

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

**«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΣΤΗΝ
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΓΙΑΟΥΡΤΗΣ»**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ



Σπουδάστρια: Ρουγγέρη Αγνή, ΑΜ: 2009-036

Επιβλέπων καθηγητής: Κανδύλης Παναγιώτης

ΚΑΛΑΜΑΤΑ
2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η συγγραφή της παρούσας πτυχιακής εργασίας με θέμα την «Επίδραση του είδους του γάλακτος στην παρασκευή γιαούρτης», έγινε στα πλαίσια των υποχρεώσεών μου ως σπουδάστρια του τμήματος Τεχνολογίας τροφίμων.

Για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου μελέτης συνέβαλλαν κάποιοι άνθρωποι που χωρίς την πολύτιμη βοήθειά τους δεν θα μπορούσα να την ολοκληρώσω. Πρώτον από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της πτυχιακής μου, τον κ. Παναγιώτη Κανδύλη, γιατί μου πρότεινε το θέμα της πτυχιακής μου εργασίας και με βοήθησε πραγματικά τόσο στην εκτέλεση του πειραματικού της μέρους όσο και στην συγγραφή της. Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω το Ίδρυμα Ευγενίδιο και τα μέλη της βιβλιοθήκης του ιδρύματος για τη βοήθειά τους και την απόλυτη εξυπηρέτηση και κατατοπιστικότητά τους ώστε να βρω τα βιβλία που με βοήθησαν για τη συγγραφή της εργασίας μου. Τέλος, ευχαριστώ ιδιαίτερα την οικογένεια και τους φίλους μου για την κατανόησή τους.

Πιστεύω πως η εργασία αυτή δίνει μια αρκετά σφαιρική εικόνα στον αναγνώστη, καθώς επίσης μπορεί να βοηθήσει όποιον χρειαστεί πληροφορίες για το συγκεκριμένο θέμα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της χρήσης διαφορετικών ειδών γάλακτος στην παραγωγή και στα κύρια φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των γιαουρτιών κατά την αποθήκευση στους 4 °C για 4 εβδομάδες. Συγκεκριμένα παρασκευάστηκαν τρία διαφορετικά γιαούρτια χρησιμοποιώντας αγελαδινό γάλα, κατσικίσιο γάλα και ένα μίγμα από αγελαδινό και κατσικίσιο γάλα. Και στα τρία γιαούρτια προστέθηκε η παραδοσιακή καλλιέργεια γιαούρτης *Lactobacillus bulgaricus* και *Streptococcus thermophilus*. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης μελετήθηκαν διάφορα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της γιαούρτης όπως το pH, η τιτλοδοτούμενη οξύτητα, η συναίρεση και η ικανότητα συγκράτησης νερού. Η χρήση του μίγματος αγελαδινού και κατσικίσιου γάλακτος οδήγησε σε μικρότερους χρόνους ζύμωσης. Κατά την αποθήκευση των γιαουρτιών παρατηρήθηκε πτώση στο pH σε όλες τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν, ενώ η χρήση κατσικίσιου γάλακτος καθώς και το μίγμα αγελαδινού και κατσικίσιου γάλακτος οδήγησε σε μικρότερες τιμές pH άρα και σε μεγαλύτερες τιμές τιτλοδοτούμενης οξύτητας. Η χρήση του μίγματος των δύο ειδών γάλακτος οδήγησε σε υψηλότερες τιμές συναίρεσης. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στην ικανότητα συγκράτησης νερού, όπου η χρήση των δύο ειδών γάλακτος σε συνδυασμό οδήγησε σε μικρότερες τιμές ικανότητας συγκράτησης νερού σε σχέση με τα γιαούρτια από αγελαδινό και κατσικίσιο γάλα.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: γιαούρτη, αγελαδινό, κατσικίσιο, συναίρεση, ικανότητα συγκράτησης νερού.

ABSTRACT

In the present study the effect of different types of milk on production and physicochemical characteristics of yogurts during 4 weeks storage at 4 °C were studied. More specifically three different yogurt were produced using cow's milk, goat's milk and a mixture of cow's and goat's milk. In all three yogurts added traditional yogurt starters *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. During storage different physicochemical characteristics were analyzed like pH, titratable acidity, syneresis and water holding capacity. The use of the mixture of cow's and goat's milk led to lower fermentation times. During storage of yogurt, there was a decline in pH an all cases and the use of goat's milk and the mixture of cow's milk and goat's milk led to lower pH values and subsequently higher values of titratable acidity. The use of the mixture of two types of milk led to increased values of syneresis during storage. Similar results were observed also in case of water holding capacity, where the use of two types of milk in combination led to lower values compared to yogurt with cow's milk and goat's milk.

KEYWORDS: yogurt, cow's milk, goat's milk, syneresis, water holding capacity.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	7
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	8
1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	9
1.1. Ιστορική αναδρομή	9
1.2. Γιαούρτη	11
1.2.1. Γάλα	11
1.2.2. Αγελαδινό γάλα	12
1.2.3. Κατσικίσιο γάλα	15
1.3. Τρόπος παρασκευής γιαούρτης	17
1.4. Είδη γιαούρτης	20
1.5. Θρεπτική αξία της γιαούρτης	27
1.6. Αξία της γιαούρτης για την υγεία	32
1.7. Καλλιέργεια της γιαούρτης –Χαρακτηριστικά γνωρίσματα	35
1.7.1. Γενικά	35
1.7.2. Λακτοβάκιλλοι	35
1.7.3. Στρεπτόκοκκοι	37
1.8. Μορφές που διατίθενται οι καλλιέργειες για βιομηχανική χρήση	39
1.9. Επιθυμητά χαρακτηριστικά καλλιεργειών	40
1.10. Γαλακτική ζύμωση του γάλακτος	40
1.10.1. Συμβίωση	40
1.11. Συναίρεση –Ικανότητα συγκράτησης νερού (Syneresis, Water Holding Capacity)	43
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	45
2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ	46
2.1. Παραγωγή γιαούρτης	46
2.2. Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων	46
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	48
3.1. Γενικά	48

3.2. Επίδραση του γάλακτος στην ικανότητα οξίνισής του	48
3.3. . Επίδραση του γάλακτος στο pH των γιαουρτιών κατά την αποθήκευσή τους	49
3.4. Επίδραση του γάλακτος στην οξύτητα των γιαουρτιών κατά την αποθήκευσή τους	49
3.5. Επίδραση του γάλακτος στη συναίρεση και στην ικανότητα συγκράτησης νερού των γιαουρτιών κατά την αποθήκευσή τους	50
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	52
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	53

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

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 γαλακτικά οξέα 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 βακτήρια 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 αγελαδινού και κατσικίσιου γάλακτος. 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 παρασκευή της γιαούρτης και των παραγόμενων προϊόντων της. Στη συνέχεια 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. Τέλος, αναπτύσσεται ο τρόπος δράσης των καλλιεργειών της γιαούρτης ως προς την παρασκευή της, τονίζοντας την σημαντικότητα της συμβίωσης των λακτοβάκιλλων (*Lactobacillus delbrueckii*) με τους στρεπτόκοκκους (*Streptococcus thermophilus*). Το πρώτο μέρος ολοκληρώνεται με την παρουσίαση της συναίρεσης και της ικανότητας συγκράτησης νερού των γιαουρτιών. Στο δεύτερο και ερευνητικό μέρος περιγράφεται η πειραματική διαδικασία με την ανάλυση της χρησιμοποιούμενης μεθόδου και των παραμέτρων που εξετάστηκαν.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1. Ιστορική αναδρομή

Η ιστορία του γάλακτος φαίνεται να είναι πολλή παλιά καθώς γίνεται φανερό, από ανάγλυφες παραστάσεις που βρέθηκαν στη Μέση Ανατολή, ότι ο άνθρωπος άρμεγε την αγελάδα και επεξεργαζόταν το γάλα της τουλάχιστον από το 2900 π. Χ.

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 καθώς 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.

Είναι αναμφίβολο ότι η γιαούρτη υπήρχε πολλά χρόνια πριν οι άνθρωποι γράψουν γι' αυτή, είναι πιθανό ότι η ανακάλυψή της έγινε τυχαία. Πιστεύεται δε ότι πρωτοεμφανίστηκε στη Μέση Ανατολή, σε κάποια σημεία της σημερινής Τουρκίας ή ίσως και στη γειτονική Περσία απ' όπου πήρε και την ονομασία της. Υπάρχουν πολλές θεωρίες σχετικά με το πώς πρωτοδημιουργήθηκε. Μία από αυτές τοποθετεί την αρχή της ανακάλυψης της γιαούρτης κάπου γύρο στη νεολιθική εποχή. Κάποιο πήλινο δοχείο γεμάτο γάλα που έτυχε να ζεσταθεί για αρκετές ώρες σε μία γωνία μετατράπηκε σε << κεσέ>> με γιαούρτη. Το θερμό κλίμα της Μέσης Ανατολής σε συνδυασμό με την απουσία υγιεινών συνθηκών προσέφεραν ένα γόνιμο περιβάλλον στους βακίλους της γιαούρτης για να υπάρξουν και να πολλαπλασιαστούν με φυσικό τρόπο.

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. Γιαούρτη

1.2.1. Γάλα

Γάλα είναι το έκκριμα του μαστικού αδένου των θηλαστικών και προορίζεται για τη διατροφή του νεογέννητου για το οποίο αποτελεί τη μοναδική τροφή 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 σύνθεσή 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 αποβουτυρωμένο	1,8-3,5	8,5
Αποβουτυρωμένο	0,5 (μεγ.)	8,5

(Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, 2009)

Το γάλα σχηματίζεται στο αδενικό επιθήλιο του μαστικού αδένου και πιο συγκεκριμένα στις αδενοκυψελίδες αυτού (περίπου 50.000 κυψελίδες /cm² 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 αποκλειστικά και μόνο το γάλα το οποίο προέρχεται από αγελάδα, είναι νοπό, 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).

1.2.2. Αγελαδινό γάλα

Το αγελαδινό γάλα έχει χρώμα λευκό προς κίτρινο. Όταν καταναλώνεται σε φυσική κατάσταση είναι εύπεπτο και για το λόγο αυτόν προτιμάται από τα γάλατα άλλων ζώων. Στις βορειότερες χώρες το γάλα της αγελάδας είναι το μόνο σχεδόν που χρησιμοποιείται στις βιομηχανίες διότι απ' αυτό παράγονται εκλεκτά προϊόντα. Το γάλα της αγελάδας έχει το πλεονέκτημα, σε σύγκριση με άλλα γάλατα, ότι παράγεται όλο σχεδόν το χρόνο και ως εκ τούτου τροφοδοτεί συνεχώς μόνιμες γαλακτοκομικές επιχειρήσεις (Ζύγουρης, 1952).

