

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΜΑ: «ΧΡΗΣΗ LACTOBACILLUS ΣΤΗ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
ΓΙΑΟΥΡΤΗΣ»

Σπουδάστρια: Παλιούρα Αλεξάνδρα, ΑΜ: 2010271

Επιβλέπων καθηγητής: Κανδύλης Παναγιώτης

Καλαμάτα
Ιούνιος 2014

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συγγραφή της πτυχιακής εργασίας αυτής με θέμα την «Χρήση *Lactobacillus* στη παρασκευή γιαούρτης», έγινε στα πλαίσια των υποχρεώσεών μου ως σπουδάστρια του τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων της σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας και Τροφίμων και Διατροφής.

Η ανάθεση του θέματος έγινε από τον εισηγητή της εργασίας Δρ. Παναγιώτη Κανδύλη, επιστημονικό συνεργάτη του τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων. Επιπλέον θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για τη συνεχή παρακολούθηση κατά την εκτέλεση του πειραματικού μέρους και για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας.

Πιστεύω ότι η παρουσίαση όλων των σχετικών στοιχείων δίνουν μια αρκετά σφαιρική εικόνα του θέματος στον αναγνώστη, καθώς επίσης μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμη σε όποιον μελλοντικά χρειαστεί πληροφορίες για το συγκεκριμένο θέμα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	1
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ	11
1.1 Ιστορική αναδρομή	11
1.2 Η Γιαούρτη	13
1.2.1 Γάλα	13
1.3 Τρόπος παρασκευής	15
1.3.1 Τυποποίηση	15
1.3.2 Απόσπηση και Απαέρωση	16
1.3.3 Ομογενοποίηση	17
1.3.4 Θερμική επεξεργασία	18
1.3.5 Εμβολιασμός	20
1.3.6 Επώαση	20
1.3.7 Ψύξη	21
1.4 Είδη	22
1.4.1 Παραδοσιακή γιαούρτη	22
1.4.2 Βιομηχανική γιαούρτη	23
1.4.3 Στραγγισμένη γιαούρτη	28

1.5 Παραλλαγές γιαούρτης	29
1.5.1 Γιαούρτη με προβιοτικά βακτήρια	29
1.5.2 Παστεριωμένη γιαούρτη	30
1.5.3 Καταψυγμένο ή Παγωμένη γιαούρτη	30
1.5.4 Αφυδατωμένη γιαούρτη	31
1.5.5 Επιδόρπια γιαούρτης	31
1.5.6 Γιαούρτη με υδρολύμενη λακτόζη	32
1.6 Θρεπτική αξία της γιαούρτης	32
1.7 Αξία της γιαούρτης για την υγεία	39
1.8 Συναίρεση – ικανότητα συγκράτησης νερού (Syneresis, Water Holding Capacity)	45
1.9 Η καλλιέργεια της γιαούρτης – Χαρακτηριστικά γνωρίσματα	48
1.9.1 Γενικά	48
1.9.2 Λακτοβάκιλλοι	48
1.9.3 Στρεπτόκοκκοι	52
1.10 Γαλακτική ζύμωση γάλακτος	54
1.10.1 Συμβίωση	54
1.11 ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΑ	59
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	65
2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ	66
2.1 Παραγωγή γιαούρτης	66
2.2 Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων	67
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	69
3.1 Γενικά	69
3.2 Επίδραση της καλλιέργειας στην ικανότητα οξίνισης του γάλακτος	69
3.3 Επίδραση της καλλιέργειας στο pH των γιαουρτιών κατά την αποθήκευσή τους	71

3.4 Επίδραση της καλλιέργειας στην οξύτητα των γιαουρτιών κατά την αποθήκευσή τους	72
3.5 Επίδραση της καλλιέργειας στη συναίρεση και στη ικανότητα συγκράτησης νερού των γιαουρτιών κατά την αποθήκευσή τους	73
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	75
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	76

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της χρήσης νέων αρχικών καλλιιεργειών στην παραγωγή και στα κύρια φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των γιαουρτιών κατά την αποθήκευση στους 4°C για 4 εβδομάδες. Συγκεκριμένα παρασκευάστηκαν τρία διαφορετικά γιαούρτια χρησιμοποιώντας *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus casei* και ένα μίγμα από *L. helveticus* και *L. casei* σε συνδυασμό με την παραδοσιακή καλλιέργεια γιαούρτης *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* και *Streptococcus thermophilus*. Επιπλέον παρασκευάστηκε και γιαούρτη μόνο με παραδοσιακή καλλιέργεια γιαούρτης για συγκριτικούς λόγους. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης μελετήθηκαν διάφορα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της γιαούρτης όπως pH, τιτλοδοτούμενη οξύτητα, συναίρεση και ικανότητα συγκράτησης νερού. Η χρήση των νέων μικροοργανισμών οδήγησε σε μικρότερους χρόνους ζύμωσης. Συγκεκριμένα η χρήση *L. casei* οδήγησε σε 23% μείωση του χρόνου ζύμωσης. Κατά την αποθήκευση των γιαουρτιών παρατηρήθηκε πτώση στο pH σε όλες τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν, ενώ η χρήση των νέων καλλιιεργειών οδήγησε σε μικρότερες τιμές pH άρα και σε μεγαλύτερες τιμές τιτλοδοτούμενης οξύτητας. Η χρήση των νέων μικροοργανισμών και συγκεκριμένα του *L. casei* οδήγησε σε μικρότερες τιμές συναίρεσης. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στην περίπτωση της ικανότητας συγκράτησης νερού, όπου οι νέοι μικροοργανισμοί οδήγησαν σε υψηλότερες τιμές σε σχέση με τα γιαούρτια με παραδοσιακή καλλιέργεια γιαούρτης. Αυτά τα αποτελέσματα είναι πολύ σημαντικά από τεχνολογική άποψη. Επιπλέον η χρήση των νέων προβιοτικών καλλιιεργειών, όπως ο *L. casei*, μπορεί να οδηγήσει σε παραγωγή προβιοτικών γιαουρτιών. Όμως επιπλέον έρευνα απαιτείται στον τομέα αυτό και ιδιαίτερα στη βιωσιμότητα των προβιοτικών μικροοργανισμών κατά την παραγωγή και την αποθήκευση των γιαουρτιών.

ABSTRACT

In the present study the effect of different starter cultures on production and physicochemical characteristics of yogurts during 4 weeks storage at 4°C were studied. More specifically three different yogurts were produced using *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus casei* and a mixture of *L. helveticus* and *L. casei* in combination with traditional yogurt starters *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. For comparison reason a yogurt only with yogurt starter was also produced. During storage different physicochemical characteristics were analyzed like pH, titratable acidity, syneresis and water holding capacity. The use of new starters led to higher fermentation times. More specifically the use of *L. casei* led to 23% reduction of fermentation time. During storage of yogurts, there was a decline in pH in all cases and the use of new starters led to lower pH values and subsequently higher values of titratable acidity. The use of new starters and especially the use of *L. casei* led to reduced values of syneresis during storage. Similar results were observed also in the case of water holding capacity, where the new starters led to higher values compared to yogurts with traditional yogurt starters. These results are very important from a technological point of view. In addition the use of new probiotic starters, like *L. casei*, may lead to the production of probiotic yogurts. However additional research in this field is required for the evaluation of survival of probiotic microorganisms during production and storage of yogurts.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από την αρχαιότητα έως και σήμερα τα οξυγαλακτικά βακτήρια χρησιμοποιούνται ως καλλιέργειες εκκίνησης σε μια μεγάλη ποικιλία τροφίμων (γαλακτοκομικά προϊόντα, προϊόντα κρέατος, φυτικά προϊόντα, ποτά κ.α.). Η γιαούρτη είναι από τα πιο γνωστά ζυμώμενα γαλακτικά προϊόντα και σήμερα στην εγχώρια αλλά και στη διεθνή αγορά κυκλοφορούν μια μεγάλη ποικιλία γιαουρτιών.

Τα βακτήρια του γαλακτικού οξέος ζυμώνουν τη λακτόζη για να σχηματίσουν κυρίως γαλακτικό οξύ αλλά και μερικές άλλες ουσίες. Τα γαλακτικό οξύ παρέχει την ευχάριστη όξινη γεύση στα ζυμώμενα προϊόντα, πήζει το γάλα ή συντελεί στο πήξιμο του γάλακτος. Επίσης το χαμηλό pH παρεμποδίζει την ανάπτυξη των παθογόνων και των σαπροφυτικών μικροοργανισμών που δημιουργούν προβλήματα στα προϊόντα. Τα γαλακτικά βακτηρία παράγουν αρωματικές ουσίες και η πρωτεολυτική και δευτερευόντως η λιπολυτική τους δράση συμβάλλει στη διαμόρφωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των γαλακτοκομικών προϊόντων.

Τα βακτήρια του γαλακτικού οξέος έχει αποδειχτεί ότι βοηθούν στην καλή λειτουργία του γαστρεντερικού συστήματος και βοηθούν στην πρόληψη και θεραπεία αρκετών ασθενειών, όπως οι διάρροιες και ο καρκίνος του παχέος εντέρου.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης στη παραγωγή παραδοσιακού τύπου γιαούρτης με τη χρήση νέων καλλιεργειών όπως ο *L. casei* και ο *L. helveticus*. Για την καλύτερη αποτύπωση των αποτελεσμάτων η εργασία χωρίζεται σε δυο μέρη, με το πειραματικό να πραγματοποιήθηκε στον εργαστηριακό χώρο του Ιδρύματος. Αρχικά στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται παρουσίασή γενικών στοιχείων ως προς τον τρόπο παρασκευής της γιαούρτης και των παραγόμενων προϊόντων της. Στο επόμενο κεφάλαιο αντικείμενο εξέτασης αποτελεί η διατροφική αξία της γιαούρτης, όπου περιγράφονται τα οφέλη που προσφέρει στην υγεία του ανθρώπου και τους λόγους που θα πρέπει να τα συμπεριλάβουμε στη διατροφή μας. Στο τρίτο και τέταρτο κεφάλαιο αναπτύσσεται ο τρόπος

δράσης των καλλιεργειών της γιαούρτης ως προς την παρασκευή της, τονίζοντας την σημαντικότητα της συμβίωσης των λακτοβάκιλλων (*Lactobacillus delbrueckii*) με τους στρεπτόκοκους (*Streptococcus thermophilus*). Το πρώτο μέρος ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των προβιοτικών, δεδομένου ότι οι χρησιμοποιούμενες καλλιέργειες (*L. casei*) ανήκουν σε αυτά τα βακτήρια. Στο δεύτερο και ερευνητικό μέρος τέταρτο και πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η πειραματική διαδικασία με την ανάλυση της χρησιμοποιούμενης μεθόδου και των παραμέτρων που εξετάστηκαν.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1 Ιστορική αναδρομή

Από ανάγλυφες παραστάσεις που βρέθηκαν στη Μέση Ανατολή στην περιοχή της αρχαίας Βαβυλωνίας γίνεται φανερό ότι ο άνθρωπος άρμεγε την αγελάδα και επεξεργαζόταν το γάλα της τουλάχιστον από το 2900 π.Χ. Η σχέση όμως του ανθρώπου με τα ζώα και το γάλα τους θα είναι ασφαλώς αρχαιότερη και μόνο όταν ανέπτυξε κάποιο πολιτισμό μπόρεσε να αφήσει κάποιες μαρτυρίες γύρω από τη σχέση αυτή.

Το γάλα ήταν πάντοτε ένα ευπαθές προϊόν και ο άνθρωπος είχε ανέκαθεν το πρόβλημα της συντηρήσεως του. Ασφαλώς και τότε όπως και τώρα το γάλα αμέσως μετά την παραγωγή του άρχιζε να αλλοιώνεται καθόσον οι μικροοργανισμοί που προκαλούν τις αλλοιώσεις υπήρχαν πριν ακόμη υπάρξει ο άνθρωπος και τα ζώα. Με τις πρωτόγονες συνθήκες που επικρατούσαν το γάλα οπωσδήποτε ξίνιζε γρήγορα οπότε μετατρέποταν σε μια μορφή συντηρήσιμη και ο άνθρωπος αναγκαζόταν να το καταναλώσει και ξινό. Εφόσον στο γάλα επικρατούσαν τα βακτήρια γαλακτικού οξέος η γεύση του ξινισμένου γάλακτος ήταν ευχάριστη κι αυτό έγινε η αφορμή να δημιουργηθεί το πρώτο ίσως γαλακτοκομικό προϊόν το "ξινόγαλα" το οποίο από μερίδα του ελληνικού λαού -τους πόντιους - λέγεται ακόμη "ξύγαλα" προφανώς το συγκεκριμένο από τη λέξη της αρχαίας ελληνικής "οξύγαλα" δηλαδή το ξινόγαλα (<http://www.food-net.org/2013/04/i.html>).

Η σημερινή ονομασία γιαούρτη κατά άλλους μεν προήλθε από την Ασία όπου άλλοτε ζούσαν τούρκοι νομάδες οι οποίοι το έλεγαν *Yogurt* ενώ τώρα στην τουρκική λέγεται *Jugurt* κατά άλλους δε προήλθε από τα Βαλκάνια. Με την ονομασία αυτή η οποία φαίνεται να είναι η επικρατέστερη στον κόσμο μεταδόθηκε σε πολλές χώρες όπως την Αγγλία (*Yoghurt*), Αμερική (*Yogurt*), Βουλγαρία (*Yahourth*) κλπ. Υπάρχουν και παραλλαγές όμως της γιαούρτης με διάφορες ονομασίες. Έτσι το τουρκικό *Airan* ή *Ayran* (αραιωμένο

γιαούρτη) είναι πιθανώς το "Αριάνι" των ποντίων δηλαδή "αραιωμένο" που γίνεται ύστερα από ανάδευση της γιαούρτης ή της στραγγιστής γιαούρτης με προσθήκη νερού. Το αντίστοιχο παραδοσιακό τουρκικό περιέχει μάλιστα και 0.5% αλάτι.

Η φυσική οξίνιση όμως του γάλακτος δεν εξασφάλιζε τη συντήρηση του γάλακτος για πολλές μέρες. Παρατηρήθηκε όμως ότι όταν η συντήρηση γινόταν μέσα σε ασκούς από δέρματα ζώων ήταν πιο μακροχρόνια παρά μέσα σε πήλινα δοχεία διότι το δέρμα του ζώου επέτρεπε μερικώς στη γιαούρτη να διυλίζεται οπότε λάμβανε χώρα κάποια συμπύκνωση. Η συμπυκνωμένη μορφή είναι με λιγότερη υγρασία, λακτόζη και οξύτητα γι' αυτό διατηρείται περισσότερο και καταναλώνεται πιο ευχάριστα από την υπερβολικά ξινή γιαούρτη. Σήμερα χρησιμοποιούνται οι παραδοσιακοί ηθμοί από ύφασμα για διύλιση της γιαούρτης από την οποία προήλθε και η ονομασία υλιστόν από τους ποντίους ή στραγγιστή κατά την καθομιλουμένη επειδή αυτό είναι το στράγγισμα της γιαούρτης.

Το προϊόν αυτό όταν παραγόταν κατά τους θερινούς μήνες πολλές φορές αλατιζόταν και σφραγιζόταν σε δοχεία για να διατηρηθεί ακόμη περισσότερο μέχρι τους χειμερινούς μήνες όταν η γαλακτοπαραγωγή ήταν μειωμένη. Υπό τη μορφή αυτή ονομάζεται τσοκαλίκ από τους πόντιους. Μπορεί όμως αντί για αλάτισμα να αποξηρανθεί υπό σκιάν σε μορφή σβόλων μεγέθους αυγού τα οποία ονόμαζαν τσορτάνια. Οι τακτικές αυτές εφαρμόζονταν από την αγροτική οικιακή οικονομία από τους πόντιους και κατά τον επαναπατρισμό τους στην Ελλάδα μέχρι τελευταία που άρχισε η ανάπτυξη των γαλακτοβιομηχανιών και η εξάπλωση της χρήσης του ψύχους στη συντήρηση των τροφίμων. Η ανάπτυξη της βιομηχανικής παραγωγής και η πρόοδος στην επιστήμη και τεχνολογία τροφίμων δημιούργησαν τις δύο μεγάλες κατηγορίες γιαουρτιών δηλαδή των παραδοσιακών, εκείνων που προϋπήρχαν και των βιομηχανικών, εκείνων που δημιουργήθηκαν ως νέα προϊόντα μετά την ανάπτυξη των γαλακτοβιομηχανιών (<http://www.food-net.org/2013/04/i.html>).

1.2 Η Γιαούρτη

1.2.1 Γάλα

Γάλα είναι το έκκριμα του μαστικού αδένου των θηλαστικών που προορίζεται για την διατροφή του νεογέννητου για το οποίο αποτελεί τη μοναδική τροφή του μέχρι μια ορισμένη ηλικία. Για τον άνθρωπο όμως το γάλα εξακολουθεί να αποτελεί μέρος της καθημερινής διαίτας του είτε αυτούσιο είτε με τη μορφή γαλακτοκομικών προϊόντων (τυριά, βούτυρο, γιαούρτη κ.λ.π.) για όλη τη διάρκεια της ζωής του.

Σύμφωνα με τον Ελληνικό Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (Κ.Τ.Π. 1998), υπάρχει ο παρακάτω ορισμός για το γάλα:

‘Γάλα είναι το απαλλαγμένο από πρωτόγαλα προϊόν του ολοσχερούς , χωρίς διακοπή αρμέγματος υγιούς γαλακτοφόρου ζώου, που ζει και τρέφεται υπό υγιεινούς όρους και που δεν βρίσκεται σε κατάσταση υπερκόπωσης’

Σύμφωνα με το FAO/WHO (1973) :

‘Γάλα είναι το φυσιολογικό έκκριμα του μαστού που παίρνεται μετά από μία ή δύο αμέλειες χωρίς να προστεθεί ή να αφαιρεθεί τίποτα και προορίζεται για κατανάλωση σε υγρή μορφή ή για περαιτέρω επεξεργασία’

Σύμφωνα με τον Κώδικα Γάλακτος των Η.Π.Α.(USDEW, 1953) :

‘Γάλα είναι το έκκριμα του μαστού το οποίο είναι απαλλαγμένο από πρωτόγαλα, παίρνεται με άμελη μία ή περισσότερων υγιών αγελάδων και το οποίο περιέχει τουλάχιστον 3,15% λίπος και 8,25% στερεά συστατικά άνευ λίπους’

Ως θερμικά επεξεργασμένα γάλατα χαρακτηρίζονται τα γάλατα που είναι κατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση και έχουν παρασκευασθεί αποκλειστικά από νωπό γάλα. Στα θερμικά επεξεργασμένα γάλατα κατανάλωσής περιλαμβάνονται το παστεριωμένο και το

μακράς διάρκειας. Στην χώρα μας, παραδοσιακά το καταναλωτικό κοινό έτρεφε ιδιαίτερη προτίμηση για το παστεριωμένο γάλα. Τα τελευταία χρόνια, με τις αλλαγές στις διατροφικές συνήθειες και το νέο τρόπο ζωής, αρκετοί καταναλωτές έχουν στραφεί στα ημιαποβουτυρωμένα και αποβουτυρωμένα είδη γάλακτος. Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζονται οι διάφοροι τύποι θερμικά επεξεργασμένου γάλακτος που επιτρέπεται να κυκλοφορούν στην αγορά και η σύνθεση τους.

Πίνακας 1. Σύνθεση του γάλακτος που προορίζεται για κατανάλωση.

Είδος	Λίπος(%)	Ελάχ. ΣΥΑΛ(%)
Πλήρες	3,5 (ελάχ.)	8,5
Ημιαποβουτυρωμένο	1,5-1,8	8,5
Μερικώς αποβουτυρωμένου	1,8-3,5	8,5
Αποβουτυρωμένου	0,5 (μεγ.)	8,5

Πηγή: Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, 2009

Το γάλα σχηματίζεται στο αδενικό επιθήλιο του μαστικού αδένου και πιο συγκεκριμένα στις αδενοκυψελίδες αυτού (περίπου 50.000κυψελίδες /cm³ του κάθε μαστού). Το αίμα μεταφέρει στο μαστό τις απαραίτητες δομικές ουσίες από τις οποίες τα επιθηλιακά κύτταρα (γαλακτικά κύτταρα) του μαστού συνθέτουν τα κυριότερα συστατικά του γάλακτος(λίπος, πρωτεΐνες, λακτόζη), ενώ ορισμένα από αυτά περνούν στο γάλα όπως υπάρχουν στο αίμα, χωρίς να υποστούν κανένα μετασχηματισμό στο μαστικό αδένου. (Ανυφαντάκης, 2004).

Γενικά με τον όρο γάλα απλά χωρίς να συνδέεται με κάποιο επίθετο νοείται 14αποκλειστικά και μόνο το γάλα το οποίο προέρχεται από αγελάδα, είναι νωπό, πλήρες, δεν έχει υποστεί αφυδάτωση ή συμπύκνωση και δεν περιέχει άλλες ουσίες που έχουν προστεθεί απ' έξω (Μάντης, 2000).Τα διάφορα είδη γάλακτος διαφέρουν στη σύσταση του. Τα κυριότερα συστατικά του γάλακτος είναι το νερό, το λίπος, οι πρωτεΐνες, η λακτόζη, τα διάφορα άλατα κ.α. (Ανυφαντάκης και Καλατζόπουλος, 1993). Το γάλα εκτός από αγελάδα

μπορεί να προέρχεται και από προβατίνα, κατσίκια κ.α. θηλαστικά (Μαντής, 2000). Στον παρακάτω Πίνακα 1 φαίνεται η μέση σύσταση των διαφόρων ειδών γάλακτος.

Πινάκας 2. Μέση σύσταση του γάλακτος διαφόρων θηλαστικών(g/100g).

