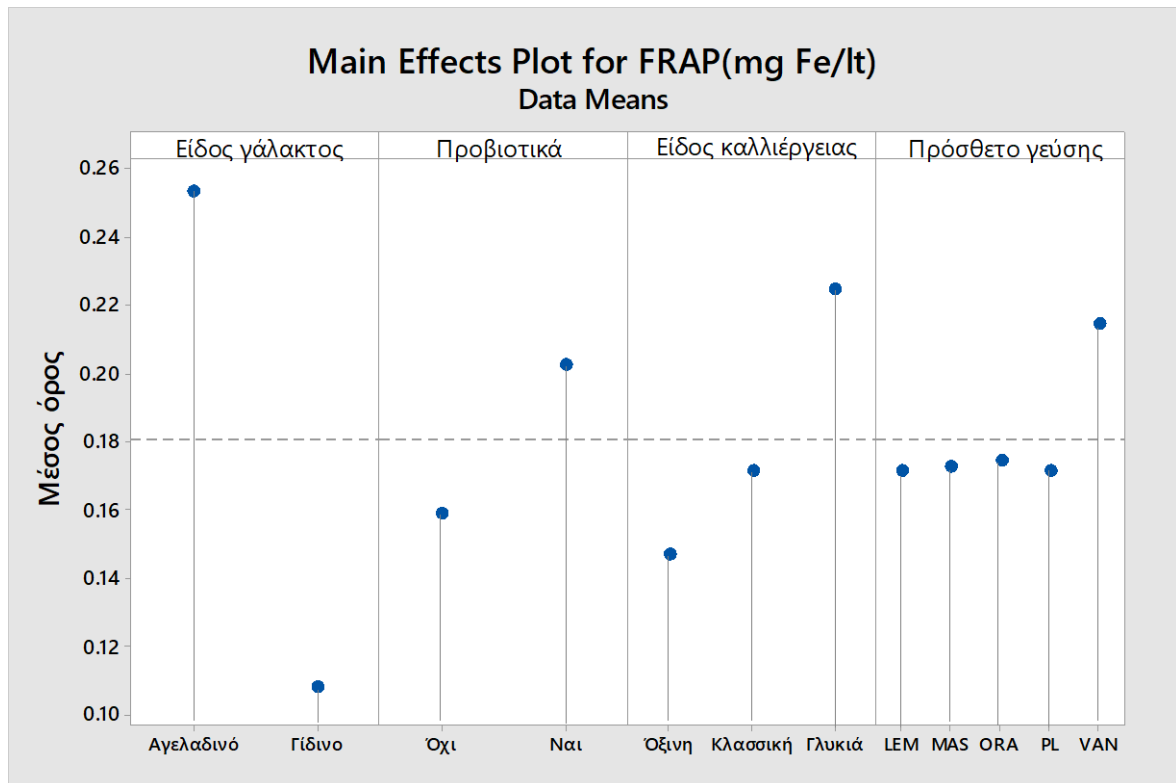
Εικόνα 18: Επίδραση (α) της χρήσης προβιοτικών, (β) του είδους της καλλιέργειας, (γ) των πρόσθετων γεύσης και (δ) του είδους γάλακτος, στην αντιοξειδωτική ικανότητα σύμφωνα με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu, των επιδορπίων γιαουρτιού.

5.3.2 FRAP

Όσον αφορά την αντιοξειδωτική ικανότητα σύμφωνα με τη μέθοδο FRAP, των επιδορπίων γιαουρτιού, στα αγελαδινά επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς προβιοτικά, η χαμηλότερη τιμή ήταν 0,20 για το M/MAS και η μεγαλύτερη 0,31 για το A/VAN. Στα επιδόρπια που προστέθηκαν προβιοτικά, οι τιμές κυμαίνονταν από 0,19 (A+P/LEM & M+P/LEM) έως 0,38 (M+P/MAS). Ομοίως, στα γίδινα επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς προβιοτικά, η χαμηλότερη τιμή ήταν 0,04 για τα δείγματα A/PL, A/ORA και A/MAS και η μεγαλύτερη 0,13 για το M/VAN. Στα επιδόρπια που προστέθηκαν προβιοτικά, οι τιμές κυμαίνονταν από 0,06 (A+P/PL, A+P/ORA και A+P/MAS) έως 0,33 (M+P/VAN). Οι τιμές αυτές είναι συγκρίσιμες με αυτές που αναφέρονται στην εργασία του Senadeera (2018) [226] και του Jang (2018) [227]. Γενικά, η αναγωγική ισχύς των γιαουρτιών (όπως υπολογίζεται με τη μέθοδο FRAP) οφείλεται, κατά κύριο λόγο, σε φαινολικά συστατικά, ενώ μπορεί να οφείλεται και στις καζεΐνες, οι οποίες έχουν πολύ καλή ικανότητα δημιουργίας χημικών συμπλόκων με μέταλλα [228,229]. Όμως, δύναται τα

φαινολικά συστατικά να ενώνονται με τις πρωτεΐνες του επιδορπίου ή άλλα συστατικά των πρόσθετων και να μην εμφανίζουν έντονη αντιοξειδωτική δράση [230]. Επιπλέον, άλλα συστατικά του γάλακτος όπως το ουρικό οξύ, το ασκορβικό οξύ, και η α-τοκοφερόλη εμφανίζουν αξιόλογη δραστηριότητα με τη μέθοδο FRAP [226].

Στην Εικόνα 19 παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές ($p < 0,05$) παράμετροι που επηρεάζουν την αντιοξειδωτική ικανότητα σύμφωνα με τη μέθοδο FRAP, των επιδορπίων γιαουρτιού, σύμφωνα με τη δοκιμή Tukey. Οι παράμετροι που βρέθηκαν να επηρεάζουν σημαντικά την αντιοξειδωτική ικανότητα των επιδορπίων με τη μέθοδο FRAP είναι το είδος του γάλακτος, η χρήση προβιοτικών βακτηρίων, το είδος της καλλιέργειας και το πρόσθετο γεύσης. Δεδομένου ότι η μέθοδος FRAP διεξάγεται σε όξινο περιβάλλον, προκειμένου να διασφαλιστεί η διαλυτότητα του σιδήρου, η διαφορά στο pH του δείγματος επηρεάζουν το δυναμικό ιοντισμού που διευκολύνει τη μεταφορά υδρογόνου και αυξάνει το δυναμικό οξειδοαναγωγής [223,231]. Συνεπώς, το διαφορετικό είδος γάλακτος η χρήση προβιοτικών και διαφορετικών καλλιεργειών, επηρεάζουν το pH του επιδορπίου, με άμεση συνέπεια να επηρεάζουν και την αντιοξειδωτική του ικανότητα με τη μέθοδο FRAP [223]. Επιπλέον, η παρουσία βιοενεργών πεπτιδίων και λειτουργικών ενώσεων στο γάλα, καθώς και η παραγωγή διαφορετικών μεταβολιτών με χηλική δράση, μπορούν να ανάγουν τα ιόντα σιδήρου και να αναστείλουν τις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις [223,232]. Τέλος, όσον αφορά τα πρόσθετα γεύσης, η χρήση του πρόσθετου VAN αυξάνει σημαντικά την αντιοξειδωτική ικανότητα των επιδορπίων γιαουρτιού. Αυτό θα μπορεί να οφείλεται στην εγγενή περιεκτικότητα του πρόσθετου σε ενώσεις ικανές να ενώνονται με μέταλλα.



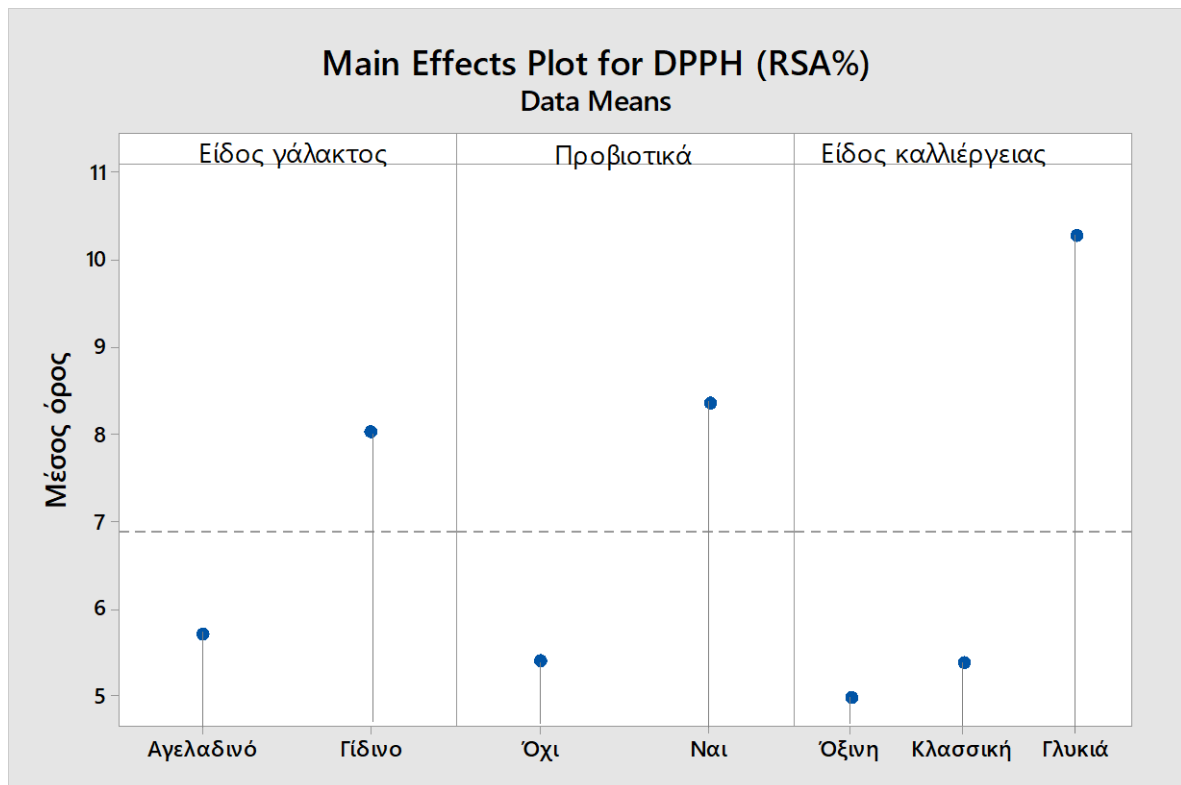
Εικόνα 19: Επίδραση (α) του είδους του γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών, (γ) του είδους της καλλιέργειας και (δ) των πρόσθετων γεύσης, στην αντιοξειδωτική ικανότητα σύμφωνα με τη μέθοδο FRAP, των επιδορπίων γιαουρτιού.

5.3.3 DPPH

Όσον αφορά την αντιοξειδωτική ικανότητα σύμφωνα με τη μέθοδο DPPH, των επιδορπίων γιαουρτιού, στα αγελαδινά επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς προβιοτικά, η χαμηλότερη τιμή ήταν 1,38% για το A/ORΑ και η μεγαλύτερη 12,04% για το M/PL. Στα επιδόρπια που προστέθηκαν προβιοτικά, οι τιμές κυμαίνονταν από 4,34% (C+P/PL) έως 8,43% (M+P/PL). Ομοίως, στα γίδινα επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς προβιοτικά, η χαμηλότερη τιμή ήταν 4,93% για το M/ORΑ και η μεγαλύτερη 7,23% για το C/VAN. Στα επιδόρπια που προστέθηκαν προβιοτικά, οι τιμές κυμαίνονταν από 3,96% (A+P/ORΑ) έως 20,92% (M+P/VAN). Οι τιμές αυτές είναι συγκρίσιμες με αυτές που αναφέρονται στην εργασία του Youn (2019) [219]. Επιπλέον, παρατηρείται ότι τα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα, στις περισσότερες περιπτώσεις έχουν μεγαλύτερης τιμές αντιοξειδωτικής ικανότητας σε σχέση με τα αγελαδινά επιδόρπια γιαουρτιού. Αυτό μπορεί να οφείλεται στη μεγαλύτερη περιεκτικότητά τους γίδινου γάλακτος σε βιταμίνη E και

καροτενοειδή, το οποίο σχετίζεται και με την τροφή των ζώων και τον μεταβολισμό τους [197]. Επιπλέον, οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ της χρήσης προβιοτικών και μη, και μεταξύ των διαφορετικών καλλιεργειών, είναι κάτι που έχει παρατηρηθεί προηγουμένως στη βιβλιογραφία, καθώς οι συμβιωτικές σχέσεις μεταξύ μικροοργανισμών οδηγούν ορισμένες φορές σε χαμηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα, πιθανότατα λόγω ανταγωνισμού για συστατικά, τα οποία μεταβολιζόμενα από τους μικροοργανισμούς, δίνουν μόρια με διαφορετική αντιοξειδωτική ικανότητα [197,233]. Μια άλλη πιθανή εξήγηση είναι και η ύπαρξη μη μετουσιωμένων πρωτεϊνών ορού, οι οποίες εμφανίζουν διαφορετική αντιοξειδωτική δράση [219,234].

Στην Εικόνα 20 παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές ($p < 0,05$) παράμετροι που επηρεάζουν την αντιοξειδωτική ικανότητα σύμφωνα με τη μέθοδο DPPH, των επιδορπίων γιαουρτιού, σύμφωνα με τη δοκιμή Tukey. Οι παράμετροι που βρέθηκαν να επηρεάζουν σημαντικά την ικανότητα των επιδορπίων να δεσμεύουν την ελεύθερη ρίζα του DPPH είναι το είδος του γάλακτος, η χρήση προβιοτικών βακτηρίων και το είδος της καλλιέργειας εκκίνησης. Για τη δέσμευση των ελευθέρων ριζών, στην ουσία προσφέρεται ένα άτομο υδρογόνου από την ένωση προς την ελεύθερη ρίζα [223]. Η αντιοξειδωτική ικανότητα των επιδορπίων γιαουρτιού, μπορεί να προέρχεται εν μέρει από την απελευθέρωση πεπτιδίων από τους μικροοργανισμούς, ως αποτέλεσμα της πρωτεόλυσης των πρωτεϊνών του γάλακτος και ταυτόχρονα στη παραγωγή οργανικών οξέων, τα οποία μπορούν να δράσουν ως δότες ηλεκτρονίων [223,235]. Συνεπώς, η χρήση γάλακτος από διαφορετικό ζώο και οι διαφορετικοί μικροοργανισμοί των καλλιεργειών μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την αντιοξειδωτική ικανότητα των επιδορπίων [223,235]. Το γεγονός ότι με τη μέθοδο αυτή αξιολόγησης της αντιοξειδωτικής δράσης δεν βρέθηκε να επηρεάζει το πρόσθετο γεύσης, μπορεί να οφείλεται στη σύστασή τους, καθώς δεν περιέχουν ενώσεις που μπορούν να δεσμεύσουν τις ελεύθερες ρίζες του DPPH.



Εικόνα 20: Επίδραση (α) του είδους του γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών και (γ) του είδους της καλλιέργειας, στην αντιοξειδωτική ικανότητα σύμφωνα με τη μέθοδο DPPH, των επιδορπίων γιαουρτιού.

5.4 Μικροβιακή σύσταση – Βιωσιμότητα καλλιεργειών εκκίνησης και προβιοτικών

Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις των πληθυσμών *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus bulgaricus* στα επιδόρπια γιαούρτια παρουσιάζονται στον Πίνακα 16. Παρατηρείται ότι οι χαρακτηριστικοί αυτοί μικροοργανισμοί των γιαουρτιών αναπτύχθηκαν καταγράφοντας στατιστικά σημαντικές διαφορές συναρτήσει του είδους του γάλακτος, του είδους της καλλιέργειας εκκίνησης, του χρόνου, της χρήσης προβιοτικών καλλιεργειών και της πρόσθετης γεύσης.

Πίνακας 13: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση (log cfu/g) των πληθυσμών *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus bulgaricus* αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού.

		M	C	A	M+P	C+P	A+P
<i>Streptococcus thermophilus</i> (log cfu/g)							
αγελαδινά	ημέρες						
PL	1^η	9,27±0,04	9,55±0,02	9,02±0,06	9,47±0,02	9,81±0,06	9,31±0,02
	21^η	9,14±0,01	9,04±0,03	8,83±0,04	9,25±0,02	9,63±0,04	8,92±0,03
VAN	1^η	9,49±0,02	9,57±0,03	9,03±0,01	9,07±0,03	9,54±0,01	8,97±0,02
	21^η	9,24±0,02	9,03±0,03	8,91±0,03	8,97±0,04	9,34±0,02	8,93±0,01
LEM	1^η	9,28±0,01	9,35±0,06	9,03±0,05	9,15±0,04	9,49±0,13	8,99±0,03
	21^η	9,26±0,03	9,01±0,02	9,00±0,01	8,85±0,03	9,33±0,02	8,57±0,01
ORA	1^η	9,29±0,06	9,45±0,03	9,00±0,03	8,80±0,03	9,48±0,01	8,65±0,01
	21^η	9,17±0,04	9,04±0,04	8,95±0,05	8,72±0,02	9,39±0,06	8,59±0,02
MAS	1^η	9,200,02	9,34±0,03	9,06±0,02	9,04±0,01	9,46±0,02	8,60±0,08
	21^η	9,19±0,01	9,08±0,02	8,89±0,00	8,63±0,03	9,38±0,03	8,54±0,04
<i>γίδινα</i>							
PL	1^η	9,47±0,04	9,67±0,02	9,21±0,02	9,55±0,01	9,97±0,02	9,44±0,01
	21^η	9,27±0,01	9,20±0,01	9,00±0,01	9,45±0,03	9,82±0,03	9,00±0,05
VAN	1^η	9,66±0,05	9,63±0,01	9,19±0,03	9,26±0,01	9,69±0,01	9,29±0,01
	21^η	9,37±0,01	9,18±0,04	9,08±0,03	9,06±0,07	9,53±0,04	9,18±0,06
LEM	1^η	9,37±0,03	9,47±0,03	9,15±0,05	9,34±0,06	9,72±0,09	9,19±0,03
	21^η	9,35±0,06	9,14±0,06	9,14±0,04	8,99±0,01	9,50±0,02	8,81±0,06
ORA	1^η	9,38±0,05	9,55±0,03	9,20±0,02	8,99±0,01	9,61±0,01	9,14±0,02
	21^η	9,31±0,01	9,16±0,04	9,09±0,01	8,93±0,04	9,54±0,06	8,95±0,05
MAS	1^η	9,26±0,01	9,46±0,04	9,19±0,01	9,24±0,01	9,65±0,03	9,24±0,02
	21^η	9,21±0,01	9,37±0,02	9,14±0,05	8,92±0,05	9,53±0,03	8,90±0,12

αγελαδινά ημέρες		<i>Lactobacillus bulgaricus</i> (log cfu/g)						
PL	1^η	9,47±0,04	8,55±0,05	5,98±0,04	5,87±0,03	9,04±0,03	4,87±0,02	
	21^η	5,44±0,04	6,09±0,10	5,49±0,06	4,59±0,05	8,92±0,04	4,57±0,02	
VAN	1^η	9,23±0,03	8,46±0,01	6,21±0,04	5,82±0,01	8,72±0,02	5,09±0,03	
	21^η	5,35±0,00	6,06±0,02	5,48±0,03	4,52±0,07	8,70±0,02	4,81±0,03	
LEM	1^η	9,18±0,03	8,46±0,03	6,12±0,03	5,96±0,06	8,98±0,01	5,37±0,02	
	21^η	5,49±0,00	5,98±0,06	5,69±0,05	4,48±0,05	8,54±0,03	4,92±0,03	
ORA	1^η	9,16±0,03	8,55±0,01	6,25±0,03	5,88±0,02	9,12±0,04	5,21±0,02	
	21^η	5,54±0,01	6,03±0,01	5,69±0,03	4,36±0,11	8,69±0,01	5,83±0,08	
MAS	1^η	9,22±0,03	8,49±0,00	6,28±0,03	5,84±0,04	8,88±0,05	4,96±0,04	
	21^η	5,47±0,01	6,07±0,04	5,67±0,08	4,38±0,09	8,78±0,04	5,28±0,02	
γίδινα ημέρες								
PL	1^η	7,68±0,02	8,62±0,03	6,16±0,06	6,06±0,07	9,25±0,04	5,05±0,06	
	21^η	5,57±0,02	6,18±0,05	5,69±0,01	4,80±0,08	9,04±0,06	4,88±0,04	
VAN	1^η	7,51±0,01	8,59±0,01	6,33±0,04	5,97±0,04	8,96±0,04	5,27±0,03	
	21^η	5,44±0,01	6,18±0,01	5,65±0,06	4,66±0,06	8,87±0,04	5,00±0,03	
LEM	1^η	7,59±0,01	8,57±0,04	6,30±0,01	6,16±0,06	9,17±0,03	5,60±0,03	
	21^η	5,60±0,01	6,05±0,07	5,82±0,04	4,69±0,05	8,64±0,02	5,12±0,03	
ORA	1^η	7,53±0,01	8,68±0,02	6,42±0,02	6,06±0,06	9,27±0,04	5,40±0,09	
	21^η	5,66±0,01	6,17±0,01	5,89±0,01	4,54±0,08	8,87±0,10	5,98±0,02	
MAS	1^η	7,57±0,01	8,55±0,01	6,52±0,04	5,97±0,03	9,05±0,05	5,18±0,03	
	21^η	5,56±0,01	6,24±0,06	5,89±0,02	4,59±0,05	8,94±0,06	5,49±0,01	

Μ: Γλυκιά (Mild), C: Κλασική (Classic), Α: Όξινη (Acidic), Ρ: Προβιοτικά (Probiotic), ΡL:Χωρίς πρόσθετα γεύσης (Plain), VAN: Βανίλια (Vanilla), LEM: Έλαιο Λεμονιού (Lemon), ORA: Έλαιο Πορτοκαλιού (Orange), MAS: Έλαιο Μαστίχας (Mastic).

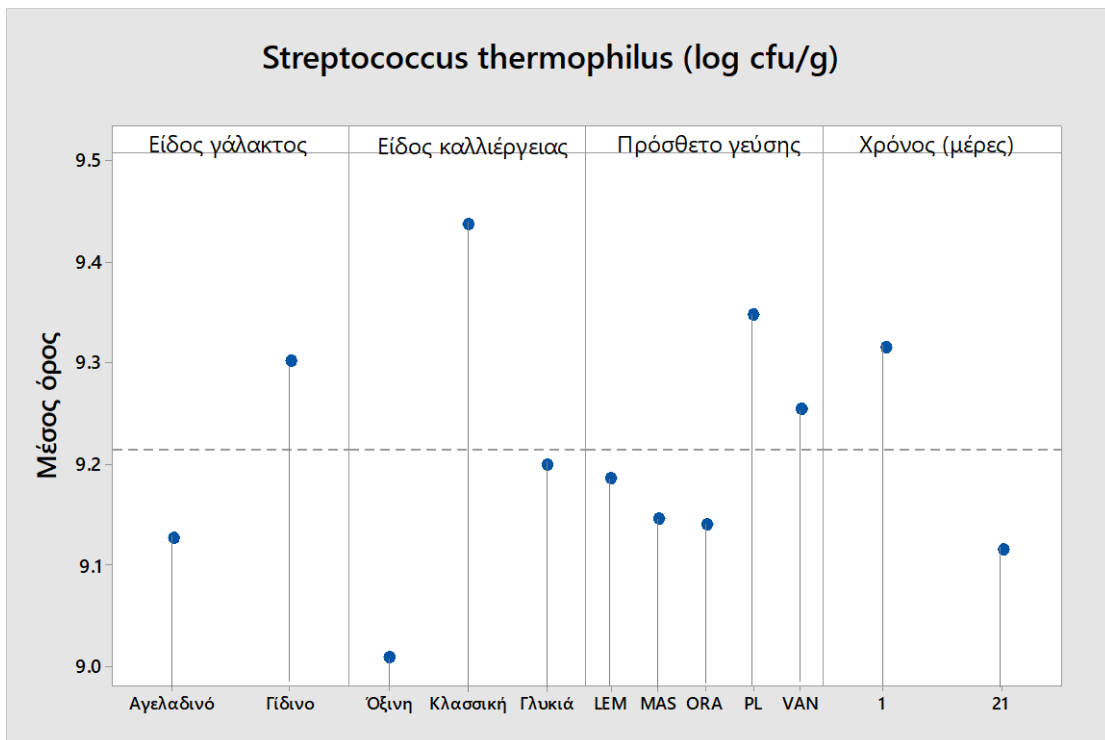
Ο πληθυσμός των οξυγαλακτικών κόκκων (*Streptococcus thermophilus*) ήταν ιδιαίτερα υψηλός καθ' όλη τη διάρκεια της διατήρησής των επιδορπίων γιαουρτιών, με τον πληθυσμό για τα αγελαδινά δείγματα να κυμαίνεται μεταξύ 8,54 log cfu/g για το A+P/MAS στις 21 μέρες, και 9,81 log cfu/g για το C+P/PL στη 1^η μέρα. Ομοίως, για τα γίδινα επιδόρπια, ο πληθυσμός των οξυγαλακτικών κόκκων κυμαίνεται μεταξύ 8,81 log cfu/g για το A+P/LEM στις 21 μέρες, και 9,97 log cfu/g για το C+P/PL στη 1^η μέρα. Όσον αφορά τους γαλακτοβάκιλλους (*Lactobacillus bulgaricus*), ο πληθυσμός τους διατηρήθηκε σε χαμηλότερα επίπεδα από την 1η έως και την 21η ημέρα για όλα τα δείγματα και ήταν για τα αγελαδινά δείγματα μεταξύ 4,36 log cfu/g για το M+P/ORΑ στις 21 μέρες, και 9,47 log cfu/g για το M/PL στη 1^η μέρα. Ομοίως, για τα γίδινα επιδόρπια, ο πληθυσμός των γαλακτοβάκιλλων κυμάνθηκε μεταξύ 4,54 log cfu/g για το M+P/ORΑ στις 21 μέρες, και 9,97 log cfu/g για το C+P/ORΑ στη 1^η μέρα. Μεταξύ των δύο μικροοργανισμών, ο πληθυσμός των κόκκων, εμφάνιζε μικρότερη διακύμανση σε σχέση με τον πληθυσμό των γαλακτοβάκιλλων, γεγονός που είναι σύμφωνο με τους Sarvari et al. [125]. Τέλος, αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι δεν ανιχνεύτηκαν ζύμες, μύκητες και εντεροβακτήρια σε κανένα προϊόν καθ' όλη τη διάρκεια συντήρησής τους, ενώ οι πληθυσμοί των προβιοτικών μικροοργανισμών ήταν σε όλες τις περιπτώσεις μεγαλύτερες από 10⁷.