Η σύνθεση του αγελαδινού γάλακτος ποικίλλει ανάλογα με τους διάφορους παράγοντες που την επηρεάζουν. Η μέση χημική σύσταση του γάλακτος αυτού, όσον αφορά τα κύρια συστατικά, κατά τον Lee (1974) είναι:

Νερό	87% - 88%
Λίπος	3,5% - 4%
Λευκοματοειδείς ουσίες (τυρίνη)	3,5% - 4%
Ανόργανα άλατα	0,75%
Καζεΐνες	2,8%
Λακτόζη	4,9%

1. Νερό

Η περιεκτικότητα του αγελαδινού γάλακτος σε νερό κυμαίνεται από 85% έως 88%. Σε όλα τα γάλατα αποτελεί το συστατικό με τη μεγαλύτερη αναλογία. Εξαιρέση αποτελεί το γάλα ορισμένων θαλασσινών θηλαστικών στα οποία το λίπος είναι περισσότερο από το νερό (Jenness, 1974).

2. Λίπος

Η περιεκτικότητα του αγελαδινού γάλακτος σε λίπος κυμαίνεται σε ευρέα όρια (από 2,5% έως 6%). Ο ελληνικός Κώδικας Τροφίμων και Ποτών (Κ. Τ. Π., 1998) δέχεται σαν μικρότερη τιμή το 3,5%.

3. Λευκοματοειδείς ουσίες

Από το σύνολο των λευκοματοειδών ουσιών το 3% έως 3,2% είναι τυρίνη η οποία πήζει δια μέσου της πυτιάς και το 0,5% έως 0,7% είναι γαλακτολεύκωμα το οποίο δεν επηρεάζεται από πυτιά. (Ζύγουρης, 1952)

4.Ανόργανα άλατα

Το γάλα περιέχει αρκετά μεταλλικά στοιχεία, είτε σε ιοντική μορφή, είτε δεσμευμένα σε άλλα συστατικά, είτε τέλος με μορφή οργανικών ή ανόργανων αλάτων.

Το γάλα της αγελάδας έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση αλάτων από το γάλα της γυναίκας το οποίο όμως έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λακτόζη. Η σχέση λακτόζης και αλάτων φαίνεται ότι παραμένει σταθερή στα διάφορα γάλακτα και αυτό έχει σχέση με τη διατήρηση της οσμωτικής πίεσεως του γάλακτος σε τιμές ίδιες με εκείνες του αίματος.

Σχετικά με την κατάσταση με την οποία βρίσκονται στο γάλα τα κυριότερα από τα στοιχεία του **πίνακα 2** είναι γνωστό ότι τα κάλιο, νάτριο και χλώριο ευρίσκονται κυρίως ως ελεύθερα ιόντα, ενώ τα ασβέστιο και μαγνήσιο μόνο σε μικρό ποσοστό είναι σε ιονισμένη μορφή. Στο γάλα της αγελάδας το 20% του ασβεστίου είναι δεσμευμένο στις καζεΐνες σε συνδυασμό με το φώσφορο, το 50% είναι σε ανόργανη κολλοειδή μορφή και το 30% σε ιονισμένη μορφή (Renner, 1983).

Πίνακας 2. Συγκέντρωση αλάτων στο γάλα αγελάδας και γυναίκας

Άλατα	Αγελάδα (mg)	Γυναίκα (mg)
Ασβέστιο	123	33
Μαγνήσιο	12	4
Νάτριο	58	15
Κάλιο	141	55
Χλώριο	119	43
Φωσφόρος	95	15
Κιτρικό οξύ	160	20-80
Θείο	30	14

(Johnson 1974, Jenness 1974)

Έτσι το γάλα είναι κορεσμένο από φωσφορικό και κιτρικό ασβέστιο. Σχετικά με το φωσφόρο, το 30% περίπου είναι σε ανόργανη διαλυτή μορφή, το 20% είναι δεσμευμένο στα μόρια των καζεϊνών, το 40% σε κολλοειδή ανόργανη μορφή και το υπόλοιπο 10% περίπου είναι δεσμευμένο σε λιπίδια.

Το κιτρικό οξύ είναι σημαντικό συστατικό του γάλακτος. Ενώνεται με το Ca και έτσι διατηρείται η διαλυτότητα του φωσφορικού ασβεστίου.

5. Πρωτεΐνες

Η περιεκτικότητα του αγελαδινού γάλακτος σε πρωτεΐνες κυμαίνεται από 3,3 g/100 mL έως 3,9 g/100mL με μέσο όρο περίπου 3,5g/100mL. Το πρωτεϊνικό κλάσμα αποτελείται κατά 2,9 % περίπου από τις καζεΐνες και κατά 0,6% από τις πρωτεΐνες του ορού του γάλακτος. Οι κυριότερες πρωτεΐνες του αγελαδινού γάλακτος είναι οι καζεΐνες (Eigel και συν., 1984).

Είναι το κλάσμα των φωσφοπρωτεϊνών που καθιζάνει ύστερα από οξίνιση σε pH 4,6 και σε θερμοκρασία 20 °C. Αποτελούν το 75-80% των πρωτεϊνών του γάλακτος (2,4-2,9g%) και με βάση τη διάταξη των αμινοξέων στο μόριο τους διακρίνονται σε α_{s1} , α_{s2} , β και κ -καζεΐνες (πίνακας 3).

- **α_{s1} – καζεΐνη:** Αποτελεί το 1,2-1,5% των συστατικών του γάλακτος και με ηλεκτροφόρηση διαχωρίζεται σε 5 γενετικές παραλλαγές, τις A, B, C, D και E. Η παραλλαγή B κυριαρχεί στο γάλα αγελάδας και έχει 199 αμινοξέα.

- **α_{s2} – καζεΐνη:** Αποτελεί το 0,3-0,4% των συστατικών του γάλακτος. Απαντά σε 4 γενετικές παραλλαγές, που χαρακτηρίζονται ως A, B, C και D, Η παραλλαγή D έχει 9 αμινοξέα λιγότερα (Brignon και συν., 1977).

- **κ – καζεΐνη:** Αποτελεί ποσοστό 0,3-0,4% περίπου των συστατικών του γάλακτος, και απαντά με μορφή πολυμερών κ - καζεϊνών που συνδέονται με διθειικούς δεσμούς. Με ηλεκτροφόρηση διαπιστώνονται 2 γενετικές παραλλαγές η A και η B με 159 αμινοξέα η κάθε μία και μοριακό βάρος 19.000 περίπου (Mercier και συν., 1973).

- **β - καζεΐνη:** Αποτελεί το 0,9-1,1% των συστατικών του γάλακτος και απαντά σε πολλές γενετικές παραλλαγές (A^1 , A^2 , A^3 , C, D, E). Είναι η περισσότερο υδρόφοβη καζεΐνη (Ribadean-Dumas και συν., 1972).

Πίνακας 3. Καζεΐνες του γάλακτος αγελάδας

Καζεΐνη	g% συστατικών γάλακτος	των του	Γενετικές παραλλαγές	Μοριακό βάρος
α _{s1} -καζεΐνη	1,2-1,5		A	22.068
			B	23.614
			C	23.542
			D	23.724
			E	23.540
α _{s2} - καζεΐνη	0,3-0,4		A	25.143
			B	-
			C	-
			D	-
β- καζεΐνη	0,9-1,1		A ¹	24.020
			A ²	23.980
			A ³	23.971
			C	24.089
			D	23.939
			E	23.497
κ- καζεΐνη	0,2-0,4		A	19.039
			B	19.007

(Swaisgood 1982, Eigel και συν., 1984)

6. Υδατάνθρακες

Η λακτόζη είναι το κυριότερο σάκχαρο του γάλακτος των θηλαστικών με εξαίρεση το γάλα ορισμένων θαλάσσιων θηλαστικών όπως του θαλάσσιου ελέφαντα *Zalophus californianus*. Η περιεκτικότητά της στο γάλα της αγελάδας κυμαίνεται από 2,7% - 5,2% με μέγιστη τιμή το 4,7% (Nickerson, 1974).

1.2.3. Κατσικίσιο γάλα

Το κατσικίσιο γάλα έχει χρησιμοποιηθεί στη διατροφή του ανθρώπου από την αρχαιότητα, υπάρχουν μάλιστα υποδείξεις ότι η κασίκα υπήρξε το πρώτο μηρυκαστικό που χρησιμοποιήθηκε για τον σκοπό αυτό (Ανυφαντάκης, 1994).

Το χρώμα του γάλακτος της κασίκας είναι λευκό. Είναι το πιο κατάλληλο για τη θρέψη των μικρών παιδιών και των ασθενικών προσώπων. Για να καταλάβει όμως το κατσικίσιο γάλα τη θέση του διατροφή του ανθρώπου είναι ανάγκη να τροποποιηθούν οι τρόποι εκτροφής και να διευθύνεται το κατσικοτροφείο κατά επιστημονικό τρόπο.

Ωστόσο, το κατσικίσιο γάλα παρουσιάζει ένα βασικό ελάττωμα. Η οσμή και η γεύση του είναι δυσάρεστες καθώς θυμίζουν τη χαρακτηριστική οσμή που αναδίδει από το δέρμα της κασίκας η οποία το καθιστά αποκρουστικό. Αυτή η μυρωδιά όμως παρουσιάζεται μόνο στα κοπαδιάρικα ζώα (Άναση, 1960)

Η σύνθεση του κατσικίσιου γάλακτος ποικίλλει αρκετά αναλόγως τη γεννέα της κατσίκας. Η κατά έσο όρο περιεκτικότητά του είναι η εξής:

Νερό	85,5%
Λίπος	4,5-5%
Λευκοματοειδείς ουσίες	4%
Γαλακτοσάκχαρα	4,5%
Ανόργανα άλατα	0,8%
Σύνολο στερεών ουσιών	14%

Το ειδικό βάρος του γάλακτος αυτού ποικίλλει μεταξύ 1,028% - 1,033%, ενίοτε δε και περισσότερο.

Σύμφωνα με το παραπάνω ποσοστό των λευκοματοειδών ουσιών το 3,2% κατά μέσο όρο είναι αδιάλυτη τυρίνη και το 0,8% γαλακτολεύκωμα (Ζύγουρης, 1952).

Το γάλα της εγχώριας κατσίκας είναι αρκετά πλούσιο σε στερεά συστατικά, πλουσιότερο εκείνου της αγελάδας αλλά φτωχότερο του γάλακτος προβάτου. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι το γάλα των βελτιωμένων φυλών κατσικών είναι φτωχότερο σε στερεά συστατικά και από το γάλα αγελάδας.

Η εκατοστιαία αναλογία των συστατικών του γάλακτος της κατσίκας παρουσιάζει αξιόλογες διακυμάνσεις ανάλογα με το στάδιο της γαλακτικής περιόδου, τη διατροφή, τη φυλή και το ύψος της γαλακτοπαραγωγής. Για την εγχώρια φυλή οι Ζυγογιάννης και Κατσαούνης (1985) διαπίστωσαν ότι το λίπος κατά την 1^η εβδομάδα γαλουχίας έχει υψηλή τιμή (7,8%), στη συνέχεια μειώνεται σε επίπεδα 4,5-5% για να αυξηθεί και πάλι μετά την 20^η εβδομάδα γαλακτοπαραγωγής. Αντίθετα οι πρωτεΐνες εμφανίζουν μία σταθερή σχετικά αναλογία περίπου 3,3%, ενώ η λακτόζη εμφανίζει μικρή μείωση μετά την 8^η εβδομάδα γαλακτοπαραγωγής.