Είδος γάλακτος	Νερό	Λίπος	Πρωτεΐνες	Λακτόζη	Τεφρά	ΣΥΑΛ	Ολικά στερέα
Γίδινο	87,00	4,25	3,52	4,27	0,86	8,75	13,00
Αγελαδινό	87,2	3,70	3,50	4,90	0,70	9,10	12,80
Πρόβειο	80,71	7,90	5,23	4,81	0,90	11,939	19,29
Ανθρώπινο	87,43	3,75	1,63	6,98	0,21	8,82	12,57

Πηγή: Μαντής, 2000

1.3 Τρόπος παρασκευής

1.3.1 Τυποποίηση

Κατά το στάδιο αυτό πραγματοποιείται η ρύθμιση της λιποπεριεκτικότητας και το Στερεό Υπόλειμμα Άνευ Λίπους (ΣΥΑΛ) επιτυγχάνοντας αφενός με την ανταπόκριση του τελικού προϊόντος στις πιθανές νομοθετημένες απαιτήσεις σύμφωνα με την σύνθεσή του, και αφετέρου τον καθορισμό των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και ιδιαίτερα την υφή των τελικών προϊόντων. Καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των ιδιαίτερων οργανοληπτικών ιδιοτήτων παίζουν τα συστατικά του γάλακτος και κυρίως οι πρωτεΐνες και το λίπος. Με την αύξηση της περιεκτικότητας της πρωτεΐνης, αυξάνεται η ποσότητα του χημικά συνδεδεμένου νερού στο πήγμα και ταυτόχρονα βελτιώνεται η συνεκτικότητα και αποφεύγεται ο διαχωρισμός ορού κατά την αποθήκευση. Πιο αναλυτικά η περιεκτικότητα του γάλακτος σε πρωτεΐνη μπορεί να αυξηθεί με διάφορους τρόπους όπως:

- Η συμπύκνωση του γάλακτος στο κενό

- Η προσθήκη σκόνης γάλακτος σε ποσοστό ύψους 1-3%.
- Η χρησιμοποίηση διαφορετικών πρωτεϊνικών παρασκευασμάτων (καζεϊνικά άλατα, πλήρεις πρωτεΐνες, συμπυκνώματα πρωτεϊνών ορού).

Η σκόνη αυτή προστίθεται με δοσομετρική χοάνη η οποία είναι συνδεδεμένη στην γραμμή παραγωγής, και συγκεκριμένα στις δεξαμενές ανάμιξης. Στην Ελλάδα η προσθήκη γάλακτος επιτρέπεται μόνο στα επιδόρπια γιαουρτιού (Tamime και Robinson, 2004). Ο πιο κλασικός και παραδοσιακός που χρησιμοποιείται είναι η συμπύκνωση του γάλακτος στο κενό, παρά το γεγονός ότι με τον τρόπο αυτό συγχρόνως αυξάνεται και η περιεκτικότητα της λακτόζης. Εναλλακτικά, δύναται η δυνατότητα πραγματοποίησης συμπύκνωσης του γάλακτος με μεμβράνες και ιδιαίτερα με υπερδιήθηση.

Τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται με τα πρωτεϊνικά παρασκευάσματα υπό μορφή σκόνης, καθώς περιέχουν κυρίως πρωτεΐνες και ελάχιστη ή αρκετά μικρή ποσότητα λακτόζης. Παράλληλα, ιδιαίτερη φροντίδα πρέπει να λαμβάνεται και για τη διάλυσή τους, διαφορετικά δημιουργούνται προβλήματα ανάλογα με αυτά που παρουσιάζονται και στη περίπτωση χρησιμοποίησης σκόνης γάλακτος.

Όμως πέρα από τα τεχνολογικά πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα που συνδέονται με τις παραπάνω μεθόδους, εξίσου καθοριστικός παράγοντας είναι και το κόστος που με τη σειρά του συσχετίζεται με την επεξεργασία και την αγορά των προϊόντων αυτών.

1.3.2 Απόσπηση και Απαέρωση

Κατά το στάδιο αυτό πραγματοποιείται η απόσπηση και ταυτόχρονα επιτυγχάνεται και η απαέρωση. Η απόσπηση του γάλακτος από τις βιομηχανίες γάλακτος στοχεύει στην απομάκρυνση πιθανών μυρωδιών τόσο από την τροφή του γαλακτοπαραγωγού ζώου, το σιτηρέσιό του, όσο και από το περιβάλλον εκτροφής των ζώων. Για αυτό στις βιομηχανίες το γάλα προς πόσιν αλλά πολλές φορές και το γάλα για παραγωγή προϊόντων περνάει από μηχάνημα που λέγεται αποσμητής.

Η απαέρωση είναι διαδικασία απομάκρυνσης του οξυγόνου και είναι απαραίτητη, δεδομένου ότι το γάλα που βρίσκεται σε θερμοκρασίες ψυγείου είναι σχεδόν κορεσμένο από οξυγόνο και όταν η θερμική του επεξεργασία γίνει σε κλειστό κύκλωμα το οξυγόνο δεν απομακρύνεται. Είναι γνωστοί διάφοροι τρόποι απαέρωσης όπως:

- Ανάδευση
- Θέρμανση σε ανοικτή δεξαμενή
- Ειδικές μονάδες που λειτουργούν υπό κενό.

Οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται ως καλλιέργειες για την παρασκευή της γιαούρτης είναι μικροαερόφιλοι και αναπτύσσονται σε περιβάλλον με μειωμένη περιεκτικότητα σε οξυγόνο.

1.3.3 Ομογενοποίηση

Κατά το στάδιο αυτό επιδιώκεται η διατήρηση της ομοιομορφίας του προϊόντος. Αναλυτικότερα η ομογενοποίηση αναφέρεται στον τεμαχισμό των λιποσφαιρίων του σε μικρότερα μεγέθη με τέτοιο τρόπο που να παρουσιάζεται άνοδος του λίπους προς την επιφάνεια κατά τη διάρκεια της πήξεως του γάλακτος στο επωαστήριο. Παράλληλα, με την διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται η αύξηση του ιξώδους και επομένως η καλύτερη συνεκτικότητα της γιαούρτης. Στη γιαούρτη παραδοσιακού τύπου δεν πραγματοποιείται, καθώς παρεμποδίζεται η συσσωμάτωση των λιποσφαιρίων και τελικά ο σχηματισμός του υμένα (πέτσας). Το γάλα πρέπει να ομογενοποιείται σε σχετικά υψηλή θερμοκρασία. Με τη θραύση των λιποσφαιρίων καταστρέφεται η φυσική μεμβράνη και αυξάνεται η επιφάνεια των λιποσφαιρίων που είναι εκτεθειμένη στις λιπάσες. Εκτός από την επίδραση στο λίπος, η ομογενοποίηση, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται υψηλή πίεση, επιδρά και στη δομή των μικελλών της καζεΐνης. Το μέγεθος των μικελλών ελαττώνεται με αποτέλεσμα να αυξάνονται τα υδρόφιλα χαρακτηριστικά του πήγματος. Η επιλογή των συνθηκών ομογενοποίησης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες: (Κεχαγιάς, 2011):

- Όταν το γάλα για παρασκευή γιαούρτης περιέχει χαμηλή συγκέντρωση ολικών στερεών (< 12%), τότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί πιο αυξημένη πίεση για να βελτιωθεί το ιξώδες, η συνεκτικότητα του πήγματος και να ελαττωθεί ο βαθμός συναίρεσης για την αποφυγή διαχωρισμού ορού. Με την αύξηση των ολικών στερεών (> 14%) αντίστροφα η πίεση πρέπει να ελαττώνεται, καθώς η αύξηση των ολικών στερεών διασφαλίζει ικανοποιητικό ιξώδες, συνεκτικότητα και σταθερότητα σ' ότι σχετίζεται με την απελευθέρωση του ορού. Στόχος της ομογενοποίησης στο γάλα με αυξημένα ολικά στερεά είναι η παρεμπόδιση διαχωρισμού του λίπους.
- Όταν επιδιώκεται αυξημένο ιξώδες (όπως ανακατεμένη / αναδευμένη γιαούρτη) η ομογενοποίηση γίνεται μετά τη θερμική επεξεργασία.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι συνδυασμοί θέρμανσης και πίεσης:
 - I. 8-10 MPa, 40 °C-50 °C
 - II. 15-22 MPa, 55 °C -65 °C
 - III. 30 MPa, 90 °C

Συνεπώς η ομογενοποίηση συνίσταται αφενός μεν στον λεπτορεμαχισμό των λιποσφαιρίων αλλά συγχρόνως λαμβάνουν χώρα αλλαγές μέσα στο γάλα το αποτέλεσμα των οποίων γενικά επιδρά ευμενώς για τη παρασκευή γιαούρτης βιομηχανικού τύπου.

1.3.4 Θερμική επεξεργασία

Η θέρμανση του γάλακτος για την παραγωγή γιαούρτης κάποτε γινόταν καθώς με τον τρόπο αυτό είχε διαπιστωθεί ότι το γάλα έπηξε καλύτερα με την προσθήκη της μαγιάς, ιδίως όταν συνοδευόταν με κάποια συμπύκνωση γάλακτος. Με το πέρασμα των χρόνων και ιδιαίτερα μετά τη διαπίστωση της ύπαρξης μικροβίων και της ανάπτυξης της μικροβιολογίας ερμηνεύτηκαν τα παραπάνω φαινόμενα και έγινε αποδεκτό ότι η θερμική επεξεργασία γίνεται:

- Να διευκολύνει την ανάπτυξη της καλλιέργειας
- Να επιφέρει στο γάλα τις φυσικοχημικές αλλαγές που θα βελτιώσουν τη συνεκτικότητα της γωούρτης.

Η θερμική επεξεργασία που υφίσταται το γάλα για την παρασκευή ζυμωμένων γαλάτων πραγματοποιείται συνήθως στους εξής συνδυασμούς: 85 °C για 30 min, 90-95 °C για 5 min, 110 °C για 3 sec (Tamime και Robinson, 1985). Με την θερμική επεξεργασία επιτυγχάνεται σημαντικές διεργασίες που κυρίως αποσκοπούν στη σταθερότητα του πηγματος, ανάμεσα στα οποία είναι:

- Η μετουσίωση των διαλυτών πρωτεϊνών του ορού, με αποτέλεσμα αρχικά την αύξηση του υδρόφιλου χαρακτήρα των πρωτεϊνών και συνεπώς τη συγκράτηση υγρασίας,
- Ο σχηματισμός πλέγματος μικκυλίων καζεΐνης, τα οποία είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα και ανάμεσα στα οποία ακινητοποιείται η υδατική φάση και τελικά αυτά δρουν ως σταθεροποιητές,
- Η μείωση του μεγέθους των καζεϊνικών συσσωματωμάτων,
- Η καταστροφή των βλαστικών μορφών των μικροοργανισμών που βρίσκονται στο νωπό γάλα
- Η αδρανοποίηση των ενζύμων (λιπάσες και πρωτεάσες οι οποίες προέρχονται τόσο από γάλα, όσο και από τη μικροχλωρίδα που αναπτύσσεται σε αυτό), οπότε αποφεύγονται λιπολύσεις που προκαλούν τάγγη ή πικρή γεύση,
- Η μετατροπή από τη διαλυτή στη κolloειδή φάση μέρους του ασβεστίου, φωσφόρου, μαγνησίου και κιτρικών αλάτων,
- Η μερική καταστροφή υδατοδιαλυτών βιταμινών (B₁, B₆, B₁₂ και φολικό οξύ),
- Ο σχηματισμός αντιοξειδωτικών σουλφυδρικών ομάδων (-SH), που αναστέλλουν την οξείδωση του λίπους, και ταυτόχρονα ευθύνονται για την εμφάνιση της γεύσης 'καμένου' στο γάλα,
- Η ανάπτυξη της καλλιέργειας εκκίνησης (Ζερφυρίδης, 2001).

1.3.5 Εμβολιασμός

Το γάλα μετά την θέρμανσή του πρέπει να υποστεί τη ζύμωση η οποία θα το μετατρέψει σε γιαούρτη. Αυτό προϋποθέτει την ύπαρξη καλλιέργειας η οποία θα χρησιμοποιηθεί κατά τη φάση αυτή της παραγωγικής διαδικασίας και την οποία πρέπει κανείς να έχει έτοιμη εκ των προτέρων.

Οι χαρακτηριστικοί μικροοργανισμοί που προτιμώνται ως οξυγαλακτική καλλιέργεια για την παρασκευή γιαούρτης είναι ο *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* και ο *Streptococcus thermophilus*. Η ποσότητα της καλλιέργειας με την οποία θα εμβολιασθεί το γάλα εξαρτάται από παράγοντες όπως η μορφή της καλλιέργειας (υγρή ή συμπυκνωμένη), η θερμοκρασία και η διάρκεια της επώασης καθώς επίσης και από τον τύπο του γιαουρτιού. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο παρουσιάζουν η δραστηριότητα των μικροοργανισμών και οι ιδιότητες των στελεχών που χρησιμοποιούνται.

1.3.6 Επώαση

Το θερμικά επεξεργασμένο γάλα ψύχεται στη θερμοκρασία επώασης και εμβολιάζεται με την καλλιέργεια. Ο συνδυασμός θερμοκρασίας και χρόνου εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας εκκίνησης, τις επιθυμητές ιδιότητες του ζυμώμενου προϊόντος και τον τύπο της γιαούρτης.

Για την παρασκευή της γιαούρτης και οι δύο μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται ως καλλιέργεια είναι θεرمόφιλοι με τον *S. thermophilus* να παρουσιάζει άριστη θερμοκρασία τους 40 °C και τον *L. bulgaricus* τους 45 °C. Η συνηθέστερη θερμοκρασία επώασής τους για το πήξιμο της είναι 42-43 °C για 2,5-3 ώρες. Ένας άλλος τρόπος επώασης που συνηθίζεται στην παρασκευή της αναδευμένης με φρούτα γιαούρτης είναι η χρησιμοποίηση σχετικά χαμηλών θερμοκρασιών όπως 30-37 °C για 7 ώρες.

Διάφοροι ερευνητές προτείνουν τη μείωση της θερμοκρασίας επώασης στους 387 °C για την παρασκευή γιαούρτης προκειμένου να βελτιωθεί η συνεκτικότητα και το ιξώδες και να περιορισθεί ο διαχωρισμός του ορού (Benezech και Maingonnat, 1994).

1.3.7 Ψύξη

Η ψύξη είναι το τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας του γάλακτος για την παρασκευή της γιαούρτης. Μετά τη συμπλήρωσή της επιθυμητής οξύτητας κατά την επώαση θα πρέπει να σταματήσει η περαιτέρω ζύμωση και η αύξηση της οξύτητας, διαφορετική ανάλογα με το είδος της γιαούρτης. Συγκεκριμένα, η τιμή του pH για τη στερεή (set type) και την απλή αναδεύμενη γιαούρτη (stirred type) είναι 4,7 και 5,0 αντίστοιχα. Η ψύξη γίνεται σταδιακά και ολοκληρώνεται με τη μεταφορά σε τούνελ ψύξης ή σε ψυγεία. Το στάδιο αυτό επηρεάζει σημαντικά τις ιδιότητες του παραγόμενου προϊόντος. Αναλυτικότερα, η πρόωρη ψύξη οδηγεί σε παρασκευή γιαούρτης με χαμηλή συνεκτικότητα και υπολειπόμενη γεύση, ενώ η καθυστερημένη εφαρμογή της οδηγεί σε έντονη μετοξίνιση και συναίρεση. Για την εφαρμογή της ψύξης πρέπει να τονιστεί ότι:

- Με την ψύξη επιδιώκεται η αναστολή της βιολογικής δράσης των μικροοργανισμών.

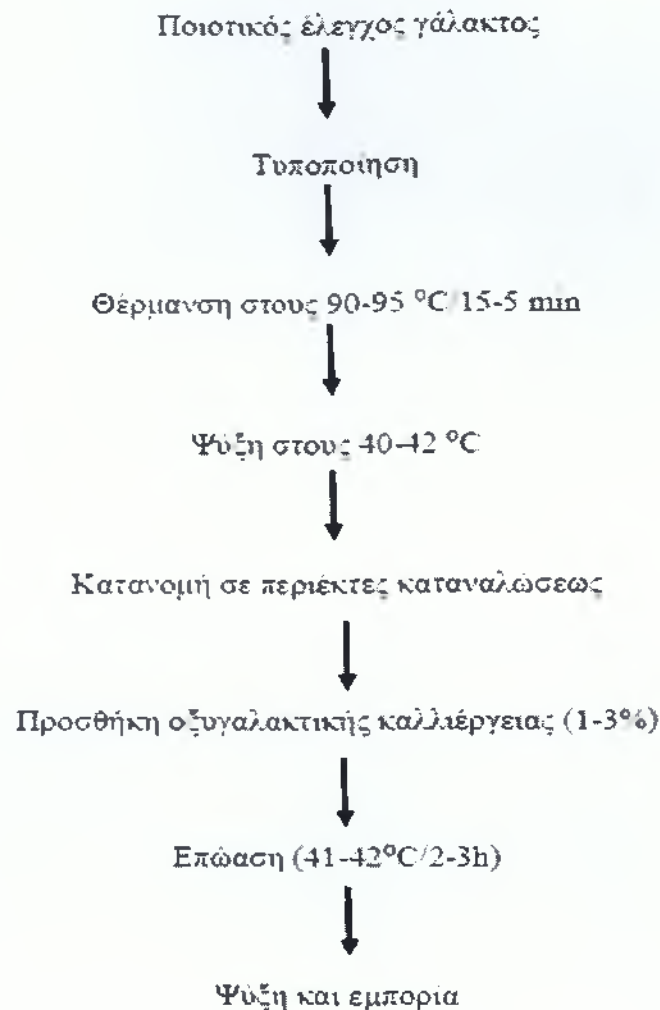
Ο ρυθμός με τον οποίο γίνεται η πτώση της θερμοκρασίας κατά την ψύξη επηρεάζει την τελική οξύτητα, αφού είναι γνωστό ότι η πτώση του pH συνεχίζεται και μετά την διακοπή της επώασης κατά την αποθήκευση

1.4 Είδη

1.4.1 Παραδοσιακή γιαούρτη

Η παραδοσιακή γιαούρτη με επιδερμίδα (πέτσα) παρασκευάζεται από βρασμένο γάλα, χωρίς προηγούμενη τυποποίηση και ομογενοποίηση. Μετά το βρασμό το γάλα διαμοιράζεται σε κυτία, όπου παραμένει χωρίς ανάδευση προκειμένου να δημιουργηθεί στην επιφάνειά του η χαρακτηριστική στοιβάδα λιποσφαιρίων (επιδερμίδα). Η επιδερμίδα, όταν η θερμοκρασία φθάσει τους 45°C, ανασηκώνεται ελαφρά και γίνεται ο εμβολιασμός με ορισμένη ποσότητα γιαουρτιού που παρασκευάστηκε την προηγούμενη μέρα ('μαγιά') και χρησιμοποιείται ως καλλιέργεια εκκίνησης. Ακολουθεί η επώαση και η ψύξη (Καμινναρίδης και Μοάτσου, 2009).

Η τεχνολογία παρασκευής παραδοσιακού γιαουρτιού διαμορφώθηκε μέσα από την εμπειρία χλιετιών και είναι η ίδια στους περισσότερους λαούς. Ένα από τα μειονεκτήματα αυτού του τύπου είναι η χρησιμοποίηση της 'μαγιάς' με συχνά ασταθή χαρακτηριστικά. Από την άλλη πλευρά από άποψη υγιεινής, εάν το γάλα θερμαίνεται επαρκώς όπως απαιτείται, εξυγιαίνεται από τους επικινδύνους μικροοργανισμούς για τη Δημόσια Υγεία, οι οποίοι προέρχονται από τα ζώα. Γενικά, οι συνθήκες παραγωγής υστερούν σε υγιεινή και υπάρχει κίνδυνος επιμολύνσεων από τα σκεύη, το προσωπικό και το περιβάλλον. Η Γαλακτοβιομηχανία έχει τηρήσει τη βασική τεχνολογία, αλλά έχει τα στάδια παραγωγής με αυτοματοποίηση και βελτίωση των συνθηκών υγιεινής και εμφάνιση του προϊόντος. Αναλυτικότερα τα στάδια παραγωγής δίνονται στο παρακάτω διάγραμμα.



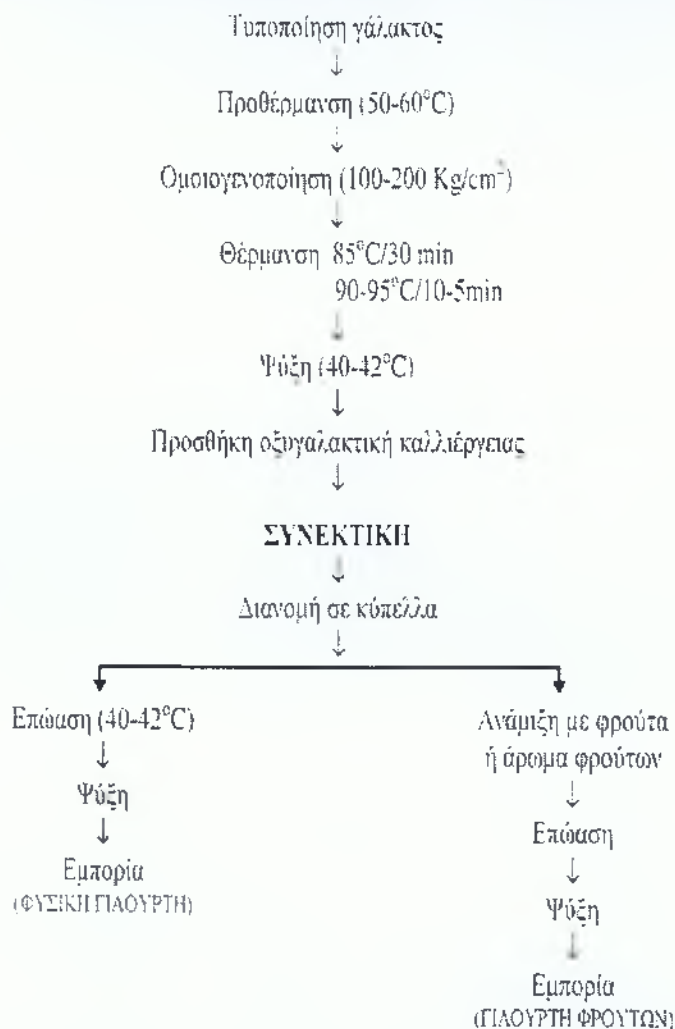
Πηγή: Μάντης, 2000

Διάγραμμα 1 Διάγραμμα ροής παραγωγής παραδοσιακής γιαούρτης .