Όσον αφορά τον πληθυσμό των δυο βακτηρίων, παρατηρούνται διαφορές, οι οποίες οφείλονται στη σχέση συμβίωσης που έχουν οι δυο μικροοργανισμοί. Πιο συγκεκριμένα, η ζύμωση γιαουρτιού περιέχει δύο εκθετικές φάσεις ανάπτυξης, μια για τον κάθε μικροοργανισμό, που χωρίζονται από μια μεταβατική φάση με χαμηλότερη ανάπτυξη. Η πρώτη εκθετική φάση χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη του *S. thermophilus*, ο οποίος είναι πιο ανθεκτικός στο ουδέτερο pH και προσλαμβάνει και μεταβολίζει αποδοτικότερα αμινοξέα και ιχνοστοιχεία, σε σχέση με τον *L. bulgaricus* [236]. Κατά την ανάπτυξη του *S. thermophilus*, παράγεται μυρμηκικό οξύ και φολικό οξύ. Αυτό μπορεί να βοηθήσει τη βιοσύνθεση των πουρινών στον *L. bulgaricus*, καθώς αυτό το βακτήριο δεν έχει γονίδιο για τη βιοσύνθεση του φολικού οξέος και συνεπώς δεν μπορεί να παράξει αποτελεσματικά πουρίνες. Επιπλέον, ο *S. thermophilus* καταναλώνει οξυγόνο και παράγει διοξείδιο του άνθρακα, ωφελώντας έτσι τον λιγότερο ανθεκτικό στο οξυγόνο *L. bulgaricus*. Στη μεταβατική φάση, η ανάπτυξη του *S. thermophilus* επιβραδύνεται, κυρίως λόγω έλλειψης αμινοξέων, καθώς τα επίπεδα των

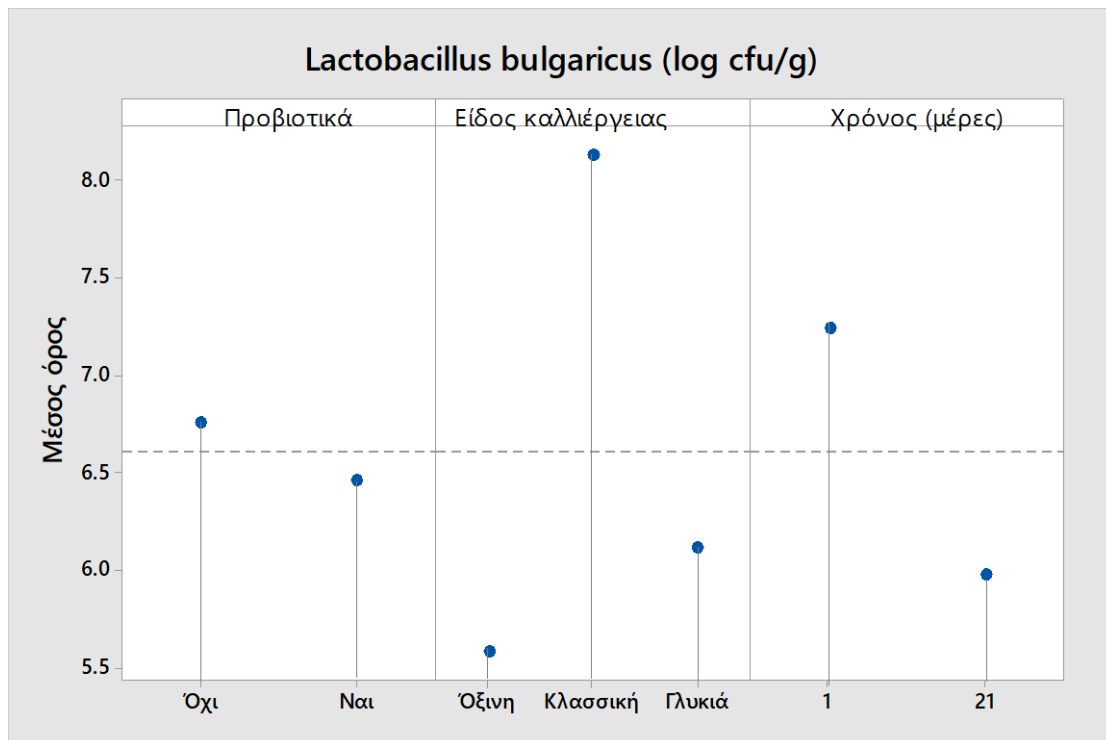
ελεύθερων αμινοξέων στο γάλα είναι χαμηλά. Κατά τη διάρκεια αυτής της μεταβατικής φάσης, ξεκινά η ανάπτυξη του *L. bulgaricus* και η έκφραση γονιδίων που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των επιπέδων ολιγοπεπτιδίων που μπορούν να προσληφθούν και να οδηγήσουν σε μια δεύτερη εκθετική φάση ανάπτυξης του *S. thermophilus*, ενώ παράλληλα υποστηρίζουν την εκθετική ανάπτυξη του *L. bulgaricus* [236]. Συνεπώς, οι διαφορές στους παρατηρούμενους πληθυσμούς, οφείλονται σε διάφορους παράγοντες, όπως η αρχική αναλογία των δύο μικροοργανισμών, καθώς ο αρχικός πληθυσμός επηρεάζει τη συμβιωτική σχέση που έχουν οι δυο μικροοργανισμοί, αλλά και η σύσταση του εκάστοτε γάλακτος σε αμινοξέα και άλλα θρεπτικά συστατικά.

Στις Εικόνες 20 και 21 παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές ($p < 0,05$) παράμετροι που επηρεάζουν την μικροβιακή σύσταση των επιδορπίων γιαουρτιού, σύμφωνα με τη δοκιμή Tukey. Όσον αφορά τον πληθυσμό του *S. thermophilus*, αυτός βρέθηκε να επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από το είδος γάλακτος, το είδος της καλλιέργειας εκκίνησης, το πρόσθετο γεύσης και το χρόνο αποθήκευσης. Όσον αφορά το είδος του γάλακτος, τα επιδόρπια από γίδινο γάλα εμφάνισαν μεγαλύτερο πληθυσμό στρεπτόκοκκων, το οποίο οφείλεται στην εγγενή σύσταση του γάλακτος [237]. Σχετικά με το είδος της καλλιέργειας που χρησιμοποιήθηκε, οι στατιστικά σημαντικές διαφορές που παρατηρούνται στους πληθυσμούς και των δυο βακτηρίων οφείλονται πιθανότατα στις αρχικές διαφορετικές αναλογίες των δυο μικροοργανισμών στις τρεις καλλιέργειες που χρησιμοποιήθηκαν. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα και με τα αποτελέσματα των Asensio et al. οι οποίοι κατέληξαν επίσης στο συμπέρασμα ότι η κλασική καλλιέργεια οδηγεί σε επιδόρπιο γιαουρτιού με υψηλότερη περιεκτικότητα σε *S. thermophilus*, σε σχέση με τις άλλες δυο [238]. Όσον αφορά τα πρόσθετα γεύσης, παρατηρείται ότι μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε *S. thermophilus* έχουν τα επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς πρόσθετα γεύσης ή με τη προσθήκη VAN. Αντιθέτως, η προσθήκη LEM, MAS και ORA μειώνει τον αριθμό των βακτηρίων. Αυτό μπορεί να οφείλεται στη παρουσία ενώσεων με εγγενείς αντιβακτηριακές ιδιότητες στα πρόσθετα αυτά, λειτουργώντας ως συντηρητικά [239]. Τέλος, ο χρόνος αποθήκευσης βρέθηκε να επηρεάζει σημαντικά τον πληθυσμό του *S. thermophilus*. Όπως αναφέρεται και στην εργασία των Shori et al. [240], όσο μεγαλώνει ο χρόνος αποθήκευσης, αυξάνεται η συγκέντρωση οργανικών οξέων στο επιδόρπιο, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο αριθμός των στρεπτόκοκκων.

Όσον αφορά τον πληθυσμό του *L. bulgaricus*, αυτός βρέθηκε να επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από τη χρήση προβιοτικών, το είδος της καλλιέργειας εκκίνησης και το χρόνο αποθήκευσης. Όσον αφορά τη χρήση των προβιοτικών, από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η χρήση προβιοτικών μειώνει τον πληθυσμό του *L. bulgaricus*. Αυτό μπορεί να οφείλεται στον ανταγωνισμό μεταξύ των βακτηρίων για απαραίτητα συστατικά (όπως τα αμινοξέα), μειώνοντας έτσι τον ρυθμό ανάπτυξης του *L. bulgaricus* [241]. Όσον αφορά το είδος της καλλιέργειας και το χρόνο αποθήκευσης, ισχύουν όσα αναφέρθηκαν και παραπάνω. Όπως αναφέρεται και στην εργασία των Shari et al. [240], όσο μεγαλώνει ο χρόνος αποθήκευσης, μειώνεται ο αριθμός των *L. bulgaricus*, λόγω της μείωσης του pH του επιδορπίου.



Εικόνα 21: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) του είδους της καλλιέργειας εκκίνησης, (γ) του πρόσθετου γεύσης και (δ) του χρόνου αποθήκευσης στο πληθυσμό του *S. thermophilus*.



Εικόνα 22: Επίδραση (α) της χρήσης προβιοτικών, (β) του είδους της καλλιέργειας εκκίνησης, και (γ) του χρόνου αποθήκευσης στο πληθυσμό του *L. bulgaricus*.

5.5 Ρεολογικές παράμετροι

5.5.1 Ικανότητα συγκράτησης ύδατος και βαθμού συναίρεσης

Στους Πίνακες 14-15 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις της Ικανότητας Συγκράτησης Ύδατος (ΙΣΥ) και του βαθμού συναίρεσης αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού. Στις Εικόνες 22 και 23 παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές ($p < 0,05$) παράμετροι που επηρεάζουν την ΙΣΥ και τη συναίρεση των επιδορπίων γιαουρτιού, σύμφωνα με τη δοκιμή Tukey.

Πίνακας 14: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση της Ικανότητας Συγκράτησης Ύδατος (ΙΣΥ) αγελαδινών και γίδινων επιδωρητών γιαουρτιού.

		M	C	A	M+P	C+P	A+P
Αγελαδινά	Ημέρες	ΙΣΥ(%)					
PL	1 ^η	47,35±0,35	43,75±0,42	43,28±0,25	44,70±0,71	38,90±0,28	31,58±0,32
	21 ^η	44,73±0,67	40,90±0,21	34,93±0,46	44,93±0,11	38,95±0,07	30,85±0,07
VAN	1 ^η	47,35±0,78	40,85±0,14	40,73±0,67	45,53±0,32	39,25±0,14	38,05±0,21
	21 ^η	42,78±0,39	41,98±1,38	39,28±0,18	40,40±0,28	32,55±0,49	31,80±1,56
LEM	1 ^η	47,93±0,95	41,90±0,14	41,60±0,78	46,43±0,32	41,28±0,11	36,43±0,25
	21 ^η	42,53±0,46	41,68±0,25	38,70±0,07	40,30±0,07	37,85±0,99	29,80±1,20
ORA	1 ^η	46,03±1,03	44,23±0,04	41,50±0,28	45,55±0,57	37,58±0,25	37,48±0,18
	21 ^η	42,80±0,21	41,48±0,39	32,60±0,49	39,80±0,28	38,63±0,11	31,35±1,56
MAS	1 ^η	47,85±1,13	42,75±0,28	38,68±0,60	44,23±0,60	41,45±0,07	33,98±1,24
	21 ^η	44,03±1,17	39,98±0,25	37,68±0,39	39,60±1,48	39,13±0,39	31,05±2,19
Γίδινα	Ημέρες	ΙΣΥ(%)					
PL	1 ^η	49,78±0,32	45,88±0,11	39,90±0,21	48,28±0,74	42,88±0,46	36,93±0,46
	21 ^η	50,55±0,57	43,70±0,28	40,68±0,25	46,18±0,32	42,08±0,46	39,23±0,25
VAN	1 ^η	50,40±0,28	44,00±1,13	42,93±0,25	46,55±0,49	43,28±0,25	34,90±0,35
	21 ^η	49,75±0,35	43,95±1,63	40,05±0,42	46,13±0,18	41,58±0,39	39,38±0,46
LEM	1 ^η	49,10±0,57	44,58±0,60	39,93±0,39	45,53±0,32	40,98±0,46	38,10±0,71
	21 ^η	50,25±0,49	43,80±0,28	38,15±0,14	45,93±0,39	39,58±0,46	36,98±0,39
ORA	1 ^η	50,05±0,57	44,00±0,42	41,43±0,67	45,03±0,95	42,00±0,14	38,85±0,49
	21 ^η	49,73±0,46	43,58±0,25	41,68±0,11	46,95±0,42	43,45±0,64	39,70±0,49
MAS	1 ^η	49,55±0,28	45,63±0,32	39,55±0,57	48,15±0,07	42,30±0,21	40,30±0,35
	21 ^η	49,18±0,74	44,35±0,28	41,83±0,25	45,48±0,67	43,63±0,18	35,10±0,85

M: Γλυκιά (Mild), C: Κλασική (Classic), A: Όξινη (Acidic), P: Προβιοτικά (Probiotic), PL: Χωρίς πρόσθετα γεύσης (Plain), VAN: Βανίλια (Vanilla), LEM: Έλαιο Λεμονιού (Lemon), ORA: Έλαιο Πορτοκαλιού (Orange), MAS: Έλαιο Μαστίχας (Mastic)

Πίνακας 15: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση του βαθμού συναιρέσης αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού.

		M	C	A	M+P	C+P	A+P
Αγελαδινά	Ημέρες	Συναιρέση (%)					
PL	1^η	23,60±0,08	29,55±0,46	33,49±0,32	25,21±0,18	32,98±0,18	37,31±0,26
	21^η	28,00±0,15	32,04±0,12	37,30±0,34	28,51±0,22	35,56±0,11	39,92±0,12
VAN	1^η	28,21±0,30	34,84±0,25	36,81±0,28	29,97±0,25	36,56±0,34	38,93±0,10
	21^η	26,89±0,20	33,05±0,20	33,68±0,06	28,61±0,08	33,64±0,23	39,26±0,36
LEM	1^η	25,33±0,26	32,50±0,13	34,79±0,21	29,28±0,23	33,85±0,21	36,63±0,22
	21^η	27,78±0,23	33,98±0,18	36,46±0,11	30,84±0,23	34,94±0,09	41,12±0,16
ORA	1^η	25,25±0,21	29,48±0,22	32,44±0,16	29,47±0,28	32,24±0,37	33,73±0,33
	21^η	27,62±0,36	32,02±0,08	37,76±0,09	31,36±0,21	33,63±0,35	38,93±0,21
MAS	1^η	24,59±0,48	32,65±0,15	34,34±0,45	28,52±0,51	33,99±0,11	36,52±0,50
	21^η	25,74±0,31	33,67±0,35	36,73±0,21	29,46±0,28	34,82±0,21	38,08±0,11
Γίδινα	Ημέρες	Συναιρέση (%)					
PL	1^η	21,58±0,35	25,60±0,28	26,85±0,22	23,60±0,28	27,36±0,19	28,43±0,33
	21^η	27,53±0,18	29,65±0,21	37,15±0,11	28,31±0,27	32,23±0,32	37,95±0,22
VAN	1^η	25,45±0,30	26,51±0,37	28,35±0,21	25,76±0,31	29,29±0,36	33,11±0,18
	21^η	29,96±0,06	32,26±0,28	33,30±0,42	32,96±0,06	36,59±0,40	38,00±0,21
LEM	1^η	26,94±0,09	28,47±0,20	30,50±0,14	27,26±0,24	31,82±0,26	35,23±0,31
	21^η	31,66±0,43	31,72±0,09	34,70±0,15	31,94±0,08	35,12±0,16	38,28±0,23
ORA	1^η	26,97±0,33	27,55±0,36	29,45±0,32	26,95±0,07	31,50±0,45	32,65±0,32
	21^η	27,42±0,33	29,74±0,30	31,51±0,28	31,10±0,14	32,35±0,28	37,26±0,37
MAS	1^η	23,87±0,18	27,35±0,29	30,88±0,18	27,10±0,14	27,72±0,33	29,78±0,25
	21^η	29,23±0,24	32,10±0,11	34,40±0,10	32,35±0,21	33,20±0,28	35,25±0,35

M: Γλυκιά (Mild), **C:** Κλασική (Classic), **A:** Ώξινη (Acidic), **P:** Προβιοτικά (Probiotic), **PL:**Χωρίς πρόσθετα γεύσης (Plain), **VAN:** Βανίλια (Vanilla), **LEM:** Έλαιο Λεμονιού (Lemon), **ORA:**Έλαιο Πορτοκαλιού (Orange), **MAS:** Έλαιο Μαστίχας (Mastic)

Παρατηρήθηκε μείωση της ΙΣΥ στην πλειονότητα δειγμάτων από την 1^η ημέρα παρασκευής τους έως την 21^η ημέρα συντήρησής τους με στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$) για το αντίστοιχο χρονικό διάστημα. Παρόμοια συμπεριφορά παρατηρήθηκε σε προηγούμενη εργασία στην οποία οι ερευνητές μελέτησαν την επίδραση του εμπλουτισμού του αγελαδινού γάλακτος με πρωτεΐνες ορού γάλακτος στις βιολειτουργικές και ρεολογικές ιδιότητες προϊόντων τύπου γιαουρτιού χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά [242] και από άλλους οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση του είδους γάλακτος και της αποθήκευσης στα βιοχημικά, ρεολογικά και βιολειτουργικά χαρακτηριστικά συνεκτικού (set) γιαουρτιού [243].

Ειδικότερα στα δείγματα αγελαδινών επιδορπίων για την ΙΣΥ, την 1^η ημέρα παρασκευής τους, παρατηρήθηκε ελάχιστη τιμή 31,58% στο δείγμα A+P και μέγιστη τιμή 47,93% στο δείγμα M/LEM, ενώ στα 21^{ης} ημέρας παρατηρήθηκε χαμηλότερη τιμή 30,85% στο δείγμα A+P και υψηλότερη τιμή 44,73% στο δείγμα M. Αντίστοιχες τιμές καταγράφηκαν και σε προηγούμενη εργασία όπου μελετήθηκαν οι χημικές λειτουργικές και ρεολογικές ιδιότητες γιαουρτιών με προσθήκη φρούτων [36].

Όσον αφορά την ΙΣΥ των γίδινων επιδορπίων την 1^η ημέρα παρασκευής τους, παρατηρήθηκε ελάχιστη τιμή 34,90% στο δείγμα A+P/VAN και μέγιστη τιμή 50,40 στο δείγμα M/VAN, ενώ στα 21^{ης} ημέρας παρατηρήθηκε χαμηλότερη τιμή 35,10% στο δείγμα A+P/MAS και η υψηλότερη τιμή 50,55% στο δείγμα M. Αντίστοιχες τιμές παρουσιάστηκαν και σε προηγούμενη εργασία [243].

Στη συναίρεση των αγελαδινών επιδορπίων την 1^η ημέρα παρασκευής τους, παρατηρήθηκε ελάχιστη τιμή 23,60% στο δείγμα M και μέγιστη τιμή 38,93% στο δείγμα A+P/VAN ενώ στα 21^{ης} ημέρας παρατηρήθηκε χαμηλότερη τιμή 25,74% στο δείγμα M/MAS και υψηλότερη τιμή 41,12% στο δείγμα A+P/LEM. Αντίστοιχες τιμές καταγράφηκαν και σε προηγούμενη εργασία [36].

Αντίστοιχα στη συναίρεση στα δείγματα γίδινων επιδορπίων την 1^η ημέρα παρασκευής τους, παρατηρήθηκε ελάχιστη τιμή 21,58% στο δείγμα M και μέγιστη τιμή 35,23% στο δείγμα A+P/LEM, ενώ στα 21^{ης} ημέρας παρατηρήθηκε χαμηλότερη τιμή 27,42% στο δείγμα M/ORΑ και υψηλότερη τιμή 38,28% στο δείγμα A+P/LEM.

Γενικά, η ικανότητα συγκράτησης νερού μειώθηκε με την εξής σειρά: $M > C > A$ για τα δείγματα χωρίς προβιοτικά και αντίστοιχα για τα δείγματα με προβιοτικά $M+P > C+P > A+P$. Το ίδιο μοτίβο παρατηρήθηκε και σε όλα τα δείγματα με τα πρόσθετα. Αντίστοιχα όπως αναμενόταν για τη συναίρεση παρατηρήθηκε το αντίστροφο μοτίβο: $M < C < A$ για τα δείγματα χωρίς προβιοτικά και αντίστοιχα για τα δείγματα με προβιοτικά $M+P < C+P < A+P$. Και στις δυο παραπάνω περιπτώσεις υπάρχει συμφωνία με το μοτίβο μείωσης για τις αντίστοιχες τιμές pH.

Ωστόσο, όλα τα γιαούρτια παρουσίασαν αυξημένη ΙΣΥ, γεγονός που συμφωνεί με τα συμπεράσματα που προέκυψαν από προηγούμενες μελέτες οι οποίες αφορούσαν την παρασκευή συνεκτικών (set) γιαουρτιών από αγελαδινό γάλα με προσθήκη συμπυκνώματος πρωτεϊνών του ορού [244,245]. Συγκρίνοντας τις τιμές ικανότητας συγκράτησης νερού και συναίρεσης αγελαδινών και γίδινων δειγμάτων παρατηρήθηκαν οι υψηλότερες τιμές ΙΣΥ και οι χαμηλότερες συναίρεσης στα γίδινα δείγματα ($p < 0,05$) γεγονός αναμενόμενο, λόγω του υψηλότερου ποσοστού πρωτεϊνών των γίδινων επιδορπίων. Αυτό, συμφωνεί με την εργασία του Varga και των συνεργατών του οι οποίοι επίσης ανέφεραν χαμηλότερες τιμές συναίρεσης σε γίδινα γιαούρτια [246] αλλά και με την εργασία της Μοσχοπούλου και των συνεργατών της οι οποίοι κατέγραψαν υψηλότερες τιμές ικανότητας συγκράτησης νερού σε γίδινα γιαούρτια [243].

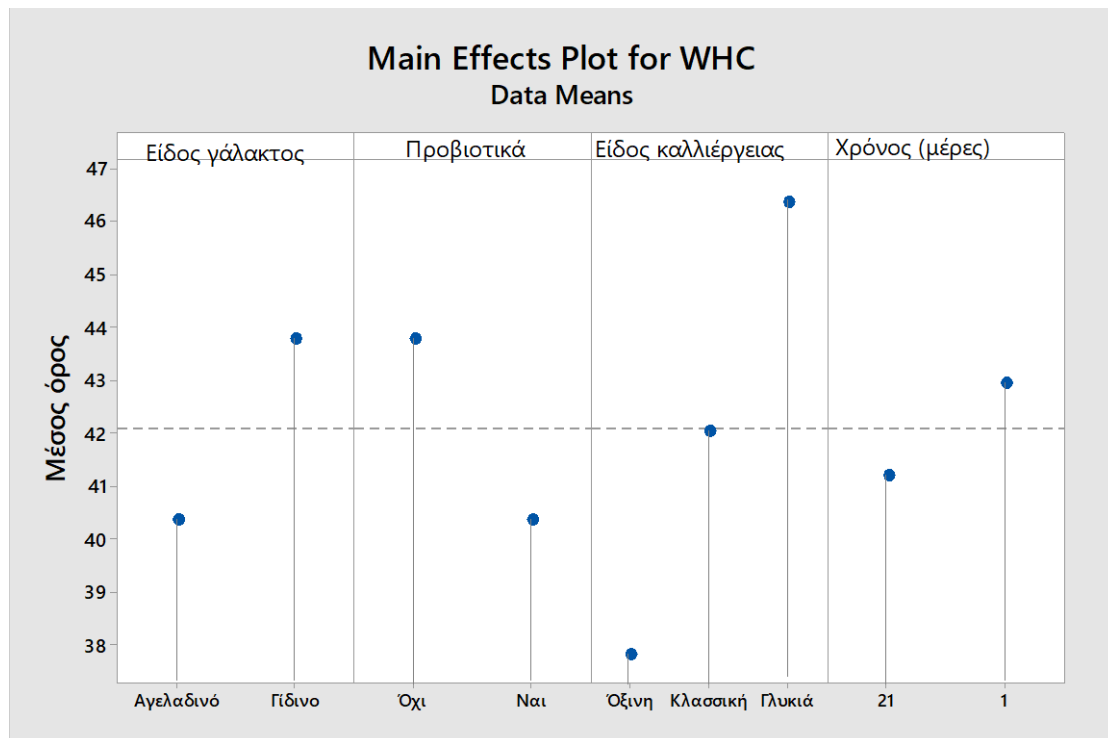
Πιο συγκεκριμένα, τα κύρια συστατικά των μετουσιωμένων πρωτεϊνών είναι οι καζεΐνες που αποτελούνται κυρίως από τέσσερα είδη μονομερών πρωτεϊνών: as_1 -καζεΐνη, as_2 -καζεΐνη, β -καζεΐνη και κ -καζεΐνη [247]. Το αυξημένο περιεχόμενο αυτών των μονομερών πρωτεϊνών στα γίδινα επιδόρπια επηρεάζει άμεσα την τελική αντοχή της δομής του πηγματος. Κατά τη διάρκεια της μετουσίωσης, η β -γαλακτογλοβουλίνη αλληλεπιδρά με την κ -καζεΐνη στην επιφάνεια των μικκυλίων καζεΐνης μέσω των δισουλφιδικών δεσμών, που είναι υπεύθυνοι για την αύξηση της αντοχής του πηγματος του γιαουρτιού [248,249].

Όσον αφορά τη χρήση προβιοτικών, σύμφωνα με τον έλεγχο πολλαπλών συγκρίσεων της δοκιμής Tukey (Εικόνες 22 και 23) βρέθηκε ότι η χρήση προβιοτικών οδηγεί σε επιδόρπια γιαουρτιού με μικρότερη ΙΣΥ και μεγαλύτερη συναίρεση σε σχέση με τα επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς προβιοτικά. Στη διεθνή

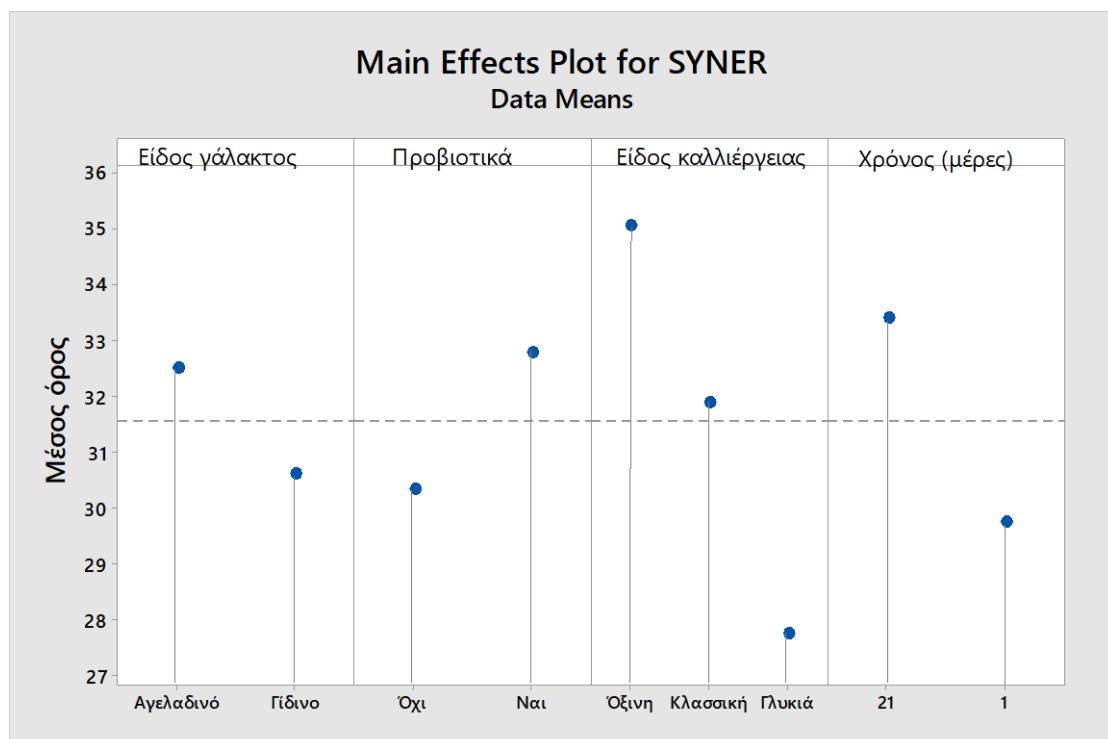
βιβλιογραφία, υπάρχουν αναφορές για τη χρήση των προβιοτικών *Bifidobacterium bifidum* και *Lactobacillus acidophilus* τα οποία προστιθέμενα στο γάλα, οδηγούν σε επιδόρπια γιαουρτιού με μικρότερη ΙΣΥ και υψηλότερη συναίρεση.

Όσον αφορά τα τρία είδη καλλιέργειών που χρησιμοποιήθηκαν, μεγαλύτερη ΙΣΥ σημειώνεται στα επιδόρπια γιαουρτιού που παρασκευάστηκαν με τη καλλιέργεια Μ, ακολουθούμενη από τη καλλιέργεια C και τέλος από τη καλλιέργεια Α. Αντιθέτως, μεγαλύτερη συναίρεση σημειώνεται στα επιδόρπια γιαουρτιού που παρασκευάστηκαν με τη καλλιέργεια Α, ακολουθούμενη από τη καλλιέργεια C και τέλος από τη καλλιέργεια Μ. Οι διαφορές αυτές οφείλονται πιθανότατα στη διαφορετική μεταβολική δραστηριότητα των μικροοργανισμών, οι οποίοι κατά τη διάρκεια της γαλακτικής ζύμωσης, με τα πρωτεολυτικά ένζυμα προκαλούν μερική πρωτεόλυση [191,253–255].

Γενικά, όλα τα επιδόρπια γιαουρτιού εμφάνισαν υψηλή ΙΣΥ λόγω της προσθήκης 0,5% (w/v) συμπυκνώματος πρωτεΐνης, κάτι το οποίο είναι σε συμφωνία με τα ευρήματα των Sodini et al. [244] και Unal και Akalin [245]. Μια μείωση της ΙΣΥ ($p < 0,05$) παρατηρήθηκε στα περισσότερα δείγματα γιαουρτιού, τόσο στα αγελαδινά όσο και στα γίδινα, μεταξύ 1ης και 21ης ημέρας αποθήκευσης ως αποτέλεσμα της συρρίκνωσης του δικτύου της πρωτεϊνικής πηκτής με την πάροδο του χρόνου. Παρόμοιες παρατηρήσεις έγιναν από τους Dimitrellou et al., (2020) [256] και Akalin et al. (2012) [245]. Όμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν σε άλλη εργασία όπου η προσθήκη μελάσας σταφυλιών ή βύσσινων οδήγησε σε επιδόρπια γιαουρτιών με μεγαλύτερη συναίρεση σε σχέση με το δείγμα ελέγχου [161].