Το λίπος του κατσικίσιου γάλακτος έχει λευκωπό χρώμα και έχει διαφορές ως προς τα λιπαρά οξέα των γλυκεριδίων του σε σχέση με το πρόβειο γάλα. Επίσης παρατηρούνται διαφορές στα αμινοξέα των καζεϊνών σε σχέση με το αγελαδινό γάλα.

Το κανονικό κατσικίσιο γάλα περιέχει 0,5-0,6% άζωτο, που μπορεί να λεχθεί ότι κατανέμεται μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών αζωτούχων ουσιών του κατά τρόπο ανάλογο του αγελαδινού. Διαπιστώθηκε ότι η καζεΐνη του κατά μέγιστο ποσοστό απαντά υπό μορφή μικελλών και ότι είναι πλουσιότερη σε ιστιδίνη, ασπαρτικό οξύ και τυροσίνη. Μετρήσεις που έγιναν με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο απέδειξαν ότι η διάμετρος των μικελλών του κυμαίνεται κατά τη διάρκεια της γαλακτικής περιόδου και κατά μέσο όρο είναι 50nm έναντι 75nm του αγελαδινού.

Αν και τα ερευνητικά δεδομένα σχετικά με την πήξη του κατσικίσιου γάλακτος είναι περιορισμένα, φαίνεται ότι αυτό πήζει ταχύτερα από το αγελαδινό και δίνει πήγμα συνεκτικότερο.

Οι πρωτεΐνες του ορού του είναι πιο ευαίσθητες από τις αντίστοιχες του αγελαδινού σε υψηλές θερμοκρασίες. Διαπιστώθηκε ότι η κ- καζεΐνη αντιδρά με τη β-γαλακτογλοβουλίνη και σχηματίζει σύμπλοκο.

Η σταθερότητά του στη θέρμανση είναι όμοια του αγελαδινού μέχρι τους 130 °C, ενώ σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες εμφανίζει μικρότερη αντοχή.

Η περιεκτικότητά του σε άλατα είναι συνήθως ελαφρά υψηλότερη του αγελαδινού και κυμαίνεται από 0,70-0,85%. Έχει τάση να περιέχει περισσότερο χλώριο από το αγελαδινό ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στο φωσφόρο και το ασβέστιο.

Το pH του κατσικίσιου γάλακτος κυμαίνεται μεταξύ 6,3-6,7% με μέσο όρο 6,54, η τιλοδοτούμενη οξύτητα σε γαλακτικό οξύ % από 0,11-0,18 ενώ το σημείο πήξεως από -0,545 έως -0,565° C.

Περιέχει σημαντικά λιγότερη βιταμίνη B₆ και B₁₂ απ' ό τι το αγελαδινό γάλα.

1.3. Τρόπος παρασκευής γιαούρτης

Ανεξάρτητα με τις επιμέρους παραδοσιακές ή σύγχρονες μεθόδους που ακολουθούνται στην παρασκευή των διαφόρων τύπων γιαούρτης (επιδόρπια), υπάρχουν ορισμένες επεξεργασίες, οι οποίες είναι αναγκαίες προκειμένου να γίνει δυνατή η παραγωγή του προϊόντος. Οι επεξεργασίες αυτές είναι:

1. Τυποποίηση γάλακτος, έλεγχος αντιβιοτικών

Η παρασκευή της γιαούρτης γίνεται από πρόβειο γάλα ή από αγελαδινό συμπυκνωμένο σε ποσοστό 10-20%. Η συμπύκνωση του αγελαδινού γάλακτος επιτυγχάνεται με παρατεταμένο βρασμό ή με συσκευή κενού ή με προσθήκη σκόνης αποβουτυρωμένου γάλακτος σε ποσοστό 1-2%, πράγμα που απαγορεύεται στη χώρα μας.

Στη συνέχεια γίνεται δοκιμή πήξης του γάλακτος για να διαπιστωθεί αν υπάρχουν υπολείμματα αντιβιοτικών, τα οποία εμποδίζουν την πήξη του γάλακτος για την παρασκευή γιαούρτης (Μάντης, 2000).

2. Θέρμανση του γάλακτος

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 γιαούρτης.

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 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 κολλοειδή 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).

3. Προσθήκη οξυγαλακτικής καλλιέργειας

Μετά τη θέρμανση το γάλα μεταφέρεται σε κύπελλα γιαούρτης που είναι τοποθετημένα στους θαλάμους επώασης και ψύχεται σε θερμοκρασία 40-42° C ενώ ενοφθαλμίζεται με πρόσφατα προετοιμασμένη καλλιέργεια των οξυγαλακτικών στελεχών *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus bulgaricus*. Η ποσότητα της οξυγαλακτικής καλλιέργειας που προσθέτεται κυμαίνεται από 0,5-3% της ποσότητας του γάλακτος. Η πληθυσμιακή σχέση *Streptococcus thermophilus* / *Lactobacillus bulgaricus* μπορεί να είναι της τάξεως: 3:1, 3:2, 2:1, 1:1 ή 2:3. Η σχέση που θα προτιμηθεί εξαρτάται από:

- τη μορφή της καλλιέργειας, υγρή ή συμπυκνωμένη
- τη θερμοκρασία των μικροοργανισμών και τις ιδιότητες των στελεχών που χρησιμοποιούνται
- τον τύπο της γιαούρτης: συμπαγούς (set type), ημίρευστης, αναδευμένης (stirred type), με φρούτα

(Rasic και Kurman, 1978)

4. Επώαση-πήξη

Μετά την προσθήκη της οξυγαλακτικής καλλιέργειας το γάλα αναμιγνύεται καλά και επωάζεται στους 41-43 °C για χρόνο 2-3 ωρών. Στο χρονικό αυτό διάστημα επέρχεται η πήξη του και η μετατροπή του σε γιαούρτη.

Ο μηχανισμός της πήξεως είναι πολύπλοκος σε γενικές όμως γραμμές έχει ως εξής (Rasic και Kurtmann, 1978):

Η λακτόζη του γάλακτος ζυμώνεται από τα οξυγαλακτικά βακτήρια προς γλυκόζη και γαλακτόζη. Η πρώτη μεταβολίζεται περαιτέρω από τα βακτήρια, σύμφωνα με την οδό Meyerhof-Emden, σε γαλακτικό οξύ. Η γαλακτόζη μεταβολίζεται σε μικρό βαθμό και αφού μετατραπεί πρώτα σε γλυκόζη. Στην πράξη το μεγαλύτερο ποσό της γαλακτόζης συσσωρεύεται στη γιαούρτη.

Το γαλακτικό οξύ προκαλεί μείωση του pH του γάλακτος σε τιμές κάτω του 5,3 οπότε τα μικρόλια της καζεΐνης αποδεσμεύονται από τα ιόντα των αλάτων αυτών. Η αποδέσμευση είναι πλήρης σε pH=4,7-4,6 οπότε αρχίζει η συσσωμάτωση των μικκυλίων. Αυτό επιτείνεται με την παρεμβολή των μετουσιωμένων, λόγω θερμάνσεως, πρωτεϊνών του ορού και τη δημιουργία έτσι πήγματος που αποτελείται από το σύμπλοκο α-γαλακταλβουμίνη + β-γαλακτοσφαιρίνη + κ-καζεΐνη, το οποίο παγιδεύει την υδατινή φάση με τα υπόλοιπα υδατοδιαλυτά στοιχεία. Το πήγμα αυτό είναι περισσότερο σταθερό σε σχέση με πήγμα που παράγεται από γάλα που θερμαίνεται μέτρια γιατί ο σχηματισμός του τελευταίου γίνεται με ιζηματοποίηση των καζεϊνών χωρίς συμμετοχή των πρωτεϊνών του ορού.

5. Ψύξη

Η ψύξη είναι το τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας του γάλακτος για παρασκευή της γιαούρτης.

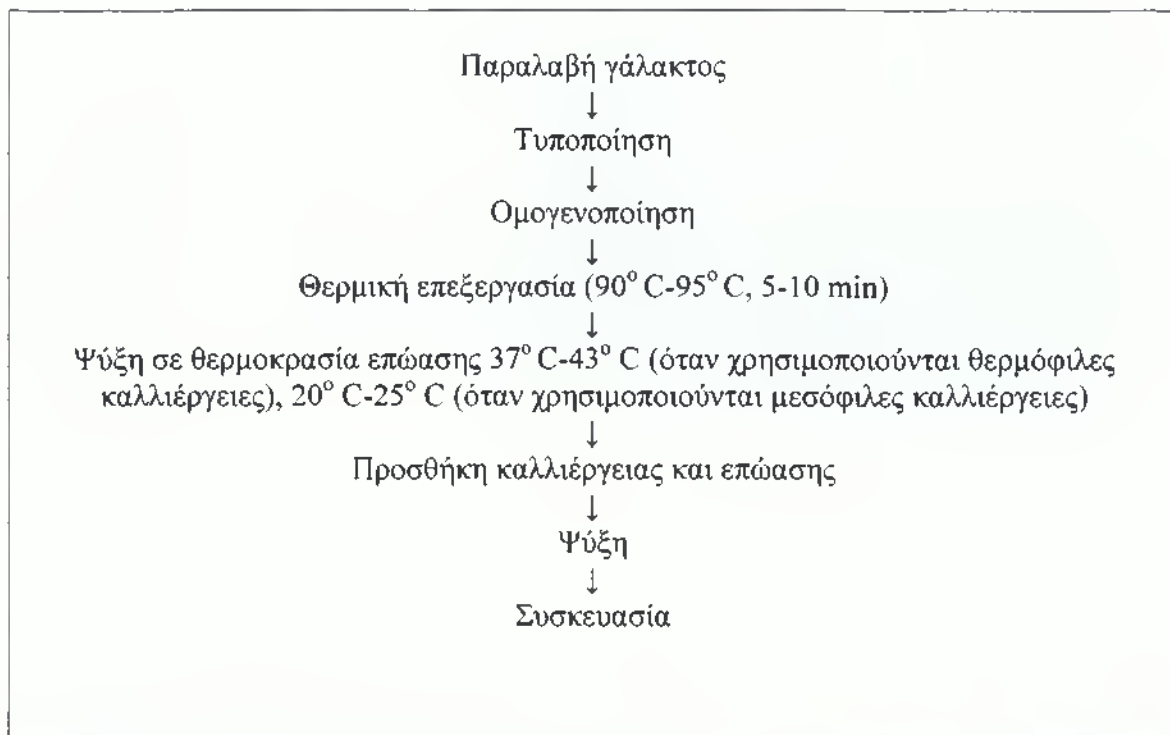
Μετά την πήξη διακόπτεται η θέρμανση στον επωαστικό θάλαμο και ο θάλαμος αερίζεται, ώστε να κατέβει η θερμοκρασία στους 15-20 °C. Στη συνέχεια, η ψύξη ολοκληρώνεται με τη μεταφορά της γιαούρτης σε τούνελ ψύξης ή την τοποθέτησή της σε ψυγείο, όπου παραμένει για αρκετές ώρες μέχρι να δοθεί στην κατανάλωση. Με την ψύξη επιτυγχάνεται καλύτερη στερεοποίηση του πήγματος και επηρεάζονται σημαντικά οι ιδιότητες του προϊόντος (Kulshrestha και Marth, 1974).