1.4.2 Βιομηχανική γιαούρτη

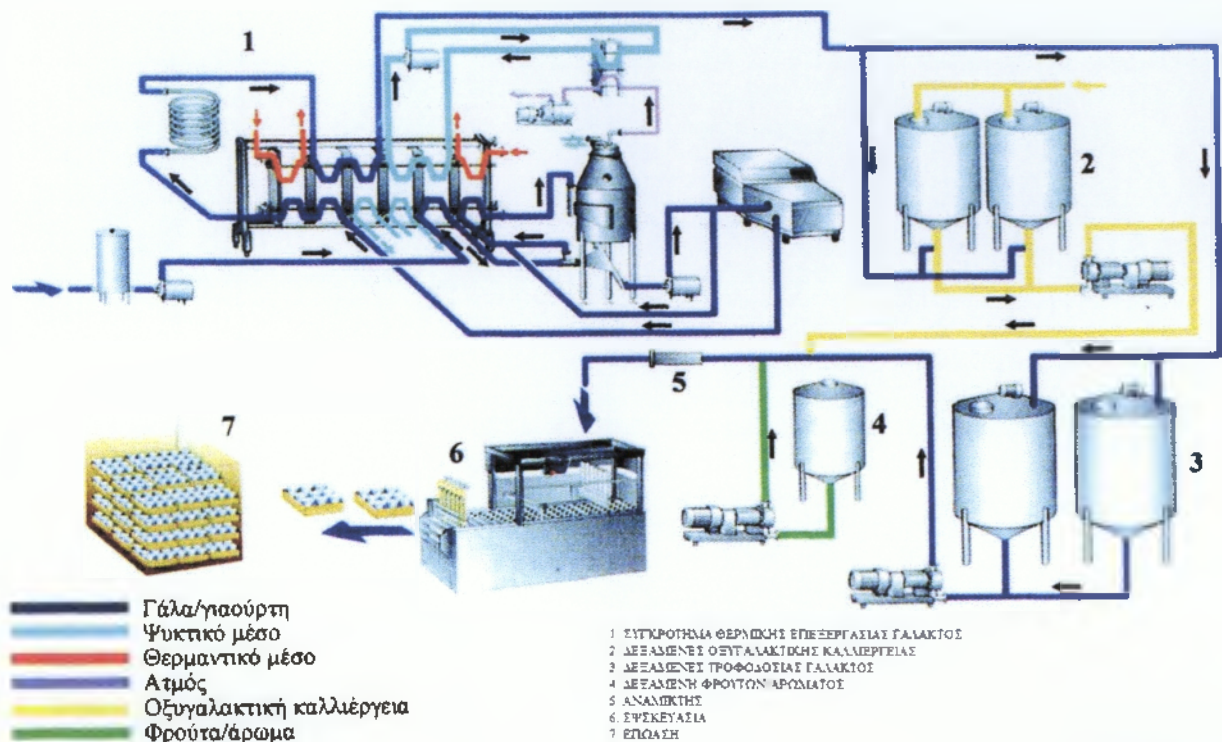
Οι κυριότεροι τύποι γιαούρτης που έχουν γίνει γνωστοί σε παγκόσμια κλίμακα είναι η συμπαγής ή συνεκτική ή στερεής δομής (set) και η αναδευμένη ή ημίρρευστης δομής (stirred).

Η συμπαγής γιαούρτη στη χώρα μας παράγεται ως φυσική ή με φρούτα γιαούρτη (επιδόρπιο γιαουρτιού). Το γάλα ομοιογενοποιείται και για αυτό δεν σχηματίζεται υμένιο στην επιφάνεια. Η συσκευασία της γίνεται σε ερμητικώς κλειστά κύπελλα. Η επώαση γίνεται στους περιέκτες και το πήγμα δεν διαταράσσεται μετά την πήξη. Αναλυτικότερα τα στάδια παραγωγής δίνονται στο παρακάτω διάγραμμα, ενώ στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται ένα τυπικό διάγραμμα παραγωγής συμπαγής γιαούρτης.



Πηγή: Μάντης, 2000

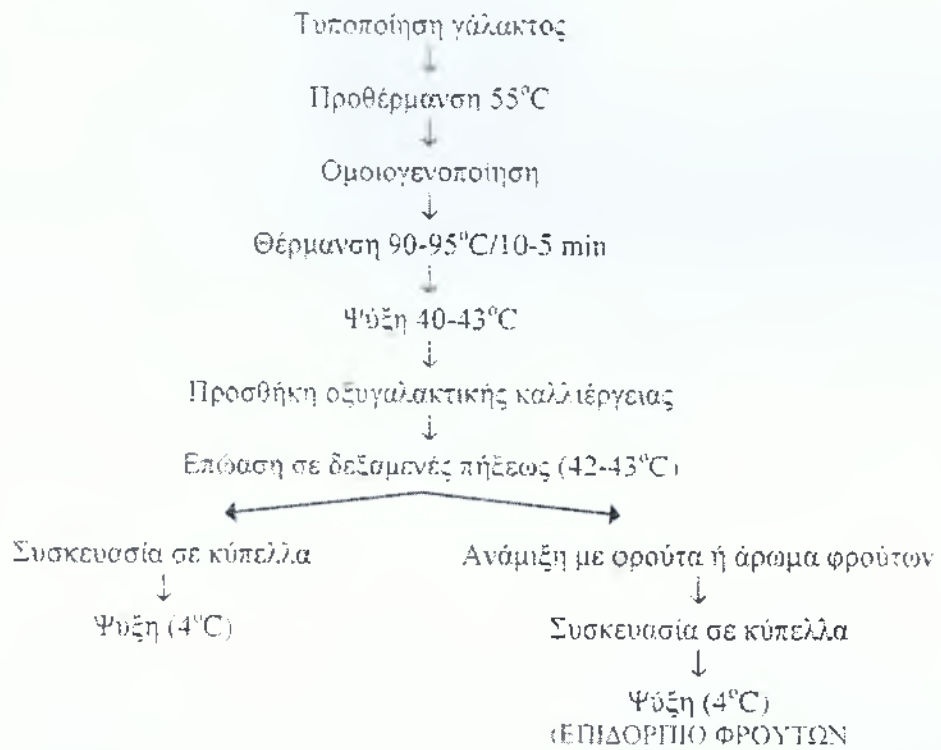
Διάγραμμα 2 Διάγραμμα ροής παραγωγής γιαούρτης συμπαγούς ή στερεάς δομής (set yoghurt).



Πηγή: Bylund, 1995

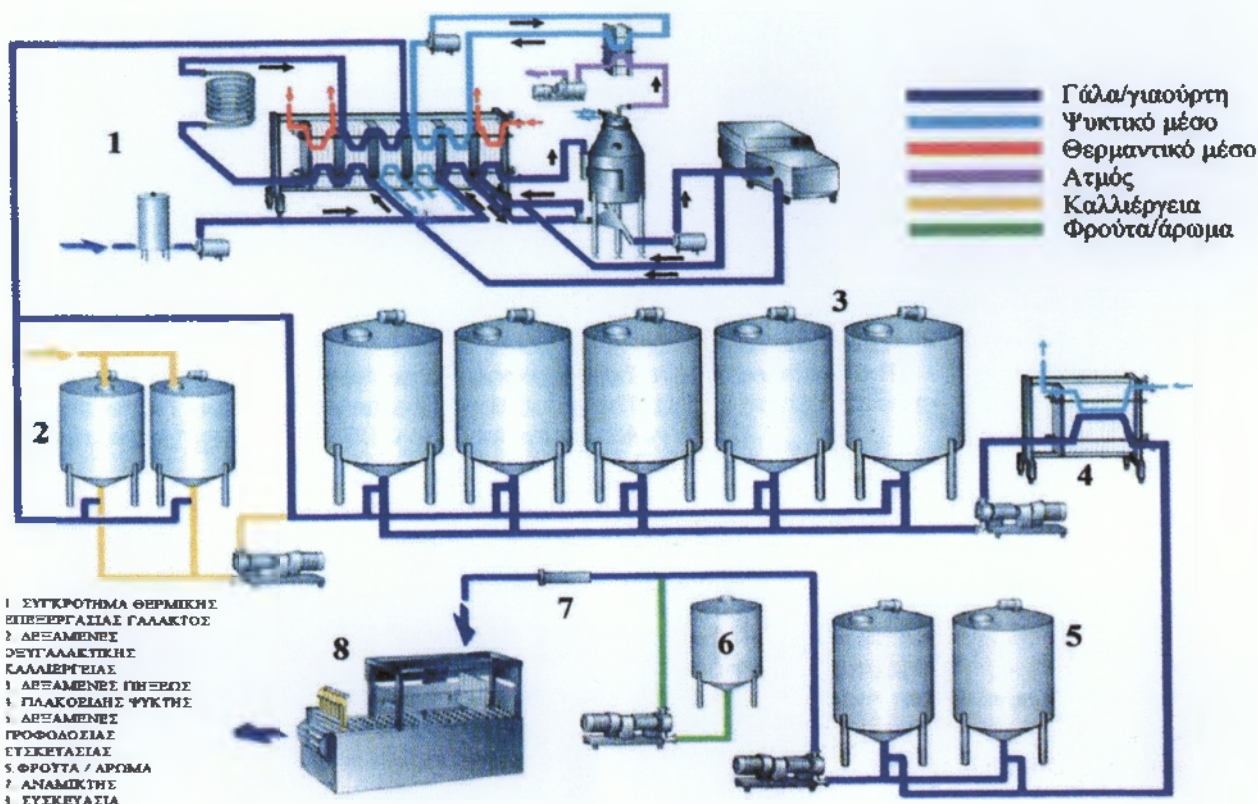
**Σχήμα 1 Συγκρότημα παραγωγής γιαούρτης
συμπαγούς ή στερεάς δομής (set yoghurt)**

Η αναδευμένη γιαούρτη είναι ο τύπος που κυκλοφορεί και συνηθίζεται στις χώρες της Β. Ευρώπης και το βασικό χαρακτηριστικό είναι το αυξημένο ιξώδες. Το επιθυμητό ιξώδες μπορεί να επιτευχθεί όταν το pH του πηγματος κυμαίνεται από 4,3-4,4 και η ανάδευση γίνεται σε θερμοκρασία 0 °C -7 °C με μέτριες ταχύτητες. Επίσης χρησιμοποιούνται κατάλληλα στελέχη των χαρακτηριστικών μικροοργανισμών της γιαούρτης, που παράγουν πολυσακχαρίτες κατά τη διάρκεια της ζύμωσης. Ο σχηματισμός των πολυσακχάρων διευκολύνεται από σχετικά χαμηλότερες θερμοκρασίες επώασης (32 °C – 35 °C). Αναλυτικότερα τα στάδια παραγωγής δίνονται στο παρακάτω διάγραμμα, ενώ στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται ένα τυπικό διάγραμμα παραγωγής αναδευμένης γιαούρτης.



Πηγή: Μάντης, 2000

Διάγραμμα 3 Διάγραμμα ροής παραγωγής αναδευμένης γιαούρτης (stirred yoghurt).



Πηγή: *Bylund, 1995*

Σχήμα 2 Συγκρότημα παραγωγής αναδευμένης γιαούρτης (stirred yoghurt).

Οι τύποι του βιομηχανικού γιαουρτιού διαφέρουν ως προς τη συνεκτικότητα και την τεχνολογία (Robinson κ.α., 2006). Πιο αναλυτικά, οι βασικότερες διαφορές τους είναι:

- Στη συμπαγή γιαούρτη, το γάλα τοποθετείται σε κεσεδάκια και εκεί γίνεται το πήξιμο, ενώ στην ανακατεμένη το γάλα πήζει σε δεξαμενές.
- Στην ανακατεμένη γιαούρτη, το πήγμα το πήξιμο αναδεύεται, ενώ στη συμπαγή λαμβάνεται ιδιαίτερη φροντίδα ώστε το πήγμα να μη διαταραχθεί όπως σχηματίζεται στα κεσεδάκια και μετά από ψύξη να προκύψει ένα συμπαγές πήγμα.
- Η ανακατεμένη γιαούρτη είναι ο τύπος που προτιμάται για την ανάμιξή της με συστατικά γεύσης (κυρίως προϊόντα από φρούτα), γιατί στον τύπο αυτό διευκολύνεται η ανάμιξη των συστατικών μετά την επώαση. Στην περίπτωση της στερεής γιαούρτης η

προσθήκη κομματιών φρούτων ή μαρμελάδας πραγματοποιείται στον πυθμένα από το κεσεδάκι πριν την επώαση και μετά προστίθεται το γάλα με την καλλιέργεια για να πήξει (Κεχαγιάς, 2011).

1.4.3 Στραγγισμένη γιαούρτη

Στραγγισμένη γιαούρτη χαρακτηρίζεται το προϊόν, το οποίο λαμβάνεται από πλήρες γιαούρτη, μετά από την απομάκρυνση (αποστράγγιση) μέρους του νερού του με τα διαλυμένα σ' αυτό συστατικά. Αυτό πρέπει να περιέχει λίπος σε ποσοστό 8% τουλάχιστον, με εξαίρεση τη στραγγισμένη γιαούρτη, το οποίο πρέπει να περιέχει λίπος σε ποσοστό 5% τουλάχιστον (Κ.Τ.Π., 2003). Πρόκειται για γιαούρτη με αυξημένη αναλογία στερεών συστατικών (23-25%). Αυτό επιτυγχάνεται είτε με τον παραδοσιακό τρόπο της στράγγισης του πηγματος μέσα σε υφασμάτινους σάκους, είτε με σύγχρονη τεχνολογία όπως η φυγοκέντρωση του πηγματος γιαούρτης ή η συμπίκνωση του γάλακτος με υπερδιήθηση πριν από την πήξη του.

➤ Στραγγισμένο σακούλας

Για την παρασκευή στραγγιστής γιαούρτης, το γάλα πήζει σε δεξαμενές και με ανάδευση γίνεται θραύση του πηγματος. Ακολουθεί η μεταφορά της σε υφασμάτινους σάκους των 15-20 Kg και τοποθετούνται ο ένας πάνω στον άλλο σε χαμηλοπύθμενες δεξαμενές ώστε να διευκολυνθεί η στράγγιση του ορού. Η στράγγιση διαρκεί λιγότερο από 24 ώρες σε θερμοκρασία ψυγείου. Μετά την ολοκλήρωσή της το περιεχόμενο των σάκων αδειάζετε σε ειδικό ζυμωτήριο και εκεί γίνεται η μηχανική ζύμωση της γιαούρτης και η τυποποίηση ή της με προσθήκη, εάν απαιτείται, παστεριωμένης κρέμας ή παστεριωμένου ορού.

➤ Στραγγισμένη με φυγοκέντρωση

Μετά την πήξη το πήγμα υποβάλλεται σε φυγοκέντρωση, σε ειδικού τύπου διαχωριστές, οπότε αποβάλλεται μέρος του ορού και έτσι επιτυγχάνεται η παραγωγή πηγματος με αυξημένη αναλογία στερεών.

➤ Συμπύκνωση με υπερδιήθηση

Ένας άλλος εναλλακτικός τρόπος αφαίρεσης του ορού από το πήγμα είναι με ημιπερατές μεμβράνες. Συγκεκριμένα οι μεμβράνες κατακρατούν το λίπος και τις πρωτεΐνες, αλλά ταυτόχρονα αφήνουν να διαφεύγει στο διήθημα η λακτόζη, τα άλατα και οι μη πρωτεϊνικές φύσεως αζωτούχες ουσίες. Στην περίπτωση αυτή το γάλα αποβουτυρώνεται και θερμαίνεται στους 90-95 °C/ 10-5 min. Ψύχεται σε θερμοκρασία 47-50 °C και συμπυκνώνεται με σύστημα υπερδιήθησεως (ultrafiltration) έως το μισό του αρχικού του όγκου.

Ο τρόπος αυτός δεν έχει βρει μεγάλη εφαρμογή εξαιτίας των δυσκολιών που υπάρχουν για τον καθαρισμό των μεμβρανών για την αποφυγή φραγής των πόρων. Ωστόσο, με την χρησιμοποίηση της υπερδιήθησης η απόδοση είναι μεγαλύτερη καθώς συγκρατούνται περισσότερες πρωτεΐνες ορού στο πήγμα.

1.5 Παραλλαγές γιαούρτης

1.5.1 Γιαούρτη με προβιοτικά βακτήρια

Ορισμένα από τα οξυγακτικά βακτήρια που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή γιαούρτης (*Lactobacillus bulgaricus* και *Streptococcus thermophilus*) αποδείχτηκε ότι ασκούν ευεργετική επίδραση στη λειτουργία του εντέρου και γενικότερα στην υγεία του ανθρώπου. Στο εμπόριο κυκλοφόρησαν γιαούρτια που περιέχουν ορισμένα από αυτά τα βακτήρια, τα οποία χαρακτηρίζονται ως προβιοτικά. Τα κυριότερα προβιοτικά βακτήρια που χρησιμοποιούνται είναι:

- Είδη του γένους *Bifidobacterium* (*B. bifidum*, *B. longum* κ.α.).
- Είδη του γένους *Lactobacillus* (*L. acidophilus*, *L. casei*, *L. paracasei*, *L. ramosus*).
- Είδη του γένους *Lactococcus* (*L. lactis*, *L. diacetylactis*) (Robinson, 2002).

1.5.2 Παστεριωμένη γιαούρτη

Η παστερίωση στη γιαούρτη αποσκοπεί στην επιμήκυνση του χρόνου συντήρησης της. Αυτή πραγματοποιείται με τόση θέρμανση όση χρειάζεται για να επέλθει θερμικός κλονισμός των μικροοργανισμών της καλλιέργειας και να σταματήσει η ανάπτυξή τους. Η παστερίωση μπορεί να γίνει είτε στο προσυσκευασμένο προϊόν με θέρμανση των κυτίων σε αυτόκαυστο, είτε σε ειδικούς παστεριωτές στο αναμιγμένο πήγμα. Η πιο συνηθισμένη θέρμανση είναι στους 65-70 °C. Επιπλέον, με την παστερίωση παρατηρείται μείωση του ιξώδους και της συναίρεσης και απώλεια της γεύσης της φυσικής γιαούρτης (Tamime και Robinson, 1999).

Γενικά, η παστερίωση της γιαούρτης αυξάνει τη διατήρησή της κατά 2-3 εβδομάδες, όμως καταστρέφει την οξυγαλακτική χλωρίδα του με αποτέλεσμα το προϊόν να μην ανταποκρίνεται πλέον στον ορισμό της όπως δίνεται από τον FAO/WHO (1977α, 1977β). Για το λόγο αυτό η γιαούρτη πρέπει να φέρει την ένδειξη 'παστεριωμένη' γιαούρτη.

1.5.3 Καταψυγμένο ή Παγωμένη γιαούρτη

Η αναμιγμένη γιαούρτη (stirred), μπορεί να καταψυχθεί με επιτυχία και να συντηρηθεί έως 12 μήνες. Για το σκοπό αυτό η φυσική γιαούρτη πρέπει να έχει τουλάχιστον 13-14% στερεά συστατικά και η γιαούρτη φρούτων 20-25% ή προσθήκη σταθεροποιητών. Η κατάψυξη γίνεται με ταχεία μέθοδο και η συντήρηση στους -18 °C έως -26°C. Η παγωμένη γιαούρτη συνδυάζει την όξινη γεύση της γιαούρτης με την παγωμένη αίσθηση του παγωτού (Chandan και O'Rell, 2006).

Η κατάψυξη δεν επηρεάζει αισθητά την οξυγαλακτική χλωρίδα, αλλά το προϊόν χάνει ως προς την εμφάνισή και πρέπει να καταναλωθεί άμεσα καθώς αλλοιώνεται. Η κατάψυξη

της μη αναμεμιγμένης γιαούρτης δεν επιτυγχάνει, γιατί σχηματίζονται κρύσταλλοι οι οποίοι βλάπτουν το πήγμα και προκαλούν διαχωρισμό ορού κατά την απόψυξη.

1.5.4 Αφυδάτωμένη γιαούρτη

Η αφυδάτωση του γιαουρτιού στην σύγχρονη βιομηχανία γίνεται είτε με την τεχνική εκνεφώσεως (spray drying) ή με λυοφιλοποίηση (Freeze drying) και το τελικό προϊόν γίνεται λεπτόκοκκη σκόνη, η οποία συσκευάζεται σε αδιαφανή, αδιάβροχη, αεροστεγή και ανθεκτική συσκευασία. Πριν από την κατανάλωση προστίθεται η αντίστοιχη ποσότητα νερού και γίνεται καλή ανάμιξη. Το προϊόν είναι σχετικά λεπτορεύστο και θυμίζει γιαούρτη μόνο ως προς τη γεύση (Helferich και Westhoff, 1980).

Στις χώρες της Μέσης Ανατολής η αφυδάτωση του γιαουρτιού στον ήλιο είναι πατροπαράδοτη μέθοδος. Το προϊόν στραγγίζεται, μορφοποιείται σε μικρές σφαίρες βάρους 50-80 g και αφυδατώνεται στον ήλιο. Έτσι μπορεί να συντηρηθεί για αρκετούς μήνες στη θερμοκρασία περιβάλλοντος των θερμών χωρών (Αραβικές χώρες) και καταναλώνεται αφού διαβραχεί με νερό.