Εικόνα 23: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών, (γ) του είδους της καλλιέργειας εκκίνησης και (δ) του χρόνου αποθήκευσης στην ΙΣΥ των επιδορπιών γιαουρτιού.



Εικόνα 24: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών, (γ) του είδους της καλλιέργειας εκκίνησης και (δ) του χρόνου αποθήκευσης στη συναίρεση των επιδορπιών γιαουρτιού.

5.5.2 Συντελεστές ελαστικότητας (G') και ιξώδους (G'')

Στον Πίνακα 16 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις του συντελεστή ελαστικότητας (G') και του συντελεστή ιξώδους (G'') αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού. Έγιναν μετρήσεις σε συχνότητες από 0-10 Hz. Επειδή όμως στις υπόλοιπες συχνότητες δεν παρουσιάστηκαν διαφοροποιήσεις μεταξύ των τιμών και των δύο συντελεστών, παρουσιάζονται οι τιμές των G' και G'' μόνο για τη συχνότητα 1,0 Hz (οι τιμές για τις συχνότητες 0,5 και 2,0 Hz δίνονται στο Παράρτημα 9.1 και 9.2).

Πίνακας 16: Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση του συντελεστή ελαστικότητας (G') και ιξώδους (G'') αγελαδινών και γίδινων επιδερμικών γιαουρτιού στη συχνότητα 1,0 Hz (1^ο μέρα).

	M	C	A	M+P	C+P	A+P
	G' (1 Hz)					
	ΑΓΕΛΑΔΙΝΑ					
PL	667,65±73,89	863,85±101,611	715,45±43,35	894,00±66,47	998,15±248,69	796,35±111,37
VAN	969,10±94,61	938,30±83,014	778,00±9,19	1324,00±162,64	815,15±110,66	608,00±118,37
LEM	584,05±4,31	1245,50±9,192	920,30±31,11	1444,50±75,66	1072,00±67,88	821,15±85,49
ORA	643,25±14,50	560,95±43,911	722,15±87,61	870,55±51,55	868,25±89,87	979,90±121,76
MAS	1017,15±40,80	1818,35±37,689	799,10±37,48	1380,50±167,58	811,00±77,78	674,90±55,01
	G'' (1 Hz)					
PL	498,40±18,24	500,50±33,66	795,80±82,16	499,55±63,29	509,60±25,88	483,90±37,62
VAN	866,50±132,37	512,10±69,72	667,25±113,49	793,90±176,64	472,05±71,63	500,40±66,75
LEM	430,25±10,68	972,35±50,42	654,25±58,48	997,30±174,94	916,00±39,60	644, ⁷⁰ ±29,98
ORA	743,15±76,15	817,40±111,86	457,60±5,52	553,15±35,29	745,15±94,54	483,30±119,78
MAS	480,25±49,85	518,90±66,47	472,35±19,87	671,30±81,32	726,70±65,48	641,55±56,92
	G' (1 Hz)					
	ΓΙΔΙΝΑ					
PL	236,40±42,71	335,40±99,28	362,45±8,84	244,05±30,62	616,05±24,25	306,25±9,55
VAN	281,00±74,39	592,05±6,44	369,15102,46	440,05±14,35	293,00±35,92	279,00±38,47
LEM	343,75±84,36	315,30±80,19	206,10±36,49	446,85±105,57	416,30±46,95	427,55±98,22
ORA	415,35±16,19	292,40±81,74	361,90±98,57	272,60±40,16	365,05±70,36	352,95±34,01
MAS	342,95±2,62	364,40±59,40	298,55±6,29	331,90±77,07	402,95±52,96	307,75±72,90
	G'' (1 Hz)					
PL	219,05±12,09	159,15±4,31	449,15±55,37	179,80±9,62	415,95±120,70	240,450±79,41
VAN	282,30±73,82	429,60±69,86	409,35±90,16	425,35±16,62	373,20±86,27	375,050±104,30
LEM	349,75±74,88	346,30±1,84	179,65±26,38	329,00±69,86	308,50±91,08	401,35±20,72
ORA	256,45±63,99	227,25±21,57	337,90±96,45	227,20±64,06	193,25±81,81	187,55±28,36
MAS	367,80±53,60	391,75±69,08	183,30±3,11	416,50±34,08	248,85±37,54	281,40±61,09

M: Γλυκιά (Mild), **C:** Κλασική (Classic), **A:** Όξινη (Acidic), **P:** Προβιοτικά (Probiotic), **PL:** Χωρίς πρόσθετα γεύσης (Plain), **VAN:** Βανίλια (Vanilla), **LEM:** Έλαιο Λεμονιού (Lemon), **ORA:** Έλαιο Πορτοκαλιού (Orange), **MAS:** Έλαιο Μαστίχας (Mastic)

Γενικά, παρατηρήθηκαν υψηλότερες τιμές στο G' από ότι στο G'' ($G' > G''$) σε όλα τα δείγματα ($p < 0,05$), συνεπώς τα επιδόρπια γιαουρτιού συμπεριφέρθηκαν περισσότερο ως στερεά τρόφιμα. Παρόμοια συμπεριφορά καταγράφηκε σε εργασία όπου μελετήθηκαν οι ρεολογικές ιδιότητες και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά γιαουρτιού με εκχύλισμα πράσινου τσαγιού [159], αλλά και σε εργασία όπου μελετήθηκαν οι ιξώδοελαστικές ιδιότητες γιαουρτιού εμπλουτισμένου με ίνες πορτοκαλιού [257]. Παράλληλα, με την αύξηση της συχνότητας αυξήθηκε η παραμόρφωση του πηγματος και συνεπώς παρατηρήθηκε αύξηση και των δύο συντελεστών, G' και G'' . Παρόμοια τάση παρατηρήθηκε και σε προηγούμενη εργασία [258].

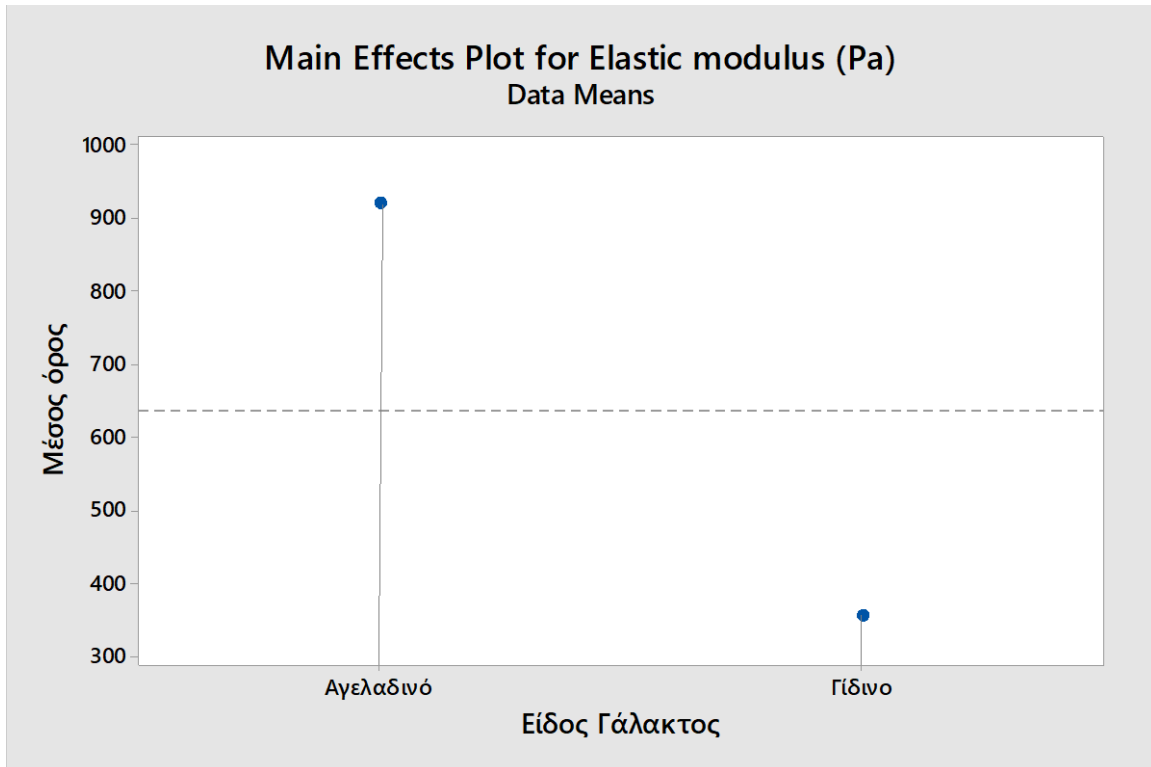
Οι τιμές του G' για τα αγελαδινά δείγματα κυμάνθηκαν από 560,95 έως 1818,35 Pa στα δείγματα C/ORΑ και C/MAS αντίστοιχα και του G'' από 430,25-997,30 Pa στα δείγματα M/LEM και M+P/LEM αντίστοιχα. Για τα γίδινα δείγματα καταγράφηκαν οι τιμές του G' από 206,10 έως 616,05 Pa στα δείγματα A/LEM και C+P αντίστοιχα και του G'' από 159,15 έως 449,15 Pa στα δείγματα C και A αντίστοιχα.

Συγκρίνοντας τις τιμές του συντελεστή ελαστικότητας (G') και του συντελεστή ιξώδους (G'') αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού παρατηρήθηκαν οι υψηλότερες τιμές G' και G'' των αγελαδινών δειγμάτων, γεγονός σύμφωνο με προηγούμενη εργασία [157]. Αυτό συνέβη λόγω της διαφορετικής σύστασης, των ιδιοτήτων αλλά και της διαφορετικής συμπεριφοράς του γίδινου και αγελαδινού γάλακτος κατά τη θερμική επεξεργασία [259,260]. Οι χαμηλότερες τιμές του G' στα γίδινα επιδόρπια πιθανόν να οφείλονται στον μικρότερο αριθμό δεσμών μεταξύ των μικκυλίων καζεΐνης στο πήγμα και αυτό ίσως λόγω του μικρότερου ποσοστού καζεΐνης και β-γαλακτογλοβουλίνης στο γίδινο γάλα [156]. Στο αγελαδινό γάλα η καζεΐνη αποτελεί περίπου το 80-83% της συνολικής περιεκτικότητας των πρωτεϊνών [261-263] ενώ στο γίδινο το 71-74% της συνολικής πρωτεΐνης [263-265].

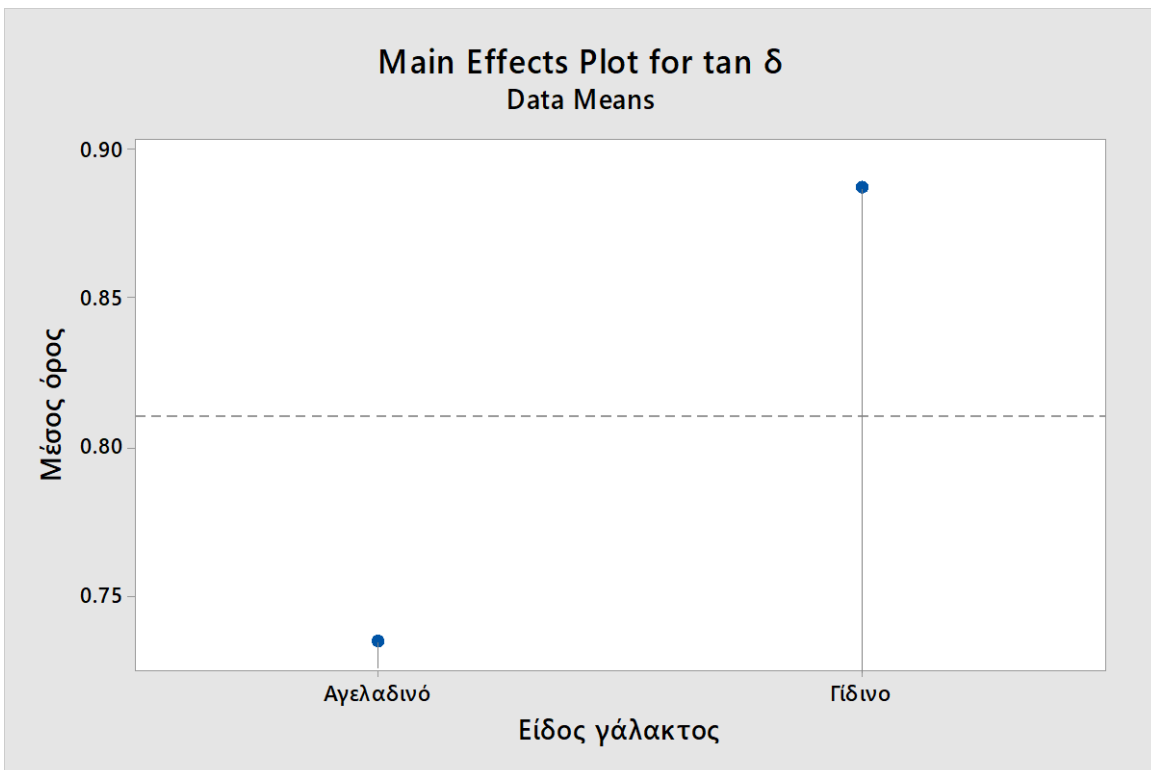
Στα στοιχεία του πειράματος εφαρμόστηκε η ANOVA τεσσάρων παραγόντων. Στις Εικόνες 24 και 25 φαίνονται οι στατιστικά σημαντικοί ($p < 0,05$) παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές του G' και της εφαπτομένης δ . Όσον αφορά το συντελεστή G' , όπως φαίνεται στην Εικόνα 25, αλλά και από την εφαρμογή του ελέγχου Tukey, τα δείγματα που παρασκευάστηκαν με αγελαδινό γάλα εμφάνισαν

μεγαλύτερες τιμές του G' σε σχέση με τα δείγματα που παρασκευάστηκαν από κατσικίσιο γάλα ($G'_{\text{γάλα αγελ.}} > G'_{\text{γάλα κατσ.}}$), το οποίο συμφωνεί και με προηγούμενες μελέτες [156,157]. Δεν παρατηρήθηκε σαφής επίδραση είτε της καλλιέργειας εκκίνησης είτε της προβιοτικής καλλιέργειας λόγω πολύ μεγάλων διακυμάνσεων στα G' και G'' . Τέλος, η $\tan \delta$ (αναλογία G'' προς G') κατέγραψε, στις περισσότερες περιπτώσεις, τιμές χαμηλότερες από 1 που αντιστοιχούν σε ελαστικά υλικά χαρακτηριστικά δειγμάτων γιαουρτιού. Δείγματα με υψηλότερες τιμές $\tan \delta$ (επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα) παρουσιάζουν κάπως λιγότερο ελαστική συμπεριφορά από τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα με βάση την παραπάνω εξήγηση. Αυτά τα ευρήματα συμφωνούν με τη βιβλιογραφία σχετικά με το πιο "σφιχτό" στην υφή γιαούρτι αγελάδας σε σύγκριση με το γίδινο επιδόρπιο γιαουρτιού [156]

Τέλος, σύμφωνα με την ANOVA, η εφαπτομένη δ επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά μόνο από το είδος του γαλακτος ($p < 0,05$). Όπως φαίνεται στην Εικόνα 26, αλλά και από την εφαρμογή του ελέγχου Tukey, τα δείγματα που παρασκευάστηκαν με κατσικίσιο γάλα εμφάνισαν μεγαλύτερες τιμές της εφαπτομένης δ σε σχέση με τα δείγματα που παρασκευάστηκαν από αγελαδινό γάλα.



Εικόνα 25: Επίδραση του είδους γάλακτος στο συντελεστή ελαστικότητας (G') των επιδορπίων γιαουρτιού.



Εικόνα 26: Επίδραση του είδους γάλακτος στην εραπτομένη δ των επιδορπίων γιαουρτιού.

5.6 Προσδιορισμός πτητικών συστατικών

Τα πτητικά συστατικά που προσδιορίστηκαν στα επιδόρπια γιαουρτιού που παρασκευάστηκαν από αγελαδινό και γίδινο γάλα, με τη χρήση τριών διαφορετικών καλλιεργείων (γλυκιά, κλασική και όξινη), με ή χωρίς τη προσθήκη προβιοτικών, αποτυπώνονται στους Πίνακες 17-20. Τα πτητικά συστατικά ανήκουν στις αλδεΐδες, αλκοόλες, κετόνες, οξέα, υδρογονάνθρακες και τερπένια.

Πίνακας 17: Πτητικά συστατικά αγελαδινών επιδορπίων (mg/kg) γιαουρτιού, χωρίς προβιοτικά, με διαφορετικές καλλιέργειες (1^η μέρα). Με διαφορετικούς εκθέτες σημειώνονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές για $p < 0,05$

Ένωση	RI _{exp}	RI _{lit}	Mild	Classic	Acidic
Αλδεΐδες					
ακεταλδεΐδη	-	-	-	54,87 ± 12,15 ^a	-
Κετόνες					
2-προπανόνη	-	500	-	37,75 ± 18,88 ^a	-
2,3-βουτανεδιόνη	566	584	14,02 ± 0,22 ^a	43,89 ± 7,21 ^{cd}	36,39 ± 10,35 ^{bc}
2-πεντανόνη	681	689	-	6,42 ± 0,88 ^b	-
2,3-πεντανεδιόνη	693	700	-	-	16,47 ± 1,02 ^c
3-υδροξυ- 2-βουτανόνη	720	721	30,24 ± 10,95 ^a	63,26 ± 13,07 ^a	73,72 ± 32,27 ^{ab}
2-επτανόνη	891	899	6,82 ± 1,40 ^a	9,58 ± 2,43 ^a	15,69 ± 4,84 ^a
διϋδρο-2-μεθυλο-3 (2H) -θειοφαινόνη	1005	994	-	-	2,62 ± 1,31 ^a
2-εννεανόνη	1093	1095	1,45 ± 0,43 ^a	-	2,71 ± 0,75 ^b
Σύνολο			52,52 ± 12,98	160,90 ± 52,47	147,6 ± 50,54

Οξέα					
εξανικό οξύ	923	934	2,40 ± 1,39 ^a	3,20 ± 1,85 ^a	-
Υδρογονάνθρακες					
τολουόλιο	774	771	-	-	4,29 ± 1,75 ^b
2,4-διμεθυλ- 1-επτένιο	821	820	2,58 ± 1,29 ^a	-	-
1-δεκένιο	992	990	-	-	3,44 ± 0,10 ^c
δεκάνιο	1000	1000	3,06 ± 0,65 ^a	3,51 ± 1,03 ^a	5,48 ± 3,68 ^a
1-δωδεκένιο	1193	1199	-	-	3,27 ± 1,90 ^a
Σύνολο			5,64 ± 1,94	3,51 ± 1,03	16,47 ± 7,33
Τερπένια					
λεμονένιο	1044	1039	-	4,54 ± 0,65 ^b	2,69 ± 2,10 ^{ab}
καρυοφυλένιο	1465	1451	-	1,93 ± 1,19 ^a	-
Σύνολο			-	6,47 ± 1,84	2,69 ± 2,10
Σύνολο					
			66,21 ± 18,25	177,59 ± 58,22	183,24 ± 67,4

Πίνακας 18: Πτητικά συστατικά αγελαδινών επιδορπίων (mg/kg) γιαουρτιού, με προβιοτικά, με διαφορετικές καλλιέργειες (1^η μέρα). Με διαφορετικούς εκθέτες σημειώνονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές για $p < 0,05$

Ένωση	RI _{exp}	RI _{lit}	Mild+Prob	Classic+Prob	Acidic+Prob
Αλδεΐδες					
ακεταλδεΐδη			-	21,59 ± 15,97 ^b	6,60 ± 0,12 ^{ab}
πεντανάλη	697	695	-	4,75 ± 3,36 ^a	4,53 ± 0,1 ^a
εξανάλη	801	798	-	5,41 ± 2,95 ^b	-
εννεανάλη	1108	1105	-	-	1,73 ± 0,25 ^a
Σύνολο			-	30,36 ± 23,66	12,86 ± 0,47
Αλκοόλες					
1,8 σινεόλη	1044	1038	1,81 ± 1,01 ^a	-	-
Κετόνες					
2-προπανόνη	-	500	-	28,84 ± 0,52 ^b	10,52 ± 0,10 ^{ab}
2,3-βουτανεδιόνη	566	584	21,28 ± 12,16 ^{ab}	30,20 ± 0,15 ^{abc}	55,11 ± 1,06 ^d
2-πεντανόνη	681	689	-	6,11 ± 0,71 ^b	-
2,3-πεντανεδιόνη	693	700	-	8,39 ± 0,58 ^b	-
3-υδροξυ- 2-βουτανόνη	720	721	39,25 ± 22,96 ^a	58,03 ± 16,99 ^a	120,42 ± 4,67 ^b
2-επτανόνη	891	899	7,86 ± 4,33 ^a	11,89 ± 4,88 ^a	13,57 ± 0,13 ^a
2-εννεανόνη	1093	1095	-	-	2,57 ± 0,02 ^b
Σύνολο			68,39 ± 39,45	143,46 ± 23,83	202,52 ± 5,98
Οξέα					
οξικό οξύ	923	934	151,46 ± 77,25	-	119,94 ± 84,81
Υδρογονάνθρακες					
1-δεκένιο	992	990	1,91 ± 0,51 ^b	1,94 ± 0,65 ^b	3,27 ± 0,65 ^c
εννεάνιο	900	900	3,55 ± 0,63 ^b	4,88 ± 0,12 ^b	5,12 ± 0,83 ^a
τολουόλιο	774	771	2,12 ± 1,22 ^a	-	-
δεκάνιο	1000	1000	5,15 ± 1,29 ^a	5,76 ± 0,86 ^a	7,42 ± 1,33 ^a
1-μεθυλ-2-(1-μεθυλαιθυλ)-βενζόλιο	1039	1041	1,15 ± 0,79 ^a	-	-
1-δωδεκένιο	1193	1199	2,52 ± 0,70 ^b	-	4,08 ± 1,63 ^{ab}
Σύνολο			16,41 ± 5,12	12,58 ± 1,63	19,89 ± 4,41
Τερπένια					
α-πινένιο	936	943	-	1,50 ± 0,43 ^a	-
λεμονένιο	1044	1039	3,01 ± 2,71 ^{ab}	4,15 ± 1,31 ^b	3,12 ± 0,94 ^{ab}
Σύνολο			3,01 ± 2,71	5,65 ± 1,74	3,12 ± 0,94
Σύνολο					
			271,44 ± 125,54	192,05 ± 50,86	358,33 ± 96,61

Πίνακας 19: Πτητικά συστατικά γίδινων επιδορπίων (mg/kg) γιαουρτιού, χωρίς προβιοτικά, με διαφορετικές καλλιέργειες (1^η μέρα). Με διαφορετικούς εκθέτες σημειώνονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές για $p < 0,05$

Ένωση	RI _{exp}	RI _{lit}	Mild	Classic	Acidic
Αλδεΐδες					
ακεταλδεΐδη	-	-	7,12 ± 4,08 ^a	66,09 ± 18,12 ^b	-
Κετόνες					
2-προπανόνη	-	500	33,50 ± 24,73 ^a	-	33,22 ± 11,10 ^a
2,3-βουτανεδιόνη	566	584	37,24 ± 19,76 ^a	97,19 ± 18,72 ^{ab}	116,37 ± 48,60 ^{ab}
2-πεντανόνη	681	689	7,58 ± 1,09 ^c	4,30 ± 0,10 ^b	7,50 ± 1,40 ^c
2,3-πεντανεδιόνη	693	700	20,42 ± 9,77 ^{ab}	17,11 ± 4,59 ^{ab}	16,78 ± 11,86 ^{ab}
3-υδροξυ- 2-βουτανόνη	720	721	13,82 ± 6,34 ^{ab}	32,16 ± 1,00 ^{ab}	-
2-επτανόνη	891	899	16,16 ± 7,47 ^c	17,33 ± 1,00 ^c	14,06 ± 4,83 ^{bc}
διϋδρο-2-μεθυλο-3 (2H) -θειοφαινόνη	1005	994	-	16,14 ± 1,00 ^a	-
Σύνολο			128,72 ± 69,16	184,22 ± 26,41	187,93 ± 77,79
Τερπένια					
α-πινένιο	936	943	48,83 ± 21,77 ^b	23,54 ± 5,47 ^{ab}	32,85 ± 12,35 ^{ab}
καμφένιο	969	950	-	13,49 ± 2,14 ^{bc}	15,67 ± 5,91 ^c
β-πινένιο	936	978	6,69 ± 2,82 ^a	-	-
λεμονένιο	1044	1039	7,56 ± 6,24 ^a	-	-
Σύνολο			63,08 ± 30,83	37,03 ± 7,61	48,52 ± 18,26
Σύνολο					
			198,92 ± 104,07	287,34 ± 52,14	236,45 ± 96,05

Πίνακας 20: Πτητικά συστατικά γίδινων επιδορπίων (mg/kg) γιαουρτιού, με προβιοτικά, με διαφορετικές καλλιέργειες (1^η μέρα). Με διαφορετικούς εκθέτες σημειώνονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές για $p < 0,05$

Ένωση	RI _{exp}	RI _{lit}	Mild+Prob	Classic+Prob	Acidic+Prob
Αλδεΰδες					
ακεταλδεΰδη	-	-	54,50 ± 1,00 ^b	11,13 ± 0,04 ^a	17,06 ± 4,35 ^a
Κετόνες					
2-προπανόνη	-	500	-	15,01 ± 2,76 ^a	-
2,3-βουτανεδιόνη	566	584	153,79 ± 82,62 ^b	30,90 ± 5,11 ^a	55,76 ± 1,00 ^{ab}
2-πεντανόνη	681	689	-	5,91 ± 0,62 ^b	-
2,3-πεντανεδιόνη	693	700	43,67 ± 23,67 ^b	4,98 ± 0,30 ^a	12,68 ± 8,97 ^{ab}
3-υδροξυ- 2-βουτανόνη	720	721	140,88 ± 21,97 ^{ab}	31,05 ± 9,51 ^{ab}	0
2-επτανόνη	891	899	-	-	5,30 ± 1,00 ^{ab}
Σύνολο			338,34 ± 128,24	87,85 ± 18,30	74,04 ± 10,97
Οξέα					
βουτανικό οξύ	721	735	-	5,63 ± 0,15 ^a	-
Υδρογονάνθρακες					
κυκλοπεντάνιο			37,66 ± 26,63 ^b	4,77 ± 1,62 ^a	-
2,2,4 τριμέθυλο-πεντάνιο	684	668	-	-	15,10 ± 4,83 ^a
2,4 διμέθυλο-1-επτένιο	697	700	-	-	4,31 ± 0,53 ^a
4-μέθυλο-οκτάνιο	800	800	-	-	3,01 ± 0,1 ^a
εννεάνιο	900	900	-	3,87 ± 0,1 ^a	4,23 ± 1,01 ^a
1,3 διμέθυλο-βενζόλιο	904	900	-	-	5,61 ± 1,30 ^a
2,2,4,6,6 πενταμέθυλο-επτάνιο	997	997	-	-	3,68 ± 0,09 ^a
δεκάνιο	999	1000	-	3,37 ± 0,1 ^a	4,09 ± 1,25 ^a
Σύνολο			37,66 ± 26,63	12,01 ± 1,72	40,03 ± 9,02
Τερπένια					
α-πινένιο	936	943	40,59 ± 24,10 ^{ab}	4,30 ± 0,60 ^a	6,56 ± 0,32 ^a
καμφένιο	969	950	16,90 ± 8,59 ^c	-	-
Σύνολο			57,49 ± 32,69	4,30 ± 0,60	6,56 ± 0,32
Σύνολο					
			487,99 ± 188,77	120,92 ± 20,81	137,69 ± 24,66

5.6.1 Αλδεΐδες

Όσον αφορά τις αλδεΐδες που ανιχνεύτηκαν στα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα, χωρίς την προσθήκη προβιοτικών, τότε προσδιορίστηκε αποκλειστικά η ακεταλδεΐδη, μόνο στο δείγμα που παρασκευάστηκε με κλασική καλλιέργεια μικροοργανισμών. Αντιθέτως, όταν προστέθηκαν προβιοτικά, ανιχνεύτηκε ακεταλδεΐδη, πεντανάλη, εξανάλη και εννεανάλη, τόσο στη περίπτωση της κλασικής, όσο και της όξινης καλλιέργειας. Κατά τη παρασκευή των επιδορπίων γιαουρτιού, η προσθήκη των προβιοτικών βακτηρίων, οδήγησε σε αλλαγές στο pH και στη σύσταση του γάλακτος κατά τη ζύμωση (σε αντίθεση με τα επιδόρπια γιαουρτιού που παρασκευάστηκαν χωρίς τη προσθήκη προβιοτικών βακτηρίων). Οι αλλαγές αυτές πιθανόν προκάλεσαν την ενεργοποίηση ενζύμων από τα προβιοτικά βακτήρια, με αποτέλεσμα τη παραγωγή και άλλων αλδεΐδων, πέρα από την ακεταλδεΐδη [266,267]. Η ύπαρξη αυτών των τριών επιπλέον αλδεΐδων στα επιδόρπια τους προσδίδει διαφορετική οσμή. Για παράδειγμα, η εξανάλη, προσδίδει οσμή «πράσινου χορταριού» στο γιαούρτι και είναι αυτή στην οποία οφείλεται σε μεγάλο βαθμό η χαρακτηριστική οσμή του τυριού Camembert [268].