Για την εφαρμογή της ψύξης πρέπει να γνωρίζουμε:

- Με την ψύξη βασικά επιδιώκεται η αναστολή της βιολογικής δράσης των μικροοργανισμών.
- Ο ρυθμός με τον οποίον γίνεται η πτώση της θερμοκρασίας κατά την ψύξη επηρεάζει την τελική οξύτητα, αφού είναι γνωστό ότι η πτώση του pH συνεχίζεται και μετά τη διακοπή της επώασης κατά την αποθήκευση.

Η ψύξη δεν πρέπει να καθυστερεί, αλλά ούτε να είναι απότομη, γιατί θα προκαλέσει συστολή του πήγματος και απελευθέρωση ορού που είναι ανεπιθύμητη:

- Κατά την έναρξη της ψύξης και όταν η θερμοκρασία προσεγγίζει τους 35 °C αρχίζει η παρεμπόδιση ανάπτυξης του *L. bulgaricus*, που είναι και ο μικροοργανισμός που παράγει τις μεγαλύτερες ποσότητες γαλακτικού οξέος.
- Πρέπει να αποφεύγεται η μετακίνηση της γιαούρτης που είναι σε κεσεδάκια από τον επωαστικό θάλαμο πριν στερεοποιηθεί το πήγμα με την ψύξη, γιατί το πήγμα θα γίνει υδαρές και θα προκληθεί ελευθέρωση ορού (Κεχαγιάς, 2011).



Σχήμα 1. Διαδικασία παρασκευής γιαούρτης καθώς και τα στάδια που ακολουθούνται γενικότερα στην παρασκευή ζυμωμένων ειδών γάλακτος

1.4. Είδη γιαούρτης

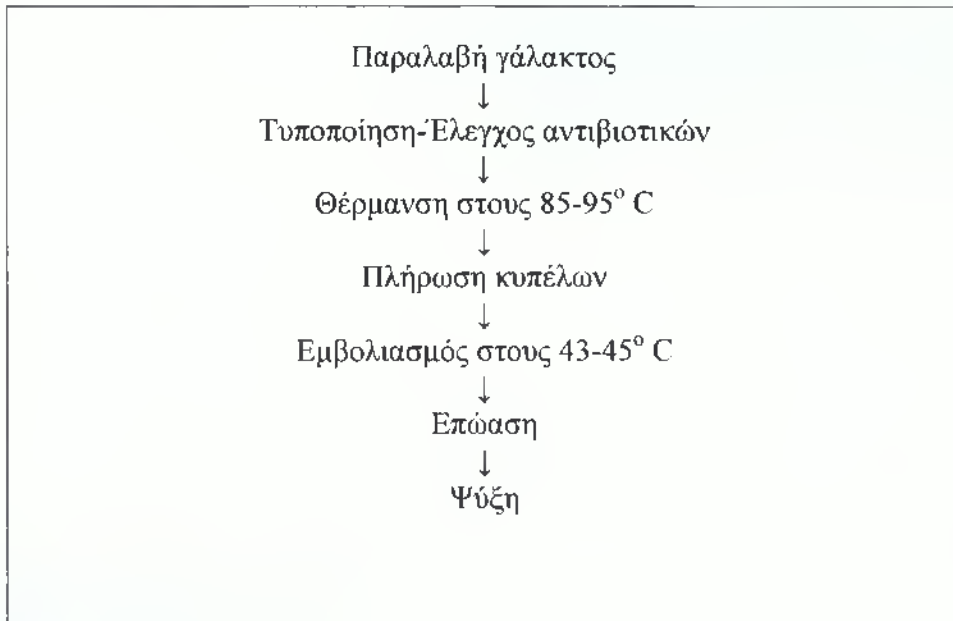
Η πρόοδος που σημειώθηκε κατά την τελευταία κυρίως δεκαετία στην τεχνολογία παραγωγής γιαούρτης, είχε σαν αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση πολλών τύπων, μερικοί από τους οποίους δεν ανταποκρίνονται προς τον διεθνώς παραδεκτό ορισμό περί γιαούρτης. Έτσι σε πολλές χώρες έχει γίνει σαφής διαχωρισμός μεταξύ των τύπων γιαούρτης που ανταποκρίνονται προς τον ορισμό του FAO/WHO (1997α) και χαρακτηρίζονται ως “φυσική γιαούρτη” ή απλώς “γιαούρτη” και κάθε άλλου τύπου ο οποίος αποτελεί “επιδόρπιο” γιαούρτης και πρέπει να χαρακτηρίζεται με ιδιαίτερο όνομα. Οι κυριότεροι τύποι γιαούρτης που παράγονται σήμερα στη χώρα μας είναι οι εξής:

1. Η 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, αναστηκάνεται 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 (Καμιναρίδης και Μοάτσου, 2009).

Η τεχνολογία παρασκευής παραδοσιακής γιαούρτης διαμορφώθηκε μέσα από την εμπειρία χλιετιών και είναι περίπου η ίδια στους περισσότερους λαούς. Η χρησιμοποίηση ως “μαγιάς” γιαούρτης της προηγούμενης ημέρας παρασκευής με συχνά ασταθή αποτελέσματα είναι μειονέκτημα. Από άποψη υγιεινής, εάν το γάλα θερμαίνεται επαρκώς,

όμως απαιτείται, εξυγιαίνεται από τους επικίνδυνους για τη Δημόσια Υγεία μικροοργανισμούς, οι οποίοι προέρχονται από τα ζώα. Γενικά όμως οι συνθήκες παραγωγής υστερούν σε υγιεινή και υπάρχει κίνδυνος επιμόλυνσεων από τα σκεύη, το προσωπικό και το περιβάλλον. Η γαλακτοβιομηχανία έχει τηρήσει τη βασική τεχνολογία, αλλά έχει εκσυγχρονίσει τα στάδια παραγωγής με αυτοματοποίηση και βελτισποίηση των συνθηκών υγιεινής και εμφάνισης του προϊόντος.

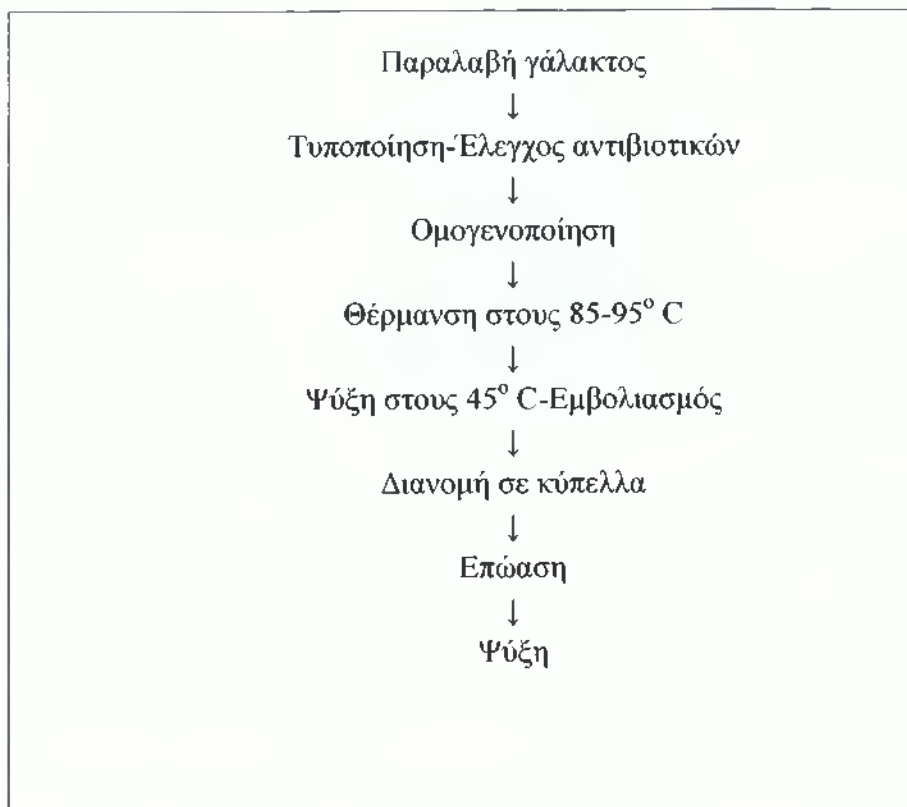


Σχήμα 2. Διάγραμμα ροής παραγωγής παραδοσιακής γιαούρτης

2. Συνεκτική γιαούρτη

Είναι ένας τύπος που έχει κυριαρχήσει σήμερα στη χώρα μας και παράγεται ως φυσική γιαούρτη ή με φρούτα. Το γάλα ομογενοποιείται και γι' 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.



