



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας
Τροφίμων

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:
ΑΓΙΑΝΚΑΤΖΟΓΛΟΥ ΣΥΜΕΩΝ
ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΕΙΔΩΝ ΓΑΛΑΚΤΟΣ



ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΤΣΑΚΑΛΗ ΕΥΣΤΑΘΙΑ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ
ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΕΙΔΩΝ ΓΑΛΑΚΤΟΣ**

Η πτυχιακή εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

A/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1.	ΕΥΣΤΑΘΙΑ ΤΣΑΚΑΛΗ	ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ	
2.	ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΚΟΥΛΟΥΡΗΣ	ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΜΕΛΟΣ	
3.	ΔΗΜΗΤΡΑ ΜΑΡΓΑΡΗ	ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΜΕΛΟΣ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι Αγιανγκατζόγλου Συμεών του Σάββα, με αριθμό μητρώου 71615001 και Σπυροπούλου Παρασκευή του Ιωάννη, με αριθμό μητρώου 71615108 φοιτητές του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνουμε υπεύθυνα ότι:

«Είμαστε συγγραφείς αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες κάναμε χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνουμε ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από εμάς αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μας, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μας ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μας».

Ο Δηλών

Η Δηλούσα



Αγιανγκατζόγλου Συμεών

Σπυροπούλου Παρασκευή

Ευχαριστίες

Οι εκπονητές της παρούσας πτυχιακής εργασίας επιθυμούν να ευχαριστήσουν θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια Τσάκαλη Ευσταθία για την υποστήριξη, τη συνεχή καθοδήγηση και τις ουσιώδεις συμβουλές καθώς επίσης και για αδιάκοπη ενθάρρυνση που παρείχε καθ' όλο το χρονικό διάστημα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.1 Γάλα ως προϊόν	8
1.2 Κύρια συστατικά του γάλακτος	8
1.2.1 Το λίπος	9
1.2.2 Πρωτεΐνες γάλακτος	10
1.2.3 Σάκχαρα	11
1.2.3 Άλατα	11
1.2.4 Λοιπά συστατικά του γάλακτος	12
1.3 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	13
1.3.1 Οσμή και Γεύση	13
1.3.2 Χρώμα	13
1.3.3 Οξύτητα και Ρυθμιστική Ικανότητα	14
1.3.4 Ιξώδες	16
1.3.5 Πυκνότητα και ειδικό βάρος	16
1.3.6 Σημείο πήξεως	17
1.4 ΕΙΔΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	18
1.4.1 Αγελαδινό	21
1.4.2 Πρόβειο	21
1.4.3 Κατσικίσιο	21
2. ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	23
2.1 Μικροοργανισμοί στο γάλα	24
2.1.1 Ψυχρότροφα βακτήρια	24
2.1.2 Οξυγαλακτικά βακτήρια	25
2.1.3 Θερμοανθεκτικά βακτήρια	26
2.1.4 Εντερικά βακτήρια	26
2.1.5 Παθογόνα βακτήρια	27
2.1.6 Ζύμες και Μύκητες	28
2.2 Ενέργειες περιορισμού μικροβιακής ανάπτυξης στο γάλα	28
3. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	30
3.1 Θερμικές Επεξεργασίες	32
3.1.1 Θερμοποίηση - Θέρμιση	33
3.1.2 Παστερίωση	33
3.1.3 Αποστείρωση – Θερμική επεξεργασία εξαιρετικά υψηλής θερμοκρασίας (UHT)	35
3.1.4 ESL - Παρατεταμένη Διάρκεια Ζωής (Υπερπαστερίωση)	36
3.1.5 Βακτηριοκάθαρση	37
3.2 Μη Θερμικές Επεξεργασίες	37
3.2.1 Επεξεργασία υψηλής πίεσης (High Pressure Processing)	38
3.2.2 Παλλόμενα Ηλεκτρικά Πεδία (Pulsed Electric Fields ή PEF)	38
3.2.3 Υπέρηχοι υψηλής ισχύος (Ultrasound ή US)	39
3.2.4 Υπεριώδης ακτινοβολία (Ultraviolet Light)	39
3.2.5 Τεχνολογία plasma (Plasma technology ή PT)	40

3.2.6 Διήθηση με μεμβράνη (Membrane filtration ή MF).....	40
3.2.7 Μικροκύματα και Ραδιοσυχνότητες (Microwave and Radio Frequency Processing)	41
4. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΩΠΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	43
4.1 Έλεγχος της Ολικής Μικροβιακής Χλωρίδας (ΟΜΧ)	43
4.2 Έλεγχος ύπαρξης ανασταλτικών παραγόντων στο γάλα	43
4.3 Έλεγχος των σωματικών κυττάρων.....	44
5. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	45
5.1 Επίπεδα συσκευασίας	45
5.2 Λειτουργίες Συσκευασίας	46
5.2.1 Προστασία	46
5.2.2 Ευκολία χρήσης	47
5.2.3 Επικοινωνία	47
5.3 Υλικά συσκευασίας.....	48
5.3.1 Γυαλί.....	48
5.3.2 Χαρτί και χαρτόνι	48
5.3.3 Πλαστικό.....	49
5.3.4 Μέταλλο	51
5.4 Κριτήρια επιλογής υλικών συσκευασίας.....	51
5.4.1 Μετανάστευση ουσιών.....	52
5.4.2 Διαπερατότητα.....	52
5.4.3 Μηχανικές ιδιότητες	53
5.5 Συσκευασία παστεριωμένου γάλακτος.....	53
5.7 Συσκευασία ESL και UHT γάλακτος.....	54
6. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	57
6.1 Μέθοδοι.....	57
Δειγματοληψία	59
6.2 Αποτελέσματα - Συζήτηση	60
6.2.1 Οξύτητα - pH	60
6.2.2. Μικροβιολογικός δείκτης υγιεινής	63
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	74
Bibliography.....	75

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το γάλα κατέχει στην διατροφή του ανθρώπου εδώ και χιλιάδες χρόνια βασικό και αναπόσπαστο κομμάτι. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της ιδιαίτερα πλούσιας θρεπτικότητας του και πληθώρας οφελών που προσφέρει. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετάται η επίδραση που μπορεί να έχει η θερμοκρασία συντήρησης του γάλακτος στην διατήρηση της ποιότητας του, αλλά και της ασφάλειας του. Αρχικά, παρουσιάζεται η σύσταση του γάλακτος και τα φυσικοχημικά του στοιχεία ώστε να υπάρξει μια πλήρης εικόνα για τη φύση του τροφίμου. Στη συνέχεια, αναλύονται οι πιθανοί μικροβιολογικοί κίνδυνοι που μπορούν να προκύψουν στο γάλα λόγω της αυξημένης ευαισθησίας του στην μικροβιακή ανάπτυξη και τα είδη μικροοργανισμών που συναντώνται στο γάλα. Έπειτα, εκτεταμένη αναφορά γίνεται σε δύο πολύ σημαντικές πτυχές της διαδικασίας παραγωγής γάλακτος οι οποίες είναι η θερμική επεξεργασία και η συσκευασία. Η θερμική επεξεργασία και οι λοιπές διεργασίες καθιστούν το γάλα ασφαλές και η συσκευασία είναι υπεύθυνη για την προστασία του. Κλείνοντας, πραγματοποιήθηκε πειραματική άσκηση πάνω στο παστεριωμένο αγελαδινό γάλα με σκοπό την παρατήρηση της πορείας της ποιότητας του και του μικροβιακού του φορτίου όταν αυτό συντηρείται σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες (4°C, 8°C και 12°C). Αξίζει να τονιστεί πως αρχικός στόχος ήταν η μελέτη εκτός από αγελαδινό, κατσικίσιου και πρόβειου γάλακτος, κάτι που όμως δεν κατέστη δυνατό εξαιτίας της έξαρσης της πανδημίας της COVID-19. Από την πειραματική άσκηση προέκυψε πως το καταλληλότερη θερμοκρασία συντήρησης του γάλακτος είναι όχι μεγαλύτερη των 4°C ώστε να διατηρηθεί ποιοτικό και ασφαλές.

ABSTRACT

Milk has been an essential and integral part of the human diet for thousands of years. This is because it is highly nutritious and offers a wealth of benefits. In this thesis, the effect that the preservation temperature of milk can have on maintaining its quality and safety is studied. Firstly, the composition of milk and its physicochemical elements are presented in order to create a complete picture of the nature of the food. Next, the potential microbiological hazards that can occur in milk due to its increased susceptibility to microbial growth and the types of microorganisms found in milk are analysed. Then, extensive reference is made to two very important aspects of the milk production process, namely heat treatment and packaging. Heat treatment and other procedures make milk safe, and packaging is responsible for protecting it. In conclusion, an experimental exercise is carried out on pasteurized cow's milk to observe the course of its quality and microbial load when it is preserved at three different temperatures (4°C, 8°C and 12°C). It is worth mentioning that the initial aim was to study not only cow's milk, but also goat's and sheep's milk, but this was not possible due to the outbreak of the coronavirus pandemic. The experimental exercise revealed that the most suitable temperature for preserving milk is no higher than 4°C to maintain its quality and safety.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το γάλα είναι η πρώτη τροφή των νεογέννητων θηλαστικών και συμβάλλει στην ομαλή και γρήγορη ανάπτυξη τους. Παράγεται από του μαστικούς αδένες των θηλυκών θηλαστικών. Είναι ένα μίγμα λίπους και υψηλής αξίας πρωτεϊνών σε νερό μαζί με υδατάνθρακες (σημαντικότερος υδατάνθρακας στο γάλα η λακτόζη), βιταμίνες και άλατα. Το γάλα και τα προϊόντα γάλακτος είναι δυνατό να αποκτηθούν από πολλά είδη ζώων, όπως κασίκια, πρόβατα, βουβάλια και άλλα, με το αγελαδινό όμως γάλα να αποτελεί το πιο σημαντικό είδος γάλακτος για τον άνθρωπο λόγω της ιδιαίτερως διαδεδομένης κατανάλωσης του σε όλον τον κόσμο (Vaclavik & Christian, 2014)

1.1 Γάλα ως προϊόν

Το γάλα είναι μια θρεπτική τροφή. Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, 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, ενώ νωπό γάλα νοείται το γάλα που εκκρίνεται από τους μαστικούς αδένες μιας ή περισσότερων αγελάδων, προβάτων, αιγών ή βουβαλιών το οποίο δεν έχει θερμανθεί πέραν των 40°C, ούτε έχει υποβληθεί σε επεξεργασία με ισοδύναμο αποτέλεσμα. (Kalyankar S.D., 2016)

1.2 Κύρια Συστατικά του Γάλακτος

Τα κύρια συστατικά του γάλακτος είναι το νερό, η λακτόζη, το λίπος, οι πρωτεΐνες και τα ανόργανα στοιχεία. Τα δευτερεύοντα είναι αέρια, λιπίδια, ενδογενή ένζυμα (>60), λιποδιαλυτές και υδατοδιαλυτές βιταμίνες, μη-πρωτεϊνικές αζωτούχες ουσίες, ιχνοστοιχεία, ορμόνες, αυξητικοί παράγοντες, μικροοργανισμοί, σωματικά κύτταρα. Η σύνθεση του γάλακτος συνεχίζει να μεταβάλλεται μετά την διαδικασία του αρμέγματος ανάλογα με τις συνθήκες που αποθηκεύεται και τις διάφορες επεξεργασίες στις οποίες υποβάλλεται. Η φυσική και χημική ισορροπία που σχετίζονται με πρωτεΐνες και μέταλλα του γάλακτος επηρεάζονται άμεσα από ενδεχόμενες αλλαγές του pH και της θερμοκρασίας. Επίσης, η δράση των παρεχόμενων στο γάλα ενζύμων μπορούν να προκαλέσουν υποβάθμιση των πρωτεϊνών και των λιπιδίων. Ομοίως η ανάπτυξη μικροοργανισμών είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη σύνθεση του γάλακτος (Kilara, Chandan, & Shah, 2016)

Πίνακας 1.1 Σύσταση γάλακτος θηλαστικών (Vaclavik & Christian, 2014)

ΕΙΔΟΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	% ΟΛΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ	% ΛΙΠΟΣ	% ΟΛΙΚΕΣ ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ	% ΚΑΖΕΪΝΕΣ	% ΟΡΟΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	% ΛΑΚΤΟΖΗ	% ΤΕΦΡΑ
ΑΓΕΛΑΔΙΝΟ	12,2	3,4	3,4	2,8	0,6	4,7	0,7
ΠΡΟΒΕΙΟ	19,3	7,3	5,5	4,6	0,9	4,8	1,0
ΚΑΤΣΙΚΙΣΙΟ	13,2	4,5	2,9	2,5	0,4	4,1	0,8
ΒΟΥΒΑΛΙΣΙΟ	16,3	6,7	4,5	3,6	0,9	4,5	0,8

1.2.1 Το λίπος

Το λίπος που περιέχεται στο γάλα συναντάται σε μορφή λιποσταγονιδίων τα οποία βρίσκονται διασκορπισμένα σαν εναιώρημα μέσα στο νερό του γάλακτος. Τα λιποσταγονίδια έχουν μέγεθος 0.1 - 10 μm και περιβάλλονται από μια πρωτεϊνική μεμβράνη με μέσο πάχος 15 nm. Η μεμβράνη αυτή ονομάζεται ως μεμβράνη των λιποσφαιρίων και αποτελεί περίπου το 2 – 6 % της μάζας του λιποσφαιρίου. Ο ρόλος της είναι αξιοσημείωτος καθώς χρησιμεύει ως γαλακτωματοποιητής, βοηθώντας τη διασπορά του λίπους στο πλάσμα του γάλακτος. Ακόμη, προστατεύει τα λιπίδια του πυρήνα του λιποσφαιρίου, από τη λιπόλυση, η οποία αλλοιώνει τη γεύση των γαλακτοκομικών προϊόντων.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των λιπιδίων του γάλακτος αποτελούν τα τριγλυκερίδια με ποσοστό 98%, τα οποία είναι εστέρες της γλυκερόλης με συνήθως τρία διαφορετικά λιπαρά οξέα. Ποσοστό 1% καταλαμβάνουν τα φωσφολιπίδια, δι-γλυκερίδια, μονογλυκερίδια και ελεύθερα λιπαρά οξέα. Ακόμη, λιγότερο από 1% αποτελούν τα μη-σαπωνοποιήσιμα συστατικά όπως οι στερόλες και ειδικότερα η χοληστερόλη, οι λιποδιαλυτές βιταμίνες και τα καροτενοειδή.

Το λίπος ως συστατικό καθιστά την αίσθηση του γάλακτος πυκνή και πλούσια στο στόμα. Για το λόγο αυτό υπάρχει διαφορά μεταξύ κάποιου πλήρες γάλακτος με κάποιο άπαχο ή σε χαμηλά λιπαρά γάλα, αφού και με οργανοληπτική αξιολόγηση είναι εμφανές ότι το άπαχο γάλα έχει πιο λεπτή υφή. Ακόμη μια ιδιότητα που έχει το λίπος, είναι να καθιστά το χρώμα του γάλακτος λευκό και πιο αδιαφανές, κάτι το οποίο οφείλεται στο φως που διαχέεται μέσω των λιποσταγονιδίων και των μικτελών της καζεΐνης.

Οι κυριότερες φυσικές ιδιότητες του λίπους του γάλακτος είναι:

- Πυκνότητα: 915 kg· m³ στους 20 °C
- Διαλυτότητα στο νερό: 0,14% στους 20 °C η οποία αυξάνει όσο αυξάνει και η θερμοκρασία
- Θερμική αγωγιμότητα: 0,17 J· m⁻¹ · s⁻¹ · K⁻¹ στους 20 °C
- Σημείο τήξης: 29 °C – 34 °C
- Σημείο σταθεροποίησης: 19 °C – 24 °C (Καμιναρίδης & Μοάτσου, 2009)

1.2.2 Πρωτεΐνες γάλακτος

Οι πρωτεΐνες του νωπού γάλακτος είναι ένα μίγμα διαφόρων ειδών πρωτεϊνών σε περιεκτικότητες 1.4 - 5.6% ανάλογα με το είδος του, με όλα τα απαραίτητα αμινοξέα. Το γάλα αγελάδας περιέχει 3.4% πρωτεΐνες, με κυριότερες:

- Το μεγαλύτερο ποσοστό πρωτεϊνών είναι οι καζεΐνες 2.6% του συνόλου του γάλακτος.
- Πρωτεΐνες του ορού όπως: οι γαλακτοαλβουμίνες (0.45%), οι γαλακτογλοβουλίνες (0.15%) οι πρωτεόζες και τις πεπτίνες (0.1%) και άλλες πρωτεΐνες μεταξύ των οποίων και η λακτοφερίνη.

Άλλες πρωτεΐνες γάλακτος εκτός από τα δύο κύρια κλάσματα που αναφέρθηκαν είναι και τα ένζυμα. Αυτού του είδους οι πρωτεΐνες προκαλούν χημικές αντιδράσεις ή επηρεάζουν την πορεία και την ταχύτητά αυτών. Για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται και ως βιοκαταλύτες. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ενζυμική αυτή δράση είναι η θερμοκρασία και το pH. Τα ένζυμα αποδίδουν σε θερμοκρασίες μεταξύ 25 και 50°C.

Η καζεΐνη είναι η κυριότερη κατηγορία πρωτεϊνών στο γάλα και αποτελεί περίπου τα 4/5 των πρωτεϊνών του γάλακτος. Αποτελείται από ένα μείγμα διαφόρων συστατικών όπως αμινοξέα, υδατάνθρακες, φώσφορο και ασβέστιο και κατηγοριοποιείται σε τέσσερις ετερογενείς υποομάδες: αs1-καζεΐνης, αs2-καζεΐνης, κ-καζεΐνης και β-καζεΐνης. Οι καζεΐνες συνδέονται μεταξύ τους και σχηματίζουν τα μικκύλια. Τα μικκύλια είναι σχεδόν σφαιρικά σωματίδια που αποτελούνται από εκατοντάδες και χιλιάδες μεμονωμένα μόρια καζεΐνης και κυμαίνονται σε μεγέθη από 50 έως 500 nm αλλά με μεγάλο μέγεθος διάδοσης. Λόγω των κολλοειδών διαστάσεων τους αντανακλούν το φως και έτσι εμφανίζεται το γάλα με λευκό χρώμα. Τέλος, έχουν άμεση σχέση με τη σταθερότητα των γαλακτοκομικών προϊόντων όσον αφορά την επεξεργασία και την αποθήκευσή τους.