Η ακεταλδεΐδη είναι από τις πλέον σημαντικές ενώσεις των ζυμωμένων γαλακτοκομικών προϊόντων, καθώς τους προσδίδει αιθήρια, φρέσκια, πράσινη και έντονη οσμή, που είναι χαρακτηριστικό τους [62,269]. Γενικότερα, έχει προταθεί ότι η ακεταλδεΐδη μπορεί να προκύψει από την αποικοδόμηση διαφόρων ενώσεων όπως η γλυκόζη, η κατεχόλη, οι γλυκεραλδεΐδες και αμινοξέα όπως η θρεονίνη και η γλυκίνη [270]. Ωστόσο, η πιο σημαντική οδός σχηματισμού ακεταλδεΐδης αναφέρεται ότι είναι η διάσπαση της θρεονίνης σε ακεταλδεΐδη και γλυκίνη η οποία καταλύεται από το ένζυμο αλδολάση της θρεονίνης [271]. Το ένζυμο αυτό υπάρχει τόσο στους μικροοργανισμούς *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus bulgaricus*, χωρίς όμως η παραγωγή ακεταλδεΐδης από τους δύο μικροοργανισμούς να είναι ίδια. Επιθυμητές καλλιέργειες είναι εκείνες οι οποίες επιτρέπουν τη δημιουργία ακεταλδεΐδης, χωρίς να οξινίζουν ιδιαίτερα το επιδόρπιο [55]. Το γεγονός ότι η ακεταλδεΐδη προσδιορίστηκε κυρίως σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στη κλασική καλλιέργεια του αγελαδινού γάλακτος είναι σύμφωνο με προηγούμενες μελέτες που έδειξαν ότι η κλασική καλλιέργεια δίνει επιδόρπιο γιαουρτιού με καλύτερη οσμή, η οποία οφείλεται και στην ακεταλδεΐδη [272].

Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε το ίδιο και στα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα. Είτε σε αυτά προστέθηκαν προβιοτικά είτε όχι, δεν ανιχνεύτηκαν άλλες αλδεΐδες, πέρα από την ακεταλδεΐδη ($7,12 \pm 4,08$ mg/kg για τη γλυκιά και $66,09 \pm 18,12$ mg/kg για τη κλασική καλλιέργεια απουσία του *Lactobacillus acidophilus* και $54,50 \pm 1,00$ mg/kg για τη γλυκιά, $11,13 \pm 0,04$ mg/kg για τη κλασική και $17,06 \pm 4,35$ mg/kg για την όξινη καλλιέργεια παρουσία του *Lactobacillus acidophilus*). Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι χρησιμοποιήθηκε διαφορετική καλλιέργεια προβιοτικών για τη παρασκευή των επιδορπίων γιαουρτιού από αγελαδινό και από γίδινο γάλα. Ομοίως, οι διαφορές στη ποσότητα ακεταλδεΐδης στα επιδόρπια γίδινου γιαουρτιού με προσθήκη προβιοτικών σε σχέση με αυτά που παρασκευάστηκαν χωρίς προβιοτικά, μπορεί να οφείλεται στη διαφορετική ενζυμική δραστηριότητα των προβιοτικών βακτηρίων [273,274].

Σύμφωνα με τους Sandine et al. [275] καλή γεύση γιαουρτιού προκύπτει όταν παράγονται περισσότερα από 8,0 ppm ακεταλδεΐδης. Στην παρούσα μελέτη οι συγκεντρώσεις ακεταλδεΐδης που καταγράφηκαν ήταν, στις περισσότερες περιπτώσεις, αρκετά υψηλές και κυμαίνονταν από $6,60 \pm 0,12$ έως $66,09 \pm 18,12$ mg/kg. Η έλλειψη του ενζύμου αλκοολική αφυδρογονάση στα βακτήρια, που είναι υπεύθυνο για τη μετατροπή της ακεταλδεΐδης σε αιθανόλη, είναι η πιθανή αιτία της υψηλής περιεκτικότητας σε ακεταλδεΐδη [271]. Ως αποτέλεσμα, η αιθανόλη, μια πτητική ένωση του γιαουρτιού [62,63] δεν προσδιορίστηκε σε κανένα από τα επιδόρπια γιαούρτια στην παρούσα μελέτη. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία [276] τα προϊόντα γιαουρτιού με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε ακεταλδεΐδη εξακολουθούν να έχουν τυπικό άρωμα γιαουρτιού, υποδηλώνοντας ότι η ακεταλδεΐδη είναι μόνο ένα συστατικό του αρώματος γιαουρτιού και δεν ταυτίζεται με το συνολικό άρωμα γιαουρτιού. Η πεντανάλη, η εξανάλη, η οκτανάλη και η εννεανάλη έχουν επίσης αναφερθεί ότι αποτελούν συστατικά του πτητικού κλάσματος του γιαουρτιού [62] που σχηματίζονται κατά την οξειδωση του λίπους του γάλακτος. Από αυτά, η πεντανάλη, η εξανάλη και η εννεανάλη προσδιορίστηκαν στην παρούσα μελέτη σε αγελαδινό γιαούρτι με την προσθήκη *Bifidobacterium animalis* BB-12.

5.6.2 Κετόνες

Οι κετόνες είναι η κύρια κατηγορία πτητικών συστατικών που προσδιορίστηκαν στα επιδόρπια γιαουρτιού. Οι κετόνες προέρχονται τόσο από το νωπό γάλα (συνεπώς τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα αναμένεται να έχουν διαφορές με τα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα, ως προς τη περιεκτικότητά τους σε κετόνες), όσο και από τη διαδικασία παρασκευής των επιδορπίων, λόγω αυτοξειδωσης των ακόρεστων λιπαρών οξέων [277]. Τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα, που παρασκευάστηκαν με τη γλυκιά καλλιέργεια μικροοργανισμών και χωρίς τη προσθήκη προβιοτικών, είχαν περίπου 3 φορές λιγότερες κετόνες σε σχέση με τα αντίστοιχα επιδόρπια που παρασκευάστηκαν με τη κλασική και την όξινη καλλιέργεια. Στα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα στα οποία προστέθηκαν και προβιοτικά παρατηρήθηκε η ίδια διαφορά στη συγκέντρωση των κετονών, μεταξύ των επιδορπίων γιαουρτιού από τις διαφορετικές καλλιέργειες. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν μεγάλες διαφορές στις συγκεντρώσεις των κετονών μεταξύ γιαουρτιών με ή χωρίς προβιοτικά, οι οποίες να συνδέονται με τη προσθήκη των προβιοτικών.

Στην περίπτωση των επιδορπίων γιαουρτιού από γίδινο γάλα, χωρίς προβιοτικά, παρατηρείται η ίδια τάση στη συγκέντρωση των κετονών. Δηλαδή τα επιδόρπια με τη γλυκιά καλλιέργεια είχαν μικρότερη περιεκτικότητα σε κετόνες σε σχέση με τα επιδόρπια που παρασκευάστηκαν με τη κλασική και την όξινη καλλιέργεια. Ενδιαφέρον, ωστόσο, παρουσιάζει η περίπτωση των επιδορπίων γιαουρτιού από γίδινο γάλα στα οποία προστέθηκαν προβιοτικά. Στη περίπτωση αυτή, τα επιδόρπια με τη γλυκιά καλλιέργεια είχαν 2,6 φορές μεγαλύτερη συγκέντρωση κετονών, σε σχέση με το αντίστοιχο επιδόρπιο στο οποίο δεν προστέθηκαν προβιοτικά. Η συγκέντρωση αυτή μάλιστα ήταν 4 φορές μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση των κετονών στα επιδόρπια γιαουρτιού με προβιοτικά τα οποία παρασκευάστηκαν με χρήση της κλασικής και όξινης καλλιέργειας. Τα δυο αυτά επιδόρπια γιαουρτιού παρουσίασαν 50% μείωση στη συγκέντρωση των κετονών τους, σε σχέση με τα επιδόρπια που παρασκευάστηκαν χωρίς προβιοτικά. Το εύρημα αυτό είναι σύμφωνο με άλλα βιβλιογραφικά δεδομένα, καθώς αναφέρεται πως η προσθήκη μικροοργανισμών που αναπτύσσονται εύκολα στο γάλα, όπως ο *Lactobacillus acidophilus*, επηρεάζουν θετικά το σχηματισμό κετονών [278]. Συνεπώς, στη περίπτωση των επιδορπίων γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα, η προσθήκη των προβιοτικών δεν φαίνεται να

επηρεάζει σημαντικά τη περιεκτικότητά τους σε κετόνες και κατ' επέκταση και την οσμή που προσδίδουν αυτές. Αντιθέτως, στα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα, η προσθήκη των προβιοτικών (*acidophilus*) αύξησε σημαντικά την περιεκτικότητα σε κετόνες, μόνο όταν χρησιμοποιήθηκε η γλυκιά καλλιέργεια, ενώ μείωσε τη συγκέντρωση σε κετόνες όταν χρησιμοποιήθηκαν οι άλλες δύο.

Από τις κετόνες που ανιχνεύθηκαν, οι μεγαλύτερες μεταβολές στη συγκέντρωση μεταξύ των δειγμάτων παρατηρήθηκαν στη περίπτωση της 3-υδροξυ-2-βουτανόνης (γνωστή και ως ακετοΐνη). Η ένωση αυτή προσδίδει χαρακτηριστική βουτυρώδη και κρεμώδη γεύση, καθώς και γεύση βανίλιας στα επιδόρπια γιαουρτιού [279]. Παρόμοια χαρακτηριστικά προσδίδει και η 2,3-βουτανεδιόνη της οποίας η συγκέντρωση μεταβαλλόταν σημαντικά στα διάφορα δείγματα [280]. Γενικότερα, η παρουσία βακτηρίων *Bifidobacteria* δεν έχει αναφερθεί να επηρεάζει τη παραγωγή κετονών από τους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται στη καλλιέργεια, ενώ αντιθέτως, ο μικροοργανισμός *Lactobacillus acidophilus* επηρεάζει τη παραγωγή κετονών [278].

Μεταξύ των κετονών που προσδιορίζονται, το διακετύλιο (2,3-βουτανοδιόνη) είναι μια σημαντική αρωματική ένωση που συμβάλλει στο άρωμα του γιαουρτιού με νότες βουτύρου. Σχηματίζεται μέσω της ζύμωσης του κιτρικού που υπάρχει στο γάλα. Οι τυπικές συγκεντρώσεις διακετυλίου στο γιαούρτι κυμαίνονται μεταξύ 0,2-3 mg/kg [281]. Στην παρούσα μελέτη καταγράφηκαν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις διακετυλίου στα επιδόρπια γιαουρτιού. Η ακετοΐνη (3-υδροξυ-2-βουτανόνη) είναι ένα κοινό συστατικό γεύσης σε πολλά γαλακτοκομικά προϊόντα που έχουν υποστεί ζύμωση. Έχει μια ήπια κρεμώδη γεύση που προσομοιάζει το βούτυρο, παρόμοια με αυτή του διακετυλίου αλλά σημαντικά πιο αδύναμη. Η ακετοΐνη σχηματίζεται εύκολα από το διακετύλιο από το ένζυμο διακετυλοαναγωγή. Οι τυπικές συγκεντρώσεις ακετοΐνης στο γιαούρτι κυμαίνονται από 1,2 έως 28 mg/kg [281]. Στην παρούσα εργασία καταγράφηκαν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις ακετοΐνης. Η ακετόνη (2-προπανόνη) προέρχεται είτε από το γάλα είτε από τις βακτηριακές καλλιέργειες του γιαουρτιού και έχει μικρή σημασία για τη συμβολή στη γεύση των γαλακτοκομικών προϊόντων [282]. Έχει γλυκό φρουτώδες άρωμα και συμβάλλει θετικά στη γεύση του γιαουρτιού. Η τυπική περιεκτικότητα σε ακετόνη στο γιαούρτι κυμαίνεται από 0,3 έως 4 mg/kg [281]. Στην παρούσα μελέτη καταγράφηκαν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις ακετόνης.

Γενικά, η παρουσία Bifidobacteria δεν έχει αναφερθεί ότι επηρεάζει την παραγωγή κετονών από τους μικροοργανισμούς της καλλιέργειας εκκίνησης, ενώ, αντίθετα, ο προβιοτικός μικροοργανισμός *Lactobacillus acidophilus* επηρεάζει την παραγωγή κετονών [278]. Αυτό μπορεί να οφείλεται στον αυξημένο ρυθμό μεταβολισμού του κιτρικού οξέος [283]. Αυτό επιβεβαιώθηκε από τα ευρήματά μας, καθώς τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα εμπλουτισμένα με Bifidobacteria δεν παρουσίασαν καμία αλλαγή στη γεύση τους, σε σύγκριση με τα γίδινα επιδόρπια γιαουρτιού που περιείχαν *Lactobacillus acidophilus* και παρουσίαζαν καλύτερη γεύση σε σχέση με τα αντίστοιχα χωρίς προβιοτικά. Η Beshkova et al. [284] ανέφεραν συγκεντρώσεις 14,1 ως 17,3 mg/kg για την ακεταλδεΐδη, 1,6 ως 2,0 mg/kg για το διακετύλιο, 1,7 to 2,2 mg/kg για την ακετοΐνη και 0,66 ως 0,75 mg/kg για την ακετόνη σε γιαούρτια από τη Βουλγαρία. Η 2-πεντανόνη, η 2-επτανόνη και η 2-εννεανόνη έχουν επίσης καταγραφεί στο προφίλ γεύσης των γιαουρτιών [62]. Οι Imhof et al., [285,286] προσδιόρισαν τα βασικά συστατικά αρώματος σε γιαούρτια της Ελβετίας και προσδιόρισαν έξι πτητικές ουσίες (ακεταλδεΐδη, διμεθυλοσουλφίδιο, διακετύλιο, 2,3-πεντανεδιόνη, L-λεμονένιο και ενδεκανάλη) οι οποίες έχουν σημαντική επίδραση στη γεύση του γιαουρτιού. Σύμφωνα με αυτούς τα λαμβανόμενα αποτελέσματα θα πρέπει να ερμηνεύονται με προσοχή επειδή τα κύρια συστατικά (λίπος, πρωτεΐνες και υδατάνθρακες) στο γιαούρτι μπορούν να μειώσουν σημαντικά την πραγματική απελευθέρωση πτητικών. Άλλες καρβονυλικές ενώσεις συμπεριλαμβανομένης της 2,3-πεντανεδιόνης βρέθηκε ότι συμβάλλουν στο άρωμα του γιαουρτιού [285]. Η 2,3-πεντανεδιόνη προσδιορίστηκε επίσης ως πτητική ένωση στο γιαούρτι στην παρούσα μελέτη.

5.6.3 Πτητικά οξέα

Τα πτητικά καρβοξυλικά οξέα είναι σημαντικές ενώσεις αρώματος στα προϊόντα γάλακτος, καθώς ενισχύουν τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά [287]. Τα καρβοξυλικά οξέα προέρχονται συνήθως από λιπόλυση, πρωτεόλυση ή μεταβολισμό της λακτόζης [277,288]. Όσον αφορά τα πτητικά οξέα των δειγμάτων, παρατηρήθηκε ότι τα διαφορετικά δείγματα περιείχαν διαφορετικά συστατικά. Πιο συγκεκριμένα, στα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα, χωρίς τη προσθήκη προβιοτικών, προσδιορίστηκε εξανικό οξύ, εκτός από την

περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε η όξινη καλλιέργεια. Όταν χρησιμοποιήθηκαν προβιοτικά, τότε προσδιορίστηκε οξικό οξύ, σε ιδιαίτερα μεγάλες συγκεντρώσεις (από 120 έως 151 mg/kg), εκτός από τη περίπτωση της κλασικής καλλιέργειας. Σε προηγούμενες εργασίες αναφέρεται ότι το είδος του μικροοργανισμού που θα χρησιμοποιηθεί για τη καλλιέργεια, επηρεάζει τη τελική συγκέντρωση των καρβοξυλικών οξέων γενικότερα, και του οξικού οξέος, ειδικότερα [289]. Συνεπώς, η διαφορετική περιεκτικότητα των αρχικών καλλιιεργειών στους δύο τύπους μικροοργανισμών (δηλαδή *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus bulgaricus*), είναι αυτή στην οποία οφείλονται οι παρατηρούμενες διαφορές. Επιπλέον, έχει αναφερθεί, ότι γιαούρτια στα οποία προστέθηκαν bifidobacteria περιέχουν σημαντικά περισσότερο οξικό οξύ, σε σχέση με τα αντίστοιχα στα οποία δεν προστέθηκαν τα εν λόγω προβιοτικά [267]. Αυτό εξηγεί και την αυξημένη συγκέντρωση οξικού οξέος στα δείγματα. Το οξικό οξύ προσδίδει γεύση ξιδιού στο γιαούρτι και για αυτό όταν βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να καταστήσει το προϊόν μη αποδεκτό από τους καταναλωτές. Συνεπώς, τα δείγματα αυτά αναμένεται να εμφανίζουν λιγότερο καλά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τα αγελαδινά επιδόρπια γιαουρτιού στα οποία δεν προστέθηκαν προβιοτικά.

Στη περίπτωση των επιδορπίων γιαουρτιού από γίδινο γάλα, χωρίς προβιοτικά δεν προσδιορίστηκε κάποιο πτητικό οξύ, ενώ σε αυτά που προστέθηκαν προβιοτικά ανιχνεύθηκε το βουτυρικό οξύ. Το βουτυρικό οξύ προσδίδει γεύση τυριού, και συνεπώς τα αντίστοιχα δείγματα αναμένεται να έχουν βελτιωμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά [290].

5.6.4 Υδρογονάνθρακες

Οι υδρογονάνθρακες είναι κατά κύριο λόγο δευτερεύοντα προϊόντα της οξειδωσης των λιπιδίων στο νωπό γάλα. Παρά το γεγονός ότι προσδιορίζονται σχεδόν σε όλα τα δείγματα, οι υδρογονάνθρακες δεν συμβάλλουν στο άρωμα γιαουρτιού λόγω των χαμηλών συγκεντρώσεών τους και του υψηλού ορίου αντίληψής τους [291].

Όσον αφορά τη περιεκτικότητα των δειγμάτων σε υδρογονάνθρακες, αυτοί προσδιορίστηκαν σε όλα τα δείγματα, με εξαίρεση τα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα, στα οποία δεν προστέθηκαν προβιοτικά. Στη περίπτωση που

χρησιμοποιήθηκαν προβιοτικά, παρατηρήθηκε σχεδόν διπλασιασμός της συγκέντρωσης των υδρογονανθράκων στα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα, ενώ τα αντίστοιχα επιδόρπια από γίδινο γάλα είχαν αρκετά μεγαλύτερη συγκέντρωση υδρογονανθράκων. Γενικότερα, έχει αναφερθεί ότι παράγονται διαφορετικοί υδρογονάνθρακες όταν στο γάλα προστίθεται μόνο *Streptococcus thermophilus*, διαφορετικοί όταν προστίθεται μόνο *Lactobacillus bulgaricus*, ενώ όταν προστίθενται και οι δύο, τότε οι υδρογονάνθρακες που σχηματίζονται είναι διαφορετικοί σε σχέση με τις μεμονωμένες περιπτώσεις [289]. Συνεπώς, οι παρατηρούμενες διαφορές μεταξύ των επιδορπίων, αποδίδονται στη χρήση διαφορετικών καλλιεργειών. Επιπλέον, το γεγονός ότι ταυτοποιήθηκαν υδρογονάνθρακες στα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα, μπορεί να οφείλεται στη τροφή των ζώων και σε άλλες παραμέτρους κατά τη διαδικασία μεταφοράς και αποθήκευσης του γάλακτος [292].

5.6.5 Τερπένια

Όσον αφορά τη περιεκτικότητα των δειγμάτων σε τερπένια, παρατηρήθηκε ότι σε όλα τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα (με ή χωρίς τη προσθήκη προβιοτικών) οριακά προσδιορίστηκαν ορισμένα τερπένια. Αντιθέτως, στα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα, παρατηρήθηκαν σημαντικά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις τερπενίων (έως και 10 φορές μεγαλύτερες). Τα τερπένια είναι φυσικοί δευτερογενείς μεταβολίτες των φυτών. Εντοπίζονται σε θάμνους, χόρτα και δέντρα και συνεπώς, μπορούν να βρεθούν στο γάλα και κατ' επέκταση στο επιδόρπιο γιαουρτιού όταν το θηλαστικό τρέφεται περισσότερο με φυτά που είναι πλούσια σε τερπένια [293,294]. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση τερπενίων στα γίδινα επιδόρπια γιαουρτιού οφείλεται στη διατροφή των ζώων, σύμφωνα με προηγούμενες αναφορές [195,295].

5.7 Οργανοληπτική αξιολόγηση

Στον Πίνακα 21 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις των παραμέτρων: χρώμα, οσμή, γεύση, υφή και συνολικός βαθμός των αγελαδινών και γιδίνων επιδορπίων γιαουρτιού.

PL	3,30±0,84	3,50±0,50	2,90±0,74	3,58±0,97	4,08±0,49	4,17±0,98
VAN	3,20±1,25	3,50±0,50	3,10±0,89	3,25±0,82	3,17±0,68	3,42±0,80
LEM	2,80±0,91	3,50±0,71	3,00±0,61	3,67±1,08	3,00±1,05	3,50±0,77
ORA	3,00±0,79	2,90±0,55	3,20±0,91	3,33±0,82	3,33±0,61	3,50±0,55
MAS	2,70±0,84	2,30±0,84	2,60±0,42	3,08±0,80	2,92±0,92	3,17±0,68

Υφή

PL	4,40±0,65	4,50±0,50	4,40±0,42	4,67±0,41	4,50±0,45	4,58±0,38
VAN	4,60±0,42	4,50±0,50	4,50±0,50	4,67±0,41	4,58±0,49	4,67±0,41
LEM	4,50±0,50	4,50±0,50	4,50±0,50	4,67±0,41	4,58±0,49	4,67±0,41
ORA	4,50±0,50	4,50±0,50	4,50±0,50	4,67±0,41	4,58±0,49	4,67±0,41
MAS	4,50±0,50	4,50±0,50	4,60±0,42	4,67±0,41	4,58±0,49	4,67±0,41

Goat

PL	3,60±0,65	4,10±0,22	4,40±0,42	3,92±0,49	3,92±0,49	4,17±0,75
VAN	3,80±0,57	3,90±0,55	4,20±0,27	3,83±0,41	3,92±0,58	3,83±0,75
LEM	3,90±0,22	3,80±0,45	3,90±0,55	3,67±0,52	3,75±0,94	3,83±0,75
ORA	4,00±0,35	3,90±0,55	4,20±0,27	3,92±0,20	4,17±0,68	3,83±0,75
MAS	4,00±0,35	3,90±0,55	4,20±0,27	3,67±0,52	3,83±0,41	3,83±0,75

Συνολικός βαθμός

PL	4,60±0,28	4,68±0,22	4,58±0,35	4,58±0,35	4,54±0,38	4,56±0,37
VAN	4,80±0,18	4,58±0,30	4,35±0,52	4,50±0,46	4,50±0,49	4,46±0,61
LEM	4,18±0,70	4,20±0,67	4,22±0,66	4,33±0,65	4,35±0,63	4,38±0,64
ORA	4,30±0,56	4,38±0,48	4,40±0,45	4,29±0,70	4,33±0,60	4,31±0,66
MAS	4,50±0,36	4,30±0,56	4,30±0,62	4,44±0,53	4,38±0,54	4,33±0,65

Goat

PL	3,74±0,73	4,16±0,54	4,04±0,83	4,27±0,54	4,37±0,41	4,50±0,35
VAN	4,12±0,67	3,92±0,62	3,94±0,71	4,05±0,66	3,97±0,66	4,18±0,60
LEM	3,86±0,78	3,98±0,58	3,86±0,72	4,07±0,60	3,83±0,72	4,03±0,57
ORA	3,86±0,77	3,82±0,78	4,06±0,67	4,08±0,60	4,10±0,61	3,97±0,59
MAS	3,82±0,82	3,52±1,00	3,72±0,91	3,98±0,70	3,83±0,75	3,97±0,66

Μ: Γλυκιιά (Mild), C: Κλασική (Classic), A: Όξινη (Acidic), P: Προβιοτικά (Probiotic), PL: Χωρίς πρόσθετα γεύσης (Plain), VAN: Βανίλια (Vanilla), LEM: Έλαιο Λεμονιού (Lemon), ORA: Έλαιο Πορτοκαλιού (Orange), MAS: Έλαιο Μαστίχας (Mastic)

Ειδικότερα, το χρώμα όλων των δειγμάτων ήταν λευκό χωρίς διαφοροποιήσεις και στατιστικά σημαντικά διαφορές ($p>0,05$). Η οσμή των αγελαδινών δειγμάτων κυμάνθηκε από 3,7 στα δείγματα M/LEM και C/LEM έως 4,9 στα δείγματα M/VAN, ενώ των γίδινων από 3,2 στα δείγματα M και C/MAS έως 4,6 στο δείγμα A+P. Η οσμή για τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα έλαβε υψηλότερες βαθμολογίες σε σχέση με τα δείγματα χωρίς προβιοτικά, ενώ τα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα κατέγραψαν υψηλότερες βαθμολογίες για τα δείγματα με την προσθήκη προβιοτικών.

Όσον αφορά τη γεύση, στα αγελαδινά δείγματα, η βαθμολογία κυμάνθηκε από 3,4 στο δείγμα M+P/ORA έως 4,7 στο δείγμα M/VAN. Στα γίδινα η βαθμολογία της γεύσης κυμάνθηκε από 2,30 στο δείγμα C/MAS έως 4,2 στο δείγμα A+P.

Η υφή των αγελαδινών δειγμάτων παρουσίασε εύρος τιμών 4,4-4,7 ενώ αντίστοιχα στα γίδινα οι τιμές κυμαίνονταν από 3,6 στο δείγμα M έως 4,4 στο δείγμα A.

Από τη συνολική εκτίμηση των αγελαδινών δειγμάτων προέκυψε η χαμηλότερη 4,2 στα M/LEM, C/LEM και A/LEM και η υψηλότερη βαθμολογία 4,8 στο M/VAN. Αντίστοιχα από την αξιολόγηση των γίδινων δειγμάτων την χαμηλότερη βαθμολογία 3,6 έλαβαν το δείγμα C/MAS ενώ την υψηλότερη 4,5 το δείγμα A+P.

Γενικά, όλα τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα κατέγραψαν υψηλότερη βαθμολογία σε όλες τις παραμέτρους σε σύγκριση με τα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα. Η γεύση αποδείχθηκε ότι είναι η πιο σημαντική αισθητηριακή παράμετρος που κατέγραψε τιμές χαμηλότερες από 3 (χαμηλότερο επίπεδο αποδοχής) σε ορισμένες περιπτώσεις. Η γεύση κατέγραψε τις υψηλότερες τιμές στα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα χωρίς προβιοτικά (γλυκιά και κλασική καλλιέργεια εκκίνησης) και στα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα με προβιοτικά (κλασική και όξινη καλλιέργεια εκκίνησης). Πιθανότατα αυτή η παρατήρηση σχετίζεται με την κάλυψη της ανεπιθύμητης «κατσικίσιας» γεύσης των γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού με την πρόσθετη οξίνιση που επιτυγχάνεται με την καλλιέργεια προβιοτικών. Όσον αφορά την επίδραση των πρόσθετων γεύσεων, διαπιστώθηκε ότι τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα που παρασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας την γλυκιά και κλασική καλλιέργεια εκκίνησης χωρίς την καλλιέργεια προβιοτικών και την προσθήκη γεύσης βανίλιας ήταν τα πιο αποδεκτά. Όσον αφορά τα γίδινα επιδόρπια, τα πιο αποδεκτά ήταν αυτά που παρασκευάστηκαν με την κλασική και όξινη καλλιέργεια εκκίνησης, την προβιοτική καλλιέργεια και χωρίς πρόσθετο γεύσης.