Σχήμα 3. Διάγραμμα ροής παραγωγής συνεκτικής γιαούρτης

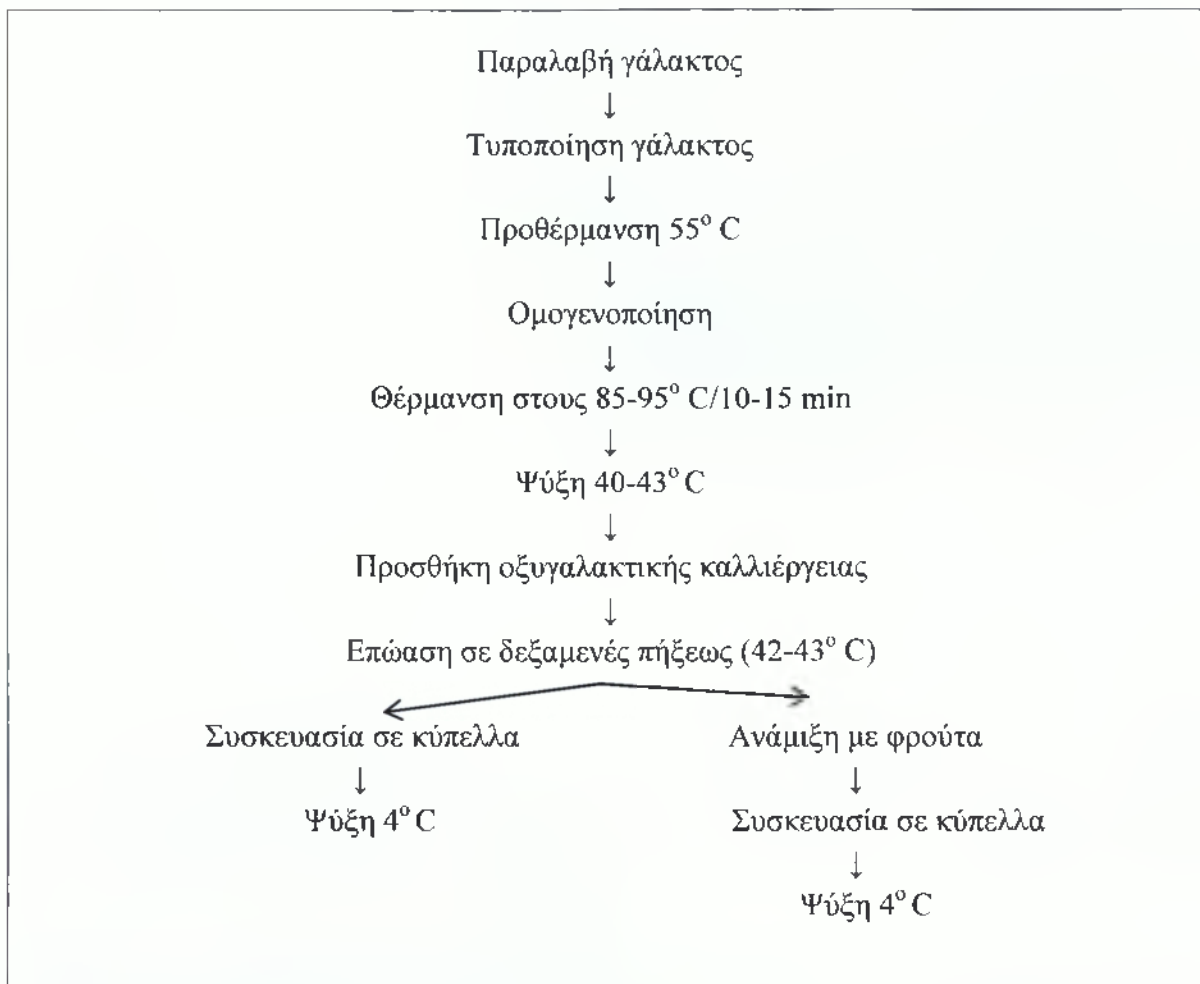
3. Αναμιγμένη γιαούρτη

Διαφέρει από την συνεκτική γιαούρτη στο ότι το γάλα επωάζεται σε δεξαμενές, το πήγμα, θραύεται, ψύχεται, αναμιγνύεται ή όχι με φρούτα και συσκευάζεται σε ερμητικά κλειστούς περιέκτες (κύπελλα). Τα διαδοχικά στάδια παραγωγής δίνονται στο **σχήμα 4**.

Η ομοιογενοποίηση του γάλακτος στην παραγωγή συνεκτικής ή αναμιγμένης γιαούρτης βελτιώνει την ποιότητά της διότι κατά τον Bruner (1974):

- Μειώνεται το μέγεθος των λιποσφαιρίων και δεν προσροφούνται πλέον σ' αυτά μικκύλια καζεΐνης. Έτσι αυξάνεται ο όγκος της ύλης που βρίσκεται σε διασπορά και αυτό αυξάνει το ιξώδες.
- Καταστρέφεται η συγκολλητίνη (agglutinin) του γάλακτος η οποία συνενώνει τα λιποσφαίρια, ενώ παράγονται αντιοξειδωτικές ρίζες -SH.

Το καλύτερο ιξώδες της γιαούρτης επιτυγχάνεται με ομοιογενοποίηση του γάλακτος σε πίεση 150-200 Atm και θερμοκρασία 60-75° C (Malitz και Dubenkropp, 1971).



Σχήμα 4. Διάγραμμα ροής παραγωγής αναμιγμένης γιαούρτης

4. 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 φυγοκέντρηση του πηγματος γιαούρτης ή η συμπύκνωση του γάλακτος με υπερδιήθηση πριν από την πήξη του.

α) Στραγγισμένη σακούλας

Το γάλα πήζει σε δεξαμενές, το πήγμα θραύεται, ψύχεται και τοποθετείται σε υφασμάτινους σάκους (15-20 Kg). Οι σάκοι τοποθετούνται σε ανοξείδωτες λεκάνες, ο ένας πάνω στον άλλο για να επιβληθεί η στράγγιση, η οποία διαρκεί από 8-16 ώρες και πρέπει να γίνεται σε θερμοκρασία 0-5 °C. Ο ορός που αποβάλλεται περιέχει κυρίως λακτόζη, αλάτι και ελάχιστες αζωτούχες ύλες. Μετά την συμπλήρωση της στράγγισης, το

περιεχόμενο των σάκκων αδειάζεται σε ειδικό ζυμωτήριο και εκεί γίνεται η μηχανική ζύμωση της γιαούρτης και η τυποποίησή της με προσθήκη, εάν απαιτείται, παστεριωμένης κρέμας ή παστεριωμένου ορού.

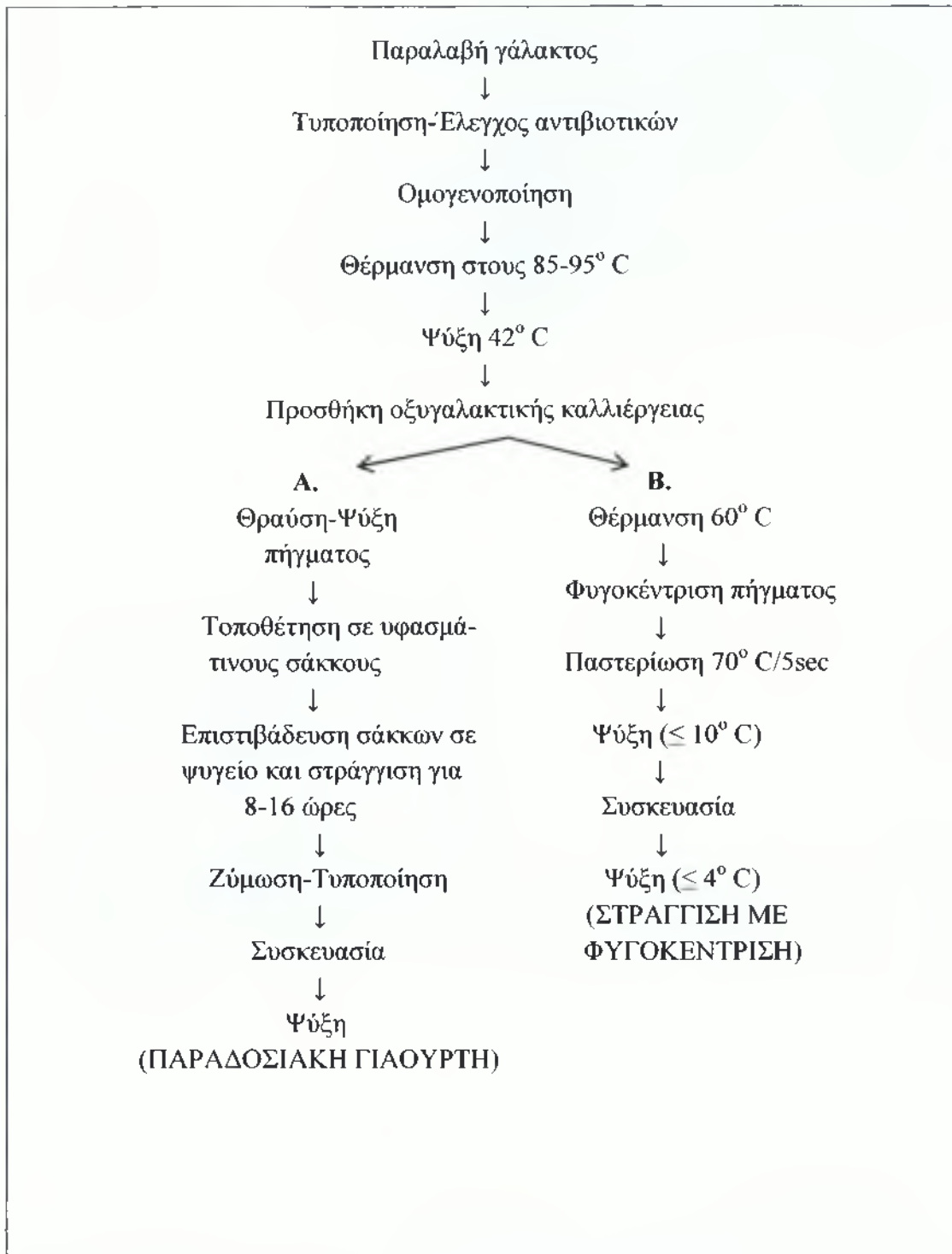
β) Στραγγισμένη με φυγοκέντριση

Μετά την πήξη το πήγμα υποβάλλεται σε φυγοκέντριση, σε ειδικού τύπου διαχωριστήρες, οπότε αποβάλλεται μέρος του ορού και έτσι επιτυγχάνεται η παραγωγή πήγματος με αυξημένη αναλογία στερεών. Ανάλογα με τον τύπο του φυγοκεντρητή, γίνεται ή όχι αποβουτύρωση του γάλακτος πριν από την πήξη και τη συσκευασία, ώστε η τελική αναλογία λίπους να είναι περίπου 10%.

γ) 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.



Σχήμα 5. Διάγραμμα ροής παραγωγής στραγγισμένης γιαούρτης

5. Άλλοι τύποι γιαούρτης

α) Επιδόρπιο γιαούρτης

Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία (Κ. Τ. Π. 1988) ως επιδόρπιο (Dessert) χαρακτηρίζεται προϊόν έτοιμο προς βρώση που παρασκευάζεται από:

- Μία ή περισσότερες κατηγορίες γάλακτος που προβλέπονται από το άρθρο 80 του Κ. Τ. Π. (1988).
- 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
- Σκόνη κακάο, λιποπεριεκτικότητας 10% τουλάχιστον σε βούτυρο κακάο, σοκολάτα ή εκχύλισμα καφέ με ή χωρίς καφεΐνη
- Χυμοί φρούτων με ή χωρίς ζάχαρη, τεμάχια φρούτων φρέσκα ή ζαχαρωμένα καθώς και προϊόντα με γλυκαντικές ύλες που περιλαμβάνονται στον κώδικα τροφίμων.

Επίσης στα παραπάνω προϊόντα επιτρέπεται η προσθήκη χρωστικής ύλης, σταθεροποιητών, πυκνωτικών και πηκτικών υλών από ύλες που προβλέπονται από τον κώδικα.

Η παραπάνω περιγραφή καλύπτει μια ποικιλία τύπων γιαούρτης χωρίς βέβαια να την ονομάζει έτσι προς προστασία των τύπων φυσικής γιαούρτης.

β) Γιαούρτη με “προβιοτικά” βακτήρια

Επειδή ορισμένα οξυγαλακτικά βακτήρια, πλέον αυτών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή γιαούρτης (*S. thermophilus* /*L. bulgaricus*) αποδείχτηκε ότι ασκούν ευεργετική επίδραση στη λειτουργία του εντέρου και γενικότερα στην υγεία του ανθρώπου, κυκλοφόρησαν στο εμπόριο τύποι γιαούρτης που περιέχουν ορισμένα από αυτά τα βακτήρια, τα οποία χαρακτηρίζονται ως “προβιοτικά”. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

- Είδη του γένους *Bifidobacterium* (*B. Bifidum*, *B. Longum*, κ.ά.)
- Είδη του γένους *Lactobacillus* (*L. acidophilus*, *L. casei*, *L. paracasei*, *L. ramnsus*).
- Είδη *Lactococcus* (*L. lactis*, *L. diacetylactis*).

Παραδείγματα τέτοιων προϊόντων κυκλοφορούν με διάφορα εμπορικά ονόματα όπως Bifigurt, Proghurt, ABT, Biogarde κ.ά.