1.5.5 Επιδόρπια γιαούρτης

Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία ως επιδόρπιο (Desert) χαρακτηρίζεται προϊόν έτοιμο προς βρώση που παρασκευάζεται από:

- Μία ή περισσότερες κατηγορίες γάλακτος που προβλέπονται από Κ.Τ.Π. (2003)
- στο άρθρο 80
- 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

- Σακχαρούχες γλυκαντικές ύλες (σακχαρόζη, ή άλλο σάκχαρο)
- Φυσικές αρωματικές ουσίες όπως φρούτα (νωπά, αφυδατωμένα, εγκυτιωμένα κλπ)
- Χυμοί φρούτων με ή χωρίς ζάχαρη (φρέσκα ή ζαχαρωμένα φρούτα καθώς και προϊόντα με γλυκαντικές ύλες που περιλαμβάνονται στον Κ.Τ.Π.)
- Κακάο σκόνη (λιποπερικτικότητα 10% τουλάχιστον σε βούτυρο κακάο), σοκολάτα ή εκχύλισμα καφέ με ή χωρίς καφεΐνη.

Επίσης στα παραπάνω προϊόντα επιτρέπεται η προσθήκη τεχνικών αρωματικών και χρωστικών υλών, σταθεροποιητών (καραγενάνη, αραβικό κόμμι, εδωδιμη ζελατίνη κ.ά.), πυκνωτικών και πηκτικών υλών, με την προϋπόθεση ότι αυτές επιτρέπονται από τον κώδικα (Μάντης, 2000).

1.5.6 Γιαούρτη με υδρολύμενη λακτόζη

Στη γιαούρτη το 60-70% περίπου της λακτόζης δεν υφίσταται ζύμωση προς γαλακτικό οξύ. Η περαιτέρω ζύμωση της λακτόζης σε γλυκόζη και γαλακτόζη γίνεται με την προσθήκη του ενζύμου β-D- γαλακτοσιδάσης και αυτό προσδίδει αυξημένη γλυκύτητα στο προϊόν. Η υδρόλυση της λακτόζης γίνεται στο γάλα πριν από τη προσθήκη της οξυγαλακτικής καλλιέργειας. Η μέθοδος αυτή έχει κυρίως επιτυχία στη γιαούρτη φρούτων.

1.6 Θρεπτική αξία της γιαούρτης

Λαμβάνοντας υπόψη την τεχνολογία παρασκευής της γιαούρτης, τα συστατικά που υπάρχουν στο γάλα παραμένουν και στη γιαούρτη. Επομένως, θα μπορούσε να συμπεράνει κανείς ότι η θρεπτική αξία της γιαούρτης είναι ίδια με αυτή του γάλακτος. Αυτό όμως δεν ισχύει, καθώς με την ζύμωση επέρχονται σημαντικές μεταβολές στις ιδιότητες και τη διαιτητική αξία των συστατικών του γάλακτος. Οι διαφορές αυτές οφείλονται μερικώς μεν

στην επίδραση της θερμότητας και κυρίως δε στη βιοχημική δραστηριότητα των οξυγαλακτικών βακτηρίων.

Η θέρμανση του γάλακτος στους 85-90 °C/15-5 min, προκαλεί αρκετές μεταβολές, οι οποίες συνεισφέρουν τεχνολογικά, αλλά έχουν και μικρή σχετικά επίπτωση στη θρεπτική αξία, κυρίως όσον αφορά τις υδροδιαλυτές βιταμίνες B₁, B₆, B₁₂, C και φολικό οξύ, οι οποίες καταστρέφονται σε ποσοστό 20-60% (Deeth & Tamine, 1981).

Η βιοχημική δραστηριότητα των οξυγαλακτικών στελεχών έχει σαν συνέπεια άλλα από τα συστατικά του γάλακτος να μειώνονται ποσοτικά και άλλα να αυξάνονται, ενώ παράλληλα εμφανίζονται νέα προϊόντα ζυμώσεως.

➤ Λακτόζη

Η λακτόζη στην γιαούρτη είναι μειωμένη κατά 30% περίπου έναντι του γάλακτος λόγω της έντονης ζύμωσης από τους μικροοργανισμούς της καλλιέργειας. Η περιεκτικότητα του γιαουρτιού σε λακτόζη είναι περίπου 6% πριν τη ζύμωση. Κατά τη διάρκεια τη ζύμωσης υδρολύεται το 20-30% του δισακχαρίτη λακτόζη στα συστατικά του, τους μονοσακχαρίτες γλυκόζη και γαλακτόζη. Αυτή η μείωση της συγκέντρωσης της λακτόζης εξηγεί γιατί η γιαούρτη είναι καλύτερα ανεκτή σε άτομα με δυσανεξία στη λακτόζη (Fernandes et al, 1999). Επειδή όμως το γάλα είτε συμπυκνώνεται είτε προστίθεται σε αυτό σκόνη γάλακτος κατά την παράγωγη γιαούρτης, το επίπεδο της λακτόζης παραμένει υψηλό στη γιαούρτη.

➤ Πρωτεΐνες

Η συνολική πρωτεΐνη την οποία έχει η γιαούρτη εξαρτάται από την πρωτεΐνη του αρχικού γάλακτος και τις επεξεργασίες που έγιναν σε αυτό. Η πρωτεΐνη της γιαούρτης υπερέχει βιολογικά έναντι της πρωτεΐνης του γάλακτος από το οποίο προήλθε. Η αφομοιωσιμότητα της είναι αυξημένη λόγω της καζεΐνης και των μεταβολών που έχει ήδη υποστεί. Αναλυτικότερα, κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, η θερμική επεξεργασία και η παραγωγή γαλακτικού οξέος, έχουν ως αποτέλεσμα τη λεπτότερη πήξη της καζεΐνης

κάνοντας την πιο εύλεπτη. Τόσο οι καζεΐνες, όσο και οι πρωτεΐνες ορού είναι πλούσιες πηγές όλων των απαραίτητων αμινοξέων, με μεγάλη εντερική διαθεσιμότητα του οργανικού αζώτου που φτάνει το 93% (Gaudichon et al, 1994).

Στην καλύτερη αφομοιωσιμότητα των πρωτεϊνών συμβάλλει επίσης το χαμηλό pH της γιαούρτης που επιταχύνει τη δράση των πεπτικών ενζύμων, καθώς φτάνει πιο εύκολα και πιο γρήγορα φτάνει μέσα στο στομάχι και ενεργοποιεί την δράση της πεψίνης του γαστρικού υγρού.

Εκτός από την παραπάνω φυσιολογική αλλαγή στη δομή της καζεΐνης λόγω χαμηλού pH στη γιαούρτη σε σύγκριση με το γάλα, η αυξημένη αφομοιωσιμότητα των πρωτεϊνών οφείλεται κ στην καλλιέργεια η οποία παρουσιάζει μερική πρωτεολυτική δράση. Αυτό αποδεικνύεται από την ύπαρξη υψηλότερης περιεκτικότητας σε ελεύθερα αμινοξέα στη γιαούρτη, ειδικότερα προλίνης και γλυκίνης, από ότι στο αρχικό γάλα.. Κάποια βακτηρικά στελέχη έχουν δείξει ότι έχουν μεγαλύτερη πρωτεολυτική δραστηριότητα από κάποια άλλα, όπως για παράδειγμα το *L.bulgaricus* σε σχέση με το *S. thermophilus* (Beshkova et al, 1998). Η βιολογική οξίνιση επομένως επιφέρει διάφορες αλλαγές στην αρχική πρωτεΐνη οι οποίες αυξάνουν όχι μόνο την αφομοιωσιμότητα αλλά βελτιώνουν και τη βιολογική αξία της πρωτεΐνης.

➤ Βιταμίνες

Τα ζυμωμένα προϊόντα του γάλακτος είναι πλούσιες σε βιταμίνες. Οι καλλιέργειες εκκίνησης του γιαουρτιού χρησιμοποιούν ορισμένες από τις βιταμίνες που περιέχονται στο φρέσκο γάλα ώστε να αναπτυχθούν κατά τη διάρκεια της ζύμωσης. Το γεγονός αυτό συμβάλλει στη μείωση της θρεπτικής αξίας του τελικού προϊόντος. Μερικοί παράγοντες που προκαλούν την απώλεια βιταμινών κατά τη διαδικασία παραγωγής της γιαούρτης είναι η θερμοκρασία, παστερίωση, η υπερδιήθηση και η ανάδευση (Butriss, 1997). Πιο αναλυτικά, η θέρμανση του γάλακτος φαίνεται να μειώνει μερικώς τις βιταμίνες B₁, B₆ και B₁₂. Η κυριότερη όμως μείωση των βιταμινών B₆ και B₁₂ κατά 50% περίπου επέρχεται από τη

χρησιμοποίησή τους από την μικροχλωρίδα. Οι βιταμίνες B₁, B₂, νιασίνη και παντοθενικό οξύ αν και είναι απαραίτητες για την βακτηριακή ανάπτυξη δεν παρουσιάζεται σημαντική μείωσή τους στην γιαούρτη.

Επιπλέον, το περιεχόμενο του τελικού προϊόντος σε βιταμίνες επηρεάζεται και από τη δράση των βακτηριακών καλλιεργειών κατά τη διάρκεια της ζύμωσης. Τα οξυγαλακτικά βακτήρια χρειάζονται βιταμίνες του συμπλέγματος B για την ανάπτυξή τους. Γενικά η περιεκτικότητα των ζυμωμένων γαλακτικών προϊόντων σε βιταμίνες της ομάδας B είναι υψηλότερη σε σχέση με το φρέσκο γάλα, εκτός από την περίπτωση της γιαούρτης που προέρχεται από αποβουτυρωμένο γάλα. Επίσης, παρόλο που το φρέσκο γάλα περιέχει ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C) σε μικρές ποσότητες, αυτό χάνεται σχεδόν ολοκληρωτικά κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας της γιαούρτης και την μεταφορά των τελικών προϊόντων. Όμως υπάρχουν και στελέχη που μπορούν να παράγουν βιταμίνες με καλύτερο παράδειγμα τη σύνθεση φολικού οξέος από βακτήρια που ανήκουν στα γένη *S. thermophilus* και *Bifidobacterium* (Crittenden et al, 2003). Μια τυπική σύνθεση της γιαούρτης και του φρέσκου γάλακτος σε βιταμίνες αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πινάκας 3. Περιεκτικότητα βιταμινών στο φρέσκο γάλα και τη γιαούρτη.

Βιταμίνες (μονάδα/100 γρ.)	Φρέσκο Γάλα		Γιαούρτη	
	Πλήρες	Αποβουτηρωμένο	Πλήρες	Χαμηλών λιπαρών
Βιταμίνη Α (UI)	148	-	140	70
Θειαμίνη(B ₁) (μg)	37	40	30	42
Ριβοφλαμίνη(B ₂) (μg)	160	180	190	200
Πυριδοξίμη(B ₆) (μg)	46	42	46	46
Κυανοκοβολαμίνη(B ₁₂) (μg)	0,39	0,4	-	0,23
Βιταμίνη C (mg)	1,5	1,0	-	0,7
Βιταμίνη D(IU)	1,2	-	-	-
Βιταμίνη Ε(IU)	0,13	-	-	Ίχνη
Φολικό οξύ (μg)	0,25	-	-	4,1
Νικοτονικό οξύ (μg)	480	-	-	125
Παντοθενικό οξύ (μg)	371	370	-	380
Βιοτίνη (μg)	3,4	1,6	1,2	2,6
Χολίνη (mg)	12,1	4,8	-	0,6

Πηγή: Holland et al, 1991

➤ Άλατα και ιχνοστοιχεία

Η γιαούρτη είναι πολύ καλή πηγή ασβεστίου και φωσφόρου. Η πρόσληψη του ασβεστίου διευκολύνεται από το γαλακτικό οξύ και οπωσδήποτε από την παρουσία βιταμίνης D. Υπάρχουν ενδείξεις ότι η πρόσληψη του ασβεστίου από τον οργανισμό διευκολύνεται από το χαμηλό pH. Αυτό συμβαίνει γιατί το χαμηλότερο pH της γιαούρτη σε σχέση με το γάλα προκαλεί τον ιονισμό του ασβεστίου, το οποίο με τη μορφή ιόντων απορροφάται ευκολότερα από το έντερο (Bronner F. & Pansu D, 1999). Το κolloειδές φωσφορικό ασβέστιο που βρίσκεται στη καζεΐνη σε όξινο περιβάλλον μεταβάλλεται σε υδατοδιαλύτο και απορροφάται ευκολότερα.

Η αυξημένη οξύτητα της γιαούρτης συμβάλλει στην αυξημένη απορρόφηση ορισμένων ανόργανων συστατικών συμπεριλαμβανομένου του ασβεστίου, του φωσφόρου και του μαγνησίου σε σχέση με τα υπόλοιπα γαλακτοκομικά προϊόντα. Παράλληλα, η αυξημένη οξύτητα της γιαούρτης συμβάλλει στη μείωση της αρνητικής δράσης ορισμένων συστατικών όπως το φυτικό οξύ, το οποίο παρεμποδίζει την απορρόφηση των ανόργανων συστατικών από τον οργανισμό. Σημαντική είναι και η ποσότητα του φωσφόρου, που υπάρχει στη γιαούρτη και είναι απαραίτητη για την υγεία των οστών και των δοντιών, της κυτταρικής δομής και της ρύθμισης του pH του οργανισμού. Τέλος, η γιαούρτη είναι καλή πηγή μαγνησίου, καλίου, ψευδαργύρου, σεληνίου, σιδήρου και ιωδίου (The Dairy Council, 2007).

➤ Λιπίδια

Αν και τα λίπη κατηγορηθήκαν ως επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία λόγω της χοληστερίνης των ζωικών λιπών εντούτοις είναι απαραίτητα για ένα ισορροπημένο διαιτολόγιο και ενδείκνυται να συνεισφέρουν το 35% περίπου των απαιτούμενων θερμίδων της καθημερινής ενέργειας. Η γιαούρτη στο σύγχρονο βιομηχανικό κόσμο παρασκευάζεται με τη χρήση αποβουτυρωμένου γάλακτος, ενώ η παραδοσιακή γιαούρτη περιέχει τυπικά 3-4 γραμμάρια λιπιδίων ανά 100 γραμμάρια προϊόντος. Η αντίστοιχη ποσότητα στα παραδοσιακά γιαούρτια ελληνικού τύπου φτάνει τα 9-10 γραμμάρια (Buttriss, 1997). Σύμφωνα με την περιεκτικότητα της γιαούρτης σε λιπαρές ουσίες, μπορούν να καταταχθούν ως εξής (Tamime & Robinson 1999b):

- < 1% (χωρίς λίπος)
- > 1% και < 3% (χαμηλών λιπαρών –ημιαποβουτυρωμένα)
- > 3% και < 4%
- > 4,5% και 10% (πλήρες).

Τα λίπη χρειάζονται την κατασκευή των κυτταρικών τοιχωμάτων και άλλων ιστών του σώματος, αποτελούν το απόθεμα ενέργειας και εμπεριέχουν τις λιποδιαλυτές βιταμίνες Α, D, Ε και Κ. Το λίπος του γάλακτος υφίσταται βιοχημικές αλλαγές κατά τη διάρκεια της

ζύμωσης και μικρές ποσότητες ελεύθερων λιπαρών οξέων ελευθερώνονται με τη δράση των λιπασών. Επίσης η γιαούρτη έχει υψηλότερες συγκεντρώσεις συζευγμένου λιμενικού οξέος από το γάλα, το οποίο φαίνεται ότι προσδίδει αντικαρκινικές ιδιότητες και ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα (Whigham et al, 2000) Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα πτητικά λιπαρά οξέα που περιέχονται στο φρέσκο γάλα και τη γιαούρτη.

Πίνακας 4. Η περιεκτικότητα λιπαρών οξέων του φρέσκου γάλακτος και της γιαούρτης

Πτητικά λιπαρά οξέα	Φρέσκο Γάλα		Γιαούρτη	
	Mg	%	Mg	%
Κιτρικό οξύ	229.6	89.4	232.40	28.1
Γαλακτικό οξύ	8.82	3.4	486.45	58.9
Ηλεκτρικό οξύ	0	0	18.95	2.3
Φουμαρικό οξύ	1.10	0.4	8.41	1.0
Κετογλουταρικό οξύ	0.74	0.3	0.87	0.1
Πυρουβικό οξύ	0.09	0	2.38	0.3
Φορμικό οξύ	1.33	0.5	19.51	2.4
Οξικό οξύ	8.35	3.2	43.80	5.3
Προπιονικό οξύ	0.74	0.3	1.78	0.2
n-Βουτυρικό οξύ	0.35	0.1	0.70	0.1
n-Βαλερικό οξύ	0.20	0.1	-	0
Καπρονικό οξύ	1.04	0.4	1.32	0.2
Καρυλικό οξύ	2.88	1.1	6.63	0.8
Λουρικό οξύ	1.72	0.7	2.58	0.3

Πηγή: Akin, 2006

➤ Μικροσυστατικά

Κατά την παραγωγή του γαλακτικού οξέος παράγονται και μικροποσότητες μυρμηκικού, οξικού, ηλεκτρικού, φουμαρικού και άλλων οργανικών οξέων. Τα τελευταία είναι προϊόντα μεταβολισμού στον κύκλο του τρικαρβοξυλικού οξέος και διευκολύνουν την αναπνοή των κυττάρων του σώματος. Για το ηλεκτρικό και τα άλλα δικαρβοξυλικά κορεσμένα οξέα ορισμένοι διατείνονται ότι λύουν καρκινογόνα κύτταρα στο σώμα.

Το ορατικό οξύ έχει ένα προστατευτικό ρόλο για το ήπαρ και η μείωσή του στη γιαούρτη μέχρι και 50% δεν είναι κάτι το ευνοϊκό, μπορεί όμως να αναπληρωθεί σαν πρόσθετο στο γάλα για γιαούρτη. Η μείωση όμως της ουρίας στο 10% του γάλακτος θεωρείται ευνοϊκή.

Τα νουκλεοτίδια παρουσιάζονται αυξημένα στη γιαούρτη και βελτιώνουν το φυσιολογικό της ρόλο. Η βιομάζα της γιαούρτης αποτελεί μικρό αλλά σημαντικό μέρος της ξηράς ουσίας της γιαούρτης. Το μισό της ξηράς ουσίας της βιομάζας είναι πρωτεΐνη η οποία είναι πλούσια σε απαραίτητα αμινοξέα. Έχει επίσης νουκλεοτίδια χρήσιμα στον ανθρώπινο οργανισμό, λίπη, σάκχαρα, βιταμίνες και άλατα (Ζερφυρίδης, 1994).

1.7 Αξία της γιαούρτης για την υγεία

➤ Εντερική χλωρίδα

Από τη στιγμή που θα γεννηθεί ο άνθρωπος εκτίθεται στο μικροβιακό κόσμο του περιβάλλοντος του. Ο πεπτικός σωλήνας είναι τουλάχιστον 100 φορές πλουσιότερος σε χλωρίδα απ' ότι το δέρμα. Κατά το πρώτο δήμερο της ζωής του μωρού επικρατούν οι προαιρετικά αναερόβιοι μικρόκοκκοι, στρεπτόκοκκοι και κατά Gram αρνητικοί ιδίως η *E.coli*. Κατά τον απογαλακτισμό τα μπιφιδοβακτήρια εκτοπίζονται σταδιακά από προαιρετικά αναερόβια και αναερόβια βακτήρια οπότε αρχίζει η δημιουργία της εντερικής χλωρίδας του

ενηλίκου. Η χλωρίδα στο πεπτικό σωλήνα αλλάζει όλο και περισσότερο από προαιρετικά αναερόβια σε αναερόβια και αυξάνει σε αριθμό προχωρώντας από το στομάχι στο παχύ έντερο και απευθυσμένο. Στο στομάχι η εγκατάσταση των μικροοργανισμών είναι περιορισμένη λόγω χαμηλού pH. Ιδιαίτερα πλούσια σε μικροοργανισμούς είναι τα άλλα δυο τμήματα του λεπτού εντέρου (νήστις και ειλεός) καθώς και το παχύ έντερο. Στο τελευταίο επικρατούν οι αυστηρώς αναερόβιοι.

Η μικροχλωρίδα του εντέρου είναι περίπλοκη και ποικίλη, τα διάφορα γένη και είδη βρίσκονται σε μια ισόρροπη σχέση μεταξύ τους και θεωρείται ως ιθαγενής ή φυσική μικροχλωρίδα. Υπάρχει όμως και η μεταβατική μικροχλωρίδα η οποία αναπτύσσεται στο έντερο όταν αλλάζουν διάφορες συνθήκες όπως διατροφής, διαβίωσης κλπ εξαιτίας των οποίων αλλάζει η ισόρροπη σχέση στους μικροοργανισμούς της μικροχλωρίδας και αναπτύσσονται σε μεγάλους αριθμούς μικροοργανισμοί οι οποίοι υπό ομαλές συνθήκες βρίσκονταν στην μικροχλωρίδα σε περιορισμένους αριθμούς και ενδεχομένως να είναι και δυνητικά παθογόνοι.

Τα γαλακτικά βακτήρια δεν ανήκουν στη φυσική χλωρίδα του εντέρου γι' αυτό ενώ επιβιώνουν στο στομάχι δεν εγκαθίστανται στο έντερο. Ειδικότερα οι λακτοβάκιλλοι ανήκουν στα συστατικά της εντερικής χλωρίδας στο λεπτό και παχύ έντερο. Η ικανότητα της μη παθογόνου εντερικής μικροβιακής χλωρίδας, στην οποία ανήκουν τα οξυγαλακτικά βακτήρια, να δεσμεύεται στο εξωτερικό άκρο του εντερικού ιστού, εμποδίζει την πρόσβαση παθογόνων μικροβίων στο γαστρεντερικό βλενογόνο. Έχει βρεθεί ότι ο *L. acidophilus* προκαλεί μέτρα αναστολή στην προσκόλληση των εντεροπαθογόνων *E.coli* και *Salmonella typhimurium* στα εντεροκύτταρα Caco-2 καθώς επίσης και ότι αναστέλλει την εισαγωγή των *E.coli*, *S. typhimurium* και *Yersinia pseudotuberculosis* στα εντεροκύτταρα Caco-2 (Kemeis et al, 1994).