Οι καζεΐνες είναι υδρόφοβα μόρια με σχετικά υψηλό φορτίο, τα οποία περιέχουν αρκετή προλίνη και λίγη κυστεΐνη, έτσι ώστε να παρουσιάζουν ελάχιστη δευτεροταγή και τριτοταγή δομή. Η κ-καζεΐνη περιέχει ένα υδρόφιλο τμήμα γνωστό ως το γλυκομακροπεπτίδιο και αυτό σταθεροποιεί τα μικκύλια.

Από την άλλη, οι πρωτεΐνες του ορού του γάλακτος είναι οι πρωτεΐνες που παραμένουν σε μορφή διαλύματος αφότου απομακρυνθούν οι καζεΐνες από το αποβουτυρωμένο γάλα με τη μέθοδο της καθίζησης. Οι πρωτεΐνες αυτές είναι πολύ υψηλές σε θρεπτικές αξίες και χωρίζονται σε α-γαλακτοαλβουμίνη, β-λακτοσφαιρίνη, ανοσοσφαιρίνη και ορολευκωματίνη με κυριότερες τις δύο πρώτες.

Η α-γαλακτοαλβουμίνη αποτελεί βασική πρωτεΐνη του ορού του γάλακτος, συναντάται σε όλα τα θηλαστικά και παίζει κυρίαρχο ρόλο στη σύνθεση της λακτόζης στο μαστό του ζώου. Από την άλλη η β-λακτοσφαιρίνη συναντάται μόνο

στα οπληφόρα ζώα και είναι το βασικό συστατικό πρωτεΐνης στον ορό γάλακτος από αγελάδες.

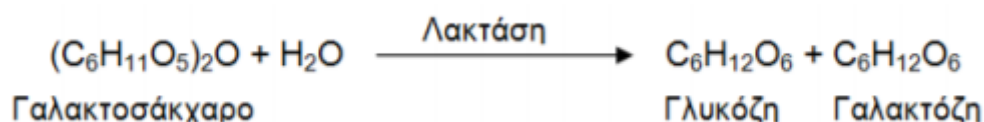
(Group, 2021)

Υπάρχει μια βασική διαφορά μεταξύ καζεΐνης και πρωτεϊνών του ορού. Αυτή συναντάται στο φώσφορο που περιέχουν οι καζεΐνες στο μόριο τους, το οποίο συμβάλλει στη διατήρηση της σταθερότητας τους κατά τη θερμική επεξεργασία.

1.2.3 Σάκχαρα

Η λακτόζη καθώς και άλλα σάκχαρα που υπάγονται στις οργανικές ενώσεις των υδατανθράκων, περιέχονται στο γάλα σε ποσοστά που συνήθως δεν υπερβαίνουν το 5-6%. Η λακτόζη στο ανθρώπινο στομάχι παραμένει αμετάβλητη, εισέρχεται στο λεπτό έντερο, όπου και διασπάται αργά σε γλυκόζη και γαλακτόζη μέσω του ενζύμου της λακτάσης.

Η λακτόζη είναι το κύριο κλάσμα υδατανθράκων στο γάλα. Αποτελείται από δύο σάκχαρα, τη γλυκόζη και γαλακτόζη.



Η συγκέντρωσή της στο γάλα, απαντάται σε ποσοστό μεταξύ 4,0 και 5,0%. Ο πιο σημαντικός λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό, είναι η μαστίτιδα η οποία μειώνει την έκκριση λακτόζης. Ακόμη, είναι πηγή ενέργειας για το νεαρό μοσχάρι και παρέχει 4 θερμίδες (kcal) / g λακτόζης που μεταβολίζονται. Είναι λιγότερο διαλυτή στο νερό από τη σακχαρόζη και επίσης είναι λιγότερο γλυκιά.

1. Η λακτόζη υπάρχει στο γάλα σε μοριακό διάλυμα. Η χρήση της είναι ευεργετική για τις παρακάτω περιπτώσεις:
2. Στη φαρμακευτική βιομηχανία, όπου η χαμηλή διαλυτότητά της λακτόζης στο νερό το καθιστά κατάλληλο για επικάλυψη δισκίων.
3. Χρησιμοποιείται για την ενίσχυση της βρεφικής τροφής.
4. Η λακτόζη μπορεί να ψεκαστεί κατά τη διαδικασία ενσίρωσης για να αυξηθεί ο ρυθμός ανάπτυξης του οξέος στη ζύμωση.

1.2.3 Άλατα

Το γάλα περιέχει ανόργανα και οργανικά άλατα, τα οποία βρίσκονται στο γάλα ως ιόντα ή μη ιονισμένα. Προσδιορίζονται ύστερα από την αποτέφρωση του γάλακτος στους 500-550 °C, λαμβάνοντας την τέφρα του.

Τα άλατα του γάλακτος είναι κυρίως χλωριούχα, φωσφορικά και κιτρικά άλατα νατρίου, ασβεστίου και μαγνησίου. Αν και τα άλατα βρίσκονται σε ποσοστό λιγότερο από το 1% του γάλακτος, επηρεάζουν το ρυθμό πήξης και άλλες

λειτουργικές ιδιότητες του. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τα κύρια και τα δευτερεύοντα. Τα κύρια άλατα είναι τα άλατα καλίου, νατρίου, ασβεστίου και μαγνησίου με φωσφορικές, κιτρικές, χλωριούχες, θειικές και ανθρακικές ρίζες. Τα δευτερεύοντα ή αλλιώς ιχνοστοιχεία, είναι ο ψευδάργυρος, χαλκός, σίδηρος, μόλυβδος, μαγγάνιο, βρώμιο, ιώδιο κτλ.) (Καμιναρίδης & Μοάτσου, 2009).

Οι ποσότητες των αλάτων δεν είναι σταθερές. Η ισορροπία τους μεταβάλλεται με τη θέρμανση, την ψύξη και την αλλαγή pH. Μπορούν επίσης να επηρεαστούν από την περίοδο της γαλουχίας ή ακόμα από κάποια νόσο του μαστού με αποτέλεσμα η περιεκτικότητα σε χλωριούχο νάτριο να αυξηθεί. Τέλος, ορισμένα στοιχεία όπως ο χαλκός, ο σίδηρος, το νικέλιο και ο ψευδάργυρος μπορούν να εισέλθουν στο γάλα από διάφορες ζωοτροφές ή από τα σκεύη και τον εξοπλισμό του αρμέγματος. (Kazama, και συν., 2010)

1.2.4 Λοιπά συστατικά του γάλακτος

- **Βιταμίνες.** Κατηγοριοποιούνται σε υδατοδιαλυτές και λιποδιαλυτές με κυριότερες τις παρακάτω:

Λιποδιαλυτές: A (Ρετινόλη), D και τις προβιταμίνες τους, καθώς και E και K.

Υδατοδιαλυτές: B1 (θειαμίνη), B2 (ριβοφλαβίνη), B6 (πυροδοξάλη), B12, νικοτινικό οξύ, παντοθενικό οξύ, χολίνη, βιοτίνη, και την C (ασκορβικό οξύ).

Οι βιταμίνες είναι ασταθείς και η επεξεργασία του γάλακτος μπορεί να επηρεάσει την περιεκτικότητά του σε αυτές.

- **Ανόργανα συστατικά** είναι τα χημικά στοιχεία που περιέχονται στο γάλα είτε υπό τη μορφή οργανικών αλάτων είτε ως ανόργανα σύμπλοκα. Κυρίως ασβέστιο (Ca), φωσφόρος (P) καθώς και νάτριο (Na), κάλιο (K), χλώριο (Cl), θείο (S) και σε μικρότερη αναλογία μαγνήσιο (Mg), χαλκό (Cu), σίδηρο (Fe), ψευδάργυρο (Zn), μαγγάνιο (Mn) και επίσης ίχνη άλλων στοιχείων.
- **Ένζυμα:** φωσφατάση, λιπάση, καταλάση, αμυλάση και υπεροξειδάση.
- **Αέρια:** περιέχει εν διαλύσει διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), οξυγόνο (O₂) και άζωτο (N₂).
- **Οργανικά οξέα** ως ελεύθερα περιέχει γαλακτικό, βουτυρικό και οξικό που προέρχονται από τη ζύμωση του γαλακτοσακχάρου από τους μικροοργανισμούς του γάλατος καθώς και λίγο κιτρικό (0.18%).
- **Άλλα λιποειδή:** κυρίως καροτένια, χοληστερόλη και φωσφολιποειδή.

Το γάλα καθώς και όλα τα γαλακτοκομικά προϊόντα περιέχουν αρκετά θρεπτικά συστατικά τα οποία συμβάλλουν στην ορθή λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού.

Πιο συγκεκριμένα η κατανάλωση του γάλακτος προσφέρει στον ανθρώπινο οργανισμό τα παρακάτω: (Ανδρικόπουλος, 2015)

- πρωτεΐνη
- ασβέστιο
- μαγνήσιο
- κάλιο
- φώσφορο
- σελήνιο
- ριβοφλαβίνη
- βιταμίνη B12

Όσον αφορά τη θρεπτική αξία του γάλακτος, σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη στο Οντάριο, εξετάστηκαν και αναλύθηκαν 40 μελέτες σχετικά με τις επιπτώσεις της παστερίωσης σε αυτή. Το πρώτο εύρημα είναι ότι η παστερίωση έχει μικρή επίδραση στις βιταμίνες που βρίσκονται στο γάλα. Και σε αντίθεση με το νωπό γάλα, το οποίο περιέχει μόνο μια μικρή ποσότητα βιταμίνης D, το παστεριωμένο γάλα εμπλουτίζεται με αυτήν τη βιταμίνη, η οποία προάγει την απορρόφηση του ασβεστίου και παίζει βασικό ρόλο στην υγεία των οστών. Μόνο τα επίπεδα ριβοφλαβίνης ή βιταμίνης B₂ μειώνονται σημαντικά κατά τη διαδικασία παστερίωσης. Ωστόσο, το παστεριωμένο γάλα εξακολουθεί να αποτελεί σημαντική διατροφική πηγή αυτής της βιταμίνης. (Canada, 2020)

1.3 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

1.3.1 Οσμή και Γεύση

Η οσμή του γάλακτος είναι ιδιάζουσα και η γεύση του ευχάριστη, ήπια και ελαφρώς υπόγλυκη. Η λακτόζη προσδίδει μια γλυκύτητα σε αντίθεση με τα άλατα που του προσδίδουν αλμυρή γεύση. Πολλά μικρά μόρια που περιέχονται σε μικρές ποσότητες συμβάλλουν και αυτά στη γεύση. Συχνά, διάφορες αιτίες συμβάλλουν στην απόκλιση από τα φυσιολογικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος, που πολλές φορές το καθιστούν ακατάλληλο αλλά και μη υγιεινό.

1.3.2 Χρώμα

Το χρώμα του γάλακτος είναι λευκό ή λευκοκίτρινο ανάλογα με το είδος του ζώου, τη φυλή και την ύπαρξη χρωστικών. Το λευκό χρώμα του αγελαδινού γάλακτος είναι αποτέλεσμα του σκεδασμού του φωτός που προκαλείται από την ανάκλασή του πάνω στα λιποσφαίρια και στα μικκύλια της καζεΐνης. Το κίτρινο οφείλεται στις

λιποδιαλυτές χρωστικές, καροτίνη και ξανθοφύλλη το οποίο απορροφάται από το λίπος.

Πίνακας 1.2 Φυσικοχημικές ιδιότητες αγελαδινού, κατσικίσιου και πρόβειου γάλακτος (Do-Hyung, Lee, & Han, 2007) (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2017)

Ιδιότητες	Αγελαδινό	Κατσικίσιο	Πρόβειο
Πυκνότητα	1,023 – 1,040	1,029 - 1,039	1,035 – 1,038
Ιξώδες (Cp)	2,0	2,12	2,86 – 3,93
Σημείο πήξεως (- °C)	0,530 – 0,570	0,540 - 0,573	0,570
Οξύτητα (γαλακτικό οξύ%)	0,15 – 0,18	0,14 - 0,23	0,22 – 0,25
pH	6,65 – 6,71	6,50 - 6,80	6,51 – 6,85

1.3.3 Οξύτητα και Ρυθμιστική Ικανότητα

Η οξύτητα του γάλακτος εκφράζει τη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος σε αυτό καθώς αναφέρεται στην ικανότητα του γάλακτος να αντιστέκεται στις μεταβολές του pH, χαρακτηρίζοντας έτσι την ανθεκτικότητά του.

Κατά την επεξεργασία και την παραγωγή του γάλακτος, η γνώση της οξύτητας είναι αξιοσημείωτη διότι:

- Επηρεάζει την αντοχή του στις διάφορες θερμικές επεξεργασίες κατά την παρασκευή γαλακτοκομικών προϊόντων
- Απεικονίζει την ποιότητα του γάλακτος κατά την άμελη (πρωτόγαλα, μαστίτιδες)
- Ελέγχεται η ποιότητα και η πιθανή υποβάθμισή του γάλακτος σε όλα τα στάδια της παραγωγής καθώς και μεταφοράς του, σε περίπτωση που προσβληθεί από μικροοργανισμούς.

Στην ανάλυση γαλακτοκομικών προϊόντων, η πιο συνήθης διαδικασία για τον προσδιορισμό της οξύτητας του γάλακτος είναι ογκομέτρηση. Επιτυγχάνεται με εξουδετέρωση των οξέων του με διάλυμα καυστικού νατρίου γνωστής κανονικότητας. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση δείκτη φαινολοφθαλεΐνης και η διαδικασία πραγματοποιείται όταν το δείγμα από άχρωμο γίνει ελαφρώς ρόδινο.

Το αποτέλεσμα της οξυμέτρησης εκφράζεται συνήθως σε γαλακτικό οξύ επί τοις εκατό, παρά το γεγονός ότι το γάλα περιέχει κι άλλα οξέα. Αυτό γίνεται για να απλουστευθεί η όλη διαδικασία και να διευκολυνθεί η σύγκριση μεταξύ διαφόρων δειγμάτων γάλακτος.

Η οξύτητα του γάλακτος μπορεί να εκφραστεί σε:

- Βαθμούς *Soxhlet - Henckel* (S-H), όταν χρησιμοποιείται για την τιτλοδότηση διάλυμα καυστικού νατρίου N/4
- Βαθμούς *Thorner - Pfeiffer* (T-P), όταν χρησιμοποιείται για την τιτλοδότηση διάλυμα καυστικού νατρίου N/10

- Βαθμούς *Dornic* (°D) ή % γαλακτικό οξύ που είναι ο αριθμός mL N/9 καυστικού νατρίου που απαιτούνται για την εξουδετέρωση της οξύτητας 100 mL γάλακτος με δείκτη τη φαινολοφθαλεΐνη. (Καμιναρίδης & Μοάτσου, 2009) (Πλέσσας, 2013)

Η τιτλοδοτούμενη οξύτητα εκφράζει την **ολική οξύτητα** του γάλακτος, η οποία είναι το άθροισμα της **αρχικής** και της **πραγματικής** οξύτητας του.

Αρχική ή φυσική οξύτητα, είναι η οξύτητα που παρουσιάζει το γάλα αμέσως μετά την άμελη με pH < 7. Οφείλεται στα συστατικά του γάλακτος και στις διακυμάνσεις τους. Έχει άμεση εξάρτηση από το είδος, τη φυλή, τα ατομικά χαρακτηριστικά, το στάδιο της γαλακτικής περιόδου καθώς και την κατάσταση του μαστού του ζώου. Περίπου το 80% της φυσικής οξύτητας οφείλεται στην καζεΐνη και στα διαλυτά φωσφορικά άλατα.

Η αρχική αυτή οξύτητα του γάλακτος εκφρασμένη σε γαλακτικό οξύ, κυμαίνεται μεταξύ 0,12 – 0,15g / 100mL και οφείλεται στη χημική του σύσταση:

Πίνακας 1.2 Σχέση συστατικών-γαλακτικού οξέος

Συστατικά	Γαλακτικό οξύ %
Καζεΐνες	0,05 - 0,08
Φωσφορικά άλατα	0,04 - 0,07
Πρωτεΐνες του ορού	0,01
Διοξείδιο του άνθρακα	0,01 - 0,02
Κιτρικά άλατα	0,01

Πραγματική ή επίκτητη οξύτητα είναι η οξύτητα που προκύπτει ως απόρροια μικροβιολογικής δραστηριότητας, είτε μέσω μικροοργανισμών που υπάρχουν φυσικά στο γάλα ή που οφείλεται σε επιμολύνσεις. Αυτή, έχει ως αποτέλεσμα τη ζύμωση της λακτόζης με κύριο προϊόν το γαλακτικό οξύ. Παρ' όλα αυτά είναι πιθανό να παραχθούν σε μικροποσότητες και άλλα συστατικά που επηρεάζουν την οξύτητα, όπως το οξικό οξύ.

Η οξύτητα μπορεί να εκφραστεί ως ενεργός οξύτητα (pH) και λαμβάνει τιμή 6,7 έως 6,5 με μέσο όρο το 6,6 σε θερμοκρασία 20°C. Το pH του γάλακτος σε περιπτώσεις μαστίτιδας είναι αρκετά υψηλότερο από εκείνο που παραλαμβάνεται από υγιή ζώα, και φτάνει σε τιμή 7,5.