γ) Καταψυγμένη γιαούρτη

Η αναμιγμένη γιαούρτη μπορεί αν 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 (Rasic και Kurman, 1978). Η κατάψυξη γίνεται με ταχεία μέθοδο και η συντήρηση στους -18 °C έως -26 °C. Η απόψυξη πρέπει να γίνει βραδέως και σε θερμοκρασία ψύξεως.

Η κατάψυξη δεν επηρεάζει αισθητά την οξυγαλακτική χλωρίδα, αλλά το προϊόν έχει χάσει σε εμφάνιση και πρέπει να καταναλωθεί γρήγορα γιατί αλλοιώνεται.

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

δ) Ρευστή γιαούρτη

Η γιαούρτη αναμιγνύεται με ίση ποσότητα νερού, ανακινείται καλώς και διανέμεται ως εμφιαλωμένη.

ε) Αεριούχος γιαούρτη

Το πήγμα γιαούρτης ομογενοποιείται σε πίεση 175 Kg/cm^2 και συγχρόνως ενσωματώνεται σ' αυτό CO_2 .

στ) Αφυδατωμένη γιαούρτη

Η αφυδάτωση του γιαουρτιού στην σύγχρονη βιομηχανία γίνεται είτε με την τεχνική εκνεφώσεως (spray drying) η 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 λεπτορευστό 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. 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 $85-90 \text{ }^\circ\text{C}/15-5 \text{ min}$, 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 ζύμωσης.

➤ 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 εύπεπτη. 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 συμβάλει 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 (Buttriss, 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 καλλιιεργειών 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.

Πίνακας 4. Περιεκτικότητα βιταμινών στο φρέσκο γάλα και τη γιαούρτη

Βιταμίνες (μονάδα/100 γρ.)	Φρέσκο γάλα		Γιαούρτη	
	Πλήρες	Αποβουτυρωμένο	Πλήρες	Χαμηλών λιπαρών
Βιταμίνη A (UI)	148	-	140	70
Θειαμίνη (B ₁) (μg)	37	40	30	42
Ριβοφλαμίνη (B ₂) (μg)	160	180	190	200
Πυριδοξίνη (B ₆) (μg)	46	42	46	46
Βιταμίνη C (mg)	1,5	1,0	-	0,7
Βιταμίνη D (IU)	1,2	-	-	-
Βιταμίνη E (IU)	0,13	-	-	Ιχνη
Φολικό οξύ	0,25	-	-	4,1
Νικοτινικό οξύ (μg)	480	-	-	125
Βιοτίνη (μg)	3,4	1,6	1,2	2,6
Χολίνη (mg)	12,1	4,8	-	0,6

(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 κολλοειδές 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 A, D, E και K. 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 5. 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
Πυρροβικό οξύ	0,09	0	2,38	0,3
Οξικό οξύ	8,35	3,2	43,80	5,3
Προπιονικό οξύ	0,74	0,3	1,78	0,2
Φορμικό οξύ	1,33	0,5	19,51	2,4
Καπρονικό οξύ	1,04	0,4	1,32	0,2
Καπρυλικό οξύ	2,88	1,1	6,63	0,8
Λουρικό οξύ	1,72	0,7	2,58	0,3

(Akin, 2006)

1.6. 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 διήμερο 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 ισορροπία 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 μέτρια 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 προκάλεσε 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 20ου 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 ποικίλλα 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 διάρροιες. Για πρόληψη της κατάστασης αυτής χορηγούνται στους ασθενείς ζυμωμένα γαλακτοκομικά προϊόντα όπως γιαούρτη – τυρί για

να κρατηθεί η ισορροπη 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.

1.7. Καλλιέργειας της γιαούρτης –Χαρακτηριστικά γνωρίσματα

1.7.1. Γενικά

Με τον όρο καλλιέργειες έχουν γίνει γνωστά τα βακτήρια που χρησιμοποιούνται ως εκκινήτες (starters) στην παρασκευή γαλακτοκομικών προϊόντων που παρασκευάζονται με ζύμωση, όπως η γιαούρτη, το βουτυρόγαλα, το κεφίρ, τυριά και βούτυρο. Η κυριότερη κατηγορία καλλιιεργειών είναι αυτή των οξυγαλακτικών, που περιλαμβάνει διάφορα είδη βακτηρίων που παράγουν οξέα, κυρίως γαλακτικό οξύ. Το γαλακτικό οξύ παίζει σημαντικό ρόλο στη συντήρηση. Συγχρόνως παράγονται και άλλες ουσίες, που συμμετέχουν στη διαμόρφωση της γεύσης των προϊόντων. Τα βακτήρια που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό εφαρμόζονται επί πολλά χρόνια και θεωρούνται ασφαλή. Τα τελευταία μάλιστα χρόνια αποδεικνύεται και επιστημονικά ότι μερικά από τα βακτήρια αυτά, της τάξεως του 10^8 - 10^9 /g, γνώρισμα το οποίο αναφέρεται και στον ορισμό που δίνει ο FAO για τη γιαούρτη, πέρα από τεχνολογικό τους ρόλο, έχουν και ευνοϊκές επιδράσεις στην υγεία (προβιοτικά).

Ως ουσιώδης καλλιέργεια της γιαούρτης ξεχώρισαν οι μικροοργανισμοί *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus bulgaricus*.

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.

1.7.2. Λακτοβάκιλλοι

Το γένος *Lactobacillus* χαρακτηρίζεται ως Gram-θετικό και έχει περίπου 50 είδη τα οποία μπορούν να αναπτυχθούν σε γαλακτοκομικά προϊόντα, σε προϊόντα δημητριακών, σε προϊόντα κρέατος και ψαριών, στη μύρα, 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 *L. delbrueckii*, *L. acidophilus*, *L. helveticus*, *L. farmicicus* και *L. kefirifaciens*. Το *L. acidophilus* χρησιμοποιείται στην παραγωγή ξινόγαλου και κατατάσσεται στην κατηγορία των προβιοτικών βακτηρίων μαζί με το *L. jensonii*. Το *L. 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 *L. casei*, *L. rhamnosus* και *L. plantarum*. Ο *L. 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 *L. sanfrancisco*, ο οποίος συμμετέχει στη ζύμωση του ψωμιού μετατρέποντας τη μαλτόζη σε γαλακτικό και οξικό οξύ (Stiles και Holzapfel, 1997).

- ***Lactobacillus bulgaricus***

Ο *L. bulgaricus* είναι ένα από τα 3 υποείδη του *L. delbrueckii spp.* το οποίο ανήκει στο γένος *Lactobacillus*. Τα άλλα 2 υποείδη είναι *L. delbrueckii spp. lactis* και *L. delbrueckii spp. delbrueckii*. Οι *L. bulgaricus* και *L. lactis* περιέχονται στο γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα. Η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης του *L. bulgaricus* είναι στους 45 °C, με ελάχιστη τους 22 °C και μέγιστη τους 52,5 °C. (Fatih Yildiz, 2010). Μερικά είδη επιβιώνουν και στους 75 °C για 20-30 min.

Ο *L. bulgaricus* απομονώνεται από 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 (Texeira, 1999).

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 οD 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. Μεμονωμένοι ράβδοι του *Lactobacillus bulgaricus*

1.7.3. 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. pneumonia*, *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 στρεπτόκοκοι έχουν πολύπλοκες τροφικές απαιτήσεις και ευδοκούν σε περιβάλλοντα με επαρκείς πηγές πρωτεϊνών και υδατανθράκων, συμπεριλαμβανομένων των ιστών του εντερικού σωλήνα, του γάλακτος και των γαλακτοκομικών, των λαχανικών κ.α.

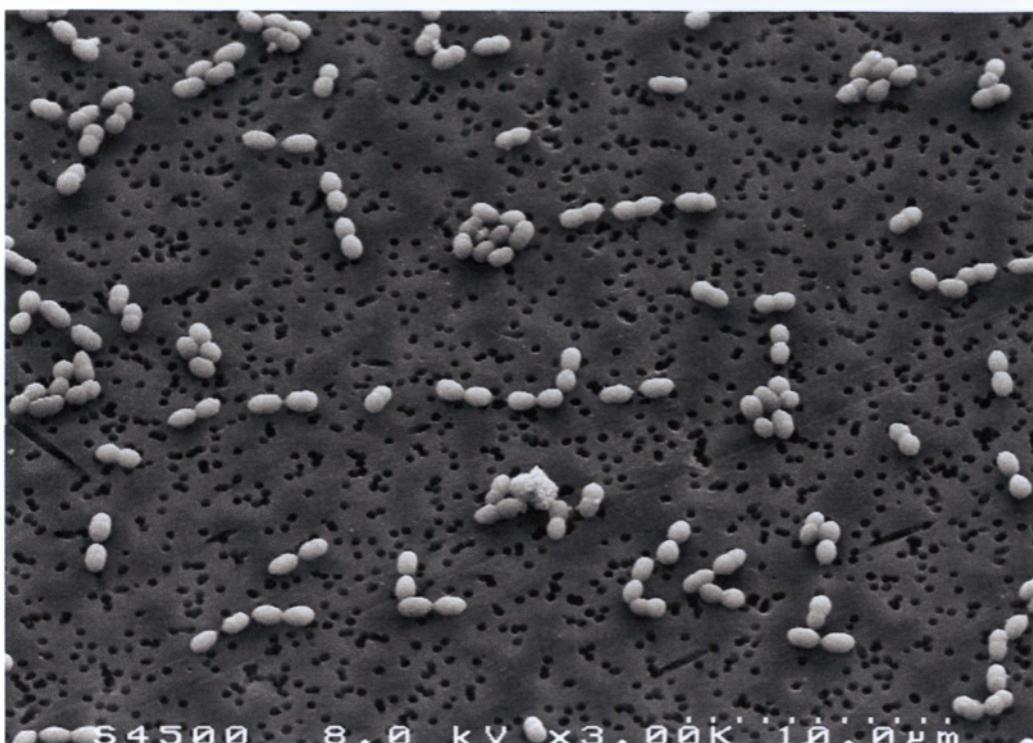
- *Streptococcus thermophilus*

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 ωοειδή 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 B 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/ ωοειδές 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).

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).