➤ Έλλειψη λακτάσης και δυσανοχή στη λακτόζη

Η έλλειψη λακτάσης είναι η συχνότερη ενζυμική έλλειψη στους ενήλικες και περισσότερο από το μισό του πληθυσμού των ενηλίκων έχει δυσανεξία στη λακτόζη. Στην

περίπτωση αυτή, η άπεπτη λακτόζη ζυμώνεται από τα βακτήρια του παχέος εντέρου, παράγοντας λιπαρά οξέα μικρής αλύσου, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν διάρροια και αέρια όπως μεθάνιο, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα, τα οποία μπορούν να παραμείνουν στον εντερικό αυλό και από εκεί να περάσουν στην κυκλοφορία και τελικά να αποβληθούν από τους πνεύμονες.

Επίσης ελάχιστα άτομα δεν έχουν ανοχή στην λακτόζη λόγω ανεπάρκειας λακτάσης στον οργανισμό τους για την αρχική διάσπαση της λακτόζης του γάλακτος σε γαλακτόζη και γλυκόζη. Τα συμπτώματα συνήθως είναι κοιλιακοί πόνοι, κράμπες και διάρροια. Κατά περίεργο τρόπο η λακτόζη της γιαούρτης γίνεται ανεκτή χωρίς να παρουσιάζει συμπτώματα όπως το γάλα. Αυτό ίσως οφείλεται στους εξής λόγους:

- Παρατηρείται λακτάση βακτηριακής προέλευσης στο δωδεκαδάκτυλο και στο τελευταίο τμήμα του ειλεού.
- Τα ένζυμα της καλλιέργειας συνεχίζουν τη διάσπαση της λακτόζης και εντός του εντέρου, οπότε μειώνεται η ποσότητά της ακόμα περισσότερο.
- Η μικροχλωρίδα που είναι εγκατεστημένη στο έντερο προκαλεί διασπάσεις της λακτόζης και ελαττώνει την ποσότητά της.
- Η απορρόφηση της λακτόζης στη γιαούρτη είναι βραδύτερη απ' ότι του γάλακτος οπότε δίνεται μεγαλύτερος χρόνος στην λακτάση να την διασπάσει.
- Η γιαούρτη προκαλεί την έκκριση περισσότερων πεπτικών υγρών κι επομένως και περισσότερης λακτάσης.

Το πρόβλημα όμως αντιμετωπίζεται πιο αποτελεσματικά αν παρασκευαστεί γιαούρτη από γάλα με υδρολυμένη ήδη λακτόζη. Επίσης διαπιστώθηκε από μερικούς επιστήμονες ότι η γιαούρτη μειώνει την χοληστερίνη του αίματος χωρίς να έχει βρεθεί ακόμη η εξήγηση (Ζερφυρίδης, 2001).

➤ Διαρροϊκές ασθένειες

Οι διάρροιες είναι ένα από τα συχνά προβλήματα των παιδιών παγκοσμίως. Από τις εντερικές διαταραχές η κυριότερη φαίνεται να είναι η διάρροια. Η κατανάλωση γιαούρτης ήταν ένας από τους τρόπους αντιμετώπισης της ανεξάρτητα από την αιτία πρόκλησης ιδίως στους κτηνοτρόφους οι οποίοι γνώριζαν καλύτερα τις ωφέλειες της γιαούρτης. Για αντιμετώπιση της διάρροιας καλό θα είναι η γιαούρτη να αραιώνεται με ίση ποσότητα νερού και να ενισχύεται με χυμό λεμονιού για βιταμίνη C. Για την πρακτική αυτή παρατήρηση έγιναν προσπάθειες πειραματικής αποδείξεως οι οποίες όμως δεν υπήρξαν πάντοτε θετικές.

Η ωφελιμότητα είναι πιο έντονη όταν τα κύτταρα του ζυμωμένου γάλακτος είναι ζωντανά και πιθανόν προέρχεται από τα εξής:

- Ενεργοποίηση της εντερικής μικροχλωρίδας και αποκατάσταση της ισορροπίας της.
- Πρόληψη ανάπτυξης της μικροχλωρίδας που προκαλέσει τη διάρροια.
- Συναγωνισμό ως προς τις θέσεις προσκόλλησης επιθυμητής και ανεπιθύμητης χλωρίδας.
- Συναγωνισμός στην εξασφάλιση θρεπτικών ουσιών.

Το αντίθετο της διάρροιας, η δυσκοιλιότητα πολλές φορές οφείλεται σε λίγες εκκρίσεις πεπτικών υγρών και την ενθάρρυνση ανάπτυξης σηψιγόνων βακτηρίων στο έντερο. Στις περιπτώσεις αυτές η γιαούρτη αποκαθιστά την ομαλή λειτουργία του εντέρου και την καταπολέμηση της δυσκοιλιότητας.

Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα έχει προταθεί ότι ζωντανές βακτηριακές καλλιέργειες, όπως αυτές που χρησιμοποιούνται για τη ζύμωση των γαλακτικών προϊόντων, ίσως μπορούν να βοηθήσουν στην πρόληψη και αντιμετώπιση των διαρροϊκών ασθενειών. Σε πρόσφατη μετά-ανάλυση από μελέτες με ομάδες ελέγχου βρέθηκε ότι η θεραπευτική αγωγή που χρησιμοποιούσε στελέχη λακτοβακίλλων προσέφερε ασφαλή και αποτελεσματικό τρόπο αντιμετώπισης οξείων και μολυσματικών διαρροϊών που προκλήθηκαν από ποικίλα παθογόνα μικρόβια (Van Neil et al, 2002).

Ειδικότερα, κατά τη χρησιμοποίηση αντιβιοτικών στη θεραπεία ασθενών, μαζί με τους παθογόνους σκοτώνονται και οι ωφέλιμοι μικροοργανισμοί που υπάρχουν στο έντερο και οπωσδήποτε επέρχεται ανισορροπία στη συμβιωτική συνύπαρξή τους η οποία τις περισσότερες φορές καταλήγει σε διάρροιας. Για πρόληψη της κατάστασης αυτής χορηγούνται στους ασθενείς ζυμωμένα γαλακτοκομικά προϊόντα όπως γιαούρτη – τυρί για να κρατηθεί η ισόρροπη σχέση στους μικροοργανισμούς της εντερικής χλωρίδας. Η φρέσκια γιαούρτη με την αφθονία μικροοργανισμών φαίνεται να είναι η πλέον ενδεδειγμένη για την περίπτωση αυτή και κυρίως με *L. acidophilus* και *L. bulgaricus* οι οποίοι παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά. Η χορήγηση της γιαούρτης πρέπει να συνεχίζεται και μετά τη διακοπή χορηγήσεως του αντιβιοτικού για να βοηθήσει την αποκατάσταση της ισορροπίας της μικροχλωρίδας στο έντερο.

Η αποκατάσταση επιτυγχάνεται ίσως περισσότερο με την υποβοήθηση ανάπτυξης της υπάρχουσας μικροχλωρίδας στο έντερο παρά από την εγκατάσταση της μικροχλωρίδας της γιαούρτης σε αυτό.

➤ **Καρκίνος του παχέος εντέρου**

Ο καρκίνος του παχέος εντέρου είναι η δεύτερη πιο κοινή αιτία θανάτου από πάσχοντες από καρκίνο. Ενώ οι κύριοι παράγοντες πρόκλησής του είναι γενετικοί και περιβαλλοντικοί, έρευνες αναφέρουν ότι οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαιτητικών παραγόντων του επιθήλιου του παχέος εντέρου και της εντερικής χλωρίδας έχουν κεντρικό ρόλο στην ανάπτυξή του. Επιπλέον, επιδημιολογικές μελέτες δείχνουν ότι υπάρχει μια αρνητική συσχέτιση μεταξύ της εμφάνισης κάποιων μορφών καρκίνου, συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου του παχέος εντέρου, και της πρόσληψής ζυμωμένων γαλακτοκομικών προϊόντων

Πιο αναλυτικά, η λειτουργία της καρκινογένεσης στο παχύ έντερο στηρίζεται στην μετατροπή των προκαρκινικών ενώσεων σε καρκινικές μέσα από την δράση κάποιων βακτηριακών ενζύμων όπως η β-γλυκουρονισάση, η γλυκοσιδάση, η νιτρορεκτουδάση κ.α. τα συγκεκριμένα ένζυμα περιέχονται σε μεγαλύτερη ποσότητα σε βακτήρια της εντερικής

μικροχλωρίδας που ανήκουν στα γένη *Bacteroides*, *Clostridium* κ.α. Αντίθετα, η δράση των ενζύμων αυτών στα βακτήρια του γαλακτικού οξέος είναι ελάχιστη. Έγινε λοιπόν η υπόθεση ότι ένα μπορούσε να τροποποιηθεί η σύσταση της εντερικής μικροχλωρίδας προς την κατεύθυνση των βακτηρίων εκείνων που δεν διαθέτουν αυτού του τύπου τα ένζυμα, τότε θα μπορούσε να ενισχυθεί η καταστολή της δημιουργίας των όγκων (Adachi, 1999).

Συμπερασματικά, οι αντιλήψεις που υπάρχουν για την θρεπτική αξία της γιαούρτης και των ζυμωμένων γαλάτων άλλες μεν έχουν διαπιστωθεί επιστημονικά και αποτελούν πραγματικότητα, άλλες δε είναι ακόμη υποθετικές και γίνονται έρευνες για την διαπίστωσή τους.

Πίνακας 5. Αποδεδειγμένες και υποθετικές επιδράσεις από τα ζυμωμένα γάλατα

Αποδεδειγμένες επιδράσεις

- Ανακούφιση γαλακτοσαιμίας
- Ανακούφιση δυσκοιλιότητας
- Ενίσχυση της φυσικής ανοσίας
- Μείωση της μετάλλαξης των εντερικών βακτηρίων
- Μείωση της εξυμικής δραστηριότητας των εντερικών βακτηρίων
- Εξισορρόπηση της εντερικής μικροχλωρίδας
- Θεραπευτική αγωγή της οξείας παιδικής διάρροιας και της διάρροιας ιώσεων
- Πρόληψη επανεμφάνισης ψευδοκαρκίνου της ουροδόχου κύστης

Υποθετικές επιδράσεις

- Βελτίωση γενικής χώνευσης των θρεπτικών ουσιών
- Βραδύτερος ρυθμός εκκένωσης του εντέρου
- Πρόληψη και ανακούφιση δυσκοιλιότητας
- Βελτιωμένη βιοδιαθεσιμότητα των ανόργανων στοιχείων
- Αυξημένη σύνθεση φολικού οξέως και βιταμινών Β
- Βελτιωμένη χώνευση λακτόζης
- Βελτιωμένη άμυνα ανοσοποιητικού συστήματος
- Αναχαίτιση αθηροσκλήρωσης
- Αντικαρκινικές ιδιότητες
- Πρόληψη διάρροιας παιδικής και ενηλίκων
- Διατήρηση ισορροπίας της εντερικής μικροχλωρίδας
- Αποκατάσταση της εντερικής μικροχλωρίδας

Πηγή: Fondén et al, 2000

1.8 Συναίρεση - ικανότητα συγκράτησης νερού (Syneresis, Water Holding Capacity)

Η συνεκτικότητα, και κατά ένα μέρος η εμφάνιση της γιαούρτης, είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις πρωτεΐνες καθώς οι πρωτεΐνες του γάλακτος καθορίζουν τη δομή της

γιαούρτης μετά την πήξη τους από το γαλακτικό οξύ. Όσο πιο πολλές είναι οι πρωτεΐνες τόσο πιο πηκτή γίνεται η γιαούρτη με μεγαλύτερο ιξώδες. Παράλληλα, το γάλα με λίγες πρωτεΐνες παρουσιάζει μια λπτορευστή υφή, σαν λερουλιασμένη, γεγονός που μειώνει τη ζήτηση του παραγόμενου προϊόντος. Επιπλέον, η αυξημένη πρωτεΐνη δεν επιτρέπει την υπερβολική οξύτητα να γίνει ιδιαίτερα αντιληπτή. Για το λόγο αυτό η γιαούρτη από πρόβειο γάλα είναι οργανοληπτικά ανώτερη της γιαούρτης προερχόμενα από πρόβειο γάλα και προτιμάται από τον καταναλωτή.

Από το ΣΥΑΛ, η πρωτεΐνη έχει άμεση επίδραση και σχεδόν με τη δομή και τη συνεκτικότητα της γιαούρτης. Πιο συγκεκριμένα όσο αυξάνεται η πρωτεΐνη τόσο βελτιώνεται η συνεκτικότητα της γιαούρτης. Σημαντικό όμως ρόλο παίζει και ο τρόπος με τον οποίο αυξάνεται η πρωτεΐνη. Σε μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί παρουσιάζεται ότι προσθέτοντας πρωτεΐνη με τη μορφή καζεϊνικού νατρίου το ιξώδες είναι πιο αυξημένο συγκριτικά με την περίπτωση προσθήκης με τη μορφή άπαχης σκόνης γάλακτος. Ωστόσο, για να συγκριθούν οι μέθοδοι που προαναφέρθηκαν πρέπει η αρχική πρώτη ύλη να τυποποιηθεί στην ίδια περιεκτικότητα ως προς την πρωτεΐνη και κατά προσέγγιση ως προς τα άλλα συστατικά. Σε μια τέτοια προσπάθεια που έγινε βρέθηκε ότι από άποψη συνεκτικότητας τόσο στη συμπαγή όσο και στην αναδευμένη γιαούρτη η υπερδιήθηση δίνει ίσως καλύτερα αποτελέσματα από την αντίστροφη όσμωση, την συμπύκνωση υπό κενό και την προσθήκη σκόνης γάλακτος. Όμως, από οργανοληπτική άποψη υπερέχει η γιαούρτη που προέρχεται από συμπύκνωση με θέρμανση στο κενό. Επομένως, η μέθοδος αυτή αποδεικνύεται η καλύτερη που υπάρχει και παρόλο ότι είναι επαρκής μόνη της θα μπορούσε πιθανά να βελτιωθεί με τη χρήση μικρής ποσότητας καζεϊνικών. Παρουσιάζει όμως το μειονέκτημα ότι πρακτικά δύσκολα εφαρμόζεται στις γραμμές χαμηλής δυναμικότητας, εξαιτίας της αρχικής υψηλής δαπάνης και του κόστους λειτουργίας του.

Γενικότερα, η συνεκτικότητα της γιαούρτης είναι συνάρτηση των στερεών συστατικών και του νερού που περιέχει. Οι τεχνολογικοί τρόποι που την επηρεάζουν παρουσιάζονται συνοπτικά ως έξης:

- Αυξημένες πρωτεΐνες. Με τη προσθήκη καζεϊνών αυξάνονται τα μικύλια και η πυκνότητα τους, με παράλληλη μείωση της υγρασίας, με αποτέλεσμα το πήγμα γίνεται πιο συνεκτικό.
- Μετουσίωση πρωτεϊνών ορού εξαιτίας της μεγαλύτερης συγκράτησης νερού υπό μορφή ενυδατώσεως.
- Θέρμανση σε 90 °C επί 5 min ή 80-85 °C για 30 min, εξαιτίας της αύξησης του υδρόφιλου χαρακτήρα των πρωτεϊνών.
- Θερμοκρασία επώασης. Η μεγαλύτερη θερμοκρασία ευνοεί το γρήγορο ρυθμό ανάπτυξης και συστολή του πηγματος συνεπώς προκαλείται μείωση της συνεκτικότητας.
- Ψύξη. Ο ρυθμός ψύξης είναι σημαντικός. Απότομη μεταβολή της ψύξης προκαλεί συστολή, συρρίκνωση του πηγματος με αποβολή υγρασίας.
- Άλατα του γάλακτος. Για την σωστή αποσταθεροποίηση της καζεΐνης κατά τη ζύμωση της λακτόζης πρέπει να υπάρχει ισοζύγιο αλάτων στο γάλα.
- Ομογενοποίηση. Όταν πραγματοποιείται κατάλληλα διαμερίζει τόσο το λίπος σε λεπτά λιποσφαίρια, των οποίων η αυξημένη επιφάνεια καλύπτεται και από καζεΐνη, όσο και το καζεϊνικό συσσωμάτωμα μικυλίων σε απλά μικύλια, συνεπώς σχηματίζουν καλύτερο πήγμα με την αποσταθεροποίησή τους σε χαμηλό pH.
- Οξύτητα. Σε pH πάνω από 4.6 το πήγμα είναι υδαρές καθώς η καζεΐνη δεν είναι πλήρως αποσταθεροποιημένη ούτε βρίσκεται στο ισοηλεκτρικό της σημείο. Σε pH<4.0 προκαλείται συναίρεση του πηγματος εξαιτίας μη καλής ενυδατώσεως των πρωτεϊνών και το πήγμα γίνεται θρομβώδες. Ο ρυθμός επίσης επίτευξης του pH παίζει ρόλο. Δεν πρέπει να είναι ούτε αργός ούτε γρήγορος διότι το πήγμα γίνεται κοκκώδες χωρίς συνέχεια και επομένως με μικρή συνεκτικότητα. Για το λόγο αυτό ρυθμίζεται ο χρόνος πήξης να είναι 3-3.5 ώρες (Ζερφυρίδης, 2001).

1.9 Η καλλιέργεια της γιαούρτης - Χαρακτηριστικά γνωρίσματα

1.9.1 Γενικά

Ο *S. thermophilus* έχει παραδοσιακά συνδεθεί με τον *L. bulgaricus* στην παρασκευή γιαούρτης. Η χαρακτηριστική γεύση της οφείλεται στο γαλακτικό οξύ σε συνδυασμό με διάφορα καρβονύλια και άλλες ενώσεις που παράγονται με θερμική αποικοδόμηση των λιπιδίων, της λακτόζης και των πρωτεϊνών κατά την διάρκεια της θερμική επεξεργασία του γάλακτος (Pearce και Flint, 2002).

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των βακτηρίων της γιαούρτης, τόσο τα μορφολογικά όσο και τα βιοχημικά, αποτελούν αντικείμενο της μικροβιολογίας. Παρακάτω αναλύονται μόνο μερικά από αυτά που έχουν ιδιαίτερη σημασία για την τεχνολογία της γιαούρτης.

1.9.2 Λακτοβάκιλλοι

Το γένος *Lactobacillus*; έχει περίπου 50 είδη να οποία μπορούν να αναπτυχθούν σε γαλακτοκομικά προϊόντα, σε προϊόντα δημητριακών, σε προϊόντα κρέατος και ψαριών, στη μπίρα, στο κρασί, στα φρούτα και στους χυμούς, στα τουρσιά λαχανικών και μπορούν επίσης να βρεθούν στο φρέσκο χορτάρι, στη μαγιά και στο νερό. Οι λακτοβάκιλλοι είναι αποκλειστικά ζυμωτικοί οργανισμοί και έχουν πολύπλοκες τροφικές απαιτήσεις. Είναι ανθεκτικοί σε όξινο περιβάλλον και τροποποιούν στην όξινη περιοχή το pH των τροφίμων που περιέχουν ζυμώσιμους υδατάνθρακες, με αποτέλεσμα να μπορούν αναστέλλουν ή και να εξοντώσουν άλλα βακτήρια και χρησιμοποιούνται ως καλλιέργειες εκκίνησης. Σχηματίζουν βάκιλλους μεγέθους $0,5\pm 1,2$ - $1,0\pm 10\mu\text{m}$. Βρίσκονται σε θρεπτικά και υδατανθρακούχα μέρη. Τα κύτταρα των λακτοβάκιλλων μορφολογικά ποικίλουν. Ειδικότερα, μπορεί να είναι από επιμήκεις, λεπτοί και ενίοτε με κλίση βάκιλλοι μέχρι κοκκοβάκιλλοι ανάλογα με την ηλικία

της καλλιέργειας, τη σύσταση του θρεπτικού μέσου και την επίδραση του οξυγόνου. Συχνά απαντώνται και με τη μορφή αλυσίδων (Dave και Shah, 1996).

Οι λακτοβάκιλλοι χωρίζονται σε υποχρεωτικά ομοζυμωτικούς, προαιρετικά ομοζυμωτικούς και υποχρεωτικά ετεροζυμωτικούς με κριτήριο το χαρακτήρα της ζύμωσης.

Οι υποχρεωτικά ομοζυμωτικοί λακτοβάκιλλοι ζυμώνουν τις εξόζες και παράγουν γαλακτικό οξύ. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα στελέχη *Lb. delbrueckii*, *Lb. acidophilus*, *Lb. helveticus*, *Lb. farmicus* και *Lb. kefirafaciens*. Το *Lb. acidophilus* χρησιμοποιείται στην παραγωγή ξινόγαλου και κατατάσσεται στην κατηγορία των προβιοτικών βακτηρίων μαζί με το *Lb. jensonii*. Το *Lb. delbrueckii* περιλαμβάνει τα *Lactobacillus delbrueckii spp. bulgaricus* και *lactis*, τα οποία χρησιμοποιούνται στην παρασκευή γιαουρτιών και τυριών.

Οι προαιρετικά ετεροζυμωτικοί λακτοβάκιλλοι ζυμώνουν τις οξόζες και παράγουν γαλακτικό οξύ, αλλά διαφοροποιούνται από τους παραπάνω στο γεγονός ότι μπορούν να ζυμώσουν και το γλυκονικό παράγοντα CO₂. Επιπλέον, ζυμώνουν και τις πεντόζες προς παραγωγή γαλακτικού και οξικού οξέως. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα στελέχη *Lb. casei*, *Lb. rhamnosus* και *Lb. plantarum*. Ο *Lb. casei* εντοπίζεται στα γαλακτικά προϊόντα, τον εντερικό σωλήνα κ.α.

Οι υποχρεωτικά ετεροζυμωτικοί λακτοβάκιλλοι ζυμώνουν τις πεντόζες προς γαλακτικό οξύ, αιθανόλη και CO₂. Στην κατηγορία αυτή ανήκει ο *Lb. sanfrancisco*, ο οποίος συμμετέχει στη ζύμωση του ψωμιού μετατρέποντας τη μαλτόζη σε γαλακτικό και οξικό οξύ (Stiles και Holzapfel, 1997).