Το γάλα έχει και ρυθμιστική ικανότητα που αυτό οφείλεται στο φωσφορικό και το κιτρικό ασβέστιο. Η θέρμανση του γάλακτος προκαλεί μικρή άνοδο του pH λόγω

απώλειας CO₂ και μειώνει τη ρυθμιστική του ικανότητα λόγω καθίζησης του καζεϊνικού ασβεστίου, με παράλληλη απελευθέρωση ιόντων υδρογόνου. Θέρμανση όμως πάνω από τους 100°C προκαλεί μείωση του pH (αύξηση οξύτητας) λόγω παραγωγής οξέων από τη μερική διάσπαση της λακτόζης.

Ο προσδιορισμός της οξύτητας του γάλακτος έχει σημασία διότι η αύξησή της (επίκτητη οξύτητα) συνδέεται συνήθως με τη ζύμωση της λακτόζης και το σχηματισμό γαλακτικού οξέος από τη δράση των μικροοργανισμών.

Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατό να ελέγξουμε τις συνθήκες παραγωγής του γάλακτος και να αποκλείσουμε από την επεξεργασία το γάλα που έχει υποστεί υποβάθμιση από τη δράση μικροοργανισμών, αφού είναι βέβαιο ότι τέτοιο γάλα μπορεί να μας δημιουργήσει προβλήματα κατά την επεξεργασία (πήξιμο κατά τη θερμική επεξεργασία) και τα προϊόντα που θα παρασκευαστούν από αυτό να είναι κατώτερης ποιότητας.

1.3.4 Ιξώδες

Το ιξώδες προκύπτει από την τριβή των μορίων, εκφράζει δε την αντίσταση που προβάλλει ένα υγρό κατά τη ροή του. Εκφράζεται σε centipoise (1 poise αντιστοιχεί σε 1 dyne/cm²). Το ιξώδες μειώνεται με την άνοδο της θερμοκρασίας και εξαρτάται επίσης από την ασκούμενη πίεση.

Μετράται εύκολα με το χρόνο ροής ορισμένης ποσότητας υγρού σε τριχοειδή σωλήνα (ιξωδόμετρο Ostwald).

Η αναγκαιότητα της γνώσης του ιξώδους από τους τεχνολόγους τροφίμων είναι σημαντική καθώς επηρεάζει άμεσα από τα παρακάτω:

- Εμφάνιση προϊόντων. Οι υψηλές τιμές ιξώδους στα γαλακτοκομικά προϊόντα δίνουν την αίσθηση ότι είναι πλούσια σε συστατικά.
- Επηρεάζει τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά
- Ποιότητα. Εξασφάλιση σταθερότητας προϊόντος και αποφυγή ελαττωμάτων που συνδέονται με πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές τιμές ιξώδους.
- Βάσει του ιξώδους και των μεταβολών του, κατασκευάζονται και σχεδιάζονται νέοι μηχανολογικοί εξοπλισμοί.

1.3.5 Πυκνότητα και ειδικό βάρος

Ως γνωστόν, η πυκνότητα ορίζεται ως το πηλίκο της μάζας μια συγκεκριμένης ποσότητας μιας ουσίας δια του όγκου της. Συμβολίζεται με ρ , εξαρτάται από τη θερμοκρασία και στα υγρά εκφράζεται με g / mL ή kg / m³.

Η πυκνότητα του αγελαδινού γάλακτος είναι περίπου 1030 kg / m³ και επηρεάζεται από τη σύνθεσή του, εφόσον αυτή προκύπτει από τη μέτρηση της πυκνότητας των επιμέρους συστατικών του γάλακτος. Επίσης, η πυκνότητα μειώνεται όσο αυξάνεται

η θερμοκρασία κυρίως λόγω της διαστολής του λίπους η οποία είναι μεγαλύτερη από τη διαστολή του νερού.

Η πυκνότητα προσδιορίζεται στο γάλα με τη μέτρηση ειδικού βάρους, όπου είναι ο λόγος: ρ ουσίας / ρ ίδιου όγκου νερού.

Συνεπώς, το ειδικό βάρος είναι μια αδιάστατη (χωρίς μονάδες) σταθερά και αρκετά αξιόπιστη πηγή ώστε να εξακριβωθεί αν το γάλα έχει υποστεί νοθεία με νερό.

1.3.6 Σημείο πήξεως

Το σημείο πήξεως του γάλακτος είναι μια σταθερή φυσικοχημική ιδιότητα που μεταβάλλεται ελάχιστα κατά τη διάρκεια της γαλακτικής περιόδου. Για το λόγο αυτό συνδέεται άμεσα με την ωσμωτική πίεση, η οποία είναι σταθερή. Το σημείο πήξεως του γάλακτος διαμορφώνεται κυρίως από το σύνολο των μικρών μορίων και ιόντων, που είναι διαλυμένες στο νερό του γάλακτος. Το λίπος και η καζεΐνη δεν το επηρεάζουν, εφόσον δεν βρίσκονται σε διαλυτή κατάσταση μέσα στο γάλα.

Το ΣΠ του αγελαδινού γάλακτος κυμαίνεται μεταξύ -0,525 και -0,565 °C με μέση τιμή στο -0,540°C . Δεν επηρεάζεται εύκολα από εξωτερικούς παράγοντες όπως το περιβάλλον ή το στάδιο γαλακτικής περιόδου καθώς και οι επεξεργασίες που δέχεται το γάλα πλην της αραιώσης και της συμπύκνωσης, δεν μεταβάλλουν το ΣΠ.

Ακόμη, είναι ένας ακριβής και αποτελεσματικός τρόπος ανεύρεσης της προσθήκης νερού στο γάλα από τον έλεγχο της πυκνότητας. Αυτό συμβαίνει διότι όσο προστίθεται νερό, τόσο αυξάνεται το ΣΠ, διότι μειώνονται τα διαλυτά μόρια. Ο τύπος σύμφωνα με τον οποίο ανιχνεύεται η νοθεία είναι ο εξής:

$$\% \text{ νερό που προστέθηκε} = (T - T_1) / T \cdot 100$$

όπου, T = ΣΠ αυθεντικού (μέση τιμή), T₁ = ΣΠ του δείγματος που αναλύθηκε

Είναι εύκολο λοιπόν να εντοπιστεί η νοθεία του γάλακτος με νερό διότι για κάθε 1% που προστίθεται, το ΣΠ αυξάνεται κατά 0,0055°C. Από την άλλη, είναι δύσκολο να εντοπιστεί νοθεία του γάλακτος με άπαχο γάλα σε πλήρες διότι δεν παρατηρείται αλλαγή στο ΣΠ, λόγω του ότι το λίπος δεν είναι διαλυμένο στο νερό του γάλακτος.

Ένας παράγοντας ακόμη που επηρεάζει το ΣΠ είναι η όξυνση. Για κάθε 0,01% αύξησης της τιτλοδοτούμενης οξύτητας σε γαλακτικό οξύ, μειώνεται κατά 0,0033°C το ΣΠ.

Το ΣΠ προσδιορίζεται ταχύτατα με αυτόματους αναλυτές καθώς είναι από τους πρώτους ελέγχους που πραγματοποιούνται στο γάλα έπειτα από την παραλαβή του από τις βιομηχανίες.

ΣΠ πρόβειου γάλακτος: -0,570 °C.

ΣΠ αγελαδινού γάλακτος -0,540°C .

ΣΠ αίγιου γάλακτος -0,540 έως -0,573 °C.

(Καμιναρίδης & Μοάτσου, 2009)

1.4 ΕΙΔΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Τα διάφορα είδη γάλακτος κατηγοριοποιούνται με βάση την προέλευση τους όπως για παράδειγμα από το γαλακτοφόρο ζώο το οποίο λαμβάνονται. Ακόμη διαφοροποιούνται από τη σύνθεση (πλούσιο ή φτωχό σε λιπαρά), τη συντήρησή του (διαρκείας, σε σκόνη), τη μέθοδο παραγωγής (βιολογικό, ελευθέρως βοσκής, οργανικό) και την ενίσχυσή του (με βιταμίνες, μέταλλα, ιχνοστοιχεία).

Το τελευταίο διάστημα, ανοδική παραγωγή και κατανάλωση έχουν τα υποκατάστατα των γαλακτοκομικών προϊόντων, που παρασκευάζονται από φυτικά συστατικά. Στην κατηγορία αυτή εμπεριέχονται πολλά θρεπτικά στοιχεία που σχετίζονται με το ζωικό γάλα και μπορούν να καλύψουν πολλαπλές ανάγκες των καταναλωτών με διατροφικές δυσκολίες, ή που είναι vegan, ή που απλώς νηστεύουν στις αντίστοιχες περιόδους. Ακόμη μεγάλο ποσοστό των προϊόντων αυτών απευθύνονται σε κοινό το οποίο επιθυμεί να τρέφεται πιο υγιεινά, με λιγότερα λιπαρά και χοληστερόλες.

(Άρθρο 80 - Είδη γάλακτος)

Τα κυριότερα είδη γάλακτος είναι τα εξής:

- **Πρωτόγαλα ή πύαρ**

Το πρωτόγαλα είναι το πρώτο υγρό που παράγεται από τους μαστικούς αδένες των θηλαστικών αμέσως μετά τον τοκετό και προορίζεται για το νεογέννητο. Είναι ένα σύνθετο βιολογικό υγρό καθώς περιέχει ανοσοσφαιρίνη η οποία διαθέτει αντιμικροβιακές ιδιότητες δημιουργώντας έτσι ανοσοποιητικούς και αυξητικούς παράγοντες που συμβάλλουν στην ανοσία των νεογέννητων ζώων. Το πρωτόγαλα επίσης δρα ως θεραπεία ή πρόληψη των λοιμώξεων του γαστρεντερικού σωλήνα, συμβάλλει στην ανάπτυξη των μυών και του σκελετού και επιταχύνει την επούλωση πληγών. (Kumar, Kumar, Kumar, & Kumar, 2016)

- **Νωπό γάλα**

Το νωπό γάλα είναι το γάλα από αγελάδες, αίγες, πρόβατα ή άλλα ζώα που δεν έχει υποβληθεί σε καμία άλλη επεξεργασία εκτός από τη διήθηση, την ψύξη και την ομογενοποίηση και κυρίως δεν έχει παστεριωθεί. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να περιέχει επιβλαβή βακτήρια ή μικρόβια όπως η Salmonella, E. coli και η Listeria τα οποία μπορούν να προκαλέσουν από συμπτώματα πυρετού, εμετού, διάρροιας μέχρι και νεφρική ανεπάρκεια, αποβολές σε εγκύους ακόμη και θάνατο.

- **Παστεριωμένο γάλα**

Το γάλα το οποίο έχει υποβληθεί σε παστερίωση, δηλαδή σε θέρμανση σε υψηλά επίπεδα θερμοκρασίας για αρκετό διάστημα (συνήθως 73°C επί 15 sec) ώστε να εξαλειφθούν τα πιθανά βακτήρια ή μικρόβια που μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες.

- **Αποστειρωμένο γάλα**

Το γάλα που έχει υποβληθεί σε αποστείρωση (θέρμανση στους 135-150°C για 2-10 sec) οδηγώντας έτσι στην πλήρη θανάτωση των παθογόνων μικροοργανισμών και των βακτηριακών σπόρων που μπορεί να περιέχει. Συνοδεύεται από ασηπτική συσκευασία και μπορεί να αποθηκευτεί για διάστημα έως και 90 ημερών σε θερμοκρασία περιβάλλοντος χωρίς να δεχτεί κάποια αλλοίωση.

- **Ομογενοποιημένο γάλα**

Το ομογενοποιημένο γάλα έχει δεχτεί κατεργασία σε μεγάλη πίεση μέσω μικρών ανοιγμάτων που χωρίζουν τα λιποσφαίρια μεγέθους ενός χιλιοστού τα οποία παραμένουν αιωρούμενα στο γάλα. Η διαδικασία πραγματοποιείται για τη μείωση του μεγέθους των λιποσφαιρίων ή για τη διασπορά τους με τη χρήση μιας βαλβίδας ομογενοποίησης ή με τη χρήση δύο βαλβίδων υψηλής και χαμηλής πίεσης, 200 και 35 bar αντίστοιχα. Το γάλα αυτό έχει καλύτερη σταθερότητα, γεύση και εμφάνιση.

- **Γάλα αποβουτυρωμένο**

Είναι το προϊόν γάλακτος που προκύπτει ύστερα από μηχανική επεξεργασία για την πλήρη αφαίρεση του βουτύρου από ένα νωπό γάλα. Το λίπος που απομένει δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,2% ενώ τελικά υφίσταται παστερίωση και διατίθεται στην αγορά.

- **Γάλα ημιαποβουτυρωμένο**

Είναι το προϊόν γάλακτος που προκύπτει ύστερα από μηχανική επεξεργασία για τη μερική αφαίρεση του βουτύρου από ένα νωπό γάλα ενώ το λίπος που απομένει κυμαίνεται μεταξύ 1,5- 1,8%.

- **Γάλα μερικώς αποβουτυρωμένο**

Όμοιο με το ημιαποβουτυρωμένο γάλα, όμως σε αυτή την περίπτωση το λίπος πρέπει απαραίτητα να υπερβαίνει το 1,8% ενώ παράλληλα πρέπει να αναγράφεται με ακρίβεια στη συσκευασία. Δεν είναι συχνή η διάθεση του στην αγορά εκτός αν πρώτα έχει εγκριθεί.

- **Γάλα εβαπορέ**

Είναι το συμπυκνωμένο ή αλλιώς το εξατμισμένο γάλα το οποίο παράγεται με θέρμανση του νωπού γάλακτος μέχρι να εξατμιστεί το 60% της περιεκτικότητάς του σε νερό. Κατόπιν περνάει από ομογενοποίηση και συσκευάζεται προκειμένου να αποστειρωθεί. Συντηρείται για αρκετούς μήνες εκτός ψυγείου. Το χρώμα που αποκτά είναι πιο σκούρο από το απλό παστεριωμένο γάλα, η υφή του πυκνή και κρεμώδης ενώ έχει και μια χαρακτηριστική γεύση ελαφρώς “καραμελωμένη” λόγω της υψηλής θερμοκρασίας στην οποία έχει επεξεργαστεί. Χωρίζεται σε συμπυκνωμένο με συμπύκνωση κατά $\frac{1}{3}$ του αρχικού όγκου και μερικώς συμπυκνωμένο με συμπύκνωση κατά $\frac{1}{2}$ του αρχικού όγκου.

- **Γάλα σε σκόνη**

Είναι το γάλα σε μορφή σκόνης, αφότου έχει αφαιρεθεί από αυτό η περιεκτικότητα του σε νερό. Έχει δηλαδή, συμπυκνωθεί πλήρως. Χρησιμοποιείται κυρίως για βρεφικά παρασκευάσματα ή στον τομέα της ζαχαροπλαστικής ή σε περιπτώσεις που η πρόσβαση σε ψυκτικά μέσα δεν είναι άμεσα εφικτή. Ωστόσο, το γάλα σε σκόνη δεν είναι ένα αποστειρωμένο προϊόν, μπορεί δηλαδή να έχουν επιβιώσει βακτήρια από το νωπό γάλα, παρά τις επεξεργασίες.

Έχει συγκεκριμένα ποσοστά λιπαρών που επιτρέπεται να περιέχει στα παρακάτω είδη γάλακτος:

- 26% - 42% m/m για σκόνη πλήρους
- 1,5% - 26% m/m για σκόνη ημιαποβουτυρωμένου
- 1.5% για σκόνη αποβουτυρωμένου

- **Γάλα σακχαρούχο**

Παράγεται με τον ίδιο τρόπο όπως το εβαπορέ με τη διαφορά ότι σε αυτό προστίθεται καλαμοσάκχαρο ή δεξτρόζη, μπορεί και συνδυαστικά. Είναι το μοναδικό είδος γάλακτος που γίνεται προσθήκη ζάχαρης και συντηρείται μέσω αυτής, δεν αποστειρώνεται.

- **Ξινόγαλα**

Είναι ένα γαλακτοκομικό ρόφημα το οποίο παρασκευάζεται μέσω της ζύμωσης του γάλακτος με μια μεγάλη ποσότητα προβιοτικών των οποίων η ευεργετική δράση συμβάλλει στην καλή λειτουργία του γαστρεντερικού συστήματος. Ταυτόχρονα η σύστασή του θυμίζει αυτή του αγελαδινού ενώ διαθέτει και τα διατροφικά στοιχεία ενός κοινού γάλακτος.

Τα 3 βασικότερα είδη γάλακτος με βάση το ζώο από το οποίο προέρχονται:

1.4.1 Αγελαδινό

Είναι το γάλα που χρησιμοποιείται κυρίως από τον άνθρωπο ως ένα από τα βασικά είδη διατροφής. Η περιεκτικότητά σε λιπαρά εξαρτάται από τη φυλή (ράτσα) και την ηλικία της αγελάδας και από τις συνθήκες ζωής αλλά και της διατροφής της.

Επίσης περιέχει ανά 100 ml: 5 g λακτόζης, 3,5 g πρωτεΐνης. Στο αγελαδινό επιπλέον περιέχονται τόσο η A1 όσο και η A2 μορφή της καζεΐνης.

- Είναι η πλουσιότερη πηγή βιταμίνης D και σεληνίου ενώ περιέχει υψηλά επίπεδα ασβεστίου, φωσφόρου, βιταμίνης B12 και φολικού οξέος.
- Έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα λίπους σε σχέση με τα υπόλοιπα γάλατα. Παρόλα αυτά είναι πιο δύσπεπτο λόγω των μεγαλύτερων σταγονιδίων λίπους που διαθέτει σχετικά με το κατσικίσιο και το πρόβειο.

1.4.2 Πρόβειο

Το πρόβειο γάλα είναι φυσικά ομογενοποιημένο και λόγω των μικρών λιποσταγονιδίων που περιέχει είναι αρκετά εύπεπτο.