Εικόνα 2. Κόκκοι του *Streptococcus thermophilus*

1.8. Μορφές που διατίθενται οι καλλιέργειες για βιομηχανική χρήση

1. Υγρή μορφή: Όταν οι καλλιέργειες διατηρούνται στη μορφή αυτή χρειάζονται στη συνέχεια αρκετές ανακαλλιέργειες για να δραστηριοποιηθούν. Η μορφή αυτή, από βιομηχανική και εμπορική άποψη δεν έχει ενδιαφέρον σήμερα λόγω των πολλών ανακαλλιεργειών που χρειάζονται και τη δημιουργία πιο αποτελεσματικών μορφών που αναφέρονται παρακάτω.
2. Μορφή σκόνης λυοφιλιωμένης: Υπάρχουν δύο τύποι. Ο ένας τύπος χρειάζεται, όπως και οι υγρές καλλιέργειες, μερικές ανακαλλιέργειες πριν τη χρησιμοποίησή του. Ο άλλος περιέχει μεγάλο αριθμό κυττάρων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ' ευθείας για εμβολιασμό του υποστρώματος ή μετά από μία μόνο ανακαλλιέργεια. Το πλεονέκτημα των καλλιεργειών υπό μορφή λυοφιλιωμένης σκόνης, είναι ότι διατηρούνται σε καλή κατάσταση σε θερμοκρασίες ψυγείου για περίπου 6 μήνες, στην κατάψυξη δε για ένα χρόνο τουλάχιστον. Σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος διατηρούνται για μικρότερα χρονικά διαστήματα.
3. Συμπυκνωμένη κατεψυγμένη: Προέρχεται από υγρή καλλιέργεια στην οποία έγινε συμπύκνωση κυττάρων με υπερφυγοκέντρωση. Στη συνέχεια έγινε κατάψυξη με υγρό άζωτο. Οι καλλιέργειες αυτές περιέχουν μεγάλο αριθμό κυττάρων, περίπου 10/ml. Όταν συντηρούνται στους -40°C για 1-2 μήνες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν απ' ευθείας για εμβολιασμό του υποστρώματος. Όταν συντηρηθούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες -70°C , τότε αυξάνεται μεν η διάρκεια συντήρησής τους, χρειάζεται όμως παρασκευή ενδιάμεσης καλλιέργειας πριν τον εμβολιασμό του υποστρώματος. Το πλεονέκτημα των συμπυκνωμένων κατεψυγμένων καλλιεργειών είναι ότι, προστιθέμενες κατ' ευθείαν στις δεξαμενές

όπου υπάρχει το υπόστρωμα, αποφεύγονται επιμολύνσεις και ελαττώνεται το κόστος που δημιουργείται με τις ανακαλλιέργειες. Οι συμπυκνωμένες κατεψυγμένες καλλιέργειες έχουν και μερικά μειονεκτήματα όμως, συγκρινόμενες με τις λυοφιλιωμένες: 1) Η χρησιμοποίησή τους απαιτεί ψυκτική αλυσίδα που θα αρχίζει από το εργαστήριο παρασκευής, συνεχίζεται κατά τη μεταφορά και περιλαμβάνει και το εργαστήριο παρασκευής ζυμωμένων προϊόντων, 2) Έχουν ψηλότερο κόστος γιατί η χρησιμοποίηση του υγρού αζώτου και εγκαταστάσεων για κατάψυξη είναι δαπανηρή, 3) Ορισμένα είδη μικροοργανισμών είναι ευαίσθητα στο είδος αυτό προετοιμασίας και δεν μπορούν να προετοιμαστούν με τον τρόπο αυτό (Κεχαγιάς και Κουλούρης, 2004).

1.9. Επιθυμητά χαρακτηριστικά καλλιιεργειών

1. Πρέπει να είναι γενικά σταθερές, δηλαδή να έχουν μόνο ένα μικρό αριθμό μεταλλακτικών ατόμων, για να διατηρούν σταθερά τα βιοχημικά τους χαρακτηριστικά.
2. Πρέπει να έχουν μικρές απαιτήσεις σ' ότι αφορά στις συνθήκες του περιβάλλοντος, για να μπορούν να αναπτυχθούν εύκολα χωρίς υψηλό κόστος
3. Πρέπει να εκκρίνουν εύκολα τα ένζυμα που είναι υπεύθυνα για την παραγωγή των επιθυμητών προϊόντων ζύμωσης.
4. Πρέπει να αναπτύσσονται εύκολα στο υπόστρωμα και να μην έχουν ανάγκες από πολύπλοκα θρεπτικά συστατικά, μεγάλου μάλιστα κόστους (Κεχαγιάς και Κουλούρης, 2004).

1.10. Γαλακτική ζύμωση του γάλακτος

1.10 .1. Συμβίωση

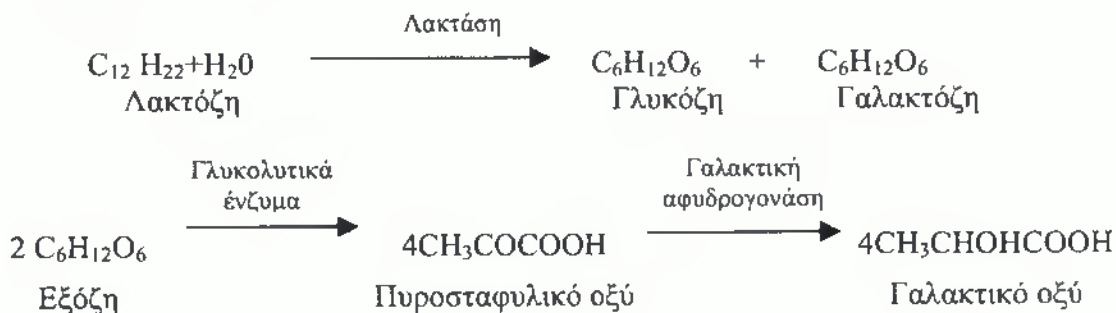
Με τον όρο συμβίωση εννοούμε το φαινόμενο με το οποίο υπάρχει αμοιβαία σχέση ανάπτυξης, δηλαδή ο ένας μικροοργανισμός υποβοηθά τον άλλο στην ανάπτυξή του. Αυτό οφείλεται σε κάποια από τα χαρακτηριστικά τους, όπως περιγράφονται παρακάτω (Κεχαγιάς, 2011):

- 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 θερμοφίλος, είναι αρκετά ευαίσθητος στα αντιβιοτικά και παράγει μέχρι 0,60% γαλακτικό. Τέλος έχει μικρή πρωτεολυτική δραστηριότητα.
- Ο *L. bulgaricus* εμφανίζεται με τη μορφή ράβδιων, είναι θερμοφίλος 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.

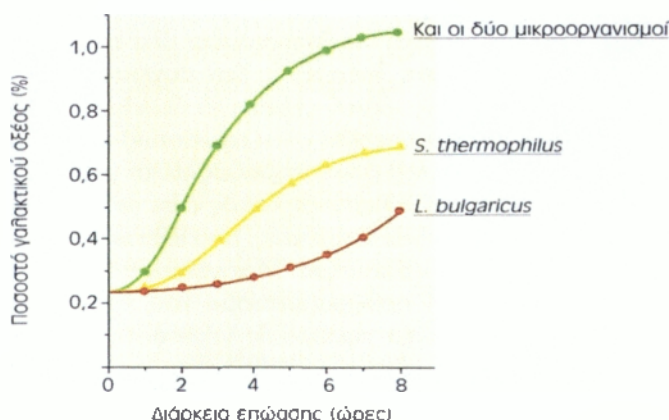


Εικόνα 3. Γαλακτική ζύμωση

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 (Parmjit 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 (Klonogheev 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.

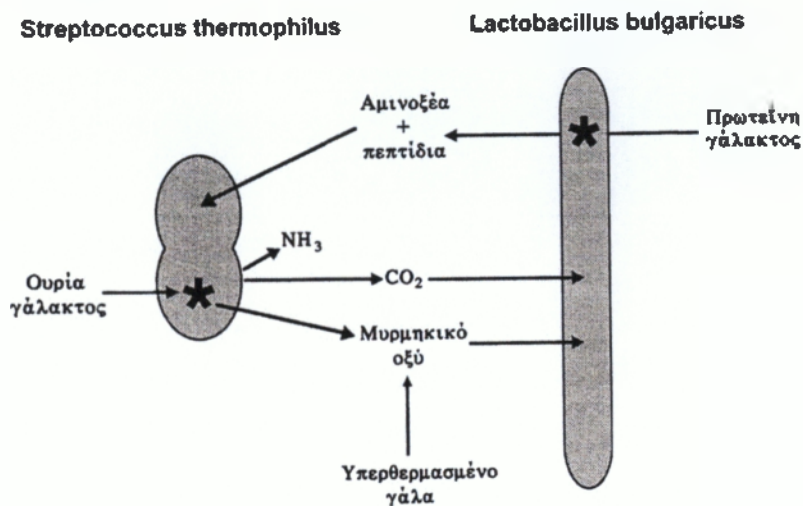
Στη προκειμένη περίπτωση, διαπιστώθηκε ότι ο *L. bulgaricus* συμβάλει στην ανάπτυξη του *S. thermophilus* με την απελευθέρωση αμινοξέων από τη καζεΐνη. Αναλυτικότερα, ο *S. thermophilus* αρχικά αναπτύσσεται καλύτερα αλλά όταν η οξύτητα ξεπεράσει τους 100 °D τότε το βακτήριο αυτό περιορίζεται δραστικά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



Σχήμα 6. Παραγωγή γαλακτικού οξέος από τους μικροοργανισμούς της γιαούρτης ανάλογα με τον τρόπο ανάπτυξης (IDF Bulletin 227, 1988)

Ο *S. thermophilus* παράγει μυρμηκικό οξύ και αποτελεί διεγερτικό παράγοντα ανάπτυξης του *L. bulgaricus*. Μικρές ποσότητες μυρμηκικού οξέος παράγονται και κατά τη θερμική επεξεργασία του γάλακτος. Παράλληλα, ο *L. bulgaricus* υποβοηθάει 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.



Σχήμα7. Συνεργαστική δράση των *S. thermophilus* και *L. bulgaricus* κατά την παραγωγή γιαούρτης (Chandam, 1989)

1.11. 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 εξής:

- Αυξημένες πρωτεΐνες. Με τη προσθήκη καζεϊνών αυξάνονται τα μικύλια και η πυκνότητά 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).

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΝΑΛΥΣΕΙΣ

2.1. Παραγωγή γιαούρτης

Για την παρασκευή γιαούρτης χρησιμοποιήθηκε παστεριωμένο γάλα αγελάδας του εμπορίου και κατσικίσιο γάλα. Η θερμοφιλή καλλιέργεια γιαούρτης, CH-1 που αποτελείται από συγκεκριμένες καλλιέργειες *S. thermophilus* και *L. bulgaricus* σε λυοφιλιομένη 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. bulgaricus*) σε 500 mL αποστειρωμένου 14% (w/v) αποβουτυρωμένου γάλακτος.

Τα παστεριωμένα γάλατα θερμάνθηκαν στους 42-45°C. 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 4,7-4,5 και στη συνέχεια τα δείγματα τοποθετήθηκαν αμέσως στους 4°C για έως 28 ημέρες. Παρασκευάστηκαν 3 διαφορετικά γιαούρτια με διαφορετικό είδος γάλακτος το καθένα και συγκεκριμένα μόνο αγελαδινό, μόνο κατσικίσιο και μείγμα αγελαδινού – κατσικίσιου (1:1).

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 φαινολοφθαλείνης 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 (4oC) για 5 ώρες. Μετά τις 5 ώρες μετράται ο όγκος του τυρογάλακτος που συλλέχτηκε (με σιφόνιο). Ο τύπος που χρησιμοποιείται είναι:

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

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: 10g γιαούρτης τοποθετούνται σε φυγοκεντρικό σωλήνα και φυγοκεντρώνται στις 4500 rpm για 30 min στους 10 °C.