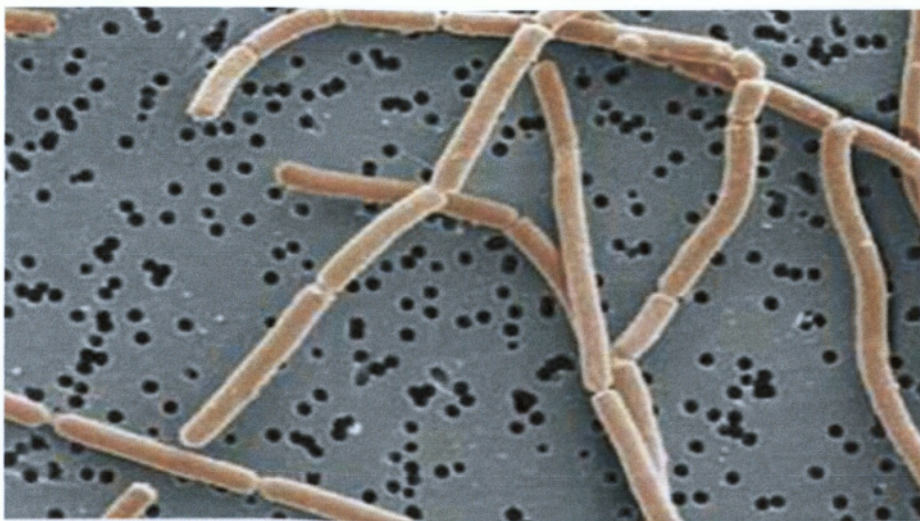
➤ *Lactobacillus bulgaricus*

Ο *Lactobacillus delbrueckii* θεωρούνταν ότι αποτελείται από μια ομάδα τεσσάρων ειδών με πανομοιότυπο φαινότυπο (*Lb. delbrueckii*, *Lb. leichmannii*, *Lb. lactis* και *L. bulgaricus*). Ο γενότυπος αυτός των ειδών εμφανίζεται να έχει ομόλογο DNA 80%, και

εξαιτίας αυτής της ομοιότητας σήμερα θεωρείται ως ένα είδος με τρία υποείδη. Αυτά τα τρία υποείδη, τα οποία δεν διαχωρίζονται με ανάλυση της αλληλουχίας rRNA, είναι ο *Lb. delbrueckii subsp. lactis*, *Lb. delbrueckii subsp. delbrueckii* και *Lb. delbrueckii subsp. bulgaricus*. (Crow και Cui, 2002).

Ο *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* απομονώνεται απ το τυρί και τα γαλακτοκομικά προϊόντα που έχουν υποστεί ζύμωση. Είναι Gram - θετικό βακτήριο και στο γάλα εμφανίζεται σε αλυσίδες ραβδίων (βάκιλλοι) με στρόγγυλο τελείωμα και διαστάσεις $0,5-0,8 \times 2,9-9,0$ μm (Τεχρεία, 1999). Το προϊόν του βασικού μεταβολισμού είναι το D γαλακτικό οξύ σε ποσότητα 18g ανά λίτρο γιαουρτιού. Η ανάπτυξη του πραγματοποιείται σε θερμοκρασία μεταξύ 40 °C – 45 °C, με ελάχιστη τους 22 °C και μέγιστη τους 52,5 °C. Μερικά είδη επιβιώνουν και στους 75 °C για 20-30 min.

Ο *L. bulgaricus* είναι σε μορφή ραβδίων μεμονωμένων ή ανά δύο. Δεν αναπτύσσεται σε αλάτι >2% αλλά αντέχει σε αντιβιοτικά στο γάλα μέχρι σε ποσότητα 0,3 IU πενικιλίνης / ml γάλακτος. Ζυμώνει όλα τα σάκχαρα και από τη λακτόζη παράγει D (-) γαλακτικό οξύ μέχρις οξύτητας 170 °D και καρβονυλικές ενώσεις από τις οποίες οι σπουδαιότερες είναι ακεταλδευδη και ακετόνη για το άρωμα της γιαούρτης. Ακόμη παράγει H₂O₂ από την οξείδωση του NAD (Ζερφυρίδης, 2001).



Εικόνα 1. Αλυσίδες ραβδίων του *Lactobacillus bulgaricus*

Παράγει λίγα ελεύθερα λιπαρά οξέα χαμηλού μοριακού βάρους και δημιουργεί λίγη πρωτεόλυση, απαραίτητη για τη συμβίωση του με τον *S. thermophilus*. Έχει ανταγωνιστική δράση κατά των παθογόνων μικροοργανισμών γι' αυτό και ορισμένα τουλάχιστον στελέχη του επιβιώνουν στο έντερο του ανθρώπου. Τα κύρια χαρακτηριστικά του συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6. Φυσιολογικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά του *L. bulgaricus*

Περιεκτικότητα GC (mol %)	Πρωτεολυτική δραστηριότητα	Γαλακτικό οξύ	Βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης (°C)	Μέγιστη θερμοκρασία ανάπτυξης (°C)	Ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης (°C)	Βέλτιστο pH ανάπτυξης	NH ₃ παραγόμενη από αργινίνη
49-51	Μέση	D	40-50	62	22	5.5-5.8	Όχι

Πηγή: Texeira, 1999

➤ *Lactobacillus helveticus*

Ο *Lactobacillus helveticus* είναι θετικά Gram βακτήριο και στο γάλα εμφανίζεται σε αλυσίδες ραβδίων διαμέτρου 0,5 - 1,1 μm. Πρόκειται για θερόφιλο λακτοβάκιλλο που στο παρελθόν υπήρξε γνωστό ως *Thermobacterium helveticus*. Τα στελέχη του απομονώθηκαν κυρίως από γαλακτοκομικά προϊόντα, όπως το ξινό γάλα και το τυρί. Ο *L. helveticus* δεν αναπτύσσεται στους 15 °C. Αντίθετα, η ανάπτυξη του πραγματοποιείται επαρκώς στου 45 °C, με τα περισσότερα στελέχη να παρουσιάζουν μέγιστη θερμοκρασία τους 50-52 °C.

Ο *L. helveticus* χρησιμοποιείται ευρέως ως αρχική καλλιέργεια για την παραγωγή της γιαούρτης και επιδορπίων τύπου γιαούρτης, συνήθως σε συνδυασμό με το *S. thermophilus*. Ανήκει στους υποχρεωτικά ομοζυμωτικούς λακτοβάκιλλους και ζυμώνουν τις εξόζες, με αποτέλεσμα την παραγωγή γαλακτικού οξέος. Όλα τα στελέχη ζυμώνουν τη λακτόζη, τη γαλακτόζη και τη γλυκόζη και ορισμένα στελέχη ζυμώνουν και τη φρουκτόζη, τη μαλτόζη, τη μαννόζη και την τρεαλόζη.

Ο *L. helveticus* παράγει λιγότερο D (-) γαλακτικό οξύ από ό, τι *Lb. delbrueckii subsp. bulgaricus* κατά τη διάρκεια της ζυμώσεως του γάλακτος. Στην περίπτωση της γιαούρτης προοριζόμενης για βρέφη, όπου πιθανώς η παρουσία του D (-) ισομερούς μπορεί να αποτελεί πρόβλημα, ο *L. helveticus* είναι ο προτιμώμενος εκκίνητης (Crow και Cuppy, 2002).

1.9.3 Στρεπτόκοκκοι

Τα στελέχη του γένους *Streptococcus* περιγράφονται με βάση τα μορφολογικά, φυσιολογικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά. Έχουν μορφή κόκκων που σχηματίζουν μεγάλες αλυσίδες και περιλαμβάνουν ένα μεγάλο εύρος οργανισμών ανάμεσα στους οποίους τα ισχυρά παθογόνα βακτήρια *S. pneumoniae*, *S. pyogenes* και *S. agalactiae*, την εντερική ομάδα *S. faecalis* και *S. faecium* και τα βακτήρια που λειτουργούν ως καλλιέργειες εκκίνησης *S. cremoris* και *S. lactis*.

Οι στρεπτόκοκκοι έχουν πολύπλοκες τροφικές απαιτήσεις και ευδοκμούν σε περιβάλλοντα με επαρκείς πηγές πρωτεϊνών και υδατανθράκων, συμπεριλαμβανομένων των ιστών του εντερικού σωλήνα, του γάλακτος και των γαλακτοκομικών, των λαχανικών κ.α.

➤ *Streptococcus thermophilus*

Ο *Streptococcus thermophilus* έχει ταξινομηθεί ως *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* επειδή η ομολογία του DNA ανάμεσα *S. salivarius* και *S. thermophilus* έχει βρεθεί σε ποσοστό 75-97% (Farrow και Collins, 1984). Ωστόσο αυτά τα γενετικά δεδομένα δεν υποστηρίχτηκαν από μεγάλο αριθμό ταξινομικών μελετών και έτσι οι περισσότερες πηγές έχουν επιστρέψει στην παλιά ονοματολογία του *S. thermophilus* (Hardie και Wiley, 1995).

Το *S. thermophilus* είναι το μοναδικό στέλεχος των στρεπτόκοκκων που χρησιμοποιείται ως καλλιέργεια εκκίνησης στη βιομηχανία τροφίμων και είναι το βασικό στοιχείο στην παραγωγή γιαουρτιού και τυριού. Τα κύτταρα του έχουν σφαιρική ή ωσειδή μορφή με διάμετρο μικρότερη από 1 μm και σχηματίζουν ζεύγη ή αλυσίδες. Η ανάπτυξη του πραγματοποιείται σε θερμοκρασία μεταξύ 40- 45 °C, με ελάχιστη τους 20-25 °C και μέγιστη τους 47-50 °C. Προκαλεί τη ζύμωση περιορισμένου αριθμού σακχάρων μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται η λακτόζη, η φρουκτόζη, σακχαρόζη και γλυκόζη. Ο *Streptococcus thermophilus* χαρακτηρίζεται επίσης από το ότι είναι σχετικά ευαίσθητος στα αντιβιοτικά και έχει χαμηλή πρωτεολυτική δραστηριότητα (Pearce και Flint, 2002).

Για να επιτευχθεί η βέλτιστη ανάπτυξη του απαιτούνται βιταμίνες του συμπλέγματος Β και κάποια αμινοξέα. Η μορφολογία τους επηρεάζεται από θρεπτικά μέσα και θερμοκρασίες, καθώς επίσης από την παρουσία αντιβιοτικών ή άλλων φαρμακευτικών ουσιών του γάλακτος. Αναλυτικότερα, το *S. thermophilus* είναι Gram- θετικό βακτήριο με σφαιρικό/ ωσειδές κύτταρο διαμέτρου 0,7-0,9 μm. Στο γάλα εμφανίζεται σε μακριές αλυσίδες των 10-20 κύτταρων. Το προϊόν του βασικού μεταβολισμού είναι το L γαλακτικό οξύ σε ποσότητα 10 g ανά λίτρο γιαουρτιού. Η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης είναι 37 °C αναερόβια (Robinson et al, 2002).



Εικόνα 2. Κόκκοι του *Streptococcus thermophilus*

Επιπλέον, είναι πολύ ευαίσθητος στα αντιβιοτικά (>0,01 IU πενικιλίνης/ ml γάλακτος). Αναπτύσσονται σε 2% αλάτι και παράγουν NH₃ από αργινίνη. Από τα σάκχαρα δεν ζυμώνει τη μαλτόζη. Από τη λακτόζη σχηματίζει κυρίως L (+)γαλακτικό οξύ μέχρι οξύτητας 80 °D ελάχιστα ελεύθερα λιπαρά οξέα χαμηλού μοριακού βάρους και αρωματικές ουσίες. Μερικά στελέχη σχηματίζουν κάψουλες και πολυσακχαρίτες. Σε θρεπτικό μέσο γλυκόζης και ελεγχόμενο pH, ο *S. thermophilus* παράγει φουμαρικό οξύ, το οποίο ευνοεί την ανάπτυξη του *Lactobacillus delbreueckii subsp. bulgaricus*, το οποίο στη συνέχεια με την πρωτεολυτική του δράση επιτρέπει την ανάπτυξη του στρεπτόκοκκου στο γάλα (Καλατζόπουλος, 1987). Τα κύρια χαρακτηριστικά του συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 7. Φυσιολογικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά του *S. thermophilus*.

Περιεκτικότητα GC (mol %)	Πρωτεολυτική δραστηριότητα	Γαλακτικό οξύ	Βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης (°C)	Μέγιστη θερμοκρασία ανάπτυξης (°C)	Ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης (°C)	Βέλτιστο pH ανάπτυξης	NH ₃ παραγόμενη από αργινίνη
49-51	Ελάχιστη	L	40-50	50-52	20-25	4.0-4.5	Όχι

Πηγή: Zirnesstein και Hutkins, 1999

1.10 Γαλακτική ζύμωση γάλακτος

1.10.1 Συμβίωση

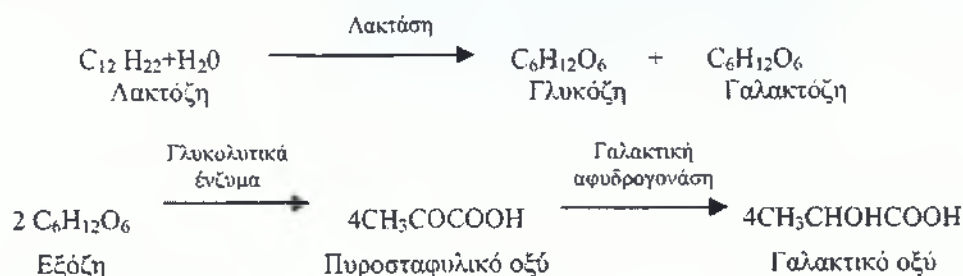
Με τον όρο συμβίωση εννοούμε το φαινόμενο με το οποίο υπάρχει αμοιβαία σχέση ανάπτυξης, δηλαδή ο ένας μικροοργανισμός υποβοηθά τον άλλο στην ανάπτυξη του. Αυτό οφείλεται σε κάποια από τα χαρακτηριστικά τους, όπως περιγράφονται παρακάτω (Κεχαγιάς, 2011):

- Και οι δύο ζυμώνουν τη λακτόζη και παράγουν γαλακτικό οξύ. Επομένως αυτό θα πήξει αν προστεθούν ξεχωριστά στο γάλα. Στην πράξη συνηθίζεται να προστίθενται συγχρόνως ως καλλιέργεια.
- Η μορφή L (+) γαλακτικού οξέως που παράγει κυρίως ο *S. thermophilus* μεταβολίζεται ευκολότερα από τον ανθρώπινο οργανισμό, σε αντίθεση με τον D (-) του *L. bulgaricus*.
- Ο *S. thermophilus* εμφανίζεται με τη μορφή κόκκων, είναι θερμοφύλος, είναι αρκετά ευαίσθητος στα αντιβιοτικά και παράγει μέχρι 0,60% γαλακτικό. Τέλος έχει μικρή πρωτεολυτική δραστικότητα.
- Ο *L. bulgaricus* εμφανίζεται με τη μορφή ράβδιών, είναι θερμοφύλος και συγκριτικά με τον *S. thermophilus* είναι λιγότερο ευαίσθητος στα αντιβιοτικά. Επιπλέον, παράγει μεγαλύτερες ποσότητες γαλακτικού οξέος και είναι πιο οξυάντοχος. Τέλος, είναι πιο πρωτεολυτικός και παράγει μεγαλύτερες ποσότητες αρωματικών ουσιών και κυρίως ακεταλδεύδης.

Το *S. thermophilus* είναι το μοναδικό στέλεχος των στρεπτόκοκκων που χρησιμοποιείται ως καλλιέργεια εκκίνησης στη βιομηχανία τροφίμων και είναι το βασικό στοιχείο στην παραγωγή γιαουρτιού και τυριού. Πιο αναλυτικά, εφαρμόζεται σε καλλιέργειες εκκίνησης ανάμεικτων στελεχών σε συνδυασμό με τα στελέχη *Lactobacillus delbreueckii subsp. bulgaricus*, *Lactobacillus* και *lactis Lactobacillus helveticus*, με βέλτιστη θερμοκρασία επώασης μεγαλύτερη των 40°C. Τα στελέχη *S. thermophilus* και *L. bulgaricus* δρουν συμβιωτικά μεταξύ τους αλλά έχουν μεγάλη ευαισθησία στις αντιμικροβιακές ουσίες και τους βακτηριοφάγους.

Σε διάφορα οξυγαλακτικά βακτήρια η λακτόζη εισέρχεται στο κύτταρο μέσω της περμέασης της λακτόζης και στη συνέχεια αποικοδομείται από την β-γαλακτοσιδάση προς γλυκόζη και γαλακτόζη (Fox et al, 1990). Η γλυκόζη με την επίδραση συστήματος ενζύμων

γλυκολύεται σε γαλακτικό οξύ. Η γαλακτόζη αρχικά μετατρέπεται σε γλυκόζη και ακολούθως υφίσταται τις υπόλοιπες γλυκολυτικές αντιδράσεις σύμφωνα με Meyerhof-Emden σύστημα (Pearce και Flint, 2002). Μια συνοπτική παράσταση της γαλακτικής ζύμωσης παρουσιάζεται παρακάτω.

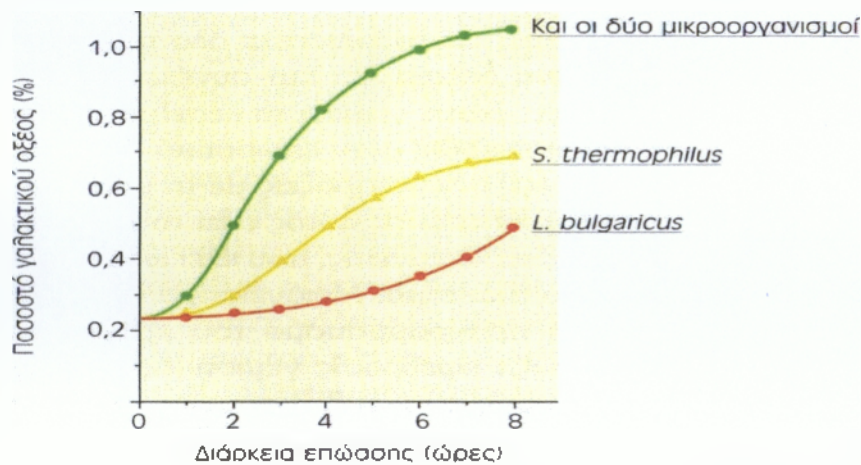


Εικόνα 3. Γαλακτική ζύμωση

Διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών στη διεργασία της ζύμωσης που στοχεύει στην παραγωγή γαλακτικού οξέος. Εκτός από τις σύνθετες διατροφικές απαιτήσεις, η θερμοκρασία είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Υπάρχει μια βέλτιστη θερμοκρασία στην οποία ο ρυθμός ανάπτυξης είναι μεγαλύτερος και αυτό εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των χρησιμοποιούμενων μικροοργανισμών. Όταν η θερμοκρασία του μέσου είναι πάνω ή κάτω από εκείνο που απαιτείται για τη βέλτιστη ανάπτυξη, η μικροβιακή δραστηριότητα μειώνεται σημαντικά και ο οργανισμός μπορεί τελικά να πεθάνει (Parnjit et al., 2007). Η παραγωγή γαλακτικού οξέως από τη ζύμωση μπορεί να πραγματοποιείται σε συγκριτικά υψηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα βακτήρια. Σε ζυμώσεις, ο *Lactobacillus delbrueckii* μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θερμοκρασία 45 °C, ενώ οι *Lactobacillus helveticus*, και *Lactobacillus acidophilus* μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε θερμοκρασίες από 37-45 °C. Ωστόσο, για άλλα βακτήρια, όπως ο *Lactobacillus casei*, προτιμάται θερμοκρασία 28-35 °C. Η συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου στο περιβάλλον κατά τη διάρκεια της ζύμωσης επηρεάζει επίσης την ανάπτυξη των μικροβίων και το ρυθμό παραγωγής του προϊόντος. Ακόμη, το pH επηρεάζει τουλάχιστον δύο πτυχές των

μικροβιακών κυττάρων, τη λειτουργία των ενζύμων και τη μεταφορά των θρεπτικών ουσιών μέσα στο κύτταρο. Οι τιμές του pH επηρεάζουν επίσης το RNA και την πρωτεϊνική σύνθεση (Κλονγυchev et al., 1979). Για ταχεία και πλήρη ζύμωση, το βέλτιστο εύρος pH είναι 5,5-6,0 και σε ορισμένες περιπτώσεις, 6,0-6,5, ανάλογα με τους οργανισμούς που χρησιμοποιούνται.

Στη προκειμένη περίπτωση, διαπιστώθηκε ότι ο *L. bulgaricus* συμβάλει στην ανάπτυξη του *S. thermophilus* με την απελευθέρωση αμινοξέων από τη καζεΐνη. Αναλυτικότερα, ο *S. thermophilus* αρχικά αναπτύσσεται καλύτερα, όπως φαίνεται και στον παρακάτω σχήμα, αλλά όταν η οξύτητα ξεπεράσει τους 100 °D τότε το βακτήριο αυτό περιορίζεται δραστικά λόγω του χαμηλού pH και ο *L. bulgaricus* εξακολουθεί να αναπτύσσεται.