Επίσης, από τη βαθμολογία της γεύσης στα αγελαδινά δείγματα φαίνεται ότι το πιο γευστικό ήταν το δείγμα M/VAN ενώ στα γίδινα το A+P καθώς και ότι τα δείγματα με πορτοκάλι και μαστίχα πήραν τις υψηλότερες τους βαθμολογίες στα αγελαδινά επιδόρπια. Η γεύση του λεμονιού πήρε την υψηλότερή της βαθμολογία στα γίδινα δείγματα με την υψηλότερη τιμή στο M+P/LEM.

Συνοψίζοντας, από τον συνολικό βαθμό αποδοχής που προέκυψε παρατηρήθηκε ότι τα αγελαδινά επιδόρπια με τις υψηλότερες βαθμολογίες ήταν αυτά χωρίς προβιοτικά εκτός της περίπτωσης με το λεμόνι και ότι στα γίδινα επιδόρπια την υψηλότερη βαθμολογία έλαβαν αυτά με τα προβιοτικά εκτός από το δείγμα C+P/LEM.

Στις Εικόνες 26-29 φαίνεται η επίδραση του είδους γάλακτος, της χρήσης προβιοτικών και του πρόσθετου αρώματος στην οσμή, τη γεύση, την υφή και το συνολικό βαθμό των επιδορπίων γιαουρτιού.

Όσον αφορά την οσμή των παραγόμενων επιδορπίων, σύμφωνα με τη δοκιμή Tukey, καλύτερη οσμή βρέθηκε να έχουν τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα, σε σχέση με τα γίδινα ($p < 0,05$). Ομοίως, η προσθήκη των προβιοτικών ενίσχυσε την οσμή των παραγόμενων επιδορπίων ($p < 0,05$), ενώ όσον αφορά τα πρόσθετα γεύσης, καλύτερη οσμή είχαν τα σκέτα επιδόρπια γιαουρτιού και αυτά στα οποία προστέθηκε VAN ($p < 0,05$).

Όσον αφορά την γεύση των παραγόμενων επιδορπίων, σύμφωνα με τη δοκιμή Tukey, καλύτερη γεύση βρέθηκε να έχουν τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα, σε σχέση με τα γίδινα ($p < 0,05$). Ομοίως, η προσθήκη των προβιοτικών ενίσχυσε την γεύση των παραγόμενων επιδορπίων ($p < 0,05$), ενώ όσον αφορά τα πρόσθετα γεύσης, καλύτερη γεύση είχαν τα σκέτα επιδόρπια γιαουρτιού και αυτά στα οποία προστέθηκε VAN ($p < 0,05$).

Όσον αφορά την υφή των παραγόμενων επιδορπίων, σύμφωνα με τη δοκιμή Tukey, καλύτερη υφή βρέθηκε να έχουν τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα, σε σχέση με τα γίδινα ($p < 0,05$).

Τέλος, όσον αφορά την συνολική βαθμολογία των παραγόμενων επιδορπίων ως προς τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά, σύμφωνα με τη δοκιμή Tukey, καλύτερη βαθμολογία βρέθηκε να έχουν τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα, σε σχέση με τα γίδινα ($p < 0,05$). Ομοίως, η προσθήκη των προβιοτικών

αύξησε τη συνολική βαθμολογία των παραγόμενων επιδορπίων ($p < 0,05$), ενώ όσον αφορά τα πρόσθετα γεύσης, καλύτερη βαθμολογία είχαν τα σκέτα επιδόρπια γιαουρτιού και αυτά στα οποία προστέθηκε VAN ($p < 0,05$).

Η συσχέτιση Pearson των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών με την οσμή, τη γεύση και τη συνολική βαθμολογία τόσο για τα αγελαδινά επιδόρπια γιαουρτιού όσο και για τα γίδινα, παρουσιάζεται στον Πίνακα 22. Όπως φαίνεται για τα αγελαδινά επιδόρπια γιαουρτιού, υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ γεύσης και οσμής, μεταξύ συνολικής βαθμολογίας και οσμής/γεύσης, μεταξύ pH και οσμής/γεύσης/συνολική βαθμολογία, μεταξύ λακτόζης και γεύσης/συνολικής βαθμολογίας/pH, μεταξύ ΙΣΥ και γεύσης/συνολικής βαθμολογίας/pH/λακτόζης. Υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ συναίρεσης και γεύσης/συνολικής βαθμολογίας/pH/λακτόζης/ΙΣΥ. Για τα γίδινα επιδόρπια γιαουρτιού υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ γεύσης και οσμής, συνολικής βαθμολογίας και οσμής/γεύσης, μεταξύ pH και οσμής, μεταξύ λακτόζης και pH, μεταξύ ΙΣΥ και λακτόζης, μεταξύ συναίρεσης και γεύσης/συνολικής βαθμολογίας/pH. Βρέθηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ του pH και της γεύσης/συνολικής βαθμολογίας, μεταξύ λακτόζης και γεύσης/συνολικής βαθμολογίας, μεταξύ ΙΣΥ και γεύσης/συνολικής βαθμολογίας/pH και μεταξύ συναίρεσης και λακτόζης/ΙΣΥ.

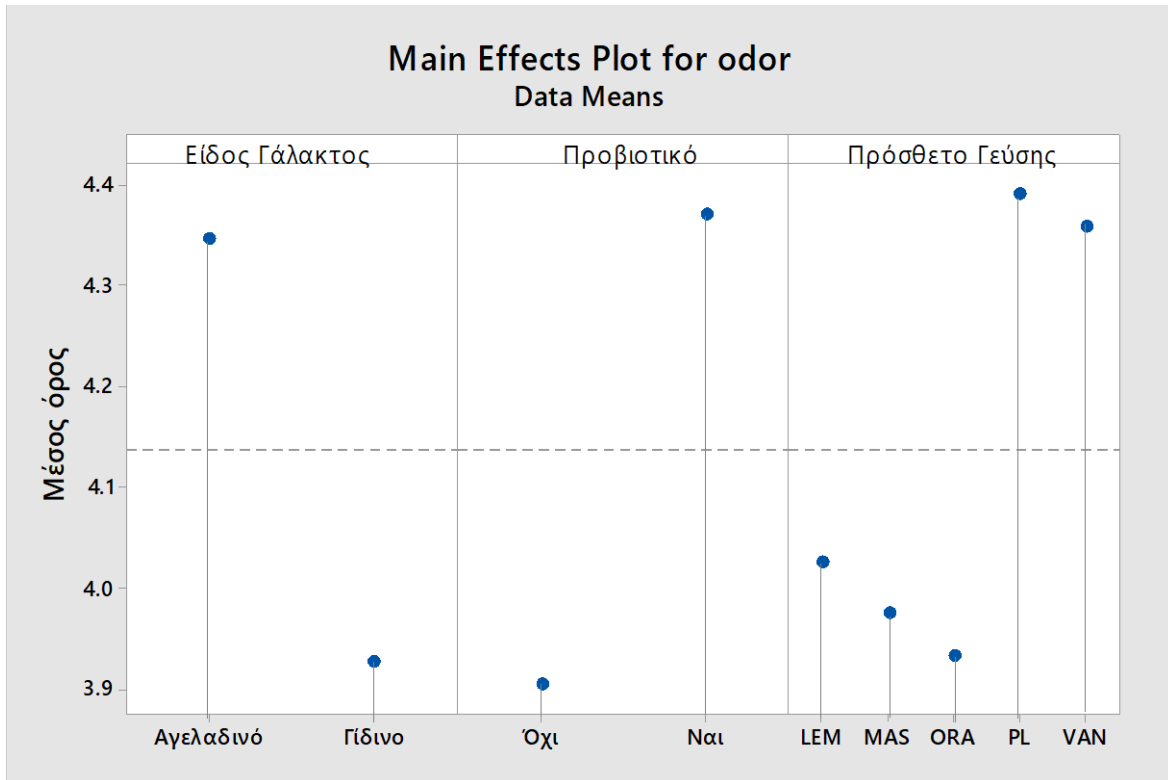
Η συσχέτιση Pearson των πτητικών συστατικών με τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τόσο για τα αγελαδινά επιδόρπια γιαουρτιού όσο και για τα γίδινα, παρουσιάζεται στον Πίνακα 23. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι:

(1) Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά συσχετίζονται θετικά με τις αλδεΐδες, τις κετόνες και σε μικρότερο βαθμό με τα καρβοξυλικά οξέα για τα αγελαδινά επιδόρπια γιαουρτιού, χωρίς τη προσθήκη προβιοτικών *Bifidobacterium* BB-12.

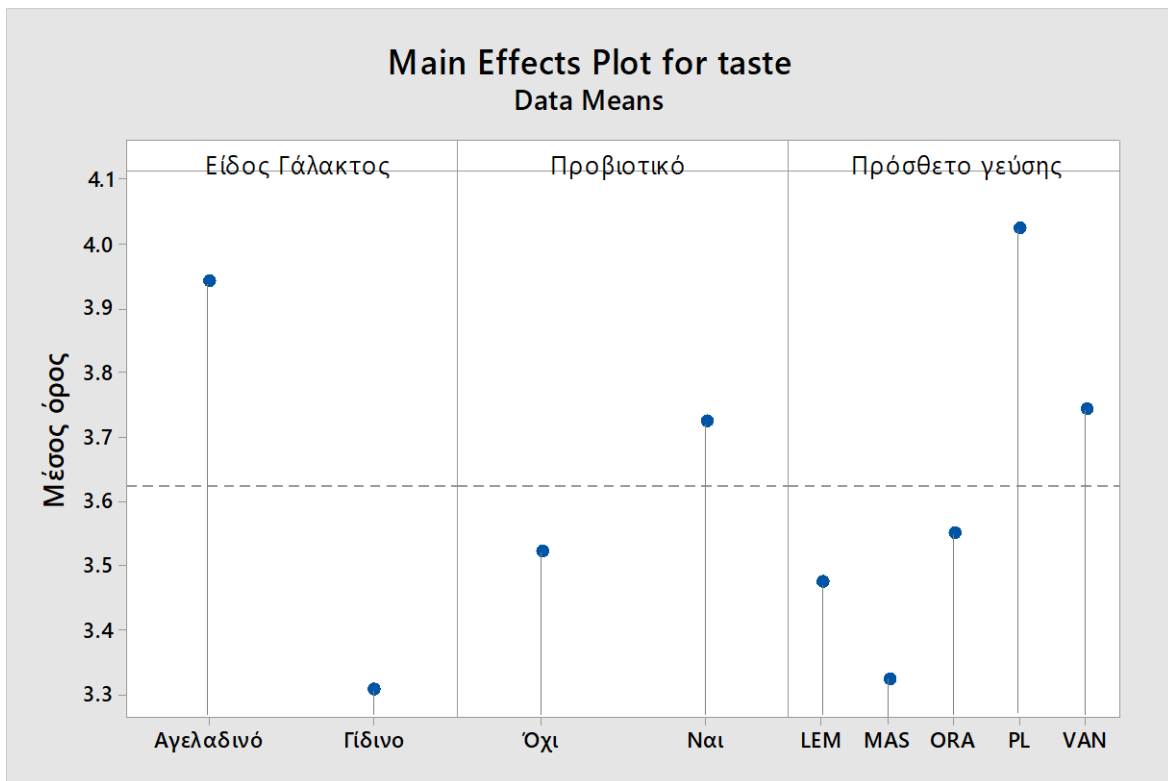
(2) Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά συσχετίζονται θετικά με τις κετόνες και αρνητικά με τις αλδεΐδες και τα καρβοξυλικά οξέα για τα αγελαδινά επιδόρπια γιαουρτιού, με τη προσθήκη προβιοτικών *Bifidobacterium* BB-12.

(3) Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά συσχετίζονται θετικά με αλδεΐδες και κετόνες για τα γίδινα επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς την προσθήκη προβιοτικών *Lactobacillus acidophilus* LA-5 .

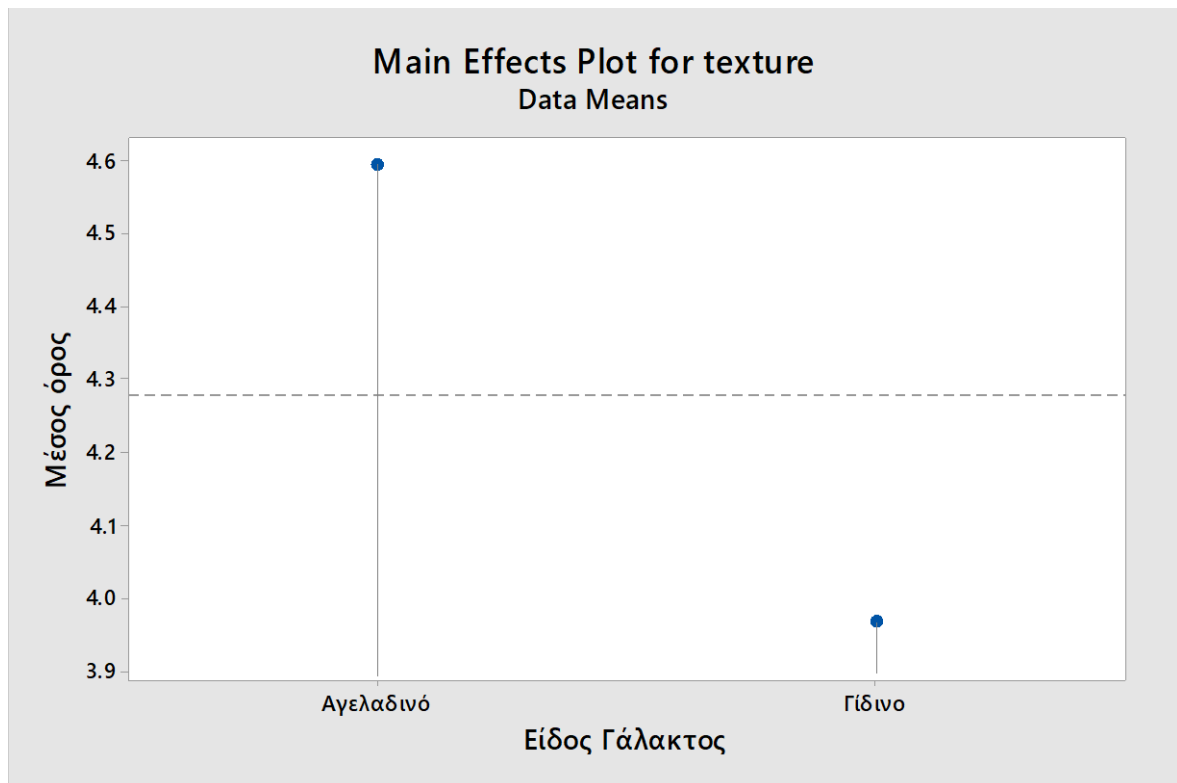
(4) Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά συσχετίζονται θετικά με τις αλδεΐδες και τις κετόνες για τα γίδινα επιδόρπια γιαουρτιού με την προσθήκη *Lactobacillus acidophilus* LA-5.



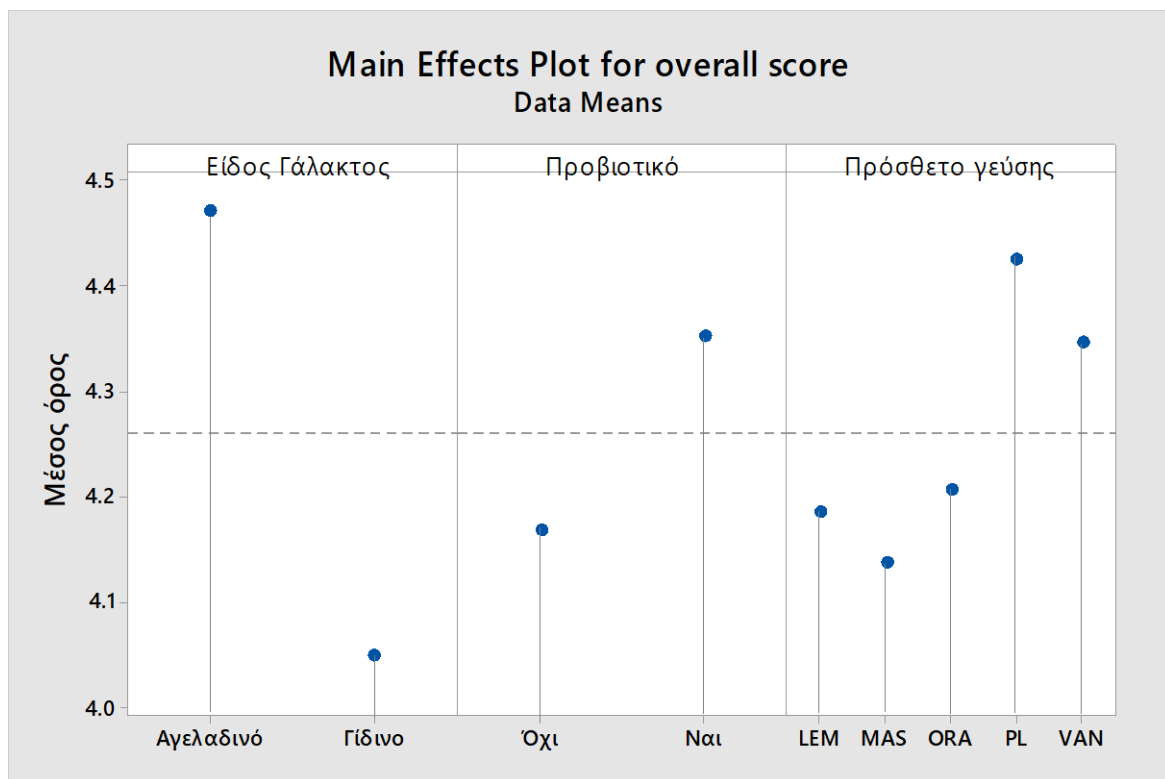
Εικόνα 27: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών και (γ) του πρόσθετου αρώματος στην οσμή των επιδορπίων γιαουρτιού.



Εικόνα 28: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών και (γ) του πρόσθετου αρώματος στην γεύση των επιδορπίων γιαουρτιού.



Εικόνα 29: Επίδραση του είδους γάλακτος στην υφή των επιδορπίων γιαουρτιού.



Εικόνα 30: Επίδραση (α) του είδους γάλακτος, (β) της χρήσης προβιοτικών και (γ) του πρόσθετου αρώματος στην συνολική βαθμολογία των επιδορπίων γιαουρτιού.

Πίνακας 22: Συσχέτιση Pearson των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών με τις οργανοληπτικές παραμέτρους των επιδορπίων γιαουρτιών

	Οσμή	Γεύση	Συνολικός βαθμός	pH	Λακτόζη	ΙΣΥ	Συνείρεση
ΑΓΕΛΑΔΙΝΑ - Οσμή	1						
Γεύση	0.691**	1					
Συνολικός Βαθμός	0.827**	0.924**	1				
pH	0.245*	0.510**	0.451**	1			
Λακτόζη	0.203	0.540**	0.466**	0.912**	1		
ΙΣΥ	0.083	0.421**	0.536**	0.813**	0.865**	1	
Συνείρεσή	- 0.140	- 0.446**	- 0.375**	- 0.800**	- 0.842**	- 0.848**	1
ΓΙΔΙΝΑ -Οσμή	1						
Γεύση	0.581**	1					
Συνολικός Βαθμός	0.824**	0.876**	1				
pH	0.289*	- 0.451**	- 0.490**	1			
Λακτόζη	0.227	- 0.330**	- 0.386**	0.863**	1		
ΙΣΥ	-0.179	- 0.301**	- 0.339**	- 0.876**	0.898**	1	
Συνείρεσή	0.216	0.213*	0.297**	0.710**	- 0.752**	- 0.789**	1

**Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0,01, *Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0,05

Πίνακας 23: Συσχέτιση Pearson των πτητικών συστατικών με τις οργανοληπτικές παραμέτρους των επιδωρητών γιαουρτιών

Αγελαδινά επιδώρητα γιαουρτιού χωρίς προσθήκη <i>Bifidobacterium</i> BB-12						
	Αλδεΐδες	Κετόνες	Καρβοξυλικά οξέα	Υδρογονάνθρακες	Τερπένια	Ολικά πτητικά
Αλδεΐδες	1					
Κετόνες	0.560	1				
Καρβοξυλικά οξέα	0.636	0.141	1			
Υδρογονάνθρακες	-0.501	0.423	-0.568	1		
Τερπένια	0.459 **	0.491 **	0.382	0.006	1	
Ολικά πτητικά	0.440	0.990 **	0.052	0.548	0.125	1
Γεύση	0.496 *	0.571 *	0.284*	-0.584	0.230	-0.146

** Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0,01, * Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0,05

Αγελαδινά επιδώρητα γιαουρτιού με προσθήκη <i>Bifidobacterium</i> BB-12						
	Αλδεΐδες	Αλκοόλες	Κετόνες	Καρβοξυλικά οξέα	Υδρογονάνθρακες	Τερπένια
Αλδεΐδες	1					
Αλκοόλες	-0.532	1				
Κετόνες	0.461	-0.574	1			
Καρβοξυλικά οξέα	-0.551	0.654	-0.029	1		
Υδρογονάνθρακες	-0.177	0.282	0.488	0.854 **	1	
Τερπένια	0.696 *	0.028	0.35	-0.084	0.169	1
Ολικά πτητικά	-0.109	0.263	0.527	0.822 **	0.997 **	0.224
Γεύση	-0.157 *	0.511	0.342*	-0.370 *	0.184	0.230

** Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0,01, * Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0,05

Γίδινα επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς προσθήκη <i>Lactobacillus acidophilus</i> LA-5						
	Αλδεΐδες	Κετόνες	Τερπένια	Ολικά πτητικά	Γεύση	
Αλδεΐδες	1					
Κετόνες	0.259	1				
Τερπένια	-0.295	0.500	1			
Ολικά πτητικά	0.498	0.946 **	0.500	1		
Γεύση	0.672 *	0.485 *	0.128	0.426		1

** Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0,01, * Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0,05

Γίδινα επιδόρπια γιαουρτιού με προσθήκη <i>Lactobacillus acidophilus</i> LA-5						
	Αλδεΐδες	Κετόνες	Καρβοξυλικά οξέα	Υδρογονάνθρακες	Τερπένια	Ολικά πτητικά
Αλδεΐδες	1					
Κετόνες	0.889**	1				
Καρβοξυλικά οξέα	0.601	0.408	1			
Υδρογονάνθρακες	0.414	0.556	-0.687*	1		
Τερπένια	0.852**	0.991**	-0.450	0.638	1	
Ολικά πτητικά	0.892**	0.996**	-0.470	0.619	0.995**	1
Γεύση	0.772*	0.677*	0.237	0.017	-0.626	-0.648
						1

** Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0,01, * Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0,05

6. Συμπεράσματα

Η παρασκευή επιδορπίων γιαουρτιού είναι, περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη εποχή αυξημένη, δεδομένης της ολοένα και αυξανόμενης ζήτησής τους. Επομένως, η έρευνα για τη δημιουργία νέων, πιο εύγευστων, με καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, αλλά ταυτόχρονα και με καλύτερα φυσικοχημικά/ρεολογικά χαρακτηριστικά είναι αναγκαία. Στη παρούσα διατριβή μελετήθηκε η επίδραση του διαφορετικού τύπου γάλακτος, της διαφορετικής καλλιέργειας εκκίνησης, της χρήσης ή μη προβιοτικής καλλιέργειας και της χρήσης προσθέτων γεύσης στα φυσικοχημικά, ρεολογικά, οργανοληπτικά, μικροβιολογικά και αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά των παρασκευασμένων επιδορπίων γιαουρτιού.

Η παρασκευή επιδορπίων γιαουρτιού με αγελαδινό ή γίδινο γάλα με την προσθήκη διαφορετικών καλλιεργειών εκκίνησης, προβιοτικών και πρόσθετων γεύσης έδειξαν ότι όσον αφορά τις φυσικοχημικές παραμέτρους, το pH και την περιεκτικότητα σε λακτόζη κατέγραψαν υψηλότερες τιμές στα δείγματα χωρίς προβιοτικά σε σύγκριση με εκείνα με προβιοτικά, γεγονός που μπορεί να επηρεάσουν την αποδοχή του επιδορπίου γιαουρτιού από τους καταναλωτές. Η συνολική περιεκτικότητα σε στερεά, λιπαρά και πρωτεΐνες κατέγραψε υψηλότερες τιμές στα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα λόγω του υψηλότερου ποσοστού λίπους και πρωτεΐνης στο γίδινο γάλα. Επιπλέον, στα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα παρατηρήθηκε αυξημένη συγκέντρωση γαλακτικού και μυρμηκικού οξέος και μικρότερη περιεκτικότητα σε κιτρικό οξύ. Ταυτόχρονα τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα επιδόρπια γιαουρτιού στα οποία προστέθηκαν προβιοτικά βακτήρια εμφάνισαν μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με τα επιδόρπια γιαουρτιού χωρίς τη χρήση προβιοτικών βακτηρίων, γεγονός που επισημαίνει τη σημαντικότητα χρήσης προβιοτικών βακτηρίων για την ανάπτυξη πιο ευεργετικών επιδορπίων γιαουρτιού, καθώς επίσης και τον πολυδιάστατο ρόλο τους.

Ο πληθυσμός των μικροοργανισμών, τόσο για την καλλιέργεια εκκίνησης, όσο και για τις προβιοτικές καλλιέργειες παρέμεινε σε υψηλές τιμές, οδηγώντας όχι μόνο σε ένα αποδεκτό προϊόν, από τη σκοπιά αυτή, αλλά και σε ένα προϊόν με οφέλη για την υγεία. Ειδικότερα, βρέθηκε ότι η κλασική καλλιέργεια οδηγεί σε επιδόρπιο γιαουρτιού με υψηλότερη περιεκτικότητα σε βακτήρια, σε σχέση με τις άλλες δυο (γλυκιά και όξινη).

Οι τιμές ΙΣΥ ακολούθησαν το ίδιο μοτίβο μείωσης με το pH σε όλα τα δείγματα που δοκιμάστηκαν. Το αντίθετο παρατηρήθηκε για τη συνείρεση. Στις ρεολογικές ιδιότητες, τα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα κατέγραψαν υψηλότερες τιμές ($p < 0,05$) τόσο για το συντελεστή G' όσο και για το G'' σε σύγκριση με τα αντίστοιχα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα. Δεν παρουσιάστηκε σαφής επίδραση της καλλιέργειας εκκίνησης και προβιοτικών στις παραμέτρους G' και G'' . Τέλος, η χρήση πρόσθετων γεύσης δεν φάνηκε να επηρεάζει τις φυσικοχημικές και τις ρεολογικές ιδιότητες των επιδορπίων γιαουρτιού. Όσον αφορά τα πτητικά συστατικά, μεταξύ των διαφορετικών δειγμάτων που παρασκευάστηκαν, καταγράφηκαν διακυμάνσεις στην περιεκτικότητα των γιαουρτιών επιδορπίων σε αλδεΐδες, αλκοόλες, κετόνες, πτητικά οξέα, υδρογονάνθρακες και τερπένια, επηρεάζοντας τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, η οργανοληπτική αξιολόγηση έδειξε ότι η ανεπιθύμητη κασικίση γεύση των γίδινων επιδορπίων γιαουρτιού καλύφθηκε ουσιαστικά με τη χρήση του *Lactobacillus acidophilus*.

Εν κατακλείδι, παρατηρήθηκε προτίμηση στα επιδόρπια γιαουρτιού από αγελαδινό γάλα χωρίς προβιοτικά (με χρήση γλυκιάς και κλασικής καλλιέργειας εκκίνησης) και στα επιδόρπια γιαουρτιού από γίδινο γάλα με προβιοτικά (με χρήση κλασικής και όξινης καλλιέργειας εκκίνησης). Επομένως, αυτοί οι συνδυασμοί φαίνεται να είναι πιο ελπιδοφόροι για την ανάπτυξη νέων εμπορικών επιδορπίων γιαουρτιού. Επιπλέον η χρήση βανίλιας, αύξησε την προτίμηση σε σχέση με τα υπόλοιπα πρόσθετα γεύσης.

7. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η παρούσα μελέτη, πέρα από την εξαγωγή των προαναφερθέντων αποτελεσμάτων, ανέδειξε και ορισμένα θέματα τα οποία θα μπορούσαν να μελετηθούν περαιτέρω σε μεταγενέστερο χρόνο. Μεταξύ αυτών είναι τα εξής:

(I) Η μελέτη επιδορπίων γιαουρτιού τα οποία θα παρασκευάζονται από άλλα είδη γάλακτος, όπως το πρόβειο, το βουβαλίσιο, το γάλα καμήλας και άλλα

(II) Η χρήση και άλλων καλλιεργειών, τόσο μεμονωμένα, όσο και σε συνδυασμό. Θα μπορούσαν δηλαδή να μελετηθούν τόσο διαφορετικές καλλιέργειες εκκίνησης, όσο και διαφορετικά προβιοτικά βακτήρια. Τέλος, θα μπορούσε να γίνει και σύγκριση με τη χρήση των ίδιων προβιοτικών βακτηρίων και στους δύο τύπους γάλακτος ή και ο συνδυασμός των δύο προβιοτικών.

(III) Η μελέτη παρομοίων πρόσθετων γεύσης, όπως εκχυλίσματα των φυτών αντί αιθέριων ελαίων καθώς και η μελέτη της επίδρασης τους τόσο στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, όσο και στα οργανοληπτικά, καθώς και στις αντιοξειδωτικές ιδιότητες.

(IV) Η μελέτη των διαφορετικών παραμέτρων παρασκευής των επιδορπίων γιαουρτιού, προκειμένου να προκύψουν βέλτιστες συνθήκες παρασκευής, για κάθε μελετώμενο συνδυασμό.

8. Βιβλιογραφία

- [1] Y.W. Park, G.F.W. Haenlein, *Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health*, 2013. <https://doi.org/10.1002/9781118534168>.
- [2] A.M. Sani, M. Rahbar, M. Sheikhzadeh, Traditional beverages in different countries: Milk-based beverages, in: *Milk-Based Beverages Vol. 9 Sci. Beverages*, 2019: pp. 239–272. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815504-2.00007-4>.
- [3] Y.W. Park, G.F.W. Haenlein, Section XIV. Milk and Milk Products: Goat Milk, Its Products and Nutrition, in: *Handb. Food Prod. Manuf.*, 2006: pp. 449–488. <https://doi.org/10.1002/9780470113554.ch69>.
- [4] E. Alichanidis, G. Moatsou, A. Polychroniadou, Composition and Properties of Non-cow Milk and Products, in: *Non-Bovine Milk Milk Prod.*, 2016: pp. 81–116. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803361-6.00005-3>.
- [5] A. Foroutan, A.C. Guo, R. Vazquez-Fresno, M. Lipfert, L. Zhang, J. Zheng, H. Badran, Z. Budinski, R. Mandal, B.N. Ametaj, D.S. Wishart, Chemical Composition of Commercial Cow’s Milk, *J. Agric. Food Chem.* 67 (2019) 4897–4914. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00204>.
- [6] M.S. Alles, S.R.B.M. Eussen, E.M. Van Der Beek, Nutritional challenges and opportunities during the weaning period and in young childhood, *Ann. Nutr. Metab.* 64 (2014) 284–293. <https://doi.org/10.1159/000365036>.
- [7] G. Zervas, E. Tsiplakou, Goat Milk, in: *Milk Dairy Prod. Hum. Nutr. Prod. Compos. Heal.*, 2013: pp. 498–518. <https://doi.org/10.1002/9781118534168.ch23>.
- [8] Y.W. Park, Hypo-allergenic and therapeutic significance of goat milk, *Small Rumin. Res.* 14 (1994) 151–159. [https://doi.org/10.1016/0921-4488\(94\)90105-8](https://doi.org/10.1016/0921-4488(94)90105-8).
- [9] M. Markiewicz-Keszycka, G. Czyzak-Runowska, P. Lipinska, J. Wójtowski, Fatty acid profile of milk - A review, *Bull. Vet. Inst. Pulawy.* 57 (2013) 135–139. <https://doi.org/10.2478/bvip-2013-0026>.
- [10] R. Attaie, R.L. Richter, Size distribution of fat globules in goat milk, *J. Dairy Sci.* 83 (2000) 940–944. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74957-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74957-5).

- [11] C.J. Yang, W. Ding, L.J. Ma, R. Jia, Discrimination and characterization of different intensities of goaty flavor in goat milk by means of an electronic nose, *J. Dairy Sci.* 98 (2015) 55–67. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8512>.
- [12] E. Tsiplakou, G. Zervas, Comparative study between sheep and goats on rumenic acid and vaccenic acid in milk fat under the same dietary treatments, *Livest. Sci.* 119 (2008) 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.03.009>.
- [13] S.D. Kalyankar, C.D. Khedkar, A.M. Patil, S.S. Deosarkar, Milk: Sources and Composition, in: *Encycl. Food Heal.*, 2015: pp. 741–747. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00463-3>.
- [14] A.Y. Tamime, R.K. Robinson, Fermented milks and their future trends. Part II. Technological aspects, *J. Dairy Res.* 55 (1988) 281–307. <https://doi.org/10.1017/S002202990002611X>.
- [15] N.P. Shah, Health Benefits of Yogurt and Fermented Milks, *Manuf. Yogurt Fermented Milks*, Second Ed. (2013) 433–450. <https://doi.org/10.1002/9781118481301.ch21>.
- [16] G. Teshome, Review on lactic acid bacteria function in milk fermentation and preservation, *African J. Food Sci.* 9 (2015) 170–175. <https://doi.org/10.5897/ajfs2015.1276>.
- [17] V.K. Shiby, H.N. Mishra, Fermented Milks and Milk Products as Functional Foods-A Review, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 53 (2013) 482–496. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.547398>.
- [18] T. Vasiljevic, N.P. Shah, Section XII. Health Ingredients and Health Products Development for Preventing or Treating Human Diseases: Fermented Milk: Health Benefits Beyond Probiotic Effect, in: *Handb. Food Prod. Manuf.*, 2006: pp. 99–115. <https://doi.org/10.1002/9780470113554.ch51>.
- [19] M. Ozen, E.C. Dinleyici, The history of probiotics: The untold story, *Benef. Microbes.* 6 (2015) 159–165. <https://doi.org/10.3920/BM2014.0103>.
- [20] Y.W. Park, *Bioactive Components in Milk and Dairy Products*, 2009. <https://doi.org/10.1002/9780813821504>.
- [21] R.K. Robinson, J.A. Lucey, A.Y. Tamime, *Manufacture of Yoghurt, Fermented Milks.* (2007) 53–75. <https://doi.org/10.1002/9780470995501.ch3>.

- [22] Σ. Καμιναρίδης, Γ. Μοάτσου, Γαλακτοκομία, Εκδόσεις Εμβρυο, Αθήνα, 2009.
- [23] R.C. Chandan, An overview of yogurt production and composition, in: *Yogurt Heal. Dis. Prev.*, 2017: pp. 31–47. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805134-4.00002-X>.
- [24] X. Wang, E. Kristo, G. LaPointe, Adding apple pomace as a functional ingredient in stirred-type yogurt and yogurt drinks, *Food Hydrocoll.* 100 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105453>.
- [25] R. Robinson, A. Tamime, Background to manufacturing practice, in: *Tamime Robinson’s Yoghurt Sci. Technol.* Third Ed., 2007. <https://doi.org/10.1201/noe1420044539.ch2>.
- [26] N.P. Shah, Health Benefits of Yogurt and Fermented Milks, in: *Manuf. Yogurt Fermented Milks*, 2007: pp. 327–351. <https://doi.org/10.1002/9780470277812.ch21>.
- [27] A.Y. Tamime, R.K. Robinson, *Tamime and Robinson’s Yoghurt: Science and Technology*, 2007.
- [28] *Yoghurt-Science and Technology*, 2nd ed. By A Y Tamime and R K Robinson., *Int. J. Dairy Technol.* 52 (1999) 148–148. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.1999.tb02857.x>.
- [29] M.C. Karam, C. Gaiani, C. Hosri, J. Burgain, J. Scher, Effect of dairy powders fortification on yogurt textural and sensorial properties: A review, *J. Dairy Res.* 80 (2013) 400–409. <https://doi.org/10.1017/S0022029913000514>.
- [30] M.C. McKinley, The nutrition and health benefits of yoghurt, *Int. J. Dairy Technol.* 58 (2005) 1–12. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2005.00180.x>.
- [31] J.G.B. Januário, I.C.F. da Silva, A.S. de Oliveira, J.F. de Oliveira, J.N. Dionísio, S.J. Klososki, T.C. Pimentel, Probiotic yoghurt flavored with organic beet with carrot, cassava, sweet potato or corn juice: Physicochemical and texture evaluation, probiotic viability and acceptance, *Int. Food Res. J.* 24 (2017) 359–366.
- [32] S. Hemmerling, M. Canavari, A. Spiller, Preference for naturalness of European organic consumers: First evidence of an attitude-liking gap, *Br. Food J.* 118 (2016) 2287–2307. <https://doi.org/10.1108/BFJ-11-2015-0457>.

- [33] A. Znamirowska, D. Kalicka, M. Buniowska, P. Rożek, Effect of dried apple powder additive on physical-chemical and sensory properties of yoghurt, *Zywn. Nauk. Technol. Jakosc/Food. Sci. Technol. Qual.* 25 (2018) 71–80. <https://doi.org/10.15193/ZNTJ/2018/115/234>.
- [34] E. Skripleva, T. Arseneva, Optimization of the recipe of yoghurt with additives and control of some quality attributes of new yoghurt recipe, *Agron. Res.* 13 (2015) 1086–1095.
- [35] S. Sarkar, S. Chandra, Honey as a functional additive in yoghurt – a review, *Nutr. Food Sci.* 50 (2019) 168–178. <https://doi.org/10.1108/NFS-03-2019-0090>.
- [36] A.M. Amal, A.M.M. Eman, N.S. Zidan, Fruit Flavored Yoghurt: Chemical, Functional and Rheological Properties, *Int. J. Environ. Agric.* 2 (2016) 57–66.
- [37] E. Baglio, The Industry of Yoghurt: Formulations and Food Additives, in: 2014: pp. 33–57. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07377-4_3.
- [38] J.N. Khedkar, D.M. Choudhari, B.K. Pawar, V.S. Kadam, Development of fruit based yoghurt, *Res. J. Anim. Husb. Dairy Sci.* 6 (2015) 72–75. <https://doi.org/10.15740/has/rjahds/6.1/72-75>.
- [39] S. Yaqub, H.A. Sakandar, N. Huma, F.A. Sadiq, Q.F. Khan, M. Imran, A. Rehman, R. Perveen, A. Sameen, Effects of artificial sweeteners on the quality parameters of yogurt during storage, *Prog. Nutr.* 20 (2018) 57–63. <https://doi.org/10.23751/pn.v20i2-S.5667>.
- [40] D. Leskauskaite, I. Jasutiene, E. Malinauskyte, M. Kersiene, P. Matusevicius, Fortification of dairy products with vitamin D3, *Int. J. Dairy Technol.* 69 (2016) 177–183. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12242>.
- [41] S. Hemmerling, D. Asioli, A. Spiller, Core Organic Taste: Preferences for Naturalness-Related Sensory Attributes of Organic Food Among European Consumers, *J. Food Prod. Mark.* 22 (2016) 824–850. <https://doi.org/10.1080/10454446.2015.1121428>.
- [42] M.W. de Carvalho, N.D.A. Arriola, S.S. Pinto, S. Verruck, C.B. Fritzen-Freire, E.S. Prudêncio, R.D. de M.C. Amboni, Stevia-fortified yoghurt: Stability, antioxidant activity and in vitro digestion behaviour, *Int. J. Dairy Technol.* 72 (2019) 57–64. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12559>.

- [43] 21 CFR Part 11, CFR - Code of Federal Regulations Title 21, Volume 6, Food And Drugs, FDA Framew. 6 (2020) b.
- [44] J. Prescott, Flavours: the pleasure principle, *Flavour*. 4 (2015). <https://doi.org/10.1186/2044-7248-4-15>.
- [45] A.C. Stratakos, A. Koidis, Methods for extracting essential oils, in: *Essent. Oils Food Preserv. Flavor Saf.*, 2016: pp. 31–38. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00004-3>.
- [46] Z.A.A. Aziz, A. Ahmad, S.H.M. Setapar, A. Karakucuk, M.M. Azim, D. Lokhat, M. Rafatullah, M. Ganash, M.A. Kamal, G.M. Ashraf, Essential Oils: Extraction Techniques, Pharmaceutical And Therapeutic Potential - A Review, *Curr. Drug Metab.* 19 (2018) 1100–1110. <https://doi.org/10.2174/1389200219666180723144850>.
- [47] V. Ducková, M. Kročko, V. Kňazovická, M. Čanigová, Evaluation of yoghurts with thyme, thyme essential oil and salt, *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.* 66 (2018) 365–369. <https://doi.org/10.11118/actaun201866020365>.
- [48] A. Brodziak, J. Król, J. Barłowska, A. Teter, M. Florek, Changes in the physicochemical parameters of yoghurts with added whey protein in relation to the starter bacteria strains and storage time, *Animals*. 10 (2020) 1–21. <https://doi.org/10.3390/ani10081350>.
- [49] J.A. Lucey, Acid coagulation of milk, in: *Adv. Dairy Chem. Vol. 1B Proteins Appl. Asp. Fourth Ed.*, 2016: pp. 309–328. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2800-2_12.
- [50] O. Boukria, E.M. El Hadrami, A. Sameen, A. Sahar, S. Khan, J. Safarov, S. Sultanova, F. Leriche, A. Aït-Kaddour, Biochemical, physicochemical and sensory properties of yoghurts made from mixing milks of different mammalian species, *Foods*. 9 (2020). <https://doi.org/10.3390/foods9111722>.
- [51] T. Ozcan, D.S. Horne, J.A. Lucey, Yogurt made from milk heated at different pH values, *J. Dairy Sci.* 98 (2015) 6749–6758. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9643>.
- [52] R. Sansanwal, U. Ahlawat, R. Dhanker, Yoghurt: A Predigested Food for Lactose-Intolerant People, *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 6 (2017) 1408–1418. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.612.158>.

- [53] M. Woodward, A.J. Rugg-Gunn, Chapter 8: Milk, yoghurts and dental caries, in: *Monogr. Oral Sci.*, 2019: pp. 77–90. <https://doi.org/10.1159/000455374>.
- [54] P. Walstra, J.T.M. Wouters, T.J. Geurts, *Dairy science and technology*, second edition, 2005.
- [55] C.E. Jørgensen, R.K. Abrahamsen, E.O. Rukke, T.K. Hoffmann, A.G. Johansen, S.B. Skeie, Processing of high-protein yoghurt – A review, *Int. Dairy J.* 88 (2019) 42–59. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.08.002>.
- [56] V. Vermeirssen, J. Van Camp, W. Verstraete, Bioavailability of angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides, *Br. J. Nutr.* 92 (2004) 357–366. <https://doi.org/10.1079/bjn20041189>.
- [57] Milk-Derived Bioactive Peptides: Formation and Prospects for Health Promotion, in: *Handb. Funct. Dairy Prod.*, 2020: pp. 127–142. <https://doi.org/10.1201/9780203009734-12>.
- [58] B. García-Gómez, Á. Romero-Rodríguez, L. Vázquez-Odériz, N. Muñoz-Ferreiro, M. Vázquez, Physicochemical evaluation of low-fat yoghurt produced with microbial transglutaminase, *J. Sci. Food Agric.* 98 (2018) 5479–5485. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9092>.
- [59] R.K. Robinson, M.S.Y. Haddadin, Milk quality requirements for yoghurt-making, in: *Improv. Saf. Qual. Milk Improv. Qual. Milk Prod.*, 2010: pp. 417–432. <https://doi.org/10.1533/9781845699437.3.417>.
- [60] C.W. Bamforth, D.J. Cook, *Yoghurt and Other Fermented Milk Products*, in: *Food, Ferment. Micro-Organisms*, 2019: pp. 183–186. <https://doi.org/10.1002/9781119557456.ch11>.
- [61] E. Fernandez-Garcia, J.U. McGregor, Determination of Organic Acids During the Fermentation and Cold Storage of Yogurt, *J. Dairy Sci.* 77 (1994) 2934–2939. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77234-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77234-9).
- [62] H. Cheng, Volatile flavor compounds in yogurt: A review, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 50 (2010) 938–950. <https://doi.org/10.1080/10408390903044081>.
- [63] W. Routray, H.N. Mishra, Scientific and Technical Aspects of Yogurt Aroma and Taste: A Review, *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 10 (2011) 208–220. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00151.x>.
- [64] B. Halliwell, J.M.C. Gutteridge, Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: An overview, *Methods Enzymol.* 186 (1990) 1–85. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(90\)86093-B](https://doi.org/10.1016/0076-6879(90)86093-B).

- [65] P.C. J, S. Tyagi, N. Halligudi, J. Yadav, S. Pathak, S.P. Singh, A. Pandey, D.S. Kamboj, P. Shankar, Antioxidant Activity of Herbal Plants: a Recent Review, 2013.
- [66] E. Lévy, N. El Banna, D. Baille, A. Heneman-Masurel, S. Truchet, H. Rezaei, M.E. Huang, V. Béringue, D. Martin, L. Vernis, Causative links between protein aggregation and oxidative stress: A review, *Int. J. Mol. Sci.* 20 (2019). <https://doi.org/10.3390/ijms20163896>.
- [67] E. Birben, U.M. Sahiner, C. Sackesen, S. Erzurum, O. Kalayci, Oxidative stress and antioxidant defense, 2012. <https://doi.org/10.1097/WOX.0b013e3182439613>.
- [68] J.S. Beckman, W.H. Koppenol, Nitric oxide, superoxide, and peroxynitrite: The good, the bad, and the ugly, *Am. J. Physiol. - Cell Physiol.* 271 (1996). <https://doi.org/10.1152/ajpcell.1996.271.5.c1424>.
- [69] M. Dizdaroglu, P. Jaruga, M. Birincioglu, H. Rodriguez, Free radical-induced damage to DNA: Mechanisms and measurement, *Free Radic. Biol. Med.* 32 (2002) 1102–1115. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(02\)00826-2](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(02)00826-2).
- [70] A.W. Bauer, W.M. Kirby, J.C. Sherris, M. Turck, Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method., in: B.J.F. Hudson (Ed.), *Tech. Bull. Regist. Med. Technol.*, Springer Netherlands, Dordrecht, 1966: pp. 49–52. https://doi.org/10.1007/978-94-009-0753-9_4.
- [71] R. Franco, G. Navarro, E. Martínez-Pinilla, Antioxidants versus food antioxidant additives and food preservatives, *Antioxidants.* 8 (2019). <https://doi.org/10.3390/antiox8110542>.
- [72] C. Manach, A. Scalbert, C. Morand, C. Rémésy, L. Jiménez, Polyphenols: Food sources and bioavailability, *Am. J. Clin. Nutr.* 79 (2004) 727–747. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>.
- [73] F. Shahidi, P. Ambigaipalan, Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects - A review, *J. Funct. Foods.* 18 (2015) 820–897. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>.
- [74] M. Naczki, F. Shahidi, Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis, *J. Pharm. Biomed. Anal.* 41 (2006) 1523–1542. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2006.04.002>.

- [75] C.A. Rice-Evans, N.J. Miller, G. Paganga, Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids, *Free Radic. Biol. Med.* 20 (1996) 933–956. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(95\)02227-9](https://doi.org/10.1016/0891-5849(95)02227-9).
- [76] H.A. Moharram, M.M. Youssef, Methods for Determining the Antioxidant Activity : A Review, 2014. <https://doi.org/10.12816/0025348>.
- [77] M.N. Alam, N.J. Bristi, M. Rafiquzzaman, Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2012.05.002>.
- [78] V.A. Kostyuk, A.I. Potapovich, Mechanisms of the suppression of free radical overproduction by antioxidants, 2009.
- [79] S. Hatziantoniou, K. Dimas, A. Georgopoulos, N. Sotiriadou, C. Demetzos, Cytotoxic and antitumor activity of liposome-incorporated sclareol against cancer cell lines and human colon cancer xenografts, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2005.09.008>.
- [80] T. Shimamura, Y. Sumikura, T. Yamazaki, A. Tada, T. Kashiwagi, H. Ishikawa, T. Matsui, N. Sugimoto, H. Akiyama, H. Ukeda, Applicability of the DPPH assay for evaluating the antioxidant capacity of food additives - inter-laboratory evaluation study, *Anal. Sci.* 30 (2014) 717–721. <https://doi.org/10.2116/analsci.30.717>.
- [81] K.M. Schaich, X. Tian, J. Xie, Hurdles and pitfalls in measuring antioxidant efficacy: A critical evaluation of ABTS, DPPH, and ORAC assays, *J. Funct. Foods.* 14 (2015) 111–125. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.01.043>.
- [82] R.L. Prior, X. Wu, K. Schaich, Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements, *J. Agric. Food Chem.* 53 (2005) 4290–4302. <https://doi.org/10.1021/jf0502698>.
- [83] V.S. Chedea, R.M. Pop, Total Polyphenols Content and Antioxidant DPPH Assays on Biological Samples, in: *Polyphenols in Plants*, 2019: pp. 169–183. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813768-0.00011-6>.
- [84] E.M. Gioti, Y.C. Fiamegos, D.C. Skalkos, C.D. Stalikas, Antioxidant activity and bioactive components of the aerial parts of *Hypericum perforatum* L. from Epirus, Greece, *Food Chem.* 117 (2009) 398–404. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.016>.
- [85] F. Shahidi, Y. Zhong, Measurement of antioxidant activity, *J. Funct. Foods.* 18 (2015) 757–781. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.01.047>.

- [86] G.W. Tannock, Studies of the intestinal microflora: A prerequisite for the development of probiotics, in: *Int. Dairy J.*, 1998: pp. 527–533. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(98\)00082-X](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(98)00082-X).
- [87] Z. Ustunol, Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products (2010), edited by F.Yildiz, CRC Press (Taylor and Francis Group), Boca Raton, Florida, USA. ISBN 978-1-4200-8207-4. Price £127.00., *Int. J. Dairy Technol.* 66 (2013) 300–301. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12031>.
- [88] Σ. Καραγεώργης, Χρήση μεσόφιλων οξυγαλακτικών βακτηρίων στην παραγωγή τυριών φέτας και τελεμέ, Διδακτορική Διατριβή. (2004).
- [89] R. Iyer, S.K. Tomar, T. Uma Maheswari, R. Singh, Streptococcus thermophilus strains: Multifunctional lactic acid bacteria, *Int. Dairy J.* 20 (2010) 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.10.005>.
- [90] R.W. Hutkins, *Microbiology and Technology of Fermented Foods*, 2007. <https://doi.org/10.1002/9780470277515>.
- [91] E.R. Vedamuthu, Starter Cultures for Yogurt and Fermented Milks, in: *Manuf. Yogurt Fermented Milks*, Second Ed., 2013: pp. 115–148. <https://doi.org/10.1002/9781118481301.ch6>.
- [92] P. Jelen, Applied dairy microbiology, *Int. Dairy J.* 10 (2000) 586. [https://doi.org/10.1016/s0958-6946\(00\)00079-0](https://doi.org/10.1016/s0958-6946(00)00079-0).
- [93] L. Radke-mitchell, W.E. Sandine, Associative Growth and Differential Enumeration of Streptococcus thermophilus and Lactobacillus bulgaricus: A Review, *J. Food Prot.* 47 (1984) 245–248. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-47.3.245>.
- [94] *Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology*, 2004. <https://doi.org/10.1201/9780203913550>.
- [95] Y.H. Hui, J.D. Culbertson, S.E. Duncan, I.G. Legarreta, E.C.Y. Li-Chan, C.Y. Ma, C. Manley, T. McMeekin, W.K. Nip, L.M.L. Nollet, M.S. Rahman, F. Toldrá, Y.L. Xiong, *Handbook of food science, technology, and engineering*, 2005. <https://doi.org/10.5860/choice.43-5852>.
- [96] Κ. Βεϊνόγλου, Είδη γάλακτος-Οξυγάλατα, Παγωτά, in: *Γαλακτοκομία Τόμος Α.*, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών., Αθήνα, 1980.

- [97] I. Jankovic, W. Sybesma, P. Phothirath, E. Ananta, A. Mercenier, Application of probiotics in food products-challenges and new approaches, *Curr. Opin. Biotechnol.* 21 (2010) 175–181. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2010.03.009>.
- [98] R. Fuller, G.R. Gibson, Probiotics and prebiotics: Microflora management for improved gut health, *Clin. Microbiol. Infect.* 4 (1998) 477–480. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.1998.tb00401.x>.
- [99] F. Guarner, G.J. Schaafsma, Probiotics, *Int. J. Food Microbiol.* 39 (1998) 237–238. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(97\)00136-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(97)00136-0).
- [100] P. V. Kirjavainen, A.C. Ouwehand, E. Isolauri, S.J. Salminen, The ability of probiotic bacteria to bind to human intestinal mucus, *FEMS Microbiol. Lett.* 167 (1998) 185–189. [https://doi.org/10.1016/S0378-1097\(98\)00387-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1097(98)00387-5).
- [101] Fao, Probiotics in food: Health and nutritional properties and guidelines for evaluation, *Food Nutr. Pap.* 85 (2001) 71.
- [102] B. SÁnchez, C.G. De Los Reyes-Gavilán, A. Margolles, M. Gueimonde, Probiotic fermented milks: Present and future, *Int. J. Dairy Technol.* 62 (2009) 472–483. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2009.00528.x>.
- [103] A.A. Amara, A. Shibl, Role of Probiotics in health improvement, infection control and disease treatment and management, *Saudi Pharm. J.* 23 (2015) 107–114. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2013.07.001>.
- [104] D. Boltin, Probiotics in Helicobacter pylori-induced peptic ulcer disease, *Best Pract. Res. Clin. Gastroenterol.* 30 (2016) 99–109. <https://doi.org/10.1016/j.bpg.2015.12.003>.
- [105] M. Kumar, R. Nagpal, R. Hemalatha, H. Yadav, F. Marotta, Probiotics and Prebiotics for Promoting Health: Through Gut Microbiota, in: *Probiotics, Prebiotics, Synbiotics Bioact. Foods Heal. Promot.*, 2016: pp. 75–85. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802189-7.00006-X>.
- [106] T. Marx, Immunoprotective Effects of Probiotics in the Elderly, in: *Foods Diet. Suppl. Prev. Treat. Dis. Older Adults*, 2015: pp. 363–372. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-418680-4.00035-X>.
- [107] S. Ziyadi, A. Homayouni, S. Mohammad-Alizadeh-Charandabi, P. Bastani, Probiotics and Usage in Bacterial Vaginosis, in: *Probiotics, Prebiotics, Synbiotics Bioact. Foods Heal. Promot.*, 2016: pp. 655–659. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802189-7.00049-6>.

- [108] M.K. Tripathi, S.K. Giri, Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage, *J. Funct. Foods.* 9 (2014) 225–241. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.04.030>.
- [109] M.T. Cook, G. Tzortzis, D. Charalampopoulos, V. V. Khutoryanskiy, Microencapsulation of probiotics for gastrointestinal delivery, *J. Control. Release.* 162 (2012) 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2012.06.003>.
- [110] A. De Prisco, G. Mauriello, Probiotication of foods: A focus on microencapsulation tool, *Trends Food Sci. Technol.* 48 (2016) 27–39. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.11.009>.
- [111] K. Schmid, R.C. Schlothauer, U. Friedrich, C. Staudt, J. Apajalahti, E.B. Hansen, Development of probiotic food ingredients, in: *Probiotics Food Saf. Hum. Heal.*, 2005: pp. 35–66.
- [112] V. Monedero, J. Rodríguez-Díaz, Intestinal microbiota and susceptibility to viral infections: Role of probiotics, in: *Probiotics, Prebiotics, Synbiotics Bioact. Foods Heal. Promot.*, 2016: pp. 813–826. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802189-7.00062-9>.
- [113] S. Sazawal, G. Hiremath, U. Dhingra, P. Malik, S. Deb, R.E. Black, Efficacy of probiotics in prevention of acute diarrhoea: a meta-analysis of masked, randomised, placebo-controlled trials, *Lancet Infect. Dis.* 6 (2006) 374–382. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(06\)70495-9](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(06)70495-9).
- [114] H. Ahanchian, S.A. Jafari, Probiotics and Prebiotics for Prevention of Viral Respiratory Tract Infections, in: *Probiotics, Prebiotics, Synbiotics Bioact. Foods Heal. Promot.*, 2016: pp. 575–583. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802189-7.00042-3>.
- [115] C.R. Soccol, L.P. de S. Vandenberghe, M.R. Spier, A.B.P. Medeiros, C.T. Yamaguishi, J. De Dea Lindner, A. Pandey, V. Thomaz-Soccol, The potential of probiotics: A review, *Food Technol. Biotechnol.* 48 (2010) 413–434.
- [116] D. Granato, G.F. Branco, A.G. Cruz, J. de A.F. Faria, N.P. Shah, Probiotic dairy products as functional foods, *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 9 (2010) 455–470. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00120.x>.
- [117] T. Mattila-Sandholm, J. Mättö, M. Saarela, Lactic acid bacteria with health claims - Interactions and interference with gastrointestinal flora, *Int. Dairy J.* 9 (1999) 25–35. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(99\)00041-2](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(99)00041-2).