Είναι υψηλό σε λιπαρά, πρωτεΐνες και άλατα συγκριτικά τόσο με το κατσικίσιο όσο και με το αγελαδινό γάλα και περιέχει υψηλές ποσότητες μαγνησίου, φολικού οξέος και βιταμίνης A.

1.4.3 Κατσικίσιο

Το εν λόγω είδος γάλακτος είναι αρκετά εύπεπτο διότι περιέχει χαμηλή ποσότητα σε λιποσταγονίδια. Το γάλα κασίκας περιέχει χαμηλότερα επίπεδα σε λακτόζη από το αγελαδινό ενώ περιέχει 10% περισσότερο ασβέστιο. Ακόμη έχει ανακαλυφθεί ότι προστατεύει από την αθηροσκλήρωση και προτείνεται για μικρά παιδιά που μόλις έχουν σταματήσει το θηλασμό. Αυτό συμβαίνει επειδή είναι γεμάτο με απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, βιταμίνες και μέταλλα και είναι πλούσιο σε λιπαρά οξέα. Είναι εύπεπτο και δεν προκαλεί γαστρεντερολογικές φλεγμονές όπως το αγελαδινό γάλα. Ένα από τα πιο σημαντικά οφέλη του κατσικίσιου γάλακτος είναι ότι έχει θεραπευτικά οφέλη για την υγεία της καρδιάς, όπου τα λιπαρά οξέα του βοηθούν στη μείωση των επιπέδων χοληστερόλης στο σώμα και μπορεί ακόμη και να βοηθήσει στη θεραπεία καταστάσεων όπως η στεφανιαία νόσος.

- Από την άλλη πλευρά όμως σε σύγκριση με το αγελαδινό περιέχει παραπάνω λιπαρά και λιγότερη λακτόζη. Επίσης έχει αυξημένα ποσά βιταμίνης A και λιγότερα ποσά καροτενίων γι' αυτό λοιπόν το λόγο έχει πιο λευκό χρώμα.

- Το γάλα κασίικας κατά κανόνα περιέχει Α2 β-καζεΐνη η οποία σε σύγκριση με την Α1 β-καζεΐνη δεν δημιουργεί γαστρεντερικές διαταραχές και ενδεχομένως δυσανεξίες όπως συμβαίνει με την Α1 β-καζεΐνη την οποία βρίσκουμε συχνότερα στο αγελαδινό.
- Τέλος διαθέτει μεγάλα ποσοστά φωσφόρου, ασβεστίου, βιταμίνης Α, Β1 και Β12. Παράλληλα διαθέτει υψηλά επίπεδα πρωτεΐνης και μαγνησίου όμως από την άλλη πλευρά δεν διαθέτει επαρκείς ποσότητες φολικού οξέος.

Πίνακας 1.3 Κατώτατα νομοθετικά όρια του στερεού υπολείμματος άνευ λίπους στα 3 είδη γάλακτος, σύμφωνα με τον Ελληνικό Κώδικα Τροφίμων (2003).

Είδος Γάλακτος	Κατώτατα Νομοθετικά Όρια Σ.Υ.Α.Λ. (%)
Αγελαδινό	8,46
Αίγιο (Εγχώριες φυλές)	9,00
Πρόβειο	10,20

Πίνακας 1.4 Μέσος όρος τέφρας στα 3 είδη γάλακτος

Είδος Γάλακτος	Τέφρα (%)
Αγελαδινό	0,75
Αίγιο (Εγχώριες φυλές)	0,80
Πρόβειο	0,90

Μέσος όρος στερεού υπολείμματος στα 3 είδη γάλακτος. Είδος γάλακτος Μέσος όρος ΣΥ (%)

Πίνακας 1.5 Μέσος όρος στερεού υπολείμματος στα 3 είδη γάλακτος. Μέσος όρος ΣΥ (%)

Είδος Γάλακτος	Στερεά υπολείμματα (%)
Αγελαδινό	12,40
Αίγιο (Εγχώριες φυλές)	14,30
Πρόβειο	18,50

2. ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Το γάλα από τη φύση του θεωρείται ένα ευαίσθητο προϊόν λόγω της μεγάλης υδατοπεριεκτικότητας του (υψηλή a_w), της πληθώρας θρεπτικών συστατικών που περιέχει, όπως είναι η λακτόζη, το λίπος και οι πρωτεΐνες που αποτελούν πλούσιες πηγές άνθρακα αλλά και λόγω της τιμής pH του (6,5-6,8). Έτσι, γίνεται αντιληπτό πως τα παραπάνω δεδομένα το καθιστούν κατάλληλο υπόστρωμα για την ανάπτυξη μικροοργανισμών που θα μπορούσαν να επιφέρουν αρνητικές συνέπειες τόσο στον τομέα της ασφάλειας του προϊόντος όσο και στην ποιότητα του (Montville & Matthews, 2010).

Στην περίπτωση που το γάλα προέρχεται από ένα υγιές ζώο η επιμόλυνση του με μικροοργανισμούς ξεκινάει έπειτα από την άμελη του ζώου. Κατά την απομάκρυνση του γάλακτος από τον μαστό αυτό μολύνεται με μικρόβια του περιβάλλοντος τα οποία προέρχονται από πολυάριθμες πηγές. Οι πηγές αυτές συνήθως είναι το σώμα και τα κόπρανα του ζώου, το τρίχωμα, το νερό που χρησιμοποιείται, το προσωπικό, οι ζωοτροφές, τα σκεύη άμελης, τα έντομα, η σκόνη, η διατήρηση και η επεξεργασία του. Ο αριθμός των μικροοργανισμών έχει άμεση εξάρτηση με τη θερμοκρασία συντήρησης του, καθώς σε θερμοκρασίες ευνοϊκές για τον πολλαπλασιασμό τους η υποβάθμιση της ποιότητας του γάλακτος είναι ραγδαία. Οι μικροοργανισμοί αυτοί στο μεγαλύτερο μέρος τους είναι μη παθογόνοι και ανήκουν κυρίως στα γένη *Lactococcus* και *Micrococcus*. Πιθανή λοίμωξη του μαστού και του ζώου είναι ικανή να διαφοροποιήσει αρκετά την μικροχλωρίδα αυτή καθώς θα περιέχει μεγάλο αριθμό μικροβίων και ιδιαίτερα τους υπεύθυνους για τη λοίμωξη μικροοργανισμούς.

Το είδος και η ποσότητα των περιεχόμενων στο γάλα μικροοργανισμών ποικίλει ανάλογα με την θερμοκρασία και τις συνθήκες υγιεινής που επικρατούν κατά την άμελη, συλλογή, μεταφορά, συντήρηση και μεταποίηση του γάλακτος. Τα βακτήρια είναι η πολυπληθέστερη ομάδα μικροοργανισμών που συναντώνται στο γάλα με κύρια γένη τα : *Streptococcus*, *Micrococcus*, *Brucella*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Staphylococcus*, *Corynebacterium*, *Mycobacterium*, *Clostridium*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Citrobacter*, *Bacillus*, *Aeromonas*, *Pseudomonas* κ.α. Στο γάλα εντοπίζονται επίσης εκτός από βακτήρια, ζύμες, μύκητες και ιοί. Μεταξύ αυτών των οργανισμών άλλοι είναι αλλοιογόνοι και επιβλαβείς για την ποιότητα του γάλακτος, άλλοι είναι ωφέλιμοι και μερικοί είναι παθογόνοι και επικίνδυνοι για τη ανθρώπινη υγεία (Καμιναρίδης & Μοάτσου, 2009). Το πλήθος των μικροοργανισμών που περιέχονται στο γάλα είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την ποιότητα του γάλακτος και παίζει καθοριστικό ρόλο για τα προϊόντα που θα παραχθούν από αυτό (τυρί, γιαούρτι κ.α.). Για τον λόγο αυτό έχουν καθιερωθεί και θεσπιστεί νομικά ανώτατα όρια για τον αριθμό μικροοργανισμών που συγκεντρώνονται στο γάλα με στόχο την αποφυγή χρησιμοποίησης γάλακτος με ιδιαίτερα αυξημένο μικροβιακό φορτίο που εν συνεχεία οδηγεί σε παραγωγή χαμηλής ποιότητας γαλακτοκομικών προϊόντων.

Σύμφωνα με τον κανονισμό ΕΚ 1662/2006 ισχύουν τα εξής:

Είδος γάλακτος	Αριθμός μικροβίων (30 °C)	Σωματικά κύτταρα
Νωπό γάλα αγελάδας για παραγωγή επεξεργασμένου γάλακτος	< 100.000 /ml *	< 400.000 /ml**
Νωπό γάλα αγελάδας για την παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων	< 300.000 /ml *	-
Μεταποιημένο γάλα αγελάδας για την παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων	< 100.000 /ml *	-
Νωπό γάλα αιγοπροβάτων και βουβάλων Α) Για παρασκευή θερμικά επεξεργασμένου γάλακτος Β) Για παρασκευή προϊόντων χωρίς θερμική επεξεργασία	< 1.500.000 /ml * < 500.000 /ml *	- -

* Κυλιόμενος γεωμετρικός μέσος όρος που διαπιστώνεται σε περίοδο δύο μηνών με τουλάχιστον δύο δειγματοληψίες μηνιαίως.

** Κυλιόμενος γεωμετρικός μέσος όρος που διαπιστώνεται σε περίοδο τριών μηνών με τουλάχιστον μια δειγματοληψία μηνιαίως, εκτός εάν η αρμόδια αρχή καθορίζει άλλη μεθοδολογία, ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι εποχιακές διακυμάνσεις στα επίπεδα παραγωγής.

2.1 Μικροοργανισμοί στο γάλα

2.1.1 Ψυχρότροφα βακτήρια

Η πλειοψηφία των ψυχρότροφων βακτηρίων που είναι υπεύθυνα για αλλοιώσεις στο ακατέργαστο αλλά και στο παστεριωμένο γάλα είναι κατά κύριο λόγο αερόβια gram αρνητικά βακτήρια όπως τα γένη *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Achromobacter*. Αντιπρόσωποι άλλων γενών όπως είναι οι *Micrococcus*, *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Aerococcus* και η οικογένεια *Enterobacteriaceae* ενδέχεται να υπάρχουν στο νωπό γάλα και να λειτουργούν ως ψυχρότροφοι, συνήθως όμως η ανάπτυξη τους είναι αρκετά βραδύτερη από αυτή των υποχρεωτικά αερόβιων (όπως το *Pseudomonas spp.*), όταν το γάλα συντηρείται σε ένα εύρος θερμοκρασίας 3-7 °C. Το ψυχρότροφο βακτήριο που είναι συνηθέστερα υπεύθυνο για παρουσία ανωμαλιών στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος είναι το *Pseudomonas fluorescens*. Συχνά παρατηρούνται επίσης τα *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fragi* και *Pseudomonas lundensis*.

Αυτού του είδους τα βακτήρια βρίσκονται σε μεγάλο αριθμό στο περιβάλλον (έδαφος, νερό, ζώα κ.α.). Από τους πιο συνηθισμένους τρόπους μόλυνσης του γάλακτος από ψυχρότροφα βακτήρια είναι η μεταφορά των βακτηρίων μέσω του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για την άμελη, τη συντήρηση και λουπές

διεργασίες. Στο παστεριωμένο γάλα η μόλυνση γίνεται μέσω έκθεσης του τροφίμου στον αέρα ή από μολυσμένο εξοπλισμό. Η παστερίωση είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος αδρανοποίησης των ψυχρότροφων βακτηρίων.

Η παρουσία ψυχρότροφων βακτηρίων και η ανάπτυξη τους στο γάλα ενδέχεται να προκαλέσει μια σειρά αρνητικών αλλοιώσεων που αποτέλεσμα θα έχουν την υποβάθμιση της ποιότητας του προϊόντος. Η εμφάνιση των ελαττωμάτων στο γάλα είναι απόρροια των εξωκυτταρικών ενζύμων (πρωτεάσες και λιπάσες) που παράγονται από τα ψυχρότροφα βακτήρια. Πληθυσμός ψυχρότροφων βακτηρίων από 10^6 έως 10^7 CFU/ml είναι ικανός για την παραγωγή αρκετών ενζύμων που θα προσδώσουν στο γάλα δυσάρεστες γεύσεις και πηκτή υφή (Montville & Matthews, 2010). Πιο συγκεκριμένα η παραγωγή πρωτεασών προκαλεί στο τρόφιμο πήξη και γεύσεις πικρίλας και σάπιου, ενώ η παραγωγή λιπασών μια ταγγή και φρουτώδες γεύση. Ιδιαίτερα σημαντική για την αποφυγή της μόλυνσης είναι η άμεση ψύξη του γάλακτος μετά από το άρμεγμα σε ψυχρές θερμοκρασίες και οι συνθήκες υγιεινής κατά τις διάφορες διεργασίες που εκτελούνται (Kilara, Chandan, & Shah, 2016).

2.1.2 Οξυγαλακτικά βακτήρια

Πρόκειται για βακτήρια θετικά στη χρώση Gram, αρνητικά στην καταλάση και μη σπορογόνα. Έχουν πάρει το όνομα εξαιτίας της μεγάλης ποσότητας γαλακτικού οξέος που παράγουν, το οποίο είναι προϊόν ζύμωσης της λακτόζης. Χωρίζονται σε ομοιοζυμωτικά (*Lactococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, ορισμένα είδη του γένους *Lactobacillus* κ.α.) όταν με τη ζύμωση παράγεται σε συντριπτικό ποσοστό γαλακτικό οξύ και ετεροζυμωτικά (γένη *Betacoccus* και ορισμένα είδη του γένους *Lactobacillus*) όταν εκτός από γαλακτικό οξύ προκύπτει αιθανόλη ή οξικό οξύ όπως και διοξείδιο του άνθρακα. Διάκριση γίνεται επίσης και ως προς την άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης τους όπου χωρίζονται σε μεσόφιλα (περίπου 30°C) και θερμόφιλα (περίπου 45 °C). Όσον αφορά τη μορφή τους συναντώνται δύο είδη, κόκκοι και βάκιλοι. Ενα από τα συνηθέστερα ελαττώματα που παρουσιάζονται από την ανάπτυξη των οξυγαλακτικών βακτηρίων στο υγρό γάλα είναι το ξίνισμα. Το ξίνισμα προέρχεται από μικρές ποσότητες προπιονικού και οξικού οξέος που παράγονται κατά τη ζύμωση. Εκτός από τις δυσάρεστες οσμές και την ξινή γεύση, η έντονη παρουσία οξυγαλακτικών βακτηρίων ενδέχεται να προκαλέσει και πιο παχύρρευστη υφή. Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται στην παραγωγή εξωκυτταρικών πολυμερών, από τα βακτήρια, τα οποία πολυμερή αυξάνουν το ιξώδες του γάλακτος με συνέπεια την παχύρρευστη υφή του. Το πολυμερές είναι ένας πολυσακχαρίτης που περιέχει γλυκόζη και γαλακτόζη με μικρές ποσότητες μαννόζης, ραμνόζης και πεντόζης (Montville & Matthews, 2010)

Τα οξυγαλακτικά βακτήρια έχουν σημαντική χρήση στην παραγωγή μεγάλης ποικιλίας γαλακτοκομικών όπως κάποια είδη τυριών, γιαουρτιού κ.α., καθώς χρησιμοποιούνται ως εναρκτήριες οξυγαλακτικές καλλιέργειες ή καλλιέργειες εκκίνησης (Καμιναρίδης & Μοάτσου, 2009).

2.1.3 Θερμοανθεκτικά βακτήρια

Ως θερμοανθεκτικά βακτήρια ορίζονται τα βακτήρια εκείνα που έχουν τη δυνατότητα να επιβιώσουν από τη διαδικασία της εργαστηριακής παστερίωσης (θέρμανση στους 63 °C για 30 λεπτά). Τα περισσότερα θερμοανθεκτικά βακτήρια που εντοπίζονται στο νωπό γάλα είναι σπορογόνα (π.χ. *Clostridium spp*, *Bacillus spp.*). Τα βακτήρια αυτά παρουσιάζουν ιδιαίτερη υψηλή αντοχή όταν βρίσκονται στη μορφή σπορίων, ενώ η αντοχή τους στις υψηλές θερμοκρασίες είναι αρκετά ασθενέστερη όταν βρίσκονται στη βλαστική τους μορφή. Στην περίπτωση που τα σπόρια αυτά καταφέρουν να επιζήσουν της θερμικής επεξεργασίας εκτός από αλλοίωση της ποιότητας του τροφίμου, είναι πιθανό και το ενδεχόμενο μείωσης της ασφάλειας του τροφίμου.

Το *Clostridium spp* για να μπορέσει να αναπτυχθεί στο γάλα απαιτεί αυστηρά αναερόβιες συνθήκες και για το λόγο αυτό η παρουσία του στο γάλα που συντηρείται στο ψυγείο δεν είναι τόσο διαδεδομένη. Από την άλλη αρκετά συχνή είναι η παρουσία των αερόβιων *Bacillus spp* και στο γάλα και σε διάφορα γαλακτοκομικά προϊόντα.

Μερικά από τα κυριότερα μη σπορογόνα θερμοανθεκτικά βακτήρια είναι τα *Alcaligenes*, *Microbacterium* και *Micrococcus*. Επιπροσθέτως, έχουν απομονωθεί στελέχη και άλλων βακτηρίων που έχουν παρουσιάσει ανθεκτικότητα στις υψηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να μη γίνεται 100% απενεργοποίηση τους. Σημαντικότερα μεταξύ αυτών είναι στελέχη των *Listeria*, *Lactobacillus*, *Streptococcus* και *Mycobacterium*.

Ο πληθυσμός όλων των παραπάνω μικροοργανισμών που ενδέχεται να υπάρχουν στο γάλα έχει άμεση εξάρτηση από την ποιότητα του νωπού γάλακτος, την εποχή του έτους που συλλέχθηκε, τη διατροφή των αγελάδων και τις συνθήκες υγιεινής που επικρατούν κατά τις διάφορες διεργασίες.