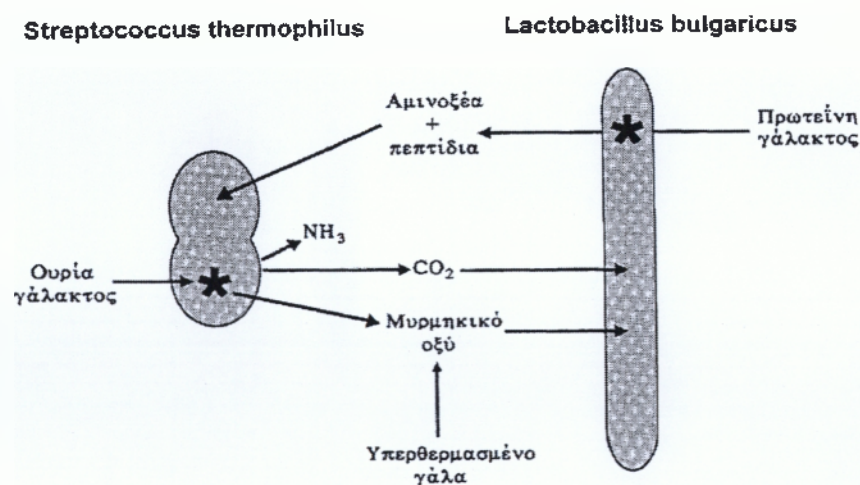
Πηγή:

IDF Bulletin 227,1988

Σχήμα 3. Παραγωγή γαλακτικού οξέος από τους μικροοργανισμούς της γιαούρτης ανάλογα με τον τρόπο ανάπτυξης

Ο *S. thermophilus* παράγει μωρμηκικό οξύ και αποτελεί διεγερτικό παράγοντα ανάπτυξης του *L. bulgaricus*. Μικρές ποσότητες μωρμηκικού οξέος παράγονται και κατά τη θερμική επεξεργασία του γάλακτος. Παράλληλα, ο *L. bulgaricus* υποβοηθάτε στην ανάπτυξη

του από το CO₂ που παράγεται σε μικρές ποσότητες απ τον *S. thermophilus* και μ' αυτόν τον τρόπο αναπληρώνεται το CO₂ που χάνεται κατά την θερμική επεξεργασία του γάλακτος. Ο *L. bulgaricus*, με το εντονότερο πρωτεολυτικό ενζυμικό σύστημα που διαθέτει, παράγει επίσης αρχικά διάφορα αμινοξέα και πεπτίδια που βοηθούν στην ανάπτυξη του *S. thermophilus*. Όταν οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται μαζί ο *L. bulgaricus* έχει την ικανότητα να παράγει μεγαλύτερες ποσότητες γαλακτικού οξέος οι οποίες αναστέλλουν την ανάπτυξη του *S. thermophilus* (Κεχαγιάς, 2011). Τα τελικά προϊόντα είναι το γαλακτικό οξύ, ακεταλδεΐδη, οξικό οξύ, διακετύλιο και ακετοΐνη. Οι διεγερτικοί παράγοντες συμβίωσης των βακτηρίων της γιαούρτης δίνονται παραστατικά στο σχήμα που ακολουθεί.



Πηγή: Chandam, 1989

Σχήμα 4. Συνεργαστική δράση των *S. thermophilus* και *L. bulgaricus* κατά την παραγωγή γιαούρτης

1.11 ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΑ

Τα προβιοτικά μικρόβια είναι ζωντανοί μικροοργανισμοί οι οποίοι όταν χωνεύονται σε ορισμένους αριθμούς ασκούν ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία οι οποίες ξεπερνούν την σημασία που έχουν τα συστατικά τους για την βασική διατροφή. Ως προβίωση μπορεί να οριστεί η «θετική επίδραση από την κατανάλωση ζυμωμένων γαλακτοκομικών προϊόντων με οξυγαλακτικά βακτήρια, στην ισορροπία της εντερικής χλωρίδας» (Tomasik & Tomasik, 2003). Τα προβιοτικά έχουν σημαντικές ιδιότητες ανάμεσα στις οποίες

- Ασκούν ωφέλιμη δράση στον οργανισμό.
- Είναι μη παθογόνα και μη τοξικά.
- Είναι ζώντες μικροοργανισμοί.
- Είναι ικανά να αποικήσουν το έντερο και να συμμετέχουν στην διαδικασία του μεταβολισμού.
- Είναι ικανά να αποικήσουν άλλους βλενογόνους (π.χ. κολπικός βλενογόνος), με αποτέλεσμα την πρόληψη ή την αντιμετώπιση τοπικών λοιμώξεων.
- Ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα.

Τα προβιοτικά έχουν τη δυνατότητα να διατηρούν την ισορροπία της εντερικής χλωρίδας και να επηρεάζουν το ανοσοποιητικό μας σύστημα. Ανταγωνίζονται τα παθογόνα βακτήρια και τα παρεμποδίζουν να εγκατασταθούν, καταλαμβάνοντας τους υποδοχείς των κυττάρων του εντέρου και καταναλώνοντας τα θρεπτικά συστατικά που τα παθογόνα θα χρησιμοποιούσαν. Αυτό επιτυγχάνεται με την ικανότητα τους να προσκολλώνται στα τοιχώματα του εντέρου αυξάνοντας τον αριθμό τους σε σχέση με τα παθογόνα βακτήρια, ρυθμίζοντας έτσι την εντερική μικροχλωρίδα άμεσα.

Η κατανάλωση τέτοιων οργανισμών έχει θετική επίδραση στην υγεία του εντέρου, αυξημένη βιοπροσβασιμότητα των λιπιδίων και των πρωτεϊνών, μειωμένη αλλεργία σε τρόφιμα, καθώς και πλεονεκτήματα που προέρχονται από τη παραγωγή βιταμινών των ομάδων Β και Κ (Santos et al, 2006). Για το λόγο αυτό συμπεριλαμβάνονται στο διαιτολόγιο προϊόντα όπως είναι τα ζυμωμένα γάλατα τα οποία περιέχουν ζωντανές καλλιέργειες

μικροοργανισμών που θεωρούνται ωφέλιμοι. Αυτοί συνήθως είναι γαλακτικά βακτήρια αλλά έχουν αναφερθεί και *Bacillus spp.*, *Saccharomyces spp.*, *Aspergillus spp.* και άλλα σε διάφορα προϊόντα. Ο παρακάτω πίνακας δίνει τα κοινά ευεργετικά προβιοτικά στα ζυμωμένα γάλατα.

Πίνακας 8. Μικροοργανισμοί με ευεργετικές προβιοτικές και διαιτητικές ιδιότητες στα ζυμωμένα γάλατα.

<i>Bifidobacterium bifidum</i>
<i>Bifidobacterium infantis</i>
<i>Bifidobacterium longum</i>
<i>Bifidobacterium animalis</i> (<i>Bifidobacterium lactis</i>)
<i>Enterococcus faecium</i> (πρώην <i>Streptococcus faecium</i>)
<i>Lactobacillus acidophilus</i>
<i>Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus</i>
<i>Lactobacillus casei</i>
<i>Lactobacillus paracasei</i>
<i>Lactobacillus plantarum</i>
<i>Lactobacillus reuteri</i>
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>
<i>Pediococcus adicilactici</i>
<i>Probionibacterium freudenreichii</i>

Πηγή: Fondén et al, 2000

Οι μικροοργανισμοί της γιαούρτης και ιδιαίτερα ο *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* δεν έχουν την ίδια επιτυχία επιβίωσης και εγκατάστασης με τη μορφή αποικιών στο πεπτικό σύστημα, όπως οι μικροοργανισμοί που έχουν απομονωθεί από αυτό (*Bifidobacteria*, *L. casei*, *L. acidophilus*). Η επιβίωση και η εγκατάσταση στο πεπτικό σύστημα είναι μια από τις επιθυμητές ιδιότητες που λαμβάνεται υπόψη κατά την επιλογή των προβιοτικών μικροοργανισμών. Αναλυτικότερα, διαφορετικά είδη προβιοτικών καθώς και διαφορετικά

στελέχη του ίδιου είδους, έχουν χαρακτηριστικές ιδιότητες οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά την επιβίωσή τους στα τρόφιμα, τις ζυμωτικές και προβιοτικές τους ιδιότητες (Klaenhammer, 2001). Η επιλογή των κατάλληλων κάθε φορά στελεχών έχει ιδιαίτερη σημασία τόσο για την συμπεριφορά της καλλιέργειας, όσο και για την εκδήλωση των προβιοτικών ιδιοτήτων της.

Πίνακας 9. Κριτήρια επιλογής μικροοργανισμών με προβιοτικές ιδιότητες

Καταλληλότητα

- Ασφάλεια, μη τοξικότητα, μη παθογένεια, γενικά αναγνωρισμένο ως ασφαλές (GRAS)
- Προέλευση από τη φυσιολογική μικροχλωρίδα του οργανισμού

Τεχνολογική καταλληλότητα

- Επαρκής ανάπτυξη
- Επιβίωση πληθυσμού (10⁷ έως 10⁹ cfu/g)
- Συντήρηση των επιθυμητών χαρακτηριστικών κατά την προετοιμασία και συντήρηση της καλλιέργειας
- Επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά στα τρόφιμα
- Διατήρηση φαινοτυπικών ιδιοτήτων

Αντοχή

- Ικανότητα επιβίωσης, ανάπτυξης και μεταβολικής δραστηριότητας σε συνθήκες *in vivo*
- Αντοχή στα χολικά άλατα
- Αντοχή σε χαμηλό pH
- Αντοχή στα αντιβιοτικά
- Ικανότητα ανταγωνισμού με τη φυσιολογική μικροχλωρίδα, ανθεκτικότητα στις βακτηριοσίνες καθώς και στις αντιμικροβιακές ουσίες που παράγονται από τη μικροχλωρίδα του εντέρου
- Ακίνητοποίηση στο επιθήλιο του εντέρου

Επίδραση στην υγεία

- Ικανότητα έκφρασης μίας ή περισσότερων κλινικά αποδεδειγμένων ευεργετικών για την υγεία ιδιοτήτων
- Ανταγωνισμός στους παθογόνους μικροοργανισμούς
- Παραγωγή αντιμικροβιακών ουσιών
- Αντικαρκινικές-αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες
- Διέγερση του ανοσοποιητικού συστήματος και παραγωγή βιοενεργών ενώσεων.

Πηγή: Ouwelandet al., 1999; Klaenhammer, 2001

Σύμφωνα με τους οργανισμούς FAO/WHO (2002) οι σημαντικότερες *in vitro* δοκιμές για την επιλογή προβιοτικών μικροοργανισμών είναι (FAO/WHO, 2002):

- Η αντοχή στην οξύτητα του στομάχου και στα χολικά άλατα
- Η ακινητοποίηση στα επιθηλιακά κύτταρα
- Η αντιμικροβιακή δραστηριότητα έναντι δυνητικά παθογόνων μικροοργανισμών
- Η ικανότητα περιορισμού της ακινητοποίησης των παθογόνων μικροοργανισμών
- Η δραστικότητα στην υδρόλυση των χολικών αλάτων
- Η αντοχή στις φαρμακευτικές ουσίες στην περίπτωση που η χορήγηση των προβιοτικών μικροοργανισμών πραγματοποιηθεί ενδοκοιλιακά.

Η προστασία και η επιβίωση της καλλιέργειας επιταχύνεται ως ένα βαθμό με την προσθήκη τους σε γαλακτοκομικά προϊόντα και με την προσθήκη παραγόντων που εμποδίζουν το pH. Επιπλέον, η παραγωγή προβιοτικών τροφίμων καθορίζεται από τις τεχνολογικές ιδιότητες των βακτηρίων. Για τον λόγο αυτό τα παραγόμενα προϊόντα είναι επιθυμητό να παρουσιάζουν συγκεκριμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και να έχουν ικανοποιητικούς ρυθμούς ζύμωσης και υψηλή βιωσιμότητα.

Τα ζυμώμενα προϊόντα γάλακτος και ιδιαίτερα η γιαούρτη χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια για την βελτίωση της υγείας του ανθρώπου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα οξυγαλακτικά βακτήρια παρεμποδίζουν την ανάπτυξη διαφόρων παθογόνων μικροοργανισμών. Οι καλλιέργειες που περιλαμβάνουν προβιοτικά επιδρούν τόσο στη μικροχλωρίδα όσο και στις μεταβολικές και ενζυμικές δραστηριότητες των παθογόνων μικροοργανισμών. Οι αλλαγές στη μικροχλωρίδα συσχετίζονται με τη μείωση της παραγωγής των καρκινογόνων ουσιών από τους μικροοργανισμούς του γαστρεντερικού σωλήνα. Επιπλέον, τα προβιοτικά βελτιώνουν τη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος στο γαστρεντερικό σωλήνα με τα κυτταρικά τους συστατικά και την επίδραση στη μικροχλωρίδα. Οι θετικές επιδράσεις αυτών των μικροοργανισμών καθώς και οι πιθανοί μηχανισμοί παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 10. Κριτήρια επιλογής μικροοργανισμών με προβιοτικές ιδιότητες

Πιθανή θετική επίδραση	Μηχανισμοί
Αντιμετώπιση δυσανεξίας στη λακτόζη	<ul style="list-style-type: none"> • Δράση των ενζύμων λακτασών των μικροοργανισμών • Απελευθέρωση των ενζύμων λακτασών των μικροοργανισμών στο έντερο
Αντίσταση στους παθογόνους μικροοργανισμούς του εντέρου	<ul style="list-style-type: none"> • Ανταγωνισμός στην αποίκηση • Δημιουργία αντίξοων συνθηκών για τους παθογόνους μικροοργανισμούς
Αντικαρκινικές ιδιότητες	<ul style="list-style-type: none"> • Αντιμεταλλαξιογόνος δράση • Περιορισμός της δράσης προκαρκινικών ενζύμων
Ενίσχυση ανοσοποιητικού συστήματος	<ul style="list-style-type: none"> • Ενδυνάμωση της άμυνας του ανθρώπινου οργανισμού έναντι των λοιμώξεων
Καρδιαγγειακά νοσήματα	<ul style="list-style-type: none"> • Μείωση της χοληστερόλης

Πηγή: Ouwehand et al., 1999; Zubillaga et al., 2001; Klaenhammer, 2001; Holzapfel and Schillinger, 2002

Οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται στην παρασκευή των ζυμωμένων γαλακτοκομικών προϊόντων, εκτός από τις ευνοϊκές επιδράσεις στην υγεία, θα πρέπει να έχουν ιδιότητες που να εξυπηρετούν την τεχνολογία και την αποδοχή των προϊόντων από τους καταναλωτές. Πιο συγκεκριμένα, οι μικροοργανισμοί της γιαούρτης, έναντι των προβιοτικών μικροοργανισμών που αποτελούν μέρος της εντερικής χλωρίδας του ανθρώπου, παρουσιάζουν τεχνολογικά πλεονεκτήματα στο τομέα αυτό καθώς:

- Αναπτύσσονται εύκολα στο γάλα
- Πήζουν το γάλα σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα

- Τα οργανοληπτικά συστατικά του γάλακτος μετά το πήξιμο είναι πιο αποδεκτά από τους καταναλωτές
- Παρουσιάζουν καλύτερη σταθερότητα κατά την επεξεργασία και αποθήκευση των προϊόντων και είναι λιγότερο ευαίσθητοι στο οξυγόνο (Κεχαγιάς, 2011).

Μία άλλη θετική επίδραση της γιαούρτης στον οργανισμό είναι η απελευθέρωση βιοδραστικών πεπτιδίων. Οι πρωτεΐνες εκτός από την θρεπτική αξία, έχουν βιολογικές και φυσικοχημικές ιδιότητες. Σε έρευνες που έγιναν τα τελευταία χρόνια αποδείχτηκε ότι η καζεΐνη και οι πρωτεΐνες του ορού μπορούν να αποτελέσουν σημαντικές πηγές βιοδραστικών πεπτιδίων. Τα βιοδραστικά πεπτιδία μπορούν να οριστούν ως «συστατικά που προέρχονται από τρόφιμα και τα οποία εκτός από τη θρεπτική αξία, επιδρούν στο ανθρώπινο σώμα σε επίπεδο φυσιολογίας» (Vermeirssen et al., 2004). Ορισμένα βιοδραστικά πεπτιδία που προέρχονται από το γάλα παρουσιάζουν μια συνδυαστική δράση.

Πρέπει όμως να επισημάνουμε ότι, όπως και για τους άλλους προβιοτικούς μικροοργανισμούς, έτσι και στην περίπτωση των μικροοργανισμών της γιαούρτης απαιτείται η συνέχιση των ερευνητικών προσπαθειών για περαιτέρω τεκμηρίωση των ευνοϊκών επιδράσεων καθώς δεν υπάρχει απόλυτη ταύτιση απόψεων ως προς το θέμα αυτό.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

2.1 Παραγωγή γιαούρτης

Για την παρασκευή γιαούρτης χρησιμοποιήθηκε παστεριωμένο γάλα αγελάδας του εμπορίου (3,7% λιπαρά). Η θερμοφίλη καλλιέργεια γιαούρτης, CH-1 που αποτελείται από συγκεκριμένες καλλιέργειες *S. thermophilus* και *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* σε λυοφιλωμένη μορφή (Chr. Hansen, Horsholm, Denmark) χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία. Πριν από την χρήση η CH-1 καλλιέργεια ενεργοποιήθηκε προσθέτοντας ένα φακελάκι των 50U (αποτελούμενο από $\sim 1 \times 10^6$ cfu/g *S. thermophilus* και $\sim 1 \times 10^8$ cfu/g *L. delbrueckii ssp. bulgaricus*) σε 500 mL αποστειρωμένου 14% (w/v) αποβουτυρωμένου γάλακτος.

Το παστεριωμένο γάλα θερμάνθηκε στους 42-45°C και στη συνέχεια προστέθηκε η καλλιέργεια *L. casei* ή *L. helveticus*. Μετά από 15 min προστέθηκε η καλλιέργεια γιαούρτης CH-1 σε αναλογία 0,3% (v/v). Το σύστημα αφού αναμίχθηκε καλά αφέθηκε σε ηρεμία έως ότου το pH φτάσει σε τιμή 4,7 και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν αμέσως στους 4°C για έως 28 ημέρες. Παρασκευάστηκαν 4 διαφορετικά γιαούρτια με διαφορετική καλλιέργεια το καθένα σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 11 Οι διάφοροι τύποι γιαούρτης που παρασκευάστηκαν στην παρούσα εργασία με βάση τους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιήθηκαν.

Κωδικός γιαούρτης	<i>L. casei</i>	<i>L. helveticus</i>	CH-1
L. H.	OXI	0,5% w/v	0,3%v/v
L. C.	0,5% w/v	OXI	0,3%v/v
L.C – L. H.	0,25% w/v	0,25% w/v	0,3%v/v
CH-1	OXI	OXI	0,3%v/v

2.2 Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων

➤ Μέτρηση pH

Με πεχάμετρο (βυθίζοντας τα ηλεκτρόδια στο δείγμα μέχρι σταθερής τιμής)

➤ Μέτρηση οξύτητας

Με τη μέθοδο της τιτλοδότησης

Ζυγίζονται 9g δείγματος σε κωνική φιάλη των 100-250 mL. Προστίθεται διπλάσια ποσότητα αποσταγμένου νερού, δείκτης φαινολοφθαλεΐνης και γίνεται τιτλοδότηση με πρότυπο διάλυμα NaOH 0.1N μέχρι να εμφανιστεί ελαφρώς ροζ χρώμα σε όλο τον όγκο του δείγματος. Η έκφραση της οξύτητας σε % γαλακτικό οξύ γίνεται με τον παρακάτω τύπο:

$$\text{Γαλακτικό οξύ (\%)} = \frac{\text{ml } \frac{N}{10} \text{ NaOH} \times 0,009}{\text{Ποσότητα δείγματος}} \times 100$$

➤ Συναίρεση

50 ml δείγματος γιαούρτης τοποθετείται σε υάλινο χωνί στο οποίο έχει τοποθετηθεί ηθμός. Το χωνί τοποθετείται πάνω σε κωνική φιάλη ή ογκομετρικό κύλινδρο και τοποθετείται στο ψυγείο (4°C) για 5 ώρες. Μετά τις 5 ώρες μετράται ο όγκος του τυρογάλακτος που συλλέχτηκε (με σιφώνιο). Ο τύπος που χρησιμοποιείται είναι:

$$\text{STS(\%)} = \frac{V_1}{V_2} \times 100$$

όπου: V1 = ο όγκος του τυρογάλακτος που συλλέχτηκε μετά τις 5 ώρες, V2 = ο όγκος του αρχικού δείγματος γιαούρτης.

➤ **Ικανότητα συγκράτησης νερού (Water Holding Capacity)**

Η ικανότητα συγκράτησης νερού (WHC) των γιαουρτιών θα μετρηθεί με φυγοκέντρηση: 10 g γιαούρτης τοποθετούνται σε φυγοκεντρικό σωλήνα και φυγοκεντρούνται στις 4500 rpm για 30 min στους 10°C.

$$\text{WHC}(\%) = \left(1 - \frac{W_1}{W_2}\right) \times 100$$

όπου: W1 =το βάρος του τυρογάλακτος μετά την φυγοκέντρηση, W2 = το βάρος της γιαούρτης.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Γενικά

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η παραγωγή γιαούρτης χρησιμοποιώντας διαφορετικούς μικροοργανισμούς ως καλλιέργειες εκκίνησης. Πιο αναλυτικά παρασκευάστηκαν γιαούρτια με την παραδοσιακή χλωρίδα της γιαούρτης, δηλαδή *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus bulgaricus* ως μέτρο σύγκρισης για τα γιαούρτια με τις νέες καλλιέργειες. Έτσι μελετήθηκε η χρήση, επιπλέον της καλλιέργειας γιαούρτης, δύο αναγνωρισμένων ως προβιοτικών μικροοργανισμών όπως ο *L. casei* και ο *L. helveticus*. Συγκεκριμένα μελετήθηκε η προσθήκη *L. casei* και *L. bulgaricus* ξεχωριστά αλλά και σε αναλογία 1:1. Το γάλα μαζί με τους μικροοργανισμούς αφέθηκε για ζύμωση στους 42°C μέχρι το pH να φτάσει την τιμή 4,6-4,5. Στη συνέχεια τα παραγόμενα γιαούρτια τοποθετήθηκαν στο ψυγείο (4°C) για 28 ημέρες.