- [118] M. Saarela, G. Mogensen, R. Fondén, J. Mättö, T. Mattila-Sandholm, Probiotic bacteria: Safety, functional and technological properties, *J. Biotechnol.* 84 (2000) 197–215. [https://doi.org/10.1016/S0168-1656\(00\)00375-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1656(00)00375-8).
- [119] T. Mattila-Sandholm, P. Myllärinen, R. Crittenden, G. Mogensen, R. Fondén, M. Saarela, Technological challenges for future Probiotic foods, in: *Int. Dairy J.*, 2002: pp. 173–182. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00099-1](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00099-1).
- [120] K. Hatakka, E. Savilahti, A. Pönkä, J.H. Meurman, T. Poussa, L. Näse, M. Saxelin, R. Korpela, Effect of long term consumption of probiotic milk on infections in children attending day care centres: Double blind, randomised trial, *Br. Med. J.* 322 (2001) 1327–1329. <https://doi.org/10.1136/bmj.322.7298.1327>.
- [121] K.R. Pandey, S.R. Naik, B. V. Vakil, Probiotics, prebiotics and synbiotics- a review, *J. Food Sci. Technol.* 52 (2015) 7577–7587. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1921-1>.
- [122] F.G. Nousia, P.I. Androulakis, D.J. Fletouris, Survival of *Lactobacillus acidophilus* LMGP-21381 in probiotic ice cream and its influence on sensory acceptability, *Int. J. Dairy Technol.* 64 (2011) 130–136. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00645.x>.
- [123] A.G. Cruz, W.F. Castro, J.A.F. Faria, P.C.B. Lollo, J. Amaya-Farfán, M.Q. Freitas, D. Rodrigues, C.A.F. Oliveira, H.T. Godoy, Probiotic yogurts manufactured with increased glucose oxidase levels: Postacidification, proteolytic patterns, survival of probiotic microorganisms, production of organic acid and aroma compounds, *J. Dairy Sci.* 95 (2012) 2261–2269. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4582>.
- [124] N.P. Shah, Functional cultures and health benefits, *Int. Dairy J.* 17 (2007) 1262–1277. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.01.014>.
- [125] S. Heydari, A.M. Mortazavian, M.R. Ehsani, M.A. Mohammadifar, H. Ezzatpanah, Biochemical, microbiological and sensory characteristics of probiotic yogurt containing various prebiotic compounds, *Ital. J. Food Sci.* 23 (2011) 153–163.
- [126] A. Lourens-Hattingh, B.C. Viljoen, Growth and survival of a probiotic yeast in dairy products, *Food Res. Int.* 34 (2001) 791–796. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00085-0](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00085-0).

- [127] F. Ortakci, J.R. Broadbent, W.R. McManus, D.J. McMahon, Survival of microencapsulated probiotic *Lactobacillus paracasei* LBC-1e during manufacture of Mozzarella cheese and simulated gastric digestion, *J. Dairy Sci.* 95 (2012) 6274–6281. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5476>.
- [128] T. Di Criscio, A. Fratianni, R. Mignogna, L. Cinquanta, R. Coppola, E. Sorrentino, G. Panfili, Production of functional probiotic, prebiotic, and synbiotic ice creams, *J. Dairy Sci.* 93 (2010) 4555–4564. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3355>.
- [129] C.P. Champagne, R.P. Ross, M. Saarela, K.F. Hansen, D. Charalampopoulos, Recommendations for the viability assessment of probiotics as concentrated cultures and in food matrices, *Int. J. Food Microbiol.* 149 (2011) 185–193. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.005>.
- [130] R.P. Ross, C. Desmond, G.F. Fitzgerald, C. Stanton, Overcoming the technological hurdles in the development of probiotic foods, in: *J. Appl. Microbiol.*, 2005: pp. 1410–1417. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2005.02654.x>.
- [131] K.J. Heller, Probiotic bacteria in fermented foods: Product characteristics and starter organisms, in: *Am. J. Clin. Nutr.*, 2001. <https://doi.org/10.1093/ajcn/73.2.374s>.
- [132] P. Florou-Paneri, E. Christaki, E. Bonos, Lactic Acid Bacteria as Source of Functional Ingredients, in: *Lact. Acid Bact. - R D Food, Heal. Livest. Purp.*, 2013. <https://doi.org/10.5772/47766>.
- [133] W.H. Holzapfel, P. Haberler, R. Geisen, J. Björkroth, U. Schillinger, Taxonomy and important features of probiotic microorganisms in food and nutrition, in: *Am. J. Clin. Nutr.*, 2001. <https://doi.org/10.1093/ajcn/73.2.365s>.
- [134] K.M. Tuohy, H.M. Probert, C.W. Smejkal, G.R. Gibson, Using probiotics and prebiotics to improve gut health, *Drug Discov. Today.* 8 (2003) 692–700. [https://doi.org/10.1016/S1359-6446\(03\)02746-6](https://doi.org/10.1016/S1359-6446(03)02746-6).
- [135] H.B. Ghoddusi, Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria: Current Progress in Advanced Research (2011), *Int. J. Dairy Technol.* 65 (2012) 462–464. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2012.00825.x>.
- [136] Y.K. Lee, S. Salminen, *Handbook of Probiotics and Prebiotics: Second Edition*, 2008. <https://doi.org/10.1002/9780470432624>.

- [137] I. Goktepe, V.K. Juneja, M. Ahmedna, Probiotics in food safety and human health, 2005. <https://doi.org/10.1590/s1516-93322006000400017>.
- [138] A. Talwalkar, C.W. Miller, K. Kailasapathy, M.H. Nguyen, Effect of packaging materials and dissolved oxygen on the survival of probiotic bacteria in yoghurt, *Int. J. Food Sci. Technol.* 39 (2004) 605–611. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00820.x>.
- [139] K.M. Selle, T.R. Klaenhammer, W.M. Russell, *Lactobacillus: Lactobacillus acidophilus*, in: *Encycl. Food Microbiol. Second Ed.*, 2014: pp. 412–417. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00179-8>.
- [140] A. Kramer, Food Texture — Definition, Measurement and Relation to Other Food Quality Attributes, in: *Texture Meas. Foods*, 1973: pp. 1–9. https://doi.org/10.1007/978-94-010-2562-1_1.
- [141] M.C. Bourne, Texture, Viscosity, and Food, in: *Food Texture Viscosity*, 2002: pp. 1–32. <https://doi.org/10.1016/b978-012119062-0/50001-2>.
- [142] A.S. Szczesniak, Classification of Textural Characteristics, *J. Food Sci.* 28 (1963) 385–389. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00215.x>.
- [143] H.S. Joyner (Melito), Explaining food texture through rheology, *Curr. Opin. Food Sci.* 21 (2018) 7–14. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.04.003>.
- [144] M.A. Rao, Measurement of flow and viscoelastic properties, in: *Food Eng. Ser.*, 2007: pp. 59–151. https://doi.org/10.1007/978-0-387-70930-7_3.
- [145] I. Merriam-Webster, Viscosity | Definition of Viscosity by Merriam-Webster, Merriam-Webster. (2015).
- [146] B.M. Mckenna, J.G. Lyng, Principles of food viscosity analysis, in: *Instrum. Assess. Food Sens. Qual.*, 2013: pp. 129–162. <https://doi.org/10.1533/9780857098856.1.129>.
- [147] Q. Zhong, C.R. Daubert, Food Rheology, in: *Handb. Farm Dairy Food Mach.*, 2007: pp. 391–414. <https://doi.org/10.1016/B978-081551538-8.50016-9>.
- [148] M.D. Prajapati, M.N. Shrigod, J.R. Prajapati, D.P. Pandit, Textural and Rheological Properties of Yoghurt: A Review Textural and Rheological Properties of Yoghurt: A Review, *Adv. Life Sci.* 5 (2016) 5238–5354.
- [149] A. Alghooneh, S.M.A. Razavi, S. Kasapis, Classification of hydrocolloids based on small amplitude oscillatory shear, large amplitude oscillatory shear, and textural properties, *J. Texture Stud.* 50 (2019) 520–538. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12459>.

- [150] J. Ahmed, P. Ptaszek, S. Basu, Food Rheology: Scientific Development and Importance to Food Industry, in: *Adv. Food Rheol. Its Appl.*, 2017: pp. 1–4. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100431-9.00001-2>.
- [151] J.D. Ferry, *Viscoelastic properties of polymers*, 1980. <https://doi.org/10.1149/1.2428174>.
- [152] T. Van Vliet, C.M.M. Lakemond, R.W. Visschers, Rheology and structure of milk protein gels, *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* 9 (2004) 298–304. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2004.09.002>.
- [153] W.J. Lee, J.A. Lucey, Formation and physical properties of yogurt, *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 23 (2010) 1127–1136. <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.r.05>.
- [154] M.A. Faers, T.H. Choudhury, B. Lau, K. McAllister, P.F. Luckham, Syneresis and rheology of weak colloidal particle gels, *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.* 288 (2006) 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2006.03.031>.
- [155] S.B.X. Ng, P.T.M. Nguyen, B. Bhandari, S. Prakash, Influence of different functional ingredients on physical properties, rheology, tribology, and oral perceptions of no fat stirred yoghurt, *J. Texture Stud.* 49 (2018) 274–285. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12307>.
- [156] H.T.H. Nguyen, S. Afsar, L. Day, Differences in the microstructure and rheological properties of low-fat yoghurts from goat, sheep and cow milk, *Food Res. Int.* 108 (2018) 423–429. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.040>.
- [157] J. Miocinovic, Z. Miloradovic, M. Josipovic, A. Nedeljkovic, M. Radovanovic, P. Pudja, Rheological and textural properties of goat and cow milk set type yoghurts, *Int. Dairy J.* 58 (2016) 43–45. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.11.006>.
- [158] S. Lubbers, N. Decourcelle, N. Vallet, E. Guichard, Flavor Release and Rheology Behavior of Strawberry Fatfree Stirred Yogurt during Storage, *J. Agric. Food Chem.* 52 (2004) 3077–3082. <https://doi.org/10.1021/jf0352374>.
- [159] S. Amirdivani, A.S. Hj Baba, Rheological properties and sensory characteristics of green tea yogurt during storage, *Life Sci. J.* 12 (2013) 378–390.

- [160] M.O. Ramírez-Sucre, J.F. Vélez-Ruiz, Physicochemical, rheological and stability characterization of a caramel flavored yogurt, *LWT - Food Sci. Technol.* 51 (2013) 233–241. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.09.014>.
- [161] Z. Tarakçı, E. Küçüköner, Y. Yıl, Ü. Ziraat, F. Gıda, M. Bölümü, V./ Türkiye, Physical, Chemical, Microbiological and Sensory Characteristics of Some Fruit-Flavored Yoghurt, *YYÜ Vet Fak Derg.* 14 (2003) 10–14.
- [162] P. Combris, P. Bazoche, E. Giraud-Héraud, S. Issanchou, Food choices: What do we learn from combining sensory and economic experiments?, *Food Qual. Prefer.* 20 (2009) 550–557. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.05.003>.
- [163] F.O. Wayua, M.G. Shibia, M.S. Mamo, D. Von Bailey, D.L. Coppock, Willingness to pay for improved milk sensory characteristics and assurances in Northern Kenya using experimental auctions, *Int. Food Agribus. Manag. Rev.* 12 (2009) 69–88. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.53797>.
- [164] M.A. Drake, Invited review: Sensory analysis of dairy foods, *J. Dairy Sci.* 90 (2007) 4925–4937. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0332>.
- [165] M. Iannario, M. Manisera, D. Piccolo, P. Zuccolotto, Sensory analysis in the food industry as a tool for marketing decisions, *Adv. Data Anal. Classif.* 6 (2012) 303–321. <https://doi.org/10.1007/s11634-012-0120-4>.
- [166] G.V. Civille, J. Seltsam, Descriptive analysis of food texture: Advances in the sensory characterization of food textures, in: *Food Texture Des. Optim.*, 2014: pp. 321–341. <https://doi.org/10.1002/9781118765616.ch13>.
- [167] A.G. de Bouillé, C.J.M. Beeren, Sensory evaluation methods for food and beverage shelf life assessment, in: *Stab. Shelf Life Food*, 2016: pp. 199–228. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100435-7.00007-1>.
- [168] P. Stefanowicz, Sensory evaluation of food principles and practices, *J. Wine Res.* 24 (2013) 80–80. <https://doi.org/10.1080/09571264.2013.764662>.
- [169] H. Moskowitz, *Applied Sensory Analysis of Foods*, 2018. <https://doi.org/10.1201/9781315137681>.
- [170] R.P. Carpenter, D.H. Lyon, T.A. Hasdell, *Guidelines for Sensory Analysis in Food Product Development and Quality Control*, 2000. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4447-0>.

- [171] Analysis of Sensory Properties in Foods, 2019. <https://doi.org/10.3390/books978-3-03921-434-1>.
- [172] J.M. Murray, C.M. Delahunty, I.A. Baxter, Descriptive sensory analysis: Past, present and future, *Food Res. Int.* 34 (2001) 461–471. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00070-9](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00070-9).
- [173] M. Gacula, S. Rutenbeck, Sample size in consumer test and descriptive analysis, *J. Sens. Stud.* 21 (2006) 129–145. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2006.00055.x>.
- [174] P.N. Hobson, Basic sensory methods for food evaluation, *Biol. Wastes.* 33 (1990) 228. [https://doi.org/10.1016/0269-7483\(90\)90008-g](https://doi.org/10.1016/0269-7483(90)90008-g).
- [175] M.G. O’Sullivan, Sensory Properties of Dairy Products, in: *A Handb. Sens. Consum. New Prod. Dev.*, 2017: pp. 259–280. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100352-7.00012-9>.
- [176] L. Skarlatos, A. Marinopoulou, D. Petridis, S.N. Raphaelides, Texture assessment of set yoghurt using sensory and instrumental methods, *Int. Dairy J.* 104 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104644>.
- [177] R. Ashraf, S.C. Smith, Selective enumeration of dairy based strains of probiotic and lactic acid bacteria, *Int. Food Res. J.* 22 (2015) 2576–2586.
- [178] ISO, ISO 3433:2008 (IDF 222: 2008) Cheese - Determination of fat content - Van Gulik method, (2008). <https://www.iso.org/standard/46336.html> (accessed October 29, 2021).
- [179] ISO 8968-1:2001 - Milk — Determination of nitrogen content — Part 1: Kjeldahl method, (2001). <https://www.iso.org/standard/35120.html> (accessed September 5, 2021).
- [180] E.M. Ανυφαντάκης, Μέθοδοι εξετασέως του γάλακτος και των προϊόντων του, 2η έκδ., Σταμούλης, 1992.
- [181] AOAC, AOAC. (1995). Official methods of analysis 16th Ed. Association of official analytical chemists. Washington DC, USA., Sci. Educ. (1995). <http://www.sciepub.com/reference/141205> (accessed October 29, 2021).
- [182] R. Montgomery, Further studies of the phenol-sulfuric acid reagent for carbohydrates, *BBA - Biochim. Biophys. Acta.* 48 (1961) 591–593. [https://doi.org/10.1016/0006-3002\(61\)90059-2](https://doi.org/10.1016/0006-3002(61)90059-2).

- [183] B. Moldovan, B. Iasko, L. David, Antioxidant activity and total phenolic content of some commercial fruit-flavoured yogurts, *Stud. Univ. Babeş-Bolyai Chem.* 61 (2016) 101–108.
- [184] M. Karaaslan, M. Ozden, H. Vardin, H. Turkoglu, Phenolic fortification of yogurt using grape and callus extracts, *LWT - Food Sci. Technol.* 44 (2011) 1065–1072. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.009>.
- [185] A.L. Lucas, C. Bosetti, P. Boffetta, E. Negri, A. Tavani, M. Serafini, J. Polesel, D. Serraino, C. La Vecchia, M. Rossi, Dietary total antioxidant capacity and pancreatic cancer risk: An Italian case-control study, *Br. J. Cancer.* 115 (2016) 102–107. <https://doi.org/10.1038/bjc.2016.114>.
- [186] P. Mortera, F.A. Zuljan, C. Magni, S.A. Bortolato, S.H. Alarcón, Multivariate analysis of organic acids in fermented food from reversed-phase high-performance liquid chromatography data, *Talanta.* 178 (2018) 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.09.005>.
- [187] International Dairy Federation/, I.O. for Standardization, ISO - ISO 8261:2001 - Milk and milk products — General guidance for the preparation of test samples, initial suspensions and decimal dilutions for microbiological examination, 2001-06. 2001 (2001) 12. <https://www.iso.org/standard/27062.html> (accessed October 29, 2021).
- [188] ISO 7889:2003. Yogurt - Enumeration of characteristic microorganisms - Colony-count technique at 37 °C, (2009) 7889. <https://www.iso.org/standard/31880.html> (accessed October 29, 2021).
- [189] Ethiopian Standard Agency, Milk and milk products - Enumeration of colony-forming units of yeasts and/or moulds - Colony-count technique at 25 °C, 66112012, *Es Iso.* (2012) 1–8. <https://www.iso.org/standard/40473.html> (accessed October 29, 2021).
- [190] ISO, ISO 21528-2: 2004 Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal methods for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae — Part 2: Colony-count method, *Nat. Lang. Eng.* 10 (2004) 211–225. http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csn_umber=34566 (accessed October 29, 2021).
- [191] Β. Ιωάννου, Επίδραση διάφορων τεχνολογικών παραμέτρων στα χαρακτηριστικά προϊόντων τύπου γιαούρτης, Μεταπτυχιακή Μελέτη, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2014.

- [192] A.S. Akalin, G. Unal, N. Dinkci, A.A. Hayaloglu, Microstructural, textural, and sensory characteristics of probiotic yogurts fortified with sodium calcium caseinate or whey protein concentrate, *J. Dairy Sci.* 95 (2012) 3617–3628. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5297>.
- [193] B.N.P. Sah, T. Vasiljevic, S. McKechnie, O.N. Donkor, Effect of pineapple waste powder on probiotic growth, antioxidant and antimutagenic activities of yogurt, *J. Food Sci. Technol.* 53 (2016) 1698–1708. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2100-0>.
- [194] S. Kaminaridis, E. Anifantakis, Characteristics of set type yoghurt made from caprine or ovine milk and mixtures of the two, *Int. J. Food Sci. Technol.* 39 (2004) 319–324. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00788.x>.
- [195] T. Erkaya, M. Şengül, Comparison of volatile compounds in yoghurts made from cows', buffaloes', ewes' and goats' milks, *Int. J. Dairy Technol.* 64 (2011) 240–246. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00655.x>.
- [196] D. De Santis, G. Giacinti, G. Chemello, M.T. Frangipane, Improvement of the Sensory Characteristics of Goat Milk Yogurt, *J. Food Sci.* 84 (2019) 2289–2296. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14692>.
- [197] Julijana Tomovska, Nikola Gjorgievski, Borche Makarijoski, Examination of pH, Titratable Acidity and Antioxidant Activity in Fermented Milk, *J. Mater. Sci. Eng. A.* 6 (2016). <https://doi.org/10.17265/2161-6213/2016.11-12.006>.
- [198] E.M. El-Sayed, I.A. Abd El-Gawad, H.A. Murad, S.H. Salah, Utilization of laboratory-produced xanthan gum in the manufacture of yogurt and soy yogurt, *Eur. Food Res. Technol.* 215 (2002) 298–304. <https://doi.org/10.1007/s00217-002-0551-9>.
- [199] Σ. Θεοδώρου, Επίδραση διαφόρων τεχνολογικών παραμέτρων στα χαρακτηριστικά προϊόντων τύπου γιαούρτης από γίδινο γάλα, 2015. http://dspace.aua.gr/xmlui/bitstream/handle/10329/6081/Theodorou_S.pdf?sequence=4 (accessed July 23, 2021).
- [200] D.C.G. da Silva, L.R. de Abreu, G.M.P. Assumpção, Adição de extrato hidrossolúvel de soja e cultura probiótica e características de viscosidade, capacidade de retenção de água e de sinerese de iogurte produzido com leite de cabra, *Cienc. Rural.* 42 (2012) 545–550. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000300026>.

- [201] M. Serhan, J. Mattar, L. Debs, Concentrated yogurt (Labneh) made of a mixture of goats' and cows' milk: Physicochemical, microbiological and sensory analysis, *Small Rumin. Res.* 138 (2016) 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.04.003>.
- [202] L. Cui, S.K.C. Chang, R. Nannapaneni, Comparative studies on the effect of probiotic additions on the physicochemical and microbiological properties of yoghurt made from soymilk and cow's milk during refrigeration storage (R2), *Food Control.* 119 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107474>.
- [203] E.A. Eissa, E.E. Babiker, A.E.G.A. Yagoub, Physicochemical, microbiological and sensory properties of Sudanese yoghurt (zabadi) made from goat's milk, in: *Anim. Prod. Sci.*, 2011: pp. 53–59. <https://doi.org/10.1071/AN09126>.
- [204] A. Gaddour, S. Najari, M. Abdennebi, Physicochemical and sensory characteristics of yoghurt produced from goat milk, *J. Anim. Vet. Adv.* 12 (2013) 1700–1703. <https://doi.org/10.3923/javaa.2013.1700.1703>.
- [205] J.A.O. Olugbuyiro, J.E. Oseh, Physico-chemical and sensory evaluation of market yoghurt in Nigeria, *Pakistan J. Nutr.* 10 (2011) 914–918. <https://doi.org/10.3923/pjn.2011.914.918>.
- [206] T.A.D.G. Machado, M.E.G. de Oliveira, M.I.F. Campos, P.O.A. de Assis, E.L. de Souza, M.S. Madruga, M.T.B. Pacheco, M.M.E. Pintado, R. de C.R. do E. Queiroga, Impact of honey on quality characteristics of goat yogurt containing probiotic *Lactobacillus acidophilus*, *LWT - Food Sci. Technol.* 80 (2017) 221–229. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.013>.
- [207] S. Kaminarides, P. Stamou, T. Massouras, Comparison of the characteristics of set type yoghurt made from ovine milk of different fat content, *Int. J. Food Sci. Technol.* 42 (2007) 1019–1028. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01320.x>.
- [208] R.I. Dave, N.P. Shah, Ingredient Supplementation Effects on Viability of Probiotic Bacteria in Yogurt, *J. Dairy Sci.* 81 (1998) 2804–2816. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75839-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75839-4).
- [209] R.G. Bachir, Z. Benattouche, Microbiological, physico-chemical and sensory quality aspects of yoghurt enriched with *Rosmarinus officinalis* oil, *African J. Biotechnol.* 12 (2013) 192–198. <https://doi.org/10.5897/ajb12.1257>.

- [210] Κ. Βιταλώτη, Παρασκευή γιαούρτης από μικροδιηθημένο γάλα, ΜΔΕ, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2012.
- [211] K. Vitalioti, Making yogurt from microfiltrated milk, Agricultural University of Athens, 2012.
- [212] K. Delgado, C. Vieira, I. Dammak, B. Frascão, A. Brígida, M. Costa, C. Conte, Different ultrasound exposure times influence the physicochemical and microbial quality properties in probiotic goat milk yogurt, *Molecules*. 25 (2020). <https://doi.org/10.3390/molecules25204638>.
- [213] F.S. Vianna, A.C.V. da C.S. Canto, B.C. Lima, A.P. Salim, C.F. Balthazar, M.P. Costa, P. Panzenhagen, R. Rachid, R.M. Franco, C.A.C. Junior, A.C. De Oliveira Silva, Milk from different species on physicochemical and microstructural yoghurt properties, *Cienc. Rural*. 49 (2019). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180522>.
- [214] W. Seelee, W. Tungjaroenchai, M. Natvaratat, Development of low fat set-type probiotic yoghurt from goat milk, *As. J. Food Ag-Ind.* 2 (2009) 771–779. www.ajofai.info (accessed September 12, 2021).
- [215] J. Chramostová, R. Mošnová, I. Lisová, E. Pešek, J. Drbohlav, I. Němečková, Influence of cultivation conditions on the growth of *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium sp.*, and *Streptococcus thermophilus*, and on the production of organic acids in fermented milks, *Czech J. Food Sci.* 32 (2014) 422–429. <https://doi.org/10.17221/616/2013-cjfs>.
- [216] M.P. Da Costa, B.D.S. Frascão, B.R.C.D.C. Lima, B.L. Rodrigues, C.A.C. Junior, Simultaneous analysis of carbohydrates and organic acids by HPLC-DAD-RI for monitoring goat's milk yogurts fermentation, *Talanta*. 152 (2016) 162–170. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.01.061>.
- [217] I. Bob, A. Peter, The influence of the citric acid on the physical-chemical and organoleptical characteristics of the yogurt stored in the refrigeration conditions, *Carpathian J. Food Sci. Technol.* 6 (2014).
- [218] M. Tormo, J.M. Izco, Alternative reversed-phase high-performance liquid chromatography method to analyse organic acids in dairy products, *J. Chromatogr. A*. 1033 (2004) 305–310. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.01.043>.

- [219] J.W. Yoon, S. Il Ahn, J.W. Jhoo, G.Y. Kim, Antioxidant activity of yogurt fermented at low temperature and its anti-inflammatory effect on DSS-induced colitis in mice, *Food Sci. Anim. Resour.* 39 (2019) 162–176. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e13>.
- [220] V. V. Illupapalayam, S.C. Smith, S. Gamlath, Consumer acceptability and antioxidant potential of probiotic-yogurt with spices, *LWT - Food Sci. Technol.* 55 (2014) 255–262. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.09.025>.
- [221] S. Amirdivani, A.S.H. Baba, Green tea yogurt: major phenolic compounds and microbial growth, *J. Food Sci. Technol.* 52 (2015) 4652–4660. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1670-6>.
- [222] E. Apostolidis, Y.I. Kwon, R. Shinde, R. Ghaedian, K. Shetty, Inhibition of *Helicobacter pylori* by fermented milk and soymilk using select lactic acid bacteria and link to enrichment of lactic acid and phenolic content, *Food Biotechnol.* 25 (2011) 58–76. <https://doi.org/10.1080/08905436.2011.547118>.
- [223] M. Baniasadi, M. Azizkhani, P.E.J. Saris, F. Tooryan, Comparative antioxidant potential of kefir and yogurt of bovine and non-bovine origins, *J. Food Sci. Technol.* (2021). <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05139-9>.
- [224] M. Busconi, L. Lucini, G. Soffritti, J. Bernardi, L. Bernardo, C. Brunschwig, S. Lepers-Andrzejewski, P. Raharivelomanana, J.A. Fernandez, Phenolic profiling for traceability of *Vanilla x tahitensis*, *Front. Plant Sci.* 8 (2017). <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01746>.
- [225] B.N. Shyamala, M. Madhava Naidu, G. Sulochanamma, P. Srinivas, Studies on the antioxidant activities of natural vanilla extract and its constituent compounds through in vitro models, *J. Agric. Food Chem.* 55 (2007) 7738–7743. <https://doi.org/10.1021/jf071349+>.
- [226] S.S. Senadeera, P.H.P. Prasanna, N.W.I.A. Jayawardana, D.C.S. Gunasekara, P. Senadeera, A. Chandrasekara, Antioxidant, physicochemical, microbiological, and sensory properties of probiotic yoghurt incorporated with various *Annona* species pulp, *Heliyon.* 4 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00955>.
- [227] H.J. Jang, J. Jung, H.-S. Yu, N.-K. Lee, H.-D. Paik, Evaluation of the Quality of Yogurt Using Ginseng Extract Powder and Probiotic *Lactobacillus plantarum* NK181, *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.* 38 (2018) 1160–1167. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.e47>.