2.1.4 Εντερικά βακτήρια

Τα εντερικά βακτήρια είναι μη σπορογόνα, αρνητικά κατά Gram και προαιρετικά αναερόβια. Έχουν συνδεθεί διαχρονικά με σημαντικές ασθένειες του ανθρώπου μεταξύ άλλων τυφοειδής πυρετός, γαστρεντερίτιδα, πνευμονία και διάφορες λοιμώξεις τύπου δυσεντερίας και του ουροποιητικού. Οφείλουν το όνομα τους εξαιτίας του συχνού εντοπισμού τους στο εντερικό σύστημα των θερμόαιμων ζώων. Σε αυτή την οικογένεια βακτηρίων εντοπίζεται μια ιδιαίτερη υποομάδα με την ονομασία Coliforms. Αντιπρόσωποι αυτής της κατηγορίας είναι γένη των *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter* και *Serratia*. Πρόκειται για βακτήρια που εντοπίζονται παντού στη φύση. Είναι αρνητικά στη χρώση Gram, στην πλειονότητα τους μεσόφιλα βακτήρια και καταστρέφονται εύκολα με την διαδικασία της παστερίωσης. Ο έλεγχος της παρουσίας βακτηρίων Coliforms στα προϊόντα παστεριωμένου γάλακτος είναι ευρέως διαδεδομένος και ιδιαίτερα σημαντικός. Ο εντοπισμός τους στο γάλα αποτελεί σημαντική ένδειξη μόλυνσης του

τροφίμου και το καθιστά ακατάλληλο για κατανάλωση. Καθώς πολλά είδη των βακτηρίων αυτών σχετίζονται με παρουσία στα κόπρανα ζώων αλλά και του ανθρώπου ο εντοπισμός τους στο γάλα υποδηλώνει ελλειπείς συνθήκες υγιεινής. Ένα από τα πλέον γνωστά και διαδεδομένα coliform βακτήρια, που έχουν απασχολήσει έντονα κατά καιρούς λόγω της ιδιαίτερα υψηλής επικινδυνότητας του, είναι το παθογόνο *Escherichia coli*.

Πίνακας 2.1 Εντερικά βακτήρια και ασθένειες που προκαλούν.

ΕΝΤΕΡΙΚΟ ΒΑΚΤΗΡΙΟ	ΑΣΘΕΝΕΙΑ
<i>Salmonella typhi, Salmonella paratyphi</i>	Τυφοειδής πυρετός
<i>Salmonella enteridis, Shighella dysenteriae</i>	Γαστρεντερίτιδα
<i>Escherichia coli</i>	Λοιμώξεις τύπου δυσεντερίας και του ουροποιητικού συστήματος με γενικευμένους πυρετούς
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Πνευμονία

2.1.5 Παθογόνα βακτήρια

Η παρουσία παθογόνων βακτηρίων στο νωπό γάλα είναι ένα φαινόμενο που έχει απασχολήσει και μελετηθεί ιδιαίτερω από την επιστημονική κοινότητα, καθώς πολλές είναι οι περιπτώσεις που σοβαρές ασθένειες έχουν μεταδοθεί στον άνθρωπο μέσω της κατανάλωσης νωπού γάλακτος. Η βρουκέλλωση, η φυματίωση και η διφθερίτιδα ήταν ασθένειες άμεσα συνδεδεμένες με την κατανάλωση νωπού γάλακτος ή μη ικανοποιητικά παστεριωμένου. Με το πέρασμα των ετών, μέσω βελτίωσης των συνθηκών υγιεινής και των τεχνικών ψύξης και παστερίωσης, οι ασθένειες αυτές που ήταν αποτέλεσμα της παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών στο γάλα κατάφεραν να περιοριστούν. Παρ' όλα αυτά, δεν είναι λίγοι οι κίνδυνοι που υπάρχουν τη σύγχρονη εποχή ύστερα από κατανάλωση νωπού γάλακτος, μη ορθά παστεριωμένου ή και παστεριωμένου γάλακτος που έχει υποστεί επιμολύνσεις.

Τα *Campylobacter jejuni*, *Salmonella serovars*, *Listeria monocytogenes* και *Yersinia enterocolitica* είναι μερικά από τα πιο επικίνδυνα και διαδεδομένα παθογόνα βακτήρια που έχουν εντοπιστεί στο νωπό γάλα και ευθύνονται για τροφικές δηλητηριάσεις. Ακόμα μερικά παθογόνα που έχουν συνδεθεί με το γάλα και γαλακτοκομικά προϊόντα, και ενδέχεται να προκαλέσουν τροφικές δηλητηριάσεις είναι τα *Escherichia coli*, *Cronobacter spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Mycobacterium, clostridium botulinum* και *Bacillus cereus*.

2.1.6 Ζύμες και Μύκητες

Οι ζύμες που εντοπίζονται στο γάλα είναι στο μεγαλύτερο ποσοστό τους μεσόφιλοι οργανισμοί με ικανότητα ανάπτυξης σε ένα αρκετά μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, με καλύτερη δυνατή ανάπτυξη στους 25-30 °C. Ανάμεσα στα χαρακτηριστικά τους είναι η ανάπτυξη σε μεγάλο εύρος pH (3-10) με ιδανικότερο το όξινο περιβάλλον περίπου σε τιμή pH 6. Ιδιαίτερα σημαντική είναι δυνατότητα ανάπτυξης σε περιβάλλον με χαμηλή ενεργότητα νερού όπως και η αντοχή τους σε συγκέντρωση χλωριούχου νατρίου (NaCl) 15%.

Η παρουσία ζυμών στο γάλα συνοδεύεται με αύξηση του pH, εξαιτίας της χρήσης του γαλακτικού οξέος ως πηγή άνθρακα από τις ζύμες. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη βακτηρίων ευαίσθητων σε υψηλή οξύτητα και παράλληλα την επιτάχυνση της δράσης των πρωτεολυτικών ενζύμων.

Οι ζύμες που εντοπίζονται στο γάλα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το αν πραγματοποιούν ζύμωση της λακτόζης ή όχι. Η κατηγορία που έχει ιδιαίτερη σημασία στη γαλακτοβιομηχανία είναι η πρώτη. Αυτό το είδος ζυμών παράγει αλκοόλη και διοξείδιο του άνθρακα προξενώντας αρνητικές μεταβολές στην γεύση και το άρωμα του γάλακτος. Από τις πιο διαδεδομένες ζύμες αυτές της κατηγορίας είναι οι *Schizosaccharomyces lactis*, *Saccharomyces lactis*, *Saccharomyces fragilis*, *Saccharomyces cumis* και άλλες.

Η παρουσία ζυμών στο γάλα είναι ένα φαινόμενο μη επιθυμητό και συνηθέστερα αποτελεί ένδειξη επιμόλυνσης του γάλακτος από εξωτερικούς παράγοντες με κυριότερο μέσω μόλυνσης τον αέρα. Εξαιρέση αποτελεί η χρήση ζυμών για παραγωγή γαλακτομικών προϊόντων, όπως είναι το κεφίρ, όπου η συνεισφορά των ζυμών είναι καταλυτική για τη δημιουργία του τροφίμου.

Οι μύκητες που υπάρχουν στο νωπό γάλα είναι αερόβιοι μικροοργανισμοί και αναπτύσσονται με μικρότερη ταχύτητα σε σύγκριση με τα βακτήρια και τις ζύμες. Τα γνωστότερα είδη που βρίσκονται στο γάλα είναι τα γένη των *Penicilium*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Rhizopus*, *Mucor* και *Verticilium*.

Η ανάπτυξη τους στο γάλα προκαλεί δυσάρεστες μεταβολές στα φυσικοχημικά στοιχεία του γάλακτος με εξαίρεση κάποιους μύκητες του γένους *Penicilium* που βρίσκουν χρήση ως συμπληρωματικές καλλιέργειες για την παραγωγή τυριών (Καμιναρίδης & Μοάτσου, 2009).

2.2 Ενέργειες περιορισμού μικροβιακής ανάπτυξης στο γάλα

Η παρουσία μικροοργανισμών στο γάλα είναι συνισταμένη πολλών παραγόντων που πρέπει να ελέγχονται με στόχο την όσο το δυνατόν μικρότερη ανάπτυξη μικροβίων σε αυτό, που ως αποτέλεσμα θα έχει την υποβάθμιση της ποιότητας και της ασφάλειας του. Αρχικά, το γάλα που προέρχεται από υγιή ζώα κατά την έξοδο

του από τον μαστό αποκτά κάποιο ελάχιστο μικροβιακό φορτίο που συνήθως ύστερα από τους κατάλληλους χειρισμούς δεν είναι ικανό να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα του. Η κατάσταση όμως είναι τελείως διαφορετική όταν το γάλα προέλθει από ζώο που έχει προσβληθεί από μαστίτιδα. Στην περίπτωση αυτή προκύπτει γάλα με ιδιαίτερα επιβαρυνμένο μικροβιακό φορτίο και συνεπώς δύσκολα διαχειρίσιμο για την παραγωγή ποιοτικών γαλακτοκομικών προϊόντων. Το φαινόμενο αυτό αναδεικνύει την ανάγκη για φροντίδα της υγείας του ζώου και των συνθηκών υγιεινής του περιβάλλοντος του.

Ένας από τους πιο συνηθισμένους τρόπους επιμόλυνσης του γάλακτος είναι μέσω των επιφανειών του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται, αλλά και μέσω στοιχείων του περιβάλλοντος. Απαραίτητος κρίνεται λοιπόν ο σχολαστικός και αποτελεσματικός καθαρισμός των χρησιμοποιούμενων σκευών μετά από κάθε χρήση και η εξασφάλιση των απαιτούμενων συνθηκών υγιεινής (υγιεινή προσωπικού, ποιότητα χρησιμοποιούμενου νερού για καθαρισμό κ.α.) κατά την διάρκεια της άμελης και του χειρισμού του γάλακτος ώστε να παραμείνει ασφαλές.

Η γρήγορη ψύξη του γάλακτος μετά τη συλλογή και η διατήρηση του σε ψυχρές θερμοκρασίες συντήρησης είναι δύο απαραίτητες προϋποθέσεις για τον περιορισμό της μικροβιακής ανάπτυξης. Το γάλα που συλλέχθηκε είναι σημαντικό να ψυχθεί εντός δύο ωρών σε θερμοκρασία μικρότερη των 7 °C. Το νωπό γάλα που συντηρείται σε αυτές τις συνθήκες και προορίζεται για παστερίωση δε θα πρέπει να μένει παραπάνω από 72 ώρες στον χώρο αποθήκευσης.

Όσον αφορά το παστεριωμένο γάλα οι περισσότεροι κίνδυνοι εντοπίζονται μετά το πέρας της θερμικής επεξεργασίας. Συχνό είναι το φαινόμενο της επιμόλυνσης του γάλακτος από περιβαλλοντικά στοιχεία (αέρας, επιφάνειες σκευών, σκόνη κ.α.) αλλά ιδιαίτερα κρίσιμο παρουσιάζεται το ενδεχόμενο της διασταυρούμενης επιμόλυνσης μεταξύ νωπού και παστεριωμένου γάλακτος.

3. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Με το πέρασμα των χρόνων έχει γίνει όλο και πιο έντονη η ανάγκη στον κλάδο της γαλακτοβιομηχανίας να διασφαλίζεται στο μέγιστο η ασφάλεια του τελικού προϊόντος που θα φτάσει στον καταναλωτή καθώς επίσης και να επιτυγχάνεται το υψηλότερο δυνατό επίπεδο ποιότητας. Η έννοια της ποιότητας για τον καταναλωτή έχει άμεση σχέση με την ασφάλεια καθώς ένα προϊόν μη ασφαλές δε θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ποιοτικό και να διατεθεί στην αγορά. Έτσι, οι ανάγκες αυτές έχουν επιφέρει αξιοσημείωτες αλλαγές όπως είναι η σχεδόν ολική αυτοματοποίηση, τα σύγχρονα υλικά συσκευασίας και η διανομή με ολική ιχνηλασιμότητα καθ' όλη τη διάρκεια χάρη στις νέες καινοτομίες όπως είναι τα barcodes καθώς και η ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων Radio Frequency Identification (RFID).

Όπως ήδη αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα το γάλα είναι ένα ιδιαίτερα ευαίσθητο τρόφιμο στην ανάπτυξη μικροοργανισμών σε αυτό, οι οποίοι ενδέχεται να προκαλέσουν μη αναστρέψιμες αρνητικές μεταβολές στα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά. Συνεπώς, είναι μείζονος σημασίας η ανάλυση και ο έλεγχος των παραγόντων που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε τυχόν αλλοίωση ή υποβάθμιση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και της θρεπτικής αξίας του γάλακτος, από τη στιγμή που αυτό είναι νωπό μέχρι και τη στιγμή που θα καταναλωθεί. Για τον σκοπό αυτό έχουν καθιερωθεί και εφαρμόζονται συστήματα διασφάλισης ποιότητας με πλέον διαδεδομένο το σύστημα Ανάλυσης των Κινδύνων και των Κρίσιμων Σημείων (Hazard Analysis and Critical Control Point – HACCP). Το HACCP αποτελεί μια συστηματική προσέγγιση για την αναγνώριση, την εκτίμηση των κινδύνων αλλά και την πρόληψη αυτών, από την καλλιέργεια και συγκομιδή των πρώτων υλών έως και την τελική κατανάλωση του προϊόντος. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως ο έλεγχος διαδικασιών όπως είναι η θερμική επεξεργασία του γάλακτος, η σωστή συσκευασία και συντήρηση του αλλά και η ποιότητα του νωπού που θα χρησιμοποιηθεί, είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες για την μετέπειτα σταθερότητα του τελικού προϊόντος.

Τα τελευταία χρόνια, ο καταναλωτής έχει αποκτήσει νέες απαιτήσεις όσον αφορά τις ποικιλίες, την ποιότητα και την διάρκεια ζωής του γάλακτος και των υποπροϊόντων του. Αυτό έχει επιφέρει σημαντικές βελτιώσεις και τεχνολογικές εξελίξεις στην επεξεργασία τους. Έτσι έχουν καθιερωθεί διάφορες λειτουργίες για το διαχωρισμό, την τυποποίηση, την παστερίωση και τη συσκευασία που οδηγούν στην καλύτερη υγιεινή και ποιότητα του προϊόντος στο εργοστάσιο επεξεργασίας. Συγκεκριμένα, παρατείνεται η διάρκεια ζωής του γάλακτος και των γαλακτοκομικών προϊόντων χωρίς να αλλοιώνεται η ποιότητά και η ασφάλεια τους.

Οι διεργασίες που υπόκειται το νωπό γάλα

- **Καθαρισμός.** Πραγματοποιείται για την αφαίρεση των βακτηριακών ρύπων που περιέχει το γάλα είτε με διήθηση σε καθαρά αποστειρωμένα φίλτρα είτε με την τεχνική της διαύγασης. Γίνεται φυγοκέντρηση σε κρύο (κάτω από 8 ° C) ή ζεστό (50 - 60°C) γάλα προκειμένου να διαχωριστεί το λίπος από τον ορό και να καταστεί αυτός κατάλληλος για συμπύκνωση.
- **Τυποποίηση.** Προσαρμόζεται το περιεχόμενο (χημική σύσταση) του προϊόντος σε καθορισμένες τιμές ώστε να βρίσκεται εντός των προδιαγραφών, όπως αυτές ορίζονται από τη νομοθεσία. Σημαντικότερη τροποποίηση που προσφέρει η τυποποίηση στο υγρό γάλα είναι η ρύθμιση της περιεκτικότητας του λίπους και η απομάκρυνση της κρέμας γάλακτος (αποκορύφωση).
- **Ομογενοποίηση.** Στο γάλα τα σφαιρίδια του λίπους έχουν την τάση να ενώνονται δημιουργώντας συσσωματώματα ή και να διαχωρίζονται. Για το λόγο αυτό για να επιτευχθεί ισορροπία και σταθερότητα στην υφή του γάλακτος και την ομοιόμορφη κατανομή του λίπους σε αυτό είναι απαραίτητη η ομογενοποίηση. Η διαδικασία της ομογενοποίησης επιτυγχάνει την μείωση της διαμέτρου των λιποσφαιρίων από 1 έως 10 μm σε μικρότερη από 2 μm, ενώ παράλληλα αυξάνει το σύνολο της επιφάνειας των λιποσφαιρίων. Η μείωση του μεγέθους των σφαιριδίων του λίπους αποτρέπει το φαινόμενο της συσώρευσης του κατά την περίοδο πήξης (Simpson, 2012). Προσδίδει επίσης στο γάλα πιο λευκό χρώμα λόγω της καλύτερης διασποράς του λίπους. Αυτό συμβαίνει διότι υπάρχει αύξηση της απορρόφησης και αντανάκλασης του φωτός εξαιτίας των μικρότερων σωματιδίων λίπους (Vaclavik & Christian, 2014). Πραγματοποιείται με εξειδικευμένο μηχάνημα (ομογενοποιητής) με υψηλές ταχύτητες και πιέσεις, διασπώντας τα λιποσφαίρια σε μικρότερα σφαιρίδια καθιστώντας έτσι την εμφάνιση του γάλακτος ομοιογενή χωρίς να δημιουργείται διαχωρισμός του λίπους στην επιφάνεια του γάλακτος.
- **Θερμική επεξεργασία.** Είναι ποικίλες οι επεξεργασίες του γάλακτος με πιο γνωστή την παστερίωση ώστε το γάλα που θα διατεθεί στην αγορά θα είναι κατάλληλο για κατανάλωση εξαλείφοντας κάθε κίνδυνο που μπορεί να οφείλεται σε αλλοιογόνο ή παθογόνο μικροοργανισμό.

Με τον όρο «Θερμική επεξεργασία» νοείται κάθε επεξεργασία με θέρμανση που έχει ως αποτέλεσμα, αμέσως μετά την εφαρμογή της, αρνητική αντίδραση στη δοκιμασία φωσφατάσης. Κύριος στόχος της είναι η θανάτωση μικροοργανισμών όπως βακτήρια, ζύμες και ιοί που προκαλούν τροφική δηλητηρίαση ή ασθένειες στον άνθρωπο καθώς και αλλοίωση του τροφίμου. Οι επιπρόσθετοι στόχοι των θερμικά επεξεργασμένων τροφίμων αφορούν την αναστολή ή απενεργοποίηση των βλαβερών ενζύμων που παράγουν οι μικροοργανισμοί αποτρέποντας έτσι την υποβάθμιση της ποιότητας του προϊόντος και αποφεύγοντας αλλαγές στη δομή του φαγητού όπως η μετουσίωση των πρωτεϊνών ή ζελατινοποίηση του αμύλου.

Υπάρχει μια αξιοσημείωτη εξέλιξη σε σχέση με τεχνικές που εφαρμόστηκαν για πρώτη φορά τον εικοστό αιώνα, η οποία συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Οι τεχνολογικές βελτιώσεις σε συνδυασμό με τις καινοτόμες προσπάθειες και γνώσεις των επεξεργαστών, των τεχνολόγων και των ερευνητών έχουν ως απόρροια την καλύτερη ποιότητα στα προϊόντα προκειμένου να έχουν ζήτηση στην αγορά και να ικανοποιούν τις ανάγκες και απαιτήσεις των καταναλωτών.

Η πιο διαδεδομένη θερμική επεξεργασία για το γάλα είναι η παστερίωση. Το 1864 - 1866, ο Louis Pasteur, ο διάσημος Γάλλος επιστήμονας απέδειξε ότι κάποιοι μικροοργανισμοί μόλυναν τα υγρά κατά τη ζύμωση και ότι η αλλοίωση τους θα μπορούσε να αποφευχθεί θερμαίνοντας τα στους περίπου 60°C για αρκετά λεπτά. Η διαδικασία αναφέρεται τώρα ως παστερίωση. Παρά το γεγονός ότι εφαρμόστηκε για τη βελτίωση της σταθερότητας και της ποιότητας των τροφίμων, σύντομα έγινε εμφανές ότι προσέφερε στους καταναλωτές προστασία από κινδύνους που σχετίζονται με την κατανάλωση του νωπού γάλακτος. Οι πρώτοι παστεριωτές στους οποίους το γάλα θερμάνθηκε στους 74°C – 77°C για ένα μη καθορισμένο χρόνο, έγινε από τον Albert Fesca στη Γερμανία το 1882. Το 1892 εισήχθη από τη Γερμανία στις Ηνωμένες Πολιτείες και διατέθηκε στο εμπόριο η πρώτη μηχανή παστερίωσης και εγκαταστάθηκε στο εργοστάσιο του *Sheffield Farms* στο Bloomville της Νέας Υόρκης. Το επόμενο έτος, η παστερίωση παρουσιάστηκε στην έκθεση Columbian στο Σικάγο με λίγα χρόνια αργότερα, το 1908 να ψηφίζεται εκεί από τις αρχές ο πρώτος νόμος που απαιτούσε την παστερίωση του γάλακτος.

Οι επεξεργασίες του γάλακτος χωρίζονται σε θερμικές και μη θερμικές. Στις θερμικές ανήκουν: Θέρμιση, Παστερίωση, Αποστείρωση, ESL κ.α.. Από την άλλη, υπάρχουν και οι μη θερμικές προσεγγίσεις, όπως με παλλόμενα ηλεκτρικά πεδία (Pulsed Electric Fields ή PEF) και με υπερύψηλή υδροστατική πίεση (High Pressure Process ή HPP). Αυτές, θεωρούνται πολύτιμες εναλλακτικές τεχνολογίες καθώς είναι ήπιες και έχουν την ικανότητα να αδρανοποιούν τους μικροοργανισμούς σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος χωρίς να αλλοιώνονται οι οργανοληπτικές ιδιότητες των τροφίμων.

3.1 Θερμικές Επεξεργασίες

3.1.1 Θερμοποίηση - Θέρμισμα

Είναι μια μέθοδος θερμικής επεξεργασίας του νωπού γάλακτος σε θερμοκρασία χαμηλότερη της παστερίωσης. Θερμαίνεται δηλαδή από 57 ° C έως 68 ° C για 15 - 20'. Η μέθοδος αυτή έχει στόχο την καταστροφή παθογόνων βακτηρίων και ειδικότερα την αποτροπή παραγωγής ενζύμων που προκαλούν αλλοιώσεις, κυρίως από τα ψυχρότροφα βακτήρια όπως το *Pseudomonas*, χωρίς όμως να καταστρέφει τα φιλικά στο προϊόν βακτήρια. Ονομάζεται επίσης υπό-παστερίωση αφού είναι μια διαδικασία που εφαρμόζεται στο γάλα για να παρατείνει τη διάρκεια ζωής πριν από την μετέπειτα επεξεργασία. Στα θετικά της μεθόδου συγκαταλέγεται το γεγονός ότι λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών, δεν επηρεάζεται η σύσταση και η γεύση του γάλακτος.

3.1.2 Παστερίωση

Η παστερίωση ορίζεται ως η ήπια θερμική επεξεργασία κατά την οποία γίνεται χρήση σχετικά χαμηλών θερμοκρασιών με σκοπό την καταστροφή ή την ελάττωση των βλαπτικών μορφών των μικροοργανισμών ενός υγρού προϊόντος (π.χ. γάλα) ώστε να μπορεί να διατηρηθεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Επινοήθηκε από τον Γάλλο χημικό Λουί Παστέρ, από τον οποίο πήρε και το όνομά της.

Αρχικά εφαρμόστηκε για τον έλεγχο του μυκοβακτηριδίου των βοοειδών, *Mycobacterium bovis* ή *M. tuberculosis*, το οποίο προκαλεί τη φυματίωση όντας παράλληλα ένας πολύ ανθεκτικός στη θερμότητα μικροοργανισμός. Πλέον αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα καθώς οι αγελάδες εξετάζονται για φυματίωση ετησίως και αν αυτές είναι θετικές στην ασθένεια, απομακρύνονται από το υπόλοιπο κοπάδι. Ωστόσο, το 1950 εμφανίστηκε το *Coxiella burnetii*, ένα βακτήριο που είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό σε περιβαλλοντικές πιέσεις όπως υψηλή θερμοκρασία, ήταν η αιτία του πυρετού Q στον άνθρωπο και για αυτόν το λόγο ήταν απαραίτητη η παστερίωση του γάλακτος. Πλέον η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται διότι απενεργοποιεί το ένζυμο της αλκαλικής φωσφατάσης και όλα τα παθογόνα βακτήρια εκτός από τα σπορογόνα π.χ. *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*. Το θετικό είναι ότι στην παστερίωση υπάρχουν ελάχιστες απώλειες σε οργανοληπτικά και διατροφικά χαρακτηριστικά λόγω του ότι είναι μια μέθοδος ήπιας θέρμανσης. Από την άλλη όμως, τα παστεριωμένα τρόφιμα έχουν μικρή αντοχή ως προς τη διατηρησιμότητα.

Υπάρχουν δύο είδη παστερίωσης σήμερα οι οποίες χωρίζονται σε χαμηλή και υψηλή.

- Εφαρμογή χαμηλής θερμοκρασίας για μακρύ χρονικό διάστημα (Low-Temperature Long-Time - LTLT).

Πολλές πρώιμες διαδικασίες παστερίωσης χρησιμοποίησαν συνθήκες βασιζόμενες σε εκείνες που είχε προτείνει ο Pasteur δηλαδή θέρμανση

στους 62°C – 65°C για τουλάχιστον 30 λεπτά, ακολουθώντας από ταχεία ψύξη σε λιγότερο από 10°C. Αυτή η μέθοδος αναφέρεται σήμερα ως θερμική επεξεργασία μακράς διάρκειας. Θεωρείται ως η τυπική παστερίωση και πραγματοποιείται σε δεξαμενή διπλών τοιχωμάτων υπό ανάδευση στους 63°C (145°F) για 30 λεπτά και κατόπιν ψύχεται. Ο παρατεταμένος αυτός χρόνος έχει ως αρνητικό την πρόκληση μεταβολών στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά καθώς και στη δομή των πρωτεϊνών του προϊόντος.

- Εφαρμογή υψηλής θερμοκρασίας για βραχύ χρονικό διάστημα (High-Temperature Short-Time - HTST).

Γνωστή ως παστερίωση flash ή αλλιώς ταχεία παστερίωση η οποία πραγματοποιείται συνήθως σε πλακοειδής εναλλάκτες θερμότητας στους 71,7° C για 15 δευτερόλεπτα. Για να εξαλειφθεί κάθε κίνδυνος, θερμαίνεται το γάλα σε θερμοκρασία μεταξύ 72° C έως 74° C για 15 έως 20 δευτερόλεπτα σε εναλλάκτη θερμότητας και πλάκες συνεχούς ροής. Αυτό θα διασφαλίσει ότι το γάλα θα θερμανθεί ομοιόμορφα στην απαιτούμενη θερμοκρασία. Για έλεγχο ορθότητας της μεθόδου θα πρέπει να εμφανίζει αρνητική αντίδραση στη δοκιμή φωσφατάσης και θετική αντίδραση στη δοκιμή υπεροξειδάσης. Αμέσως μετά την παστερίωση, το γάλα πρέπει να ψύχεται στους 6° C ή χαμηλότερα. Αυτή η μέθοδος είναι η πλέον κατάλληλη σε συστήματα παστερίωσης στη γαλακτοβιομηχανία. Το παστεριωμένο γάλα θα διατηρηθεί από 16 έως 21 ημέρες δηλαδή από δύο εβδομάδες από την επεξεργασία και περίπου μία εβδομάδα από την πώληση. Η διάρκεια ζωής του παστεριωμένου γάλακτος ποικίλλει σημαντικά μεταξύ διαφορετικών χωρών και περιοχών. Μπορεί δηλαδή να έχει διάρκεια ζωής λίγες μόνο ημέρες σε κάποιες χώρες και έως πάνω από 20 ημέρες στις ΗΠΑ. Ο λόγος που ποικίλει τόσο βασίζεται στο νομοθετικό πλαίσιο κάθε χώρας αλλά και στους τεχνολογικούς παράγοντες, όπως η ποιότητα του νωπού γάλακτος, οι μέθοδοι επεξεργασίας, η υγιεινή, αλλά κυρίως η ποιότητα της κρύας αλυσίδας. Η εκτεταμένη διάρκεια ζωής του τυποποιημένου παστεριωμένου γάλακτος στις ΗΠΑ οφείλεται κατά μεγάλο ποσοστό σε μια καλή αλυσίδα ψύξης.

Τα πλεονεκτήματα της HTST συγκριτικά με τη διαδικασία LTLT είναι η εξοικονόμηση χώρου και ενέργειας, οι καλύτερες συνθήκες υγιεινής λόγω του “κλειστού” συστήματος, η απουσία έντονων αλλαγών γεύσης και το μειωμένο κόστος.

Οι πιο σημαντικές επιπτώσεις της παστερίωσης γενικότερα δεν είναι στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων αλλά στις βιταμίνες.

Πίνακας 2.2 Απώλεια βιταμινών (%) κατά την παστερίωση (Chandan, Kilara, & Shah, 2016)

Βιταμίνη	Μέθοδος παστερίωσης	
	HTST	LTLT
Βιταμίνη Β ₆	0 %	0 %
Θειαμίνη	6,8 %	10 %
Βιταμίνη Β ₁₂	0 %	10 %
Βιταμίνη C	10 %	20 %

Επαλήθευση της διαδικασίας παστερίωσης

Σύμφωνα με τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς για τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας της παστερίωσης του γάλακτος κριτήριο αποτελεί ο έλεγχος ύπαρξης του ενζύμου της φωσφατάσης σε αυτό. Εκτός από την απλή δοκιμή φωσφατάσης που έχει καθιερωθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση ως βασική προϋπόθεση καταλληλότητας παστεριωμένου γάλακτος, υπάρχει και η δοκιμή PasLite. Η δοκιμή PasLite είναι μια παγκόσμια αποδεκτή μέθοδος που χρησιμοποιείται στα υγρά, ημιστερεά και στερεά γαλακτοκομικά προϊόντα και για τη διαπίστωση της παστερίωσης. Γίνεται κυρίως για να εξακριβωθεί η ορθότητα της παστερίωσης που έχει προηγηθεί ενώ παράλληλα κάνει έλεγχο για τυχόν ύπαρξη αλκαλικής φωσφατάσης. Το θετικό της μεθόδου είναι ότι μπορεί να πραγματοποιηθεί σε πολλά δείγματα παράλληλα, ενώ ο χρόνος διάρκειας της είναι μόλις 3 λεπτά. Η πειραματική πορεία της μεθόδου είναι ως εξής:

Δείγμα αναμιγνύεται με τα αντιδραστήρια PasLite και έπειτα επωάζεται. Η εκπομπή ποσότητας φωτός από το διάλυμα είναι ανάλογη με το ένζυμο φωσφατάσης και τα αποτελέσματα διαβάζονται με το σύστημα novaLUM II-X το οποίο μπορεί να ανιχνεύσει ακόμη και τα χαμηλότερα επίπεδα μόλυνσης ATP. Το όριο όσον αφορά τη μέτρηση της φωσφατάσης, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τις ΗΠΑ, είναι τα 350 mU / L.

Παρ' όλα αυτά η δοκιμή PasLite για το γάλα έχει σαν όριο φωσφατάσης τα 20 mU/L περίπου δηλαδή 0,002%. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι αυτό αποκλείει αρκετά από τα 350 mU/L που είναι περίπου το 0,1% και απαιτείται από τις περισσότερες υπηρεσίες δημόσιας υγείας.

3.1.3 Αποστείρωση – Θερμική επεξεργασία εξαιρετικά υψηλής θερμοκρασίας (UHT)
Πρόκειται για μια αρκετά ισχυρή θερμική επεξεργασία συγκριτικά με την παστερίωση στην οποία θανατώνονται όλοι οι αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί και τα

σπόρια. Ακόμη, προκαλεί την αδρανοποίηση όλων των ενδογενών ενζύμων με κυριότερα τη φωσφατάση και την υπεροξειδάση. Είναι μια εντελώς “κλειστή” μέθοδος παστερίωσης καθώς το προϊόν δεν βρίσκεται εκτεθειμένο καθ’ όλη τη διάρκεια της διαδικασίας ούτε για ένα κλάσμα του δευτερολέπτου. Εφαρμόζεται για την παραγωγή εμπορικά στείρου γάλακτος με διάρκεια ζωής από 3 έως 12 μήνες σε θερμοκρασία δωματίου, συνδυάζοντας την πάντα με ασηπτική αδιαφανή συσκευασία. Χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, την UHT και την κλασική αποστείρωση με κυτία. Στη UHT γίνεται η θέρμανση του γάλακτος στους 135°C - 150°C για 1 έως 2 δευτερόλεπτα, αμέσως μετά ψύχεται και κατόπιν συσκευάζεται ασηπτικά σε αεροστεγές δοχείο για αποθήκευση. Από την άλλη, στην κλασική αποστείρωση γίνεται θέρμανση στους 115°C - 125°C για 20 - 30 λεπτά.

Στα αρνητικά της μεθόδου συγκαταλέγεται η τιμή του ιξώδους που αυξάνεται κατά την αποθήκευση του γάλακτος αλλά και ότι με την υψηλή θερμότητα επεξεργασίας μπορεί να προκληθεί η αντίδραση Maillard με αποτέλεσμα να αλλάξει η γεύση και οσμή των γαλακτοκομικών προϊόντων.

Παρ’ όλα αυτά η επεξεργασία UHT παραμένει η πιο δημοφιλής μέθοδος επεξεργασίας για τη διατήρηση της ασφάλειας και της σταθερότητας του γάλακτος καθώς μελέτες επικεντρώνονται στη βελτίωση της μεθόδου.

3.1.4 ESL - Παρατεταμένη Διάρκεια Ζωής (Υπερπαστερίωση)

Το φρέσκο γάλα ESL είναι γάλα που έχει εκτεθεί σε υψηλή θερμοκρασία και τέτοιο χρόνο ώστε η δοκιμή υπεροξειδάσης να βγαίνει αρνητική και κατόπιν να ψύχεται το συντομότερο δυνατόν σε θερμοκρασία μικρότερη από 6°C. Το ESL αναφέρεται ως γάλα εκτεταμένης διάρκειας ζωής (Extended Shelf Life - ESL). Η επεξεργασία ESL έχει εισαχθεί στη βιομηχανία έπειτα από έρευνες σχετικά με την αύξηση της διάρκειας ζωής του γάλακτος, ελαχιστοποιώντας την επίδραση στα θρεπτικά συστατικά και την ποιότητα του. Το γάλα ESL θερμαίνεται σε θερμοκρασία από 120 έως 135°C για 1-4s και έχει διάρκεια ζωής από 30 έως 90 ημέρες στους 4 °C. Τα ESL είναι προϊόντα που έχουν υποστεί επεξεργασία με σκοπό τη μείωση του μικροβιακού φορτίου και έχουν εξασφαλίσει παρατεταμένη διάρκεια ζωής υπό συνθήκες ψύξης. Είναι μια μορφή παστερίωσης και αποστείρωσης, βρίσκεται δηλαδή μεταξύ HTST και UHT όσον αφορά τις συνθήκες που πραγματοποιείται η διαδικασία και παράλληλα συνδυάζεται με μικροδιήθηση κάτι το οποίο καθιστά πολύ αποτελεσματική τη μέθοδο. Η μικροδιήθηση επιδρά ελάχιστα στα διατροφικά οφέλη των προϊόντων όπως είναι η α-γαλακταλβουμίνη, η β-γαλακτογλοβουλίνη και η ανοσοσφαιρίνη. Μπορεί να εφαρμοστεί στο γάλα πριν ή μετά τη συσκευασία. Σε αντίθεση με την UHT, το γάλα ESL πρέπει να φυλάσσεται σε θερμοκρασίες ψύξης, επειδή δεν έχουν απενεργοποιηθεί όλα τα σπόρια που περιέχει. Για την παραγωγή γάλακτος ESL, προαπαιτείται χαμηλός αρχικός βακτηριακός αριθμός στο νωπό γάλα, λιγότερος των 100.000 cfu/MI.