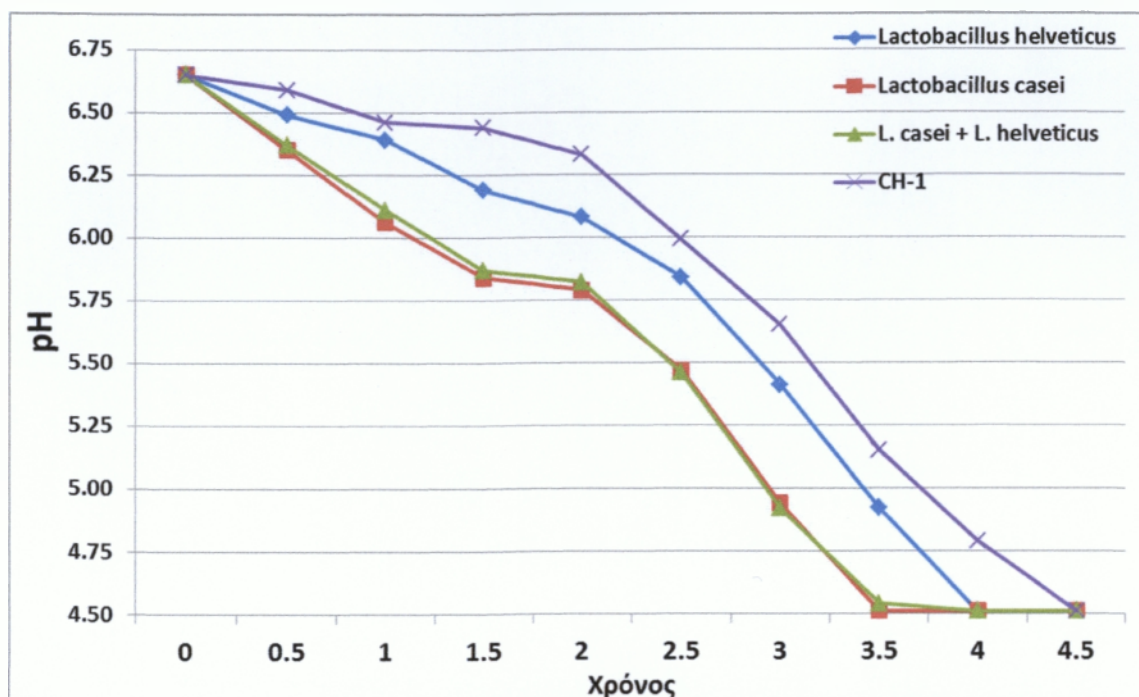
3.2 Επίδραση της καλλιέργειας στην ικανότητα οξίνισης του γάλακτος

Μετά την προσθήκη των καλλιεργειών το γάλα αφέθηκε για ζύμωση στους 42°C και μελετήθηκε η κινητική της πτώσης του pH με μετρήσεις κάθε μισή ώρα έως την τιμή 4,6-4,5. Τα αποτελέσματα από την επίδραση της κάθε καλλιέργειας στην κινητική της πτώσης του pH παρουσιάζονται στον Πίνακα 12.

Πίνακας 12 Κινητική πτώσης του pH κατά την παρασκευή των γιαουρτιών της εργασίας.

Γιαούρτη				
Χρόνος (ώρες)	L.H.	L.C.	L.C. + L.H.	CH-1
0	6,65	6,65	6,65	6,65
0,5	6,49	6,35	6,37	6,59
1,0	6,39	6,06	6,11	6,46
1,5	6,19	5,84	5,87	6,44
2,0	6,08	5,79	5,82	6,33
2,5	5,84	5,47	5,46	5,99
3,0	5,41	4,94	4,92	5,65
3,5	4,92	4,51	4,54	5,15
4,0	4,51	4,51	4,51	4,79
4,5	4,51	4,51	4,51	4,51

Από τα δεδομένα του πίνακα γίνεται φανερό ότι η χρήση μόνο της καλλιέργειας γιαούρτης οδήγησε σε χρόνο πήξης περίπου 4,5 ωρών. Η προσθήκη επιπλέον καλλιέργειας οδήγησε σε μείωση του συνολικού χρόνου πήξης που κυμάνθηκε από 4 ώρες, στην περίπτωση του *L. helveticus*, έως 3,5 ώρες στην περίπτωση του *L. casei*. Ο συνδυασμός των δύο καλλιεργείων οδήγησε σε χρόνο πήξης περίπου 3,8 ωρών. Τα αποτελέσματα αυτά, και συγκεκριμένα η μείωση του χρόνου πήξης κατά μία ώρα στην περίπτωση του *L. casei* σε σχέση με την παραδοσιακή καλλιέργεια γιαούρτης, είναι πολύ σημαντικά από τεχνολογική άποψη. Η μείωση έστω και για μία ώρα του χρόνου πήξης, δηλαδή κατά 23%, είναι πολύ σημαντική για τις γαλακτοβιομηχανίες αφού μειώνει το χρόνο παραμονής των γιαουρτιών στους θαλάμους επώασης αυξάνοντας την παραγωγικότητα του εργοστασίου και μειώνοντας τις ενεργειακές ανάγκες άρα και το κόστος παραγωγής.



Διάγραμμα 4 Γραφική παράσταση της επίδρασης της αρχικής μικροχλωρίδας στην πτώση του pH κατά τη διάρκεια ζύμωσης του γάλακτος

3.3 Επίδραση της καλλιέργειας στο pH των γιαουρτιών κατά την αποθήκευσή τους

Τα αποτελέσματα από την ανάλυση του pH των γιαουρτιών κατά την αποθήκευσή τους στους 4°C παρουσιάζονται στον Πίνακα 13. Σε όλα τα παραγόμενα γιαούρτια η αρχική τιμή του pH ήταν 4,51 ενώ κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης αυτή η τιμή συνεχώς μειωνόταν. Στα γιαούρτια με την παραδοσιακή καλλιέργεια η πτώση αυτή ήταν πιο αργή ενώ η χρήση και άλλων καλλιεργειών οδήγησε σε πιο γρήγορους ρυθμούς. Οι χαμηλότερες τιμές pH προσδιορίστηκαν στα γιαούρτια με *L. casei*, φτάνοντας την τιμή 4,12 στο τέλος της αποθήκευσης στις 28 ημέρες.

Πίνακας 13. Επίδραση του χρόνου αποθήκευσης και της καλλιέργειας που χρησιμοποιήθηκε στο pH των παραγόμενων γιαουρτιών.

Γιαούρτι				
Αποθήκευση (ημέρες)	L.H.	L.C.	L.C. + L.H.	CH-1
0	4,51	4,51	4,51	4,51
1	4,48	4,42	4,45	4,49
7	4,40	4,37	4,41	4,46
14	4,29	4,25	4,30	4,32
28	4,20	4,12	4,21	4,29

3.4 Επίδραση της καλλιέργειας στην οξύτητα των γιαουρτιών κατά την αποθήκευσή τους

Τα αποτελέσματα από την ανάλυση της τιτλοδοτούμενης οξύτητας, εκφρασμένης σε g γαλακτικού οξέος/g γιαούρτης, των γιαουρτιών κατά την αποθήκευσή τους στους 4°C παρουσιάζονται στον Πίνακα 14. Η χρήση μικροοργανισμών *L. casei* και *L. helveticus* οδήγησε σε υψηλότερες τιμές τιτλοδοτούμενης οξύτητας σε σχέση με το παραδοσιακό γιαούρτι. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης οι καλλιέργειες σε όλα τα γιαούρτια της παρούσης εργασίας συνέχισαν την παραγωγή γαλακτικού οξέος οδηγώντας σε όλο και υψηλότερες τιμές τιτλοδοτούμενης οξύτητας. Οι υψηλότερες τιμές προσδιορίστηκαν στα γιαούρτια με *L. casei* φτάνοντας τιμές 0,88g γαλακτικού οξέος/g γιαούρτης.

Πίνακας 14. Επίδραση του χρόνου αποθήκευσης και της καλλιέργειας που χρησιμοποιήθηκε στη τιτλοδοτούμενη οξύτητα (g γαλακτικού οξέος/g γιαούρτης) των παραγόμενων γιαουρτιών.

Αποθήκευση (ημέρες)	Γιαούρτη			
	L.H.	L.C.	L.C. + L.H.	CH-1
0	0,73	0,74	0,73	0,75
1	0,75	0,76	0,75	0,75
7	0,77	0,79	0,77	0,76
14	0,79	0,81	0,79	0,80
28	0,84	0,88	0,85	0,83

3.5 Επίδραση της καλλιέργειας στη συναίρεση και στη ικανότητα συγκράτησης νερού των γιαουρτιών κατά την αποθήκευσή τους

Ως «διαχωρισμός τυρογάλακτος» (wheying-off) ορίζεται η αποβολή του τυρογάλακτος από το πλέγμα των πρωτεϊνών του γιαουρτιού το οποίο στη συνέχεια γίνεται ορατό σαν επιφανειακό τυρόγαλα. Το φαινόμενο αυτό επηρεάζει αρνητικά την αντίληψη των καταναλωτών για τη γιαούρτη, οι οποίοι θεωρούν ότι υπάρχει κάποιο πρόβλημα σε αυτή που οφείλεται σε μικροβιολογικά αίτια. Οι παραγωγοί γιαούρτης χρησιμοποιούν συνήθως σταθεροποιητές όπως η πηκτίνη, η ζελατίνη και το άμυλο σε μια προσπάθεια να αποτρέψουν την εμφάνιση του τυρογάλακτος. Μια άλλη μέθοδος για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα είναι η αύξηση των στερεών συστατικών της γιαούρτης και ιδιαίτερα του ποσοστού των πρωτεϊνών.

Η αυθόρμητη συναίρεση, η οποία είναι η καταστροφή του πλέγματος της γιαούρτης χωρίς την εφαρμογή κάποιας εξωτερικής δύναμης (π.χ. μέσω φυγοκέντρωσης), είναι συνήθως η κύρια αιτία του διαχωρισμού του τυρογάλακτος (Riener et al., 2010). Ο αυθόρμητος διαχωρισμός του τυρογάλακτος συσχετίζεται με ένα ασταθές πλέγμα, το οποίο μπορεί να προκληθεί από καταστροφή του ασθενούς πλέγματος της γιαούρτης (π.χ. λόγω ανάδευσης ή λόγω κοψίματος) (Lucey et al., 1998). Η συναίρεση θεωρείται ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα στη βιομηχανία γιαούρτης και σχετίζεται άμεσα με τη δομή του πλέγματος των μικελλών των πρωτεϊνών (Tamime, και Robinson, 2007).

Στην παρούσα εργασία η χρήση των νέων καλλιεργειών *L. casei* και *L. helveticus* οδήγησε σε μικρότερες τιμές συναίρεσης σε σχέση με την παραδοσιακή γιαούρτη (Πίνακας 15). Πιο αναλυτικά μετά από 28 ημέρες αποθήκευσης η παραδοσιακή γιαούρτη παρουσίασε συναίρεση 44,1% ενώ η γιαούρτη με *L. casei* 42,6%. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στην περίπτωση της ικανότητας συγκράτησης νερού. Η χρήση των νέων καλλιεργειών οδήγησε σε μεγαλύτερες τιμές ικανότητας συγκράτησης νερού σε σχέση με την παραδοσιακή γιαούρτη.

Πίνακας 15. Επίδραση του χρόνου αποθήκευσης και της καλλιέργειας που χρησιμοποιήθηκε στη συναίρεση των παραγόμενων γιαουρτιών.

Αποθήκευση (ημέρες)	Γιαούρτη			
	L.H.	L.C.	L.C. + L.H.	CH-1
1	38,5	37,8	39,1	42,0
7	41,4	39,8	41,1	42,3
14	42,2	41,2	42,0	43,6
28	42,9	42,6	43,1	44,1

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της χρήσης νέων καλλιεργειών όπως ο *L. casei* και ο *L. helveticus* στη παραγωγή παραδοσιακού τύπου γιαούρτης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση αυτών των καλλιεργειών οδήγησε στην παραγωγή γιαουρτιών με καλύτερα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τη γιαούρτη με παραδοσιακή καλλιέργεια. Συγκεκριμένα οι μειωμένες τιμές συναίρεσης δείχνουν ότι τα παραγόμενα γιαούρτια με τις νέες καλλιέργειες έχουν πολύ πιο σταθερό πήγμα. Από τεχνολογικής άποψης πολύ σημαντικά είναι τα αποτελέσματα της μικρότερης συναίρεσης αφού μπορεί να επιτρέψει στις βιομηχανίες παραγωγής γιαουρτιών να περιορίσουν ή και να αποφύγουν τελείως την χρήση σταθεροποιητών. Επιπλέον ο μικρότερος χρόνος ζύμωσης που επιτεύχθηκε με τις νέες καλλιέργειες κατά 23%, είναι πολύ σημαντικός για τις γαλακτοβιομηχανίες αφού μειώνει το χρόνο παραμονής των γιαουρτιών στους θαλάμους επώασης αυξάνοντας την παραγωγικότητα του εργοστασίου και μειώνοντας τις ενεργειακές ανάγκες άρα και το κόστος παραγωγής. Τέλος η χρήση αυτών των μικροοργανισμών που θεωρούνται προβιοτικοί μπορεί να οδηγήσει και στην παραγωγή προβιοτικών γιαουρτιών με όλα τα θετικά χαρακτηριστικά που περιγράφηκαν στο εισαγωγικό μέρος. Όμως χρειάζεται πιο αναλυτική έρευνα για τη βιωσιμότητα αυτών των μικροοργανισμών κατά την πορεία παρασκευής και αποθήκευσης των γιαουρτιών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

- Ανυφαντάκης Ε. (2004): *Τυροκομία*, Εκδόσεις Σταμούλης.
- Ανυφαντάκης Ε. & Καλαντζόπουλος Γ. (1993): *Γαλακτοκομία*, Α΄ και Β΄ Τόμοι Εκδόσεις Σταμούλης.
- Ανυφαντάκης Ε. (1992): *Μέθοδοι εξέτασης του γάλακτος και των προϊόντων του*, Εκδόσεις Σταμούλης.
- Ζερφυρίδης Γ. 1994. Κατανάλωση Γάλακτος και Γαλακτοκομικών Προϊόντων, Επιπτώσεις στη διατροφή των ανθρώπων και την οικονομία της Ελλάδος. *Κτηνοτροφία και Ανάπτυξη*. 16:89-97.
- Ζερφυρίδης Γ. 2001. *Τεχνολογία Προϊόντων Γάλακτος*. Τομέας Επιστήμη και Τεχνολογία Τροφίμων, Τμήμα Γεωπονίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Καλατζόπουλος Γ. (1987). Μαθήματα εφαρμοσμένης μικροβιολογίας γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων. Εκδόσεις Καραμπελόπουλος, Αθήνα
- Καμινारीδης Σ., Μοάτσου Γ. (2009). *Βασικά Γαλακτοκομικά Προϊόντα*. Γαλακτοκομία. Εκδόσεις Έμβρυο
- Κεχαγιάς Χ. (2011). *Γάλα,-επιστήμη, Τεχνολογία και έλεγχοι για τη Διασφάλιση της ποιότητας*. Εκδοτικός Όμιλος Ίων
- Κώδικας Τροφίμων και Ποτών και αντικειμένων κοινής χρήσης (2003). Μέρος Α: Τρόφιμα και Ποτά, Κεφάλαιο Ι. Ελληνική Δημοκρατία. Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών. Γενικό Χημείο του Κράτους.

- Μάντης Αντ. (2000). *Υγιεινή και Τεχνολογία του Γάλακτος και των Προϊόντων του*, Γ έκδοση. Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη

Βιβλιογραφία

- Akin, N. (2006). *Modern Yogurt Bilimi ve Teknolojisi*. Selcuk Universitesi Zirat Fakultesi, Gida Muhendisligi Bolumu, Konya.
- Benezech T. and Maingonnat J.F. (1994). Characterization of the Rheological Properties of Yogurt –A Review *Journal of Food Engineering*, 21, 447-472.
- Beshkova, D., E. Simova, G. Frengova, Z. Simov. 1998. Production of flavor compounds by yoghurt starter cultures. *Journal of industrial and Biotechnology* 20:180-186.
- Bronner, F. and D. Pansu. (1999). Nutritional aspects of calcium absorption. *Journal of Nutrition*. 129: 9-12
- Caplice E. and Fitzgerald F.G. (1999). Food Fermentations : Role of Microorganisms in Food and Preservation. *International Journal of Food Microbiology* 50, 131-149.
- Chandan R.H. and O'Rell K.R.(2006). *Manufacture of various types of yoghurt* . in Chandan R.H., White C.H., Kilara A., Hui Y.H. (Ed.) *Manufacturing Yoghurt and Fermented Milks*. Pp 211-236. Blackwell Publishing, Ltb, Oxford, UK.

- Crittenden, R. G., N. R. Martinez, and M. J. Playne. (2003). Synthesis and utilisation of folate by yoghurt starter cultures and probiotic bacteria. *International Journal of Food Microbiol.* 80:217-222.
- Crow V. nad Curry B. (2002). *Lactobacillus Delbrueckii* Group. Elsevier Science Ltb.
- Deeth, H.C. and Tamime, A.Y. (1981) *Journal of Food Protection*, 44,78.
- FAO/WHO(2002). Guidelines for the evaluation of probiotics in food. London, Ontario, Canada, April 30 and May 1, 2002.
- Fernandes C.F., Chandan R.C. and Shahani K.M. (1999). *Fermented Dairy Products and Health*. In *The Lactic Acid Bacteria in Health and Disease*, Wood, Brian J.B., ed, Aspen Publications, Gaithersburg, Maryland, pp.297-339.
- Fox, P. f., Lucey, J. A., and Cogan, T.M. (1990). Glycolysis and related reactions during cheese manufacture and ripening. *Critical Review of Food Science Nutrition*, 29(4), 237-253.
- Gaudichon, C., Roos N., Mahe S., Sick H., Bouley C. and Tome D. (1994). Gastric Emptying Regulates the Kinetics of Nitrogen Absorption from ¹⁵N-labelled milk and ¹⁵n-labelled yogurt in miniature Pigs. *Journal of Nutrition*, 124, 1970-77.
- Holland, B., Welch, A.A., Unwin, I.D., Buss, D.H. , Paul, A.A. and Southgate, D.A.T. (1991) In McCance and Widdowson's *The Composition of Foods*, 5th Edition, The Royal Society of Chemistry, Cambridge.

- Helferich W. and Westhoff D. (1980). All about yoghurt to syneresis . Comparison of centrifugation and drainage methods. *Milchwissenschaft*, 38,517-522.
- IDF198..Fermented Milks. Science and Technology. Bulletin 227. International Dairy Federation, Brussels.
- Kerneis, S., J.M. Gabastou, M.F. Bernet-Camard, M.H. Coconnier, B.J. Nowicki and A.L. Servin (1994). Human cultured intestinal cells express attachment sites for uropathogenic *Escherichia coli* bearing adhesins of the Dr adhesin family. *FEMS Microbiol. Lett.* 119:27-32.
- Lucey, J. A., Munro, P. A., & Singh, H. (1998). Whey separation in acid skim milk gels made with glucono- δ -lactone: Effects of heat treatment and gelation temperature. *Journal of Texture Studies*, 29:413–426.
- Pearce L. and Flint S. (2002). *Streptococcus Thermophilus*. Elsevier Science Ltb.
- Riener, J., Noci, F., Cronin, D. A., Morgan, D. J., & Lyng, J. G. (2010). A comparison of selected quality characteristics of yoghurts prepared from thermosonicated and conventionally heated milks. *Food Chemistry*, 119:1108–1113.
- Robinson R.K. (2002). *Dairy Microbiology Handbook. The microbiology of milk and milk products*. Wiley-Interscience. New York.
- Robinson R.K., Tamime A.Y. and Wiszolek M. (2002) *Microbiology of fermented milks*. In Dairy Microbiology Handbook, 3rd ed., Robinson R.K., ed, Wiley Interscience, New York, pp 367-430.

- Robinson R.K., Lusey J.A. and Tamime A.Y. (2006). *Manufacture of Yoghurt*. In Tamime A.Y. (ed) *Fermented milks*. Pp 53-73 Blackwell Science, SDT, Oxford, UK.
- Roberfroid, M. B. (1998). Prebiotics and synbiotics: concepts and nutritional properties. *British Journal of Nutrition*. 80: S197-S202.
- Tamime A.Y & Robinson R.K. (1985). *Yogurt: Science and Technology*. Pergamon Press. New York.
- Tamime A.Y & Robinson R.K. (1999). *Yogurt: Science and Technology*, 2nd edition, Woodhead Publishing Limited & CRC Press LLC pp. 1-128,432-485.
- Tamime A.Y & Robinson R.K. (1999b). *Yogurt: Science and Technology*, 2nd edition, Woodhead Publishing Limited & CRC Press LLC, pp. 479.
- Tamime A.Y & Robinson R.K. (2004). *Yogurt: Science and Technology*. Woodhead Publishing Ltb & CRC Press LLC.
- Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (2007). *Processing plants and equipment*. In A. Y. Tamime, & R. K. Robinson (Eds.), *Tamime and Robinson's yogurt – Science and technology* (3rd ed.). (pp. 162-283) Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited.
- Texeira C. M. P. (1999). *Lactobacillus bulgaricus*. Escola Superior de Biotecnologia. Academic Press, Portugal.
- Tomasik, P. J. and Tomasik, P. (2003). Probiotics and prebiotics. *Cereal Chemistry*. 80: 113-117.

- Vermeirssen, V., van Camp, J., and Verstraete, W. (2004). Bioavailability of antihypertensive I converting enzyme inhibitory peptides. *British Journal of Nutrition*, 92: 357-366.
- Whigham LD, Cook ME, Atkinson RL. *Conjugated linoleic acid: implications for human health*. *Pharmacol Res* 2000;42:503–10.
- Zirnstein G. and Hutkins R. (1999). *Streptococcus Thermophilus*, Academic Press.

Διαδίκτυο

Food Net. (2013), *Η ιστορία του γιαουρτιού*, 15 Απριλίου, διαθέσιμο στο <http://www.food-net.org/2013/04/i.html>