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

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 διαφορετικά είδη γάλακτος. Πιο αναλυτικά παρασκευάστηκαν γιαούρτια με παστεριωμένο γάλα αγελάδος και κατσικίσιο γάλα, με την προσθήκη της παραδοσιακής χλωρίδας της γιαούρτης, δηλαδή *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus bulgaricus*. Έτσι μελετήθηκε η χρήση του κάθε γάλακτος καθώς και οι φυσικοχημικοί παράμετροι της κάθε γιαούρτης. Συγκεκριμένα μελετήθηκε η γιαούρτη με χρήση αγελαδινού γάλακτος και κατσικίσιου ξεχωριστά αλλά και σε συνδυασμό με αναλογία 1:1. Τα γάλατα μαζί με τους μικροοργανισμούς αφέθηκαν για ζύμωση στους 42 °C μέχρι το pH να φτάσει την τιμή 4,7-4,5. Στη συνέχεια τα παραγόμενα γιαούρτια τοποθετήθηκαν στο ψυγείο (4 °C) για 28 ημέρες.

3.2. Επίδραση του γάλακτος στην ικανότητα οξίνισής του

Μετά την προσθήκη των καλλιεργειών τα γάλατα αφέθηκαν για ζύμωση στους 42 °C και μελετήθηκε η κινητική της πτώσης του pH με μετρήσεις κάθε μία ώρα έως την τιμή 4,7-4,5. Τα αποτελέσματα από την επίδραση του κάθε γάλακτος στην κινητική της πτώσης του pH παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Κινητική πτώση του pH κατά την παρασκευή των γιαουρτιών της εργασίας

Χρόνος (ώρες)	Γιαούρτη		
	Αγελαδινό	Κατσικίσιο	Αγελαδινό + Κατσικίσιο
0	6,1	6,04	6,1
1	5,78	5,15	5,3
2	5,49	4,99	4,8
2,5	5,3	4,82	4,7
3	4,96	4,74	4,7
3,25	4,87	4,7	4,7
3,5	4,7	4,7	4,7

Από τα δεδομένα του πίνακα γίνεται φανερό ότι η χρήση αγελαδινού γάλακτος οδήγησε σε χρόνο πήξης περίπου 3,5 ωρών. Η χρήση κατσικίσιου γάλακτος οδήγησε σε μικρότερο χρόνο πήξης περίπου 3 ωρών. Ο συνδυασμός των δύο ειδών γάλακτος οδήγησε σε χρόνο πήξης περίπου 2,5 ωρών. Τα αποτελέσματα αυτά, και συγκεκριμένα η μείωση του χρόνου πήξης κατά μία ώρα στην περίπτωση του συνδυασμού των δύο ειδών γάλακτος

σε σχέση με του αγελαδινού γάλακτος, 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.

3.3. Επίδραση του γάλακτος 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 7. Σε όλα τα παραγόμενα γιαούρτια η αρχική τιμή του pH ήταν 4,7 ενώ κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης αυτή η τιμή συνεχώς μειωνόταν. Οι χαμηλότερες τιμές pH προσδιορίστηκαν στα γιαούρτια με το κατσικίσιο γάλα αλλά και σε αυτά χρησιμοποιήθηκαν και τα δύο είδη γάλακτος, φτάνοντας την τιμή 4 στο τέλος της αποθήκευσης στις 28 ημέρες.

Πίνακας 7. Επίδραση του χρόνου αποθήκευσης και του γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε στο pH των παραγόμενων γιαουρτιών

Αποθήκευση (ημέρες)	Γιαούρτι		
	Αγελαδινό	Κατσικίσιο	Αγελαδινό + Κατσικίσιο
0	4,7	4,7	4,7
7	4,32	4,23	4,21
14	4,28	4,12	4,12
28	4,2	4	4

3.4. Επίδραση του γάλακτος στην οξύτητα των γιαουρτιών κατά την αποθήκευσή τους

Τα αποτελέσματα από την ανάλυση της τιτλοδοτούμενης οξύτητας, εκφρασμένη σε g γαλακτικού οξέος / g γιαούρτης, των γιαουρτιών κατά την αποθήκευσή τους στους 4 °C παρουσιάζονται στον Πίνακα 8. Στα γιαούρτια στα οποία χρησιμοποιήθηκε κατσικίσιο γάλα αλλά και σε αυτά που χρησιμοποιήθηκαν και τα δύο είδη γάλακτος παρατηρούνται υψηλότερες τιμές τιτλοδοτούμενης οξύτητας σε σχέση με το γιαούρτι από αγελαδινό γάλα. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, σε όλα τα γιαούρτια της παρούσας εργασίας συνεχιζόταν η παραγωγή γαλακτικού οξέος οδηγώντας σε όλο και υψηλότερες τιμές τιτλοδοτούμενης οξύτητας. Οι υψηλότερες τιμές προσδιορίστηκαν στα γιαούρτια με το κατσικίσιο γάλα φτάνοντας τιμές 1,15 g γαλακτικού οξέος / g γιαούρτης.

Πίνακας 8. Επίδραση του χρόνου αποθήκευσης και του γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε στην τιτλοδοτούμενη οξύτητα (g γαλακτικού οξέος / g γιαούρτης) των παραγόμενων γιαουρτιών

Αποθήκευση (ημέρες)	Γιαούρτη		
	Αγελαδινό	Κατσικίσιο	Αγελαδινό + Κατσικίσιο
7	0,8	1	0,94
14	0,88	1,13	1,07
28	0,9	1,15	1,09

3.5. Επίδραση του γάλακτος στη συναίρεση και στην 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 ο συνδυασμός των δύο ειδών γάλακτος οδήγησε σε μικρότερες τιμές συναίρεσης σε σχέση με το αγελαδινό και το κατσικίσιο γάλα αντίστοιχα (Πίνακας 9). Πιο αναλυτικά μετά από 28 ημέρες αποθήκευσης η γιαούρτη με τα συνδυασμένα γάλατα παρουσίασε συναίρεση 46% ενώ η γιαούρτη με το κατσικίσιο γάλα 44%. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στην περίπτωση της ικανότητας συγκράτησης νερού. Η χρήση των δύο ειδών γάλακτος σε συνδυασμό οδήγησε σε μικρότερες τιμές ικανότητας συγκράτησης νερού σε σχέση με τα γιαούρτια από αγελαδινό και κατσικίσιο γάλα αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα αυτά συνδέονται άμεσα με την οξύτητα

των γιαουρτιών. Συγκεκριμένα αύξηση της οξύτητας, άρα μικρότερο pH, οδηγεί σε αύξηση της συναίρεσης και μείωση της ικανότητας συγκράτησης νερού.

Πίνακας 9. Επίδραση του χρόνου αποθήκευσης και του γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε στη συναίρεση των παραγόμενων γιαουρτιών

Αποθήκευση (ημέρες)	Γιαούρτη		
	Αγελαδινό	Κατσικίσιο	Αγελαδινό + Κατσικίσιο
7	41,6	41,4	41,6
14	42,2	43,8	45,2
28	42,0	44,0	46,0

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση του είδους του γάλακτος στην παρασκευή γιαούρτης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το είδος του γάλακτος επιδρά στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της γιαούρτης. Οι συνέπειες από την επίδραση της γιαούρτης ανάλογα με το είδος του γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε, αλλού ήταν θετικές και αλλού έφεραν αρνητικά αποτελέσματα.

Οι μετρήσεις του pH έδειξαν ότι η γιαούρτη που παρασκευάστηκε με μείγμα κατσικίσιου και αγελαδινού γάλακτος παρουσίασε τις μικρότερες τιμές, ενώ αυτή με γάλα αγελάδας τις μεγαλύτερες. Αντίστοιχα ήταν τα αποτελέσματα της οξύτητας όπου μεγαλύτερες τιμές παρουσίασαν οι γιαούρτες με χαμηλότερο pH. Βέβαια η χαμηλές τιμές pH είχαν ως αποτέλεσμα να ελαττώνεται η ικανότητα των πρωτεϊνών για δέσμευση νερού και να προκαλείται συναίρεση του πηγματος εξαιτίας μη καλής ενυδατώσεως των πρωτεϊνών, επηρεάζοντας έτσι τη συνεκτικότητα της γιαούρτης.

Η ικανότητα συγκράτησης νερού είναι το αντίθετο φαινόμενο της συναίρεσης. Το γιαούρτι με το γάλα αγελάδας είχε μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού σε σχέση με το γιαούρτι με μείγμα αγελαδινού και κατσικίσιου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

- Άναση Εμμ. (1960): *Η κατσίκια*, Εκδόσεις Σπ. Σπύρου
- Ανυφαντάκης Ε. (2004): *Τυροκομία*, Εκδόσεις Σταμούλης
- Ανυφαντάκης Ε. & Καλαντζόπουλος Γ. (1993): *Γαλακτοκομία*, Α΄ και Β΄ Τόμοι Εκδόσεις Σταμούλης
- Ανυφαντάκης Ε. (1994): *Χημεία και ανάλυση του γάλακτος*, Εκδόσεις Σταμούλης
- Ζερφυρίδης Γ. 2001. *Τεχνολογία Προϊόντων Γάλακτος*. Τομέας Επιστήμη και Τεχνολογία Τροφίμων, Τμήμα Γεωπονίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Εκδόσεις Γιαχούδη
- Ζύγουρης Ν. (1952): *Η βιομηχανία του γάλακτος*. Υπουργείο Γεωργίας
- Καμιναρίδης 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

- 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.
- Brunner, J. (1974). Physical equilibria in milk. The lipid phase. (In “Fundamental of Dairy Chemistry” 2nd edit. Pp 474-602, Webb B.H., A.H. Johnson, and J.A. Alford Edits).
- 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 Tamine, 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 I, 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.
- Jenness, R. (1974). The composition of milk (In "Lactation" Vol. III. pp 3-101. B. L. Larson and V. R. Smith ed. Acad. Press. London).
- Johnson, A. H. 1974. The composition of milk. (In "Fundamentals of dairy chemistry", 2nd edit. pp 1-57, B. H. Webb, A. H. Johnson, and J. A. Alford, ed. Avi Publ. Westport Conn.).
- 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.
- Kulshrestha, D. C., and E.A. Marth. 1974 Inhibition of bacteria by some volatile and non-volatile compounds associated with milk. VI. *Streptococcus thermophilus*. *J. Milk and Food Technol.* 37:606.
- 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.
- Malitz, H., and Dubenkropp. 1971. Die thermische Behandlung, Homogenisierung and Eindampfung von Hoghurtmilch.
- Nickerson, T.A. (1974). Lactose (In "Fundamentals of Dairy Chemistry" 2nd Edit. pp 273-324. AVI Publ. Co)
- Pearce L. and Flint S. (2002). *Streptococcus Thermophilus*. Elsevier Science Ltd.

- 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, Oxford, UK.
- Scott, R. (1986). Cheesemaking practice. Appl. Sci. Publ. Ltd. London
- 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 Ltd & 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.
- Teixeira C. M. P. (1999). *Lactobacillus bulgaricus*. Escola Superior de Biotecnologia. Academic Press, Portugal.
- 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/2013/14/i.html>