Το αρνητικό σε αυτή τη διαδικασία είναι ότι επηρεάζεται το άρωμα και η γεύση του γάλακτος, κάτι το οποίο το καθιστά λιγότερο επιθυμητό από τους καταναλωτές σε σύγκριση με το παστεριωμένο γάλα HTST.

Στα πλεονεκτήματα ανήκουν η υψηλή ποιότητα του γάλακτος που παράγεται και μείωση του χρόνου επεξεργασίας λόγω της υψηλότερης θερμοκρασίας (UHT - HTST).

Οι κυριότερες μέθοδοι που εφαρμόζονται επί του παρόντος για την παραγωγή γάλακτος ESL είναι:

- η έμμεση θέρμανση μέσω πλακών ή σωληνοειδών εναλλακτών θερμότητας (PHE / THE)
- η μικροδιήθηση
- η διήθηση βάθους
- διπλή βακτηριοφυγή.

3.1.5 Βακτηριοκάθαρση

Πρόκειται για μια μέθοδο, η οποία συνδυάζει φυγοκέντρωση με αποστείρωση για να απομακρύνει από το γάλα το μεγαλύτερο ποσοστό των βακτηρίων. Χρησιμοποιείται κυρίως σε γάλατα με μεγάλο μικροβιακό φορτίο ή με ανθεκτικούς μικροοργανισμούς με σπόρια. Χρησιμοποιούνται ειδικές φυγόκεντροι ταχύτητας 20.000 rpm σε θερμοκρασίες από 65 έως 72°C. Το πλούσιο βακτηριακό κλάσμα το οποίο αποτελεί το 2 - 3 % του γάλακτος, αποστειρώνεται με τη μέθοδο UHT και στη συνέχεια ακολουθεί προσθήκη του κλάσματος αυτού στο υπόλοιπο γάλα. Είναι μια πολύ αποτελεσματική μέθοδος αφού εξαλείφεται το 99% των μικροβίων και δεν θερμαίνεται όλη η ποσότητα του γάλακτος, βελτιώνοντας έτσι τη γεύση του. Η ικανότητα αποθήκευσης του γάλακτος είναι περίπου 8 - 12 μέρες (Belitz, Grosch, & Schieberle, 2018)

3.2 Μη Θερμικές Επεξεργασίες

Με το πέρασμα των χρόνων, οι καταναλωτές έχουν γίνει πιο απαιτητικοί σχετικά με το προϊόν που θα αγοράσουν κι έτσι η βιομηχανίες τροφίμων έχουν αναπτύξει τις καλύτερες δυνατές λύσεις για την παραγωγή ασφαλών τροφίμων χωρίς να έχουν υποστεί έντονες επεξεργασίες όπως είναι οι θερμικές. Εκτός από τις θερμικές επεξεργασίες οι οποίες αδιαμφισβήτητα είναι αποτελεσματικές, έχουν αναπτυχθεί νέες τεχνολογίες επεξεργασίας με στόχο την αποφυγή της έκθεσης του τροφίμου σε υψηλή θερμοκρασία που ενδέχεται να βλάψει τα συστατικά του. Δεν είναι οι αποτελεσματικότερες μέθοδοι όσον αφορά την απενεργοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών, έχουν όμως άλλα οφέλη στο προϊόν και αυτά αφορούν τη διατροφική του αξία. Διαφορετικές τεχνολογίες θερμικής και μη θερμικής επεξεργασίας είναι τα παλμικά ηλεκτρικά πεδία (PEF), η επεξεργασία υψηλής

πίεσης (HPP), οι υπέρηχοι, η τεχνολογία plasma κ.λπ. Για καλύτερα αποτελέσματα συνδυάζονται με άλλες τεχνολογίες.

3.2.1 Επεξεργασία υψηλής πίεσης (High Pressure Processing)

Η επεξεργασία υψηλής πίεσης (HPP) ή υψηλής υδροστατικής πίεσης είναι ουσιαστικά μια εναλλακτική διαδικασία παστερίωσης χωρίς τη χρήση θερμότητας. Πραγματοποιείται στιγμιαία μια ομοιόμορφη συμπίεση στο προϊόν από όλες τις κατευθύνσεις. Ο κύριος μηχανισμός με τον οποίο δρα, είναι η πρόκληση μη αναστρέψιμων αλλαγών στις δευτεροταγείς, τριτοταγείς και τεταρτοταγείς δομές της πρωτεΐνης επιλέγοντας κυρίως τη διάσπαση των ομοιοπολικών δεσμών. Τα πιο μικρά μόρια όπως για παράδειγμα τα απλά σάκχαρα, τα αμινοξέα, οι βιταμίνες και τα συστατικά παραμένουν αμετάβλητα μετά την επεξεργασία. Η HPP είναι από τις πιο δημοφιλείς μεθόδους μη θερμικής επεξεργασίας και εμφανίστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1990 με κύριο επίτευγμα της να απενεργοποιεί και να καταστρέφει τα περισσότερα παθογόνα βακτήρια χωρίς όμως να προκαλεί αλλοιώσεις στις οργανοληπτικές ιδιότητες του προϊόντος. Η πίεση που εφαρμόζεται κυμαίνεται μεταξύ 100 και 1000 MPa για διάρκεια 20 λεπτά. Από μελέτες εφαρμογής έχει αποδειχθεί ότι μεταξύ 300 - 600 MPa καταστρέφονται σε μεγάλο βαθμό οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, οι ζύμες και οι μύκητες. Ωστόσο, τα βακτηριακά σπόρια είναι πολύ ανθεκτικά για να εξαλειφθούν μόνο με την πίεση. Έχει παρατηρηθεί ότι σε χαμηλές πιέσεις μεταξύ 100-300 MPa γίνεται εκβλάστηση των σπόρων των μικροοργανισμών και αυτό καθιστά απαραίτητο το συνδυασμό της μεθόδου μαζί με κάποια ήπια θερμική επεξεργασία στους 55-60 °C για την παραγωγή γάλακτος με αυξημένη διάρκεια ζωής καλές οργανοληπτικές ιδιότητες. Έχει εκτιμηθεί ότι η εφαρμογή της μεθόδου εξαρτάται από την ισχύ που χρησιμοποιείται, τη διάρκεια της θεραπείας και τη θερμοκρασία. Στα πλεονεκτήματα της συγκαταλέγεται ο χρόνος στον οποίο πραγματοποιείται καθώς είναι πολύ σύντομη.

3.2.2 Παλλόμενα Ηλεκτρικά Πεδία (Pulsed Electric Fields ή PEF)

Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου PEF βασίζεται στην εφαρμογή μικρών παλμών ηλεκτρικού πεδίου σε εντάσεις από 10 έως 80 kV/cm με διάρκεια μόλις μερικών δευτερολέπτων ενώ στόχος της είναι η δημιουργία του φαινομένου της ηλεκτροπόρωσης στις κυτταρικές μεμβράνες των ανεπιθύμητων μικροοργανισμών. Κατά τη διαδικασία το ρεύμα ρέει στο γάλα κι έτσι μεταφέρεται σε κάθε σημείο του λόγω των φορτισμένων μορίων. Πιο αναλυτικά, το προϊόν διέρχεται από δύο ηλεκτρικές πλάκες οι οποίες είναι αντίθετα φορτισμένες μεταξύ τους δημιουργώντας έτσι υψηλή τάση που στη συνέχεια προκαλεί το ηλεκτρικό πεδίο και τελικά την απενεργοποίηση των μικροοργανισμών. Κύρια χαρακτηριστικά της μεθόδου αποτελούν η γεννήτρια υψηλής τάσης, ο θάλαμος στον οποίο

πραγματοποιείται η επεξεργασία, το σύστημα χειρισμού των υγρών και το σύστημα ελέγχου. Το προϊόν που τίθεται προς εκκένωση βρίσκεται είτε στατικό στο θάλαμο επεξεργασίας είτε κινείται μεταξύ δύο ηλεκτροδίων. Αφότου δοθεί το σήμα για την εκκίνηση, κλείνει η γεννήτρια υψηλής τάσης και το φορτίο που βρίσκεται στον πυκνωτή ξεκινάει να κινείται στο θάλαμο μέσω του τροφίμου. Η διαδικασία πραγματοποιείται σε θαλάμους παράλληλων πλακών, ομοαξονικών κυλίνδρων ή ηλεκτροδίων. Ως αποτέλεσμα της επεξεργασίας προκύπτει η θανάτωση των μικροοργανισμών καθώς και των βλαστικών μορφών τους. Η διάρκεια ζωής των παραχθέντων προϊόντων είναι ανάλογη με εκείνη των παστεριωμένων προϊόντων. Μετά το πέρας της επεξεργασίας τα προϊόντα πρέπει να συσκευαστούν ασηπτικά και στη συνέχεια να αποθηκευτούν σε σωστές θερμοκρασίες ψύξης.

3.2.3 Υπέρηχοι υψηλής ισχύος (Ultrasound ή US)

Άλλη μια καινοτόμος και ταχέως αναπτυσσόμενη επεξεργασία γάλακτος είναι αυτή με υπέρηχους. Είναι οικολογική και μη τοξική για το προϊόν και χρησιμοποιείται κυρίως για την ομογενοποίηση του γάλακτος. Βοηθά κυρίως στην ανάλυση των προϊόντων και οι στόχοι της είναι η αύξηση της σταθερότητας του γάλακτος, η διατήρηση της ποιότητας και η μείωση του χρόνου επεξεργασίας. Η μέθοδος βρίσκει πράξη μέσω των υπερήχων δηλαδή των μηχανικών κυμάτων που χρησιμοποιούν το γάλα ως ένα ελαστικό μέσο προκειμένου να διαδοθούν. Η συχνότητα στην οποία πραγματοποιείται είναι από 20 KHz και πάνω. Τα μηχανικά κύματα ασκούν μια κάθετη δύναμη στην επιφάνεια του υλικού κι έτσι δημιουργείται το κύμα που στη συνέχεια διαπερνάει το προϊόν και στην πορεία αποδυναμώνεται. Η μέθοδος αυτή στοχεύει στη μεταβολή της πίεσης και της θερμοκρασίας ώστε στη συνέχεια να διαταράξει τις κυτταρικές μεμβράνες παράγοντας παράλληλα ελεύθερες ρίζες που θα θανατώσουν τους μικροοργανισμούς. Οι υπέρηχοι συνήθως συνδυάζονται με θέρμανση ή εφαρμογή πιέσεων. Η ανάλυση του επεξεργασμένου γάλακτος με υπερήχους δείχνει ότι το μέγεθος των μικκυλίων της καζεΐνης παραμένει αμετάβλητο.

3.2.4 Υπεριώδης ακτινοβολία (Ultraviolet Light)

Μια μέθοδος που δρα με υπεριώδη ακτινοβολία και χρησιμοποιείται για επεξεργασία, καταστροφή μικροοργανισμών αλλά και συντήρηση τροφίμων. Οι μικροοργανισμοί απορροφούν ακτινοβολία και στη συνέχεια αλλοιώνεται το DNA τους με αποτέλεσμα να θανατώνονται. Στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, το υπεριώδες φως χωρίζεται σε 3 κατηγορίες το UV-A μεταξύ 315-400 nm , το UV-B μεταξύ 280-315 nm και το UV-C που κυμαίνεται από 200-280 nm. Υπάρχουν δύο προσεγγίσεις της διαδικασίας με απαραίτητη προϋπόθεση τη μη θολερότητα του γάλακτος ώστε να μην εμποδίζει το φως να το διαπεράσει. Κατά την πρώτη,

χρησιμοποιείται στρωτή ροή γάλακτος με πολύ λεπτό σχηματισμένο φιλμ και ακτινοβολείται η επιφάνεια του ώστε να γίνει η πλήρης διείσδυση της υπεριώδους ακτινοβολίας στο γάλα. Κατά τη δεύτερη, χρησιμοποιείται τυρβώδης ροή ώστε να έρθουν όλα τα σημεία του γάλακτος σε κοντινό σημείο από εκείνο που εκτίθεται στη UV ακτινοβολία. Η δεύτερη είναι και πιο αποτελεσματική εφόσον μειώνεται η απόσταση διαδρομής και συνεπώς εισχωρεί πιο εύκολα το φως UV στο γάλα. Συμπερασματικά, όσο πιο διαυγές είναι το γάλα, τόσο πιο αποτελεσματική θα είναι η θανάτωση των μικροοργανισμών.

Κατά τη μέθοδο αυτή δεν υπάρχει έντονη απόκλιση όσον αφορά το χρώμα, το pH και το ιξώδες του γάλακτος.

3.2.5 Τεχνολογία plasma (Plasma technology ή PT)

Το plasma ορίζεται ως μια τέταρτη κατάσταση της ύλης η οποία αποτελείται από άτομα και μόρια, φορτισμένα αέρια, ρίζες και ελεύθερα ιόντα και ηλεκτρόνια. Η τεχνολογία plasma (PT), είναι από τις πιο σύγχρονες εφαρμογές στη βιομηχανία τροφίμων. Στόχος της είναι η διασφάλιση της ποιότητας του τροφίμου και η προστασία του από αλλοιογόνους μικροοργανισμούς χωρίς να επηρεάζει τις ιδιότητές του. Χρησιμοποιείται κυρίως για την απενεργοποίηση των ενζύμων, την απολύμανση καθώς και στη συσκευασία. Η δράση του επιτυγχάνεται με την τροφοδότηση του αερίου με ενέργεια μέσω ηλεκτρικής φόρτισης κι έτσι δημιουργείται αποκτώντας όγκο και σχήμα.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες πλάσματος, το μη θερμικό ή αλλιώς κρύο plasma και το θερμικό. Το πρώτο, δημιουργείται κάτω από συνθήκες μειωμένης ή ατμοσφαιρικής πίεσης στους 30-60°C ενώ το δεύτερο χρειάζεται υψηλές πιέσεις μεγαλύτερες από 100 Pa καθώς και αρκετά υψηλές θερμοκρασίες.

Στα θετικά της μεθόδου συγκαταλέγεται η ικανοποιητική απόδοση με τις υπάρχουσες θερμοκρασίες καθώς και οι ελάχιστες μεταβολές που θα δημιουργηθούν επιφανειακά του τροφίμου, αφού το πλάσμα δεν διεισδύει μέσα στο προϊόν. Το pH και το χρώμα του γάλακτος παραμένει σχεδόν ίδιο.

3.2.6 Διήθηση με μεμβράνη (Membrane filtration ή MF)

Η διαδικασία αυτή ουσιαστικά χρησιμοποιεί ως μέσο τις μεμβράνες με σκοπό να γίνει συμπύκνωση ή διαχωρισμός των δομικών συστατικών του γάλακτος αποτρέποντας σε ανεπιθύμητες συνθέσεις να περάσουν στο τελικό προϊόν. Το υγρό που παραμένει στη μεμβράνη ονομάζεται κατακράτημα και το υγρό που τη διαπερνά είναι το διήθημα. Χρησιμοποιείται κυρίως για το διαχωρισμό των

πρωτεϊνών, του λίπους και τη συγκέντρωση των καζεϊνών και δρα κατά των βακτηρίων και των σπορίων τους αφού παράλληλα προσδίδουν στο προϊόν μεγάλη διάρκεια ζωής. Η σημαντικότερη και πλέον διαδεδομένη μέθοδος είναι η μικροδιήθηση. Κατά την μικροδιήθηση επιτρέπεται η διόδος σε σωματίδια διαστάσεων από 1 μm έως 10 μm. Στη βιομηχανία γάλακτος χρησιμοποιούνται μεμβράνες φτιαγμένες από κεραμικά υλικά ή από πολυμερή. Οι κεραμικές μεμβράνες συνήθως έχουν ως υλικό κατασκευής οξείδιο του αργιλίου σε σωληνοειδή μορφή. Έχουν ασύμμετρη δομή και αποτελούνται από δύο στρώματα. Το ανώτερο στρώμα, γνωστό ως στρώμα ενεργής μεμβράνης είναι το λεπτότερο από τα δύο του οποίου η διάμετρος των πόρων θα επηρεάσει και τον διαχωρισμό των σωματιδίων από το υγρό. Το δεύτερο στρώμα είναι μια μακροπορώδης μεμβράνη που κατά κύριο λόγο έχει υποστηρικτικό ρόλο. Το άλλο είδος μεμβρανών είναι κατασκευασμένο από φθοριούχο πολυβινυλιδένιο (PVDF) σε σπειροειδή μορφή. Ο καθαρισμός των μεμβρανών είναι απαραίτητο να είναι σχολαστικός και για τον λόγο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντική η αντοχή των μεμβρανών στην διαδικασία καθαρισμού. Οι κεραμικές μεμβράνες είναι αρκετά ανθεκτικές σε θερμοκρασίες μέχρι και τους 95 °C και ο χρόνος ζωής τους είναι αρκετά μεγαλύτερος (περίπου 10 έτη) από τον αντίστοιχο των φτιαγμένων από PVDF, καθώς οι τελευταίες είναι αρκετά ευαίσθητες στον χημικό καθαρισμό και αντέχουν σε θερμοκρασίες έως 60 °C. Η διαδικασία της μικροδιήθησης έχει βρει ιδιαίτερη χρησιμότητα σε συνδυασμό με την διαδικασία της παστερίωσης καθώς δίνει την δυνατότητα απαλλαγής επιπλέον μικροβιακού φορτίου από το γάλα με συνέπεια την παραλαβή γάλακτος με μεγαλύτερη αντοχή στον χρόνο (Datta & Tomasula, 2015)

Διάφορες επεξεργασίες μεμβρανών είναι:

- Μικροδιήθηση (Microfiltration)
- Υπερδιήθηση (Ultrafiltration)
- Νανοδιήθηση (Nanofiltration)
- Υγρές μεμβράνες (Liquid membranes)
- Αντίστροφη ώσμωση (Reverse Osmosis)
- Διάλυση (Dialysis)
- Ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis)
- Διαπέραση αερίων (Gas permeation)
- Διεξάτμιση (Pervaporation)

3.2.7 Μικροκύματα και Ραδιοσυχνότητες (Microwave and Radio Frequency Processing)

Πρόκειται για επεξεργασία με χρήση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε καθορισμένες συχνότητες, παράγοντας έτσι θερμότητα στο τρόφιμο μέσω ενός διηλεκτρικού και

ιοντικού μηχανισμού. Απλούστερα, η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητας μέσα σε ένα συγκεκριμένο όγκο τροφίμου.

4. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΩΠΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση ως νωπό γάλα ορίζεται το γάλα το οποίο παράγεται από την έκκριση του μαστού εκτρεφόμενων ζώων και το οποίο δεν έχει θερμανθεί σε θερμοκρασία άνω των 40 °C ούτε έχει υποστεί οποιαδήποτε επεξεργασία που έχει ανάλογη επίδραση (Παράρτημα Ι 853/2004) . Το νωπό γάλα που θα υποβληθεί στην εκάστοτε επεξεργασία ώστε να μπορεί να τεθεί προς κατανάλωση, πρέπει πρώτα να ελεγχθεί ως προς τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά. Έτσι υπόκειται σε μία σειρά ελέγχων ώστε να εξακριβωθεί η καταλληλότητα του σύμφωνα με χημικές και μικροβιολογικές αναλύσεις. Οι συνηθέστεροι έλεγχοι που πραγματοποιούνται είναι οι εξής:

4.1 Έλεγχος της Ολικής Μικροβιακής Χλωρίδας (ΟΜΧ)

Ο έλεγχος ΟΜΧ πραγματοποιείται συνήθως σε τρυβλία έχοντας τα κατάλληλα υποστρώματα, θερμοκρασίες και συνθήκες επώασης και φανερώνει τον πληθυσμό των αερόβιων μεσόφιλων μικροβίων όταν αυτά αναπτυχθούν και σχηματίσουν μια αποικία. Αποδίδει μια εικόνα της ποιότητας του γάλακτος καθώς και της ορθότητας των χειρισμών από την στιγμή της άμελης μέχρι και της συντήρησης του. Όσο το γάλα υπάρχει στους μαστούς ενός υγιούς ζώου δεν υπάρχει κίνδυνος από κάποιο μικρόβιο, όμως από την στιγμή της άμελης και έπειτα, αναλόγως βέβαια και το χειρισμό από τον παραγωγό, ξεκινάει η υποβάθμιση του με συνέπεια την αύξηση του μικροβιακού φορτίου. Έχει αποδειχθεί πως όλοι οι παράγοντες όπως η υγεία και η υγιεινή του ζώου, το περιβάλλον της φάρμας, οι διαδικασίες καθαρισμού και απολύμανσης του εξοπλισμού αλλά και η θερμοκρασία και η διάρκεια της αποθήκευσης επηρεάζουν το επίπεδο μικροβιακής μόλυνσης και τον τύπο μικροοργανισμών που θα εμφανιστούν στο νωπό γάλα. Η χαμηλή τιμή ΟΜΧ στο νωπό γάλα έχει ιδιαίτερη σημασία καθώς αναλογικά, όσο λιγότεροι είναι οι κίνδυνοι, τόσο τα τελικά προϊόντα θα είναι καλύτερα ποιοτικά και θα συντηρηθούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2017), (Zastempowsk et al. 2016).

4.2 Έλεγχος ύπαρξης ανασταλτικών παραγόντων στο γάλα

Είναι συχνό φαινόμενο στο νωπό γάλα να συναντώνται ουσίες όπως ίχνη φαρμάκων που μπορεί να έχουν χορηγηθεί στα ζώα και πιο συγκεκριμένα αντιβιοτικά, παρασιτοκτόνα ή ακόμα και απορρυπαντικά. Τα κτηνιατρικά φάρμακα χρησιμοποιούνται ευρέως για τις θεραπείες των μολύνσεων αλλά και ως μέσο πρόληψης της υγείας των ζώων. Παρά το γεγονός ότι η ύπαρξή τους αποτελεί απόδειξη ποιοτικής υποβάθμισης του γάλακτος, το καθιστούν

και εξαιρετικά επικίνδυνο για την υγεία του καταναλωτή. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαίος ο εντοπισμός των παραπάνω ουσιών καθώς επίσης και για να παραχθούν στην πορεία γαλακτοκομικά προϊόντα υψηλής διατροφικής αξίας όπως τυρί και γιαούρτι. Με βάση τα παραπάνω, έχουν θεσπιστεί αυστηρά νομικά πλαίσια με σκοπό τον περιορισμό παραγωγής προϊόντων με αυτές τις συνθήκες αλλά και επιβολή προστίμων όπου αυτό κριθεί απαραίτητο. Παράδειγμα αποτελεί η κοινοτική νομοθεσία (ΕΚ) αριθ. 853/2004 σύμφωνα με την οποία σε περίπτωση που έχουν χορηγηθεί στα ζώα με αγωγή επιτρεπόμενες ουσίες ή προϊόντα, πρέπει να τηρηθεί η οριζόμενη προθεσμία αναμονής πριν το γάλα χρησιμοποιηθεί. (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2017).

4.3 Έλεγχος των σωματικών κυττάρων

Ο συγκεκριμένος έλεγχος μπορεί να μας φανερώσει πολλά για την ποιότητα του γάλακτος καθώς σχετίζεται άμεσα με την μαστίτιδα, την φλεγμονή του μαστικού αδένου η οποία θεωρείται η πιο συχνή και η πιο δαπανηρή ασθένεια της γαλακτοπαραγωγικής αγελαδοτροφίας στις ανεπτυγμένες χώρες. (Miller et al. 1993). Όταν ο μαστός του ζώου προσβάλλεται από παθογόνους μικροοργανισμούς αυξάνεται ο αριθμός των σωματικών κυττάρων και τα ζώα προσβάλλονται από μαστίτιδα. Έτσι τα κύτταρα αυτά τα παράγει ο οργανισμός με σκοπό την καταπολέμηση των μικροοργανισμών, με αρνητικό αποτέλεσμα όμως την μεταφορά μέρους των σωματικών κυττάρων στο γάλα. Η ασθένεια αυτή στα ζώα έχει ως συνέπεια την παραγωγή γάλακτος αλλοιωμένης σύστασης είτε περιέχοντας μεγάλο αριθμό παθογόνων μικροοργανισμών με μεγαλύτερο πρόβλημα τη μείωση ή ακόμα και τη διακοπή του παραγόμενου γάλακτος. Η μέθοδος αναφοράς που χρησιμοποιείται είναι μέσω μικροσκοπίου με χρωστικές (δείκτες) είτε με φθορίωση.

5. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Η συσκευασία των τροφίμων χαρακτηρίζεται ως ένα συντονισμένο σύστημα προετοιμασίας τροφίμων για μεταφορά, διανομή, αποθήκευση, λιανική πώληση και τελική χρήση από τον καταναλωτή με στόχο την απόλυτη ικανοποίηση των αναγκών του σε συνδυασμό με το μικρότερο δυνατό κόστος. Δίχως την ύπαρξη επαρκούς και αποτελεσματικής συσκευασίας η ασφαλής διανομή και διάθεση προϊόντων στο καταναλωτικό κοινό θα ήταν αδύνατη. Ο παγκόσμιος οργανισμός συσκευασίας (World Packaging Organization, WPO) εκτιμά πως περισσότερο από το 25% των τροφίμων σπαταλάται λόγω κακής συσκευασίας. Συνεπώς, γίνεται κατανοητός ο ιδιαίτερα σημαντικός ρόλος που διαδραματίζει η συσκευασία στη βιομηχανία των τροφίμων, με τον κλάδο της γαλακτοβιομηχανίας φυσικά να μην αποτελεί εξαίρεση (Clark, Jung, & Lamsal, 2014). Η συσκευασία στον χώρο του γάλακτος αποτελεί τον αποτελεσματικότερο τρόπο προστασίας του από τη στιγμή της παραγωγής του μέχρι και την ώρα που θα καταναλωθεί. Τα παλαιότερα χρόνια η συσκευασία είχε απλουστευμένο ρόλο προσδίδοντας στο προϊόν προστασία από εξωγενείς και ενδογενείς παράγοντες κατά την μεταφορά του γάλακτος αλλά και παρέχοντας στον καταναλωτή πληροφορίες για το τρόφιμο. Οι καινοτομίες που παρατηρούνται τα τελευταία χρόνια στη συσκευασία γάλακτος έχουν αναπτύξει στον τομέα της συσκευασίας δυνατότητες οι οποίες δεν περιορίζονται σε απλή προστασία του γάλακτος και ενημέρωση του καταναλωτή. Τη σύγχρονη εποχή η συσκευασία του προϊόντος παρέχει ευχρηστία στον καταναλωτή, συμβάλλει στην διατήρηση των θρεπτικών του συστατικών, ενώ συγχρόνως βοηθάει στην επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του γάλακτος, στην οποία έχει συμβάλλει και η ανάπτυξη θερμικών μεθόδων επεξεργασίας του η οποία σε συνδυασμό με την ενδεδειγμένη συσκευασία δίνει στην αγορά ποικιλία ειδών γάλακτος των οποίων η διάρκεια ζωής ποικίλει από λίγες ημέρες μέχρι και μήνες, ανάλογα με τις ανάγκες και τις προτιμήσεις του καταναλωτή (Nedovic, Raspor, Levic, Saponjac, & Barbosa-Canovas, 2016). Στις αρχές του 20ού αιώνα ξεκίνησε η διάθεση γάλακτος σε γυάλινες συσκευασίες οι οποίες με το πέρασμα του χρόνου έδωσαν τη θέση τους σε επενδυμένα χάρτινα και πλαστικά μπουκάλια από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (HDPE) και σε πλαστικούς σάκους από χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (LDPE)). Πλέον, στο λιανεμπόριο το γάλα συσκευάζεται σε πολυστρωματικές συσκευασίες με βάση το χαρτόνι, σε πλαστικούς περιέκτες διαφόρων συνθέσεων και σπανιότερα σε γυάλινα δοχεία (Clark, Jung, & Lamsal, 2014). Το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί στην συσκευασία πρέπει να πληροί συγκεκριμένα κριτήρια. Εξαρτάται μεταξύ άλλων και από τον τρόπο συσκευασίας ο οποίος διαφέρει ανάλογα με το αν πρόκειται για γάλα παστεριωμένο, όπου η διαδικασία είναι απλή ή για γάλα μακράς διάρκειας (γάλα ESL και UHT) όπου υπάρχει ασηπτική συσκευασία σε προ-αποστειρωμένες συσκευασίες.

5.1 Επίπεδα συσκευασίας

Στο χώρο της συσκευασίας είναι συνηθισμένος ο διαχωρισμός επιπέδων σε πρωτογενή, δευτερογενή και τριτογενή συσκευασία. Σύμφωνα με τον νόμο 2939/01, πρωτογενής είναι η συσκευασία που αποτελεί στο σημείο αγοράς χωριστή μονάδα προς πώληση στον τελικό χρήστη ή καταναλωτή. Δευτερογενής, είναι η συσκευασία που αποτελεί, στο σημείο αγοράς, σύνολο ορισμένου αριθμού μονάδων προς πώληση, είτε αυτές πωλούνται ως έχουν στον τελικό χρήστη ή καταναλωτή, είτε χρησιμεύουν μόνο για την πλήρωση των εκθετηρίων στο σημείο πώλησης. Τριτογενής είναι η συσκευασία που διευκολύνει τη διακίνηση και μεταφορά αριθμού μονάδων προς πώληση ή ομαδοποιημένων συσκευασιών, προκειμένου να αποφεύγεται η δια χειρός διακίνηση και οι ζημιές κατά τη μεταφορά (Παπαδάκης, 2018).

5.2 Λειτουργίες Συσκευασίας

Οι λειτουργίες της συσκευασίας είναι πολυάριθμες και εμπεριέχουν σκοπούς όπως η συγκράτηση και η προστασία του γάλακτος από ενδεχόμενη αλλοίωση και επιμόλυνση που μπορεί να προκληθεί από μια σειρά εξωτερικών παραγόντων. Αποτελεί ένα φράγμα ανάμεσα στο γάλα και στοιχεία του περιβάλλοντος, όπως είναι το φως, το οξυγόνο, η θερμοκρασία, έντομα και ξένες ύλες, τα οποία ενδέχεται να προκαλέσουν μη αντιστρεπτές αρνητικές μεταβολές στα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά και στην διατροφική του αξία. Επίσης παρέχει επαρκή χώρο αποθήκευσης, ευκολία χρήσης και δίνει απαραίτητες πληροφορίες στον καταναλωτή για το προϊόν (Vlaclavik & Christian, 2014). Η επίτευξη των λειτουργιών αυτών οφείλει να συνδυάζεται απαραίτητα με το χαμηλότερο δυνατό κόστος, καθώς αυτός είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει άμεσα και την τελική τιμή του τροφίμου (Παπαδάκης, 2018). Οι κυριότερες λειτουργίες είναι οι εξής:

5.2.1 Προστασία

Όπως ήδη αναφέρθηκε η συσκευασία αποτελεί το διαχωριστικό ανάμεσα στο τρόφιμο και το περιβάλλον. Οι φθορές που μπορούν να προκληθούν στο γάλα και από τις οποίες η συσκευασία είναι υπεύθυνη να το προστατέψει είναι πολλών ειδών. Αρχικά, είναι φθορές από στοιχεία του περιβάλλοντος όπως η έκθεση στο φως, στο οξυγόνο, την υγρασία, την θερμοκρασία, την επιμόλυνση από μικροοργανισμούς και γενικότερα σκόνες, ακαθαρσίες και ξένες ύλες. Η έκθεση στα παραπάνω μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (χρώμα, οσμή, γεύση και σύνθεση) και υποβάθμιση της διατροφικής αξίας (Vlaclavik & Christian, 2014). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η απώλεια βιταμίνης B₂ (ριβοφλαμίνη). Το γεγονός αυτό είναι αποτέλεσμα έκθεσης του γάλακτος στο φως, τεχνητό ή φυσικό. Απόρροια του φαινομένου δεν είναι μόνο η απώλεια της βιταμίνης

αλλά και η εμφάνιση οξειδωμένης γεύσης και οξείδωσης του ασκορβικού οξέος (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2017). Ιδιαίτερης σημασίας για το γάλα είναι η αποφυγή της επιμόλυνσης από μικροοργανισμούς οι οποίοι στις κατάλληλες συνθήκες θα πολλαπλασιαστούν με αποτέλεσμα τη δραματική μείωση της διάρκειας ζωής. Η συσκευασία επίσης είναι ικανή να μετριάσει τις επιπτώσεις από φυσικές φθορές όπως η μηχανική καταπόνηση του προϊόντος κατά τη μεταφορά και αποθήκευση του.

5.2.2 Ευκολία χρήσης

Η ευκολία στη χρήση του προϊόντος είναι ακόμα ένα από τα οφέλη της συσκευασίας. Δίνεται η δυνατότητα στον καταναλωτή να χρησιμοποιεί την επιθυμητή ποσότητα γάλακτος που επιθυμεί και στη συνέχεια να αποθηκεύει την ποσότητα που απομένει με ασφάλεια χωρίς τον φόβο πιθανών επιμολύνσεων. Αυτό είναι εφικτό διότι στη σύγχρονη εποχή το γάλα συσκευάζεται σε συσκευασίες που εκτός από εύκολο άνοιγμα, δίνουν και τη δυνατότητα αποτελεσματικού επανακλεισίματος. Επίσης, στην αγορά κυκλοφορούν συσκευασίες γάλακτος σε διάφορες ποσότητες δίνοντας στον καταναλωτή την επιλογή να αγοράσει εκείνη που ανταποκρίνεται καλύτερα στις ανάγκες του.

5.2.3 Επικοινωνία

Η συσκευασία οφείλει να αναγράφει στο εξωτερικό της πλήθος πληροφοριών με στόχο την ενημέρωση του καταναλωτή και τη διευκόλυνση του για σωστή χρήση του προϊόντος. Αρχικά, στην συσκευασία αναγράφονται σημαντικές λεπτομέρειες όπως η διατροφική αξία του γάλακτος, οδηγίες για αποτελεσματική συντήρηση, η ημερομηνία λήξης, αλλά και τα στοιχεία του παραγωγού και της εταιρίας που είναι υπεύθυνη για τη διανομή του. Επιπρόσθετα, αποτελεί σημαντικότατο εργαλείο μάρκετινγκ για τις εταιρίες, καθώς μέσω ιδιαίτερων στοιχείων σχεδιασμού όπως το σχήμα, το χρώμα, ιδιαίτερα σύμβολα και μάρκες προσπαθούν να προσελκύσουν τον πιθανό αγοραστή να επιλέξει το προϊόν. Εκτός όμως από την επικοινωνία με τον καταναλωτή η συσκευασία έχει ιδιαίτερη σημασία και για τα καταστήματα όσον αφορά την εύκολη διαχείριση των προϊόντων. Μια τέτοια πτυχή της συσκευασίας μέσω της ετικέτας είναι ο κωδικός UPC (Universal Product Code). Ο κωδικός UPC αποτελείται από μια σειρά ψηφιακών αναγνώσιμων ράβδων και αριθμών και στόχο έχει να διευκολύνει την διαχείριση των αγαθών από τα καταστήματα