- [228] A. Perna, I. Intaglietta, A. Simonetti, E. Gambacorta, Antioxidant activity of yogurt made from milk characterized by different casein haplotypes and fortified with chestnut and sulla honeys, *J. Dairy Sci.* 97 (2014). <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7843>.
- [229] S.G. Rival, C.G. Boeriu, H.J. Wichers, Caseins and casein hydrolysates. 2. Antioxidative properties and relevance to lipoxygenase inhibition, *J. Agric. Food Chem.* 49 (2001). <https://doi.org/10.1021/jf0003911>.
- [230] V. Raikos, H. Ni, H. Hayes, V. Ranawana, Antioxidant properties of a yogurt beverage enriched with salal (*Gaultheria shallon*) berries and blackcurrant (*ribes nigrum*) pomace during cold storage, *Beverages*. 5 (2019). <https://doi.org/10.3390/beverages5010002>.
- [231] S. Gupta, M. Caraballo, A. Agarwal, Total antioxidant capacity measurement by colorimetric assay, in: *Oxid. Antioxidants, Impact Oxidative Status Male Reprod.*, 2018: pp. 207–215. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812501-4.00019-5>.
- [232] Y. Wang, Y. Wu, Y. Wang, H. Xu, X. Mei, D. Yu, Y. Wang, W. Li, Antioxidant properties of probiotic bacteria, *Nutrients*. 9 (2017). <https://doi.org/10.3390/nu9050521>.
- [233] N. Gjorgievski, J. Tomovska, G. Dimitrovska, B. Makarijoski, M.A. Shariati, Determination of The Antioxidant Activity in Yogurt, *J. Hyg. Eng. Des.* 8 (2013) 88–91.
- [234] H. Şanlıdere Aloğlu, Z. Öner, Determination of antioxidant activity of bioactive peptide fractions obtained from yogurt, *J. Dairy Sci.* 94 (2011). <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4285>.
- [235] K. Suetsuna, H. Ukeda, H. Ochi, Isolation and characterization of free radical scavenging activities peptides derived from casein, *J. Nutr. Biochem.* 11 (2000) 128–131. [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(99\)00083-2](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(99)00083-2).
- [236] S. Sieuwerts, Microbial Interactions in the Yoghurt Consortium: Current Status and Product Implications, *SOJ Microbiol. Infect. Dis.* 4 (2016) 01–05. <https://doi.org/10.15226/sojmid/4/2/00150>.
- [237] L. Varga, J. Süle, P. Nagy, Short communication: Survival of the characteristic microbiota in probiotic fermented camel, cow, goat, and sheep milks during refrigerated storage, *J. Dairy Sci.* 97 (2014) 2039–2044. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7339>.

- [238] C. Asensio, A. Gredilla, F. Bueno, L. Rodriguez, D. Delgado, A. Martin-Diana, Screening of direct vat set (DVS) commercial cultures for the production of set-type ewe's yogurt with enhanced texture and flavour properties, 2015.
- [239] E. Sendra, P. Fayos, Y. Lario, J. Fernández-López, E. Sayas-Barberá, J.A. Pérez-Alvarez, Incorporation of citrus fibers in fermented milk containing probiotic bacteria, *Food Microbiol.* 25 (2008) 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2007.09.003>.
- [240] A.B. Shori, A.S. Baba, Viability of lactic acid bacteria and sensory evaluation in *Cinnamomum verum* and *Allium sativum*-bio-yogurts made from camel and cow milk, *J. Assoc. Arab Univ. Basic Appl. Sci.* 11 (2012) 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.jaubas.2011.11.001>.
- [241] M. Michael, R.K. Phebus, K.A. Schmidt, Plant extract enhances the viability of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* and *Lactobacillus acidophilus* in probiotic nonfat yogurt, *Food Sci. Nutr.* 3 (2015) 48–55. <https://doi.org/10.1002/fsn3.189>.
- [242] D. Roumanas, G. Moatsou, E. Zidou, L. Sakkas, E. Moschopoulou, Effect of enrichment of bovine milk with whey proteins on biofunctional and rheological properties of low fat yoghurt-type products, *Curr. Res. Nutr. Food Sci.* 4 (2016) 105–113. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.4.Special-Issue-October.14>.
- [243] E. Moschopoulou, L. Sakkas, E. Zidou, G. Theodorou, E. Sgouridou, C. Kalathaki, A. Liarakou, A. Chatzigeorgiou, I. Politis, G. Moatsou, Effect of milk kind and storage on the biochemical, textural and biofunctional characteristics of set-type yoghurt, *Int. Dairy J.* 77 (2018) 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.09.008>.
- [244] I. Sodini, J. Montella, P.S. Tong, Physical properties of yogurt fortified with various commercial whey protein concentrates, *J. Sci. Food Agric.* 85 (2005) 853–859. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2037>.
- [245] G. Unal, S.N. El, A.S. Akalin, N. Dinkci, Antioxidant activity of probiotic yoghurt fortified with milk protein based ingredients, *Ital. J. Food Sci.* 25 (2013) 63–69.

- [246] M. Vargas, M. Cháfer, A. Albors, A. Chiralt, C. González-Martínez, Physicochemical and sensory characteristics of yoghurt produced from mixtures of cows' and goats' milk, *Int. Dairy J.* 18 (2008) 1146–1152. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.06.007>.
- [247] R. Andoyo, F. Guyomarc'h, C. Cauty, M.H. Famelart, Model mixtures evidence the respective roles of whey protein particles and casein micelles during acid gelation, *Food Hydrocoll.* 37 (2014) 203–212. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.10.019>.
- [248] J.A. Lucey, H. Singh, Formation and physical properties of acid milk gels: A review, *Food Res. Int.* 30 (1997) 529–542. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(98\)00015-5](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(98)00015-5).
- [249] F. Dannenberg, H. -G Kessler, Reaction Kinetics of the Denaturation of Whey Proteins in Milk, *J. Food Sci.* 53 (1988) 258–263. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1988.tb10223.x>.
- [250] N. Fayyaz, F. Shahidi, S. Roshanak, Evaluation of the bioprotectivity of Lactobacillus binary/ternary cultures in yogurt, *Food Sci. Nutr.* 8 (2020) 5036–5047. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1801>.
- [251] M. Ghaderi-Ghahfarokhi, A. Yousefvand, H. Ahmadi Gavlighi, M. Zarei, The effect of hydrolysed tragacanth gum and inulin on the probiotic viability and quality characteristics of low-fat yoghurt, *Int. J. Dairy Technol.* 74 (2021) 161–169. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12742>.
- [252] T. Vasiljevic, T. Kealy, V.K. Mishra, Effects of β -glucan addition to a probiotic containing yogurt, *J. Food Sci.* 72 (2007). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00454.x>.
- [253] M. Tavakoli, M.B. Habibi Najafi, M. Mohebbi, Effect of the milk fat content and starter culture selection on proteolysis and antioxidant activity of probiotic yogurt, *Heliyon.* 5 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01204>.
- [254] H. Lee, B.A. Friend, K.M. Shahani, Factors Affecting the Protein Quality of Yogurt and Acidophilus Milk, *J. Dairy Sci.* 71 (1988) 3203–3213. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79925-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79925-7).
- [255] E. Amani, M.H. Eskandari, S. Shekarforoush, The effect of proteolytic activity of starter cultures on technologically important properties of yogurt, *Food Sci. Nutr.* 5 (2017) 525–537. <https://doi.org/10.1002/fsn3.427>.

- [256] D. Dimitrellou, N. Solomakou, E. Kokkinomagoulos, P. Kandyliis, Yogurts supplemented with juices from grapes and berries, *Foods*. 9 (2020). <https://doi.org/10.3390/foods9091158>.
- [257] E. Sendra, V. Kuri, J. Fernández-López, E. Sayas-Barberá, C. Navarro, J.A. Pérez-Alvarez, Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose, size and thermal treatment, *LWT - Food Sci. Technol.* 43 (2010) 708–714. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.12.005>.
- [258] H.Y. Yu, L. Wang, K.L. McCarthy, Characterization of yogurts made with milk solids nonfat by rheological behavior and nuclear magnetic resonance spectroscopy, *J. Food Drug Anal.* 24 (2016) 804–812. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.04.002>.
- [259] M.B. Pesic, M.B. Barac, S.P. Stanojevic, N.M. Ristic, O.D. Macej, M.M. Vrvic, Heat induced casein-whey protein interactions at natural pH of milk: A comparison between caprine and bovine milk, *Small Rumin. Res.* 108 (2012) 77–86. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.06.013>.
- [260] K. Raynal, F. Remeuf, The effect of heating on physicochemical and renneting properties of milk: A comparison between caprine, ovine and bovine milk, *Int. Dairy J.* 8 (1998) 695–706. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(98\)00112-5](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(98)00112-5).
- [261] A. Lukaszewicz-Hussain, Role of oxidative stress in organophosphate insecticide toxicity - Short review, *Pestic. Biochem. Physiol.* 98 (2010) 145–150. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2010.07.006>.
- [262] E. Bramanti, C. Sortino, M. Onor, F. Beni, G. Raspi, Separation and determination of denatured α s1-, α s2-, β - and κ -caseins by hydrophobic interaction chromatography in cows', ewes' and goats' milk, milk mixtures and cheeses, *J. Chromatogr. A.* 994 (2003) 59–74. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(03\)00483-7](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(03)00483-7).
- [263] Y.W. Park, M. Juárez, M. Ramos, G.F.W. Haenlein, Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk, *Small Rumin. Res.* 68 (2007) 88–113. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.013>.
- [264] F. Morgan, T. Massouras, M. Barbosa, L. Roseiro, F. Ravasco, I. Kandarakis, V. Bonnin, M. Fistakoris, E. Anifantakis, G. Jaubert, K. Raynal-Ljutovac, Characteristics of goat milk collected from small and medium enterprises in Greece, Portugal and France, *Small Rumin. Res.* 47 (2003) 39–49. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00252-3](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00252-3).

- [265] K. Potočník, V. Gantner, K. Kuterovac, A. Cividini, Mare's milk: Composition and protein fraction in comparison with different milk species, *Mljekarstvo Časopis Za Unaprjeđenje Proizv. i Prerade Mlijeka*. 61 (2011) 107–113.
- [266] H.M. Østlie, J. Treimo, J.A. Narvhus, Effect of temperature on growth and metabolism of probiotic bacteria in milk, *Int. Dairy J.* 15 (2005) 989–997. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.08.015>.
- [267] D. Zareba, M. Ziarno, M. Obiedzinski, Volatile profile of non-fermented milk and milk fermented by bifidobacterium animalissubsp. lactis, *Int. J. Food Prop.* 15 (2012) 1010–1021. <https://doi.org/10.1080/10942912.2010.513024>.
- [268] J.P. Dumont, S. Roger, P. Cerf, J. Adda, Etude des composés neutres volatils présents dans le Camembert, *Lait*. 54 (1974) 501–516. <https://doi.org/10.1051/lait:197453824>.
- [269] M. Zha, J. Yu, Y. Zhang, H. Wang, N. Bai, Y. Qin, D. Liangliang, W. Liu, H. Zhang, M. Bilige, Study on streptococcus thermophilus isolated from gula and associated characteristic of acetaldehyde and diacetyl in their fermented milk, *J. Gen. Appl. Microbiol.* 61 (2015) 50–56. <https://doi.org/10.2323/jgam.61.50>.
- [270] A. Zourari, J.P. Accolas, M.J. Desmazeaud, Metabolism and biochemical characteristics of yogurt bacteria. A review, *Lait*. 72 (1992) 1–34. <https://doi.org/10.1051/lait:199211>.
- [271] A.C.S.D. Chaves, M. Fernandez, A.L.S. Lerayer, I. Mierau, M. Kleerebezem, J. Hugenholtz, Metabolic engineering of acetaldehyde production by *Streptococcus thermophilus*, *Appl. Environ. Microbiol.* 68 (2002) 5656–5662. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.11.5656-5662.2002>.
- [272] P. Zajác, L. Kúšová, L. Benešová, J. Čapla, J. Čurlej, J. Golian, Effect of commercial yogurt starter cultures on fermentation process, texture and sensoric parameters of white yogurt, *Potravin. Slovak J. Food Sci.* 14 (2020) 300–306. <https://doi.org/10.5219/1377>.
- [273] D. Özer, S. Akin, B. Özer, Effect of inulin and lactulose on survival of lactobacillus acidophilus LA-5 and bifidobacterium bifidum BB-02 in acidophilus-bifidus Yoghurt, *Food Sci. Technol. Int.* 11 (2005) 19–24. <https://doi.org/10.1177/1082013205051275>.

- [274] R.K. Robinson, Microbiological and Technological Aspects of Milks Fermented by Bifidobacteria, *J. Dairy Res.* 62 (1995) 151–187. <https://doi.org/10.1017/S002202990003377X>.
- [275] W.E. Sandine, C. Daly, P.R. Elliker, E.R. Vedamuthu, Causes and Control of Culture-Related Flavor Defects in Cultured Dairy Products, *J. Dairy Sci.* 55 (1972) 1031–1039. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(72\)85617-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(72)85617-0).
- [276] I.Y. Hamdan, J.E. Kunsman, D.D. Deanne, Acetaldehyde Production by Combined Yogurt Cultures, *J. Dairy Sci.* 54 (1971) 1080–1082. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(71\)85975-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(71)85975-1).
- [277] L. Zhang, S. Mi, R.B. Liu, Y.X. Sang, X.H. Wang, Evaluation of Volatile Compounds during the Fermentation Process of Yogurts by *Streptococcus thermophilus* Based on Odor Activity Value and Heat Map Analysis, *Int. J. Anal. Chem.* 2020 (2020). <https://doi.org/10.1155/2020/3242854>.
- [278] H. Tian, Y. Shen, H. Yu, Y. He, C. Chen, Effects of 4 Probiotic Strains in Coculture with Traditional Starters on the Flavor Profile of Yogurt, *J. Food Sci.* 82 (2017) 1693–1701. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13779>.
- [279] S. Settachaimongkon, M.J.R. Nout, E.C. Antunes Fernandes, K.A. Hettinga, J.M. Vervoort, T.C.M. van Hooijdonk, M.H. Zwietering, E.J. Smid, H.J.F. Van Valenberg, Influence of different proteolytic strains of *Streptococcus thermophilus* in co-culture with *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* on the metabolite profile of set-yoghurt, *Int. J. Food Microbiol.* 177 (2014) 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.02.008>.
- [280] T. Dan, W. Ren, Y. Liu, J. Tian, H. Chen, T. Li, W. Liu, Volatile Flavor Compounds Profile and Fermentation Characteristics of Milk Fermented by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Front. Microbiol.* 10 (2019). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02183>.
- [281] R. Pourahmad, M.M. Assadi, Yoghurt production by Iranian native starter cultures, *Nutr. Food Sci.* 35 (2005) 410–415. <https://doi.org/10.1108/00346650510633819>.
- [282] R. Cárcoba, T. Delgado, A. Rodríguez, Comparative performance of a mixed strain starter in cow's milk, ewe's milk and mixtures of these milks, *Eur. Food Res. Technol.* 211 (2000) 141–146. <https://doi.org/10.1007/s002170000157>.

- [283] A. Aghlara, S. Mustafa, Y.A. Manap, R. Mohamad, Characterization of headspace volatile flavor compounds formed during kefir production: APplication of solid phase Microextraction, *Int. J. Food Prop.* 12 (2009) 808–818. <https://doi.org/10.1080/10942910802073189>.
- [284] D. Beshkova, E. Simova, G. Frengova, Z. Simov, Production of flavour compounds by yogurt starter cultures, *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 20 (1998) 180–186. <https://doi.org/10.1038/sj.jim.2900504>.
- [285] R. Imhof, H. Glättli, J.O. Bosset, Volatile organic aroma compounds produced by thermophilic and mesophilic mixed strain dairy starter cultures, *LWT - Food Sci. Technol.* 27 (1994) 442–449. <https://doi.org/10.1006/fstl.1994.1090>.
- [286] R. Imhof, H. Glättli, J.O. Bosset, Volatile organic compounds produced by thermophilic and mesophilic single strain dairy starter cultures, *LWT - Food Sci. Technol.* 28 (1995) 78–86. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80016-6](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80016-6).
- [287] M. Gueimonde, S. Delgado, B. Mayo, P. Ruas-Madiedo, A. Margolles, C.G. De Los Reyes-Gavilán, Viability and diversity of probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* populations included in commercial fermented milks, *Food Res. Int.* 37 (2004) 839–850. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.04.006>.
- [288] T. Dan, H. Chen, T. Li, J. Tian, W. Ren, H. Zhang, T. Sun, Influence of *Lactobacillus plantarum* P-8 on fermented milk flavor and storage stability, *Front. Microbiol.* 10 (2019). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.03133>.
- [289] T. Dan, D. Wang, R.L. Jin, H.P. Zhang, T.T. Zhou, T.S. Sun, Characterization of volatile compounds in fermented milk using solid-phase microextraction methods coupled with gas chromatography-mass spectrometry, *J. Dairy Sci.* 100 (2017) 2488–2500. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11528>.
- [290] M. Yvon, L. Rijnen, Cheese flavour formation by amino acid catabolism, in: *Int. Dairy J.*, 2001: pp. 185–201. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00049-8](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00049-8).
- [291] S. Ozturkoglu-Budak, A. Gursoy, D.P. Aykas, C. Koçak, S. Dönmez, R.P. de Vries, P.A. Bron, Volatile compound profiling of Turkish Divle Cave cheese during production and ripening, *J. Dairy Sci.* 99 (2016) 5120–5131. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10828>.

- [292] F.K. Dabaj, O. Lasekan, M.Y.A. Manap, F.H. Ling, Evaluation of the volatilomic potentials of the *Lactobacillus casei* 431 and *Lactobacillus acidophilus* La-5 in fermented milk, *CYTA - J. Food.* 18 (2020) 291–300. <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1741688>.
- [293] I. De Noni, G. Battelli, Terpenes and fatty acid profiles of milk fat and “Bitto” cheese as affected by transhumance of cows on different mountain pastures, *Food Chem.* 109 (2008) 299–309. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.033>.
- [294] I. Pouloupoulou, E. Zoidis, T. Massouras, I. Hadjigeorgiou, Terpenes transfer to milk and cheese after oral administration to sheep fed indoors, *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl).* 96 (2012) 172–181. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01128.x>.
- [295] C. Condurso, A. Verzera, V. Romeo, M. Ziino, F. Conte, Solid-phase microextraction and gas chromatography mass spectrometry analysis of dairy product volatiles for the determination of shelf-life, *Int. Dairy J.* 18 (2008) 819–825. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.12.005>.

9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

9.1 Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση του συντελεστή ελαστικότητας (G') και ιδώδους (G'') αγελαδινών και γίδινων επιδορπίων γιουρτιού στη συχνότητα 2,0 Hz.

	M	C	A	M+P	C+P	A+P
G' (2 Hz)						
ΑΓΕΛΑΔΙΝΑ						
PL	776,10 ^a ±66,61	787,85 ^a ±97,93	814,65 ^a ±258,16	1361,50 ^b ±51,62	977,00 ^{ab} ±216,38	813,50 ^a ±123,60
VAN	1034,45 ^{bc} ±51,69	857,50 ^a ±22,49	815,40 ^a ±34,79	1198,00 ^c ±39,60	911,65 ^{ab} ±121,83	804,65 ^a ±50,13
LEM	859,15 ^a ±241,62	1327,50 ^{bc} ±118,09	879,40 ^a ±269,55	1390,50 ^c ±36,06	972,55 ^{abc} ±78,42	928,00 ^{ab} ±6,93
ORA	1003,50 ^b ±54,45	693,60 ^a ±47,23	962,40 ^b ±71,56	1084,50 ^b ±20,51	997,75 ^b ±88,04	1057,45 ^b ±111,09
MAS	872,75 ^{ab} ±108,12	1130,25 ^{bc} ±160,87	750,20 ^a ±26,16	1218,00 ^c ±159,81	797,70 ^a ±13,15	786,70 ^a ±58,41
G'' (2 Hz)						
PL	641,55 ^a ±54,24	736,65 ^{ab} ±16,90	878,85 ^{bc} ±59,61	1009,80 ^c ±89,38	688,55 ^a ±53,10	668,25 ^a ±29,63
VAN	986,40 ^b ±50,35	640,00 ^a ±84,57	761,25 ^a ±95,81	683,70 ^a ±70,15	669,15 ^a ±87,33	749,10 ^a ±62,37
LEM	564,65 ^a ±50,28	1130,40 ^d ±171,97	745,30 ^{ab} ±79,20	1089,50 ^{cb} ±30,41	1097,00 ^d ±87,68	841,30 ^{bc} ±61,38
ORA	952,30 ^b ±58,12	947,20 ^b ±98,71	745,60 ^{ab} ±45,26	796,15 ^{ab} ±60,74	956,80 ^b ±92,21	661,80 ^a ±110,59
MAS	715,20 ^a ±51,90	747,80 ^a ±73,40	783,35 ^a ±95,67	771,20 ^a ±14,99	793,65 ^a ±64,14	779,95 ^a ±62,44
ΓΙΔΙΝΑ						
PL	416,10 ^{ab} ±79,48	436,65 ^{abc} ±91,01	536,60 ^{bc} ±83,30	327,70 ^a ±43,98	636,15 ^c ±57,77	528,70 ^{bc} ±79,05
VAN	452,25 ^a ±34,72	664,75 ^{bc} ±49,14	505,30 ^{ab} ±81,88	441,95 ^a ±61,45	381,70 ^b ±97,16	689,35 ^c ±46,74
LEM	477,80 ^a ±91,22	556,80 ^a ±77,92	451,60 ^a ±34,93	544,00 ^a ±103,95	471,40 ^a ±98,57	556,70 ^a ±93,76
ORA	463,45 ^a ±72,90	469,50 ^a ±45,11	437,25 ^a ±88,88	493,15 ^a ±58,34	726,85 ^b ±27,08	459,00 ^a ±61,66
MAS	522,55 ^b ±51,55	452,75 ^{ab} ±87,05	817,65 ^c ±49,85	495,20 ^{ab} ±34,08	595,70 ^b ±14,57	359,65 ^a ±63,43
G'' (2 Hz)						
PL	463,95 ^{ab} ±83,93	496,70 ^b ±46,39	675,25 ^c ±57,35	295,20 ^a ±65,62	823,50 ^c ±78,49	301,65 ^a ±45,04
VAN	510,60 ^a ±127,42	838,35 ^b ±85,91	628,40 ^{ab} ±58,69	497,05 ^a ±54,52	541,55 ^a ±97,65	514,10 ^a ±79,90
LEM	508,00 ^a ±89,52	856,15 ^b ±21,14	491,30 ^a ±16,26	482,15 ^a ±50,98	448,15 ^a ±23,26	471,45 ^a ±17,47
ORA	650,30 ^a ±120,92	679,85 ^a ±84,22	590,30 ^a ±132,09	568,35 ^a ±113,63	566,10 ^a ±107,904	424,25 ^a ±71,48
MAS	919,25 ^c ±62,72	494,20 ^{ab} ±71,56	652,65 ^b ±70,22	500,25 ^{ab} ±63,00	519,80 ^{ab} ±79,34	446,15 ^a ±70,78

M: Γλυκιά (Mild), **C:** Κλασική (Classic), **A:** Όξινη (Acidic), **P:** Προβιοτικά (Probiotic), **PL:** Χωρίς πρόσθετα γεύσης (Plain), **VAN:** Βανίλια (Vanilla), **LEM:** Έλαιο Λεμονιού (Lemon), **ORA:** Έλαιο Πορτοκαλιού (Orange), **MAS:** Έλαιο Μαστίχας (Mastic)

^{a,b,...} Τιμές με διαφορετικούς αριθμητικούς εκθέτες στην ίδια γραμμή είναι στατιστικά σημαντικές ($p < 0,05$ Tukey's test).

9.2 Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση του συντελεστή ελαστικότητας (G') και ιξώδους (G'') αγελαδινών και γίδινων επιδερμίων γιαουρτιού στη συχνότητα 0,5 Hz.

	M	C	A	M+P	C+P	A+P
G' (0,5 Hz)						
ΑΓΕΛΑΔΙΝΑ						
PL	404,85 ^a ±151,96	965,05 ^b ±26,66	421,65 ^a ±6,86	793,45 ^b ±51,69	881,10 ^b ±62,23	448,80 ^a ±81,60
VAN	955,50 ^b ±85,56	946,35 ^b ±40,52	803,95 ^b ±68,80	1629,00 ^c ±137,35	699,65 ^{ab} ±117,31	513,60 ^a ±107,48
LEM	339,25 ^a ±154,08	1063,15 ^{cd} ±190,71	567,70 ^{ab} ±60,81	1402,30 ^d ±160,78	830,40 ^{bc} ±152,74	767,30 ^{bc} ±75,94
ORA	480,45 ^{ab} ±33,16	554,85 ^b ±62,01	373,60 ^a ±54,45	762,30 ^c ±22,06	729,00 ^c ±43,84	890,35 ^c ±108,39
MAS	780,40 ^a ±0,85	1049,00 ^b ±128,69	690,40 ^a ±25,88	771,10 ^a ±35,64	671,75 ^a ±60,32	660,15 ^a ±58,34
G'' (0,5 Hz)						
PL	342,40 ^b ±24,61	243,60 ^a ±13,72	210,75 ^a ±30,62	447,20 ^c ±42,71	420,65 ^c ±12,092	186,00 ^a ±25,17
VAN	805,30 ^c ±107,06	388,65 ^{ab} ±82,52	433,50 ^{ab} ±134,07	590,00 ^{bc} ±87,54	265,75 ^a ±83,368	545,20 ^{bc} ±67,03
LEM	335,10 ^a ±37,05	870,85 ^{abc} ±195,37	531,20 ^{abc} ±71,14	1079,50 ^{bc} ±9,19	1169,15 ^c ±579,62	455,35 ^{ab} ±78,14
ORA	539,35 ^a ±103,17	548,35 ^a ±136,12	470,35 ^a ±67,95	454,10 ^a ±47,66	564,45 ^a ±22,56	391,45 ^a ±138,24
MAS	233,75 ^a ±24,82	301,55 ^{ab} ±22,70	439,60 ^{abc} ±56,29	844,50 ^c ±368,40	606,90 ^{abc} ±77,92	707,70 ^{bc} ±61,52
ΓΙΔΙΝΑ						
PL	253,30 ^a ±23,05	254,80 ^a ±108,75	277,80 ^a ±64,77	235,60 ^a ±5,52	319,85 ^b ±8,42	226,40 ^a ±33,37
VAN	204,30 ^a ±48,79	429,50 ^c ±8,63	281,65 ^{ab} ±57,49	265,30 ^{ab} ±25,88	316,55 ^b ±26,94	218,35 ^a ±4,45
LEM	296,30 ^{ab} ±48,51	167,90 ^a ±17,54	208,40 ^{ab} ±54,31	313,00 ^{ab} ±85,84	355,00 ^b ±16,55	352,55 ^b ±94,82
ORA	367,95 ^b ±53,95	133,65 ^a ±13,22	276,25 ^{ab} ±57,48	255,20 ^{ab} ±71,14	310,95 ^b ±90,86	253,00 ^{ab} ±25,31
MAS	205,30 ^a ±8,77	303,25 ^b ±8,56	176,10 ^a ±38,04	248,95 ^{ab} ±42,92	310,80 ^b ±30,83	192,25 ^a ±27,93
G'' (0,5 Hz)						
PL	122,05 ^a ±3,04	113,20 ^a ±26,73	360,35 ^b ±23,55	145,45 ^a ±121,55	308,20 ^b ±59,68	145,70 ^a ±21,78
VAN	93,05 ^a ±23,83	289,80 ^{ab} ±61,94	256,70 ^{ab} ±83,30	184,35 ^{ab} ±32,03	340,15 ^b ±127,49	201,35 ^{ab} ±80,26
LEM	236,65 ^a ±109,39	128,85 ^a ±61,45	134,50 ^a ±104,23	170,30 ^a ±86,97	353,05 ^a ±101,75	291,50 ^a ±100,98
ORA	128,05 ^a ±30,34	98,35 ^a ±16,05	234,80 ^a ±131,38	143,70 ^a ±17,40	145,20 ^a ±49,78	119,40 ^a ±55,58
MAS	265,10 ^{ab} ±79,90	334,50 ^b ±114,41	200,65 ^{ab} ±13,79	277,25 ^{ab} ±53,95	197,90 ^{ab} ±37,76	141,25 ^a ±29,20

M: Γλυκιιά (Mild), C: Κλασική (Classic), A: Όξινη (Acidic), P: Προβιοτικά (Probiotic), PL:Χωρίς πρόσθετα γεύσης (Plain), VAN: Βανίλια (Vanilla), LEM: Έλαιο Λεμονιού (Lemon), ORA:Έλαιο Πορτοκαλιού (Orange), MAS: Έλαιο Μαστίχας (Mastic)
a,b,... Τιμές με διαφορετικούς αριθμητικούς εκθέτες στην ίδια γραμμή είναι στατιστικά σημαντικές (p<0,05 Tukey's test).

9.3 Δημοσιευμένες εργασίες

9.3.1 Papaioannou GM, Kosma IS, Dimitreli G, et al (2022) Effect of starter culture, probiotics, and flavor additives on physico-chemical, rheological, and sensory properties of cow and goat dessert yogurts. Eur Food Res Technol 248:1191–1202. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03955-z>

9.3.2 Papaioannou G, Kosma I, Badeka A V., Kontominas MG (2021) Profile of volatile compounds in dessert yogurts prepared from cow and goat milk, using different starter cultures and probiotics. Foods 10:3153. <https://doi.org/10.3390/foods10123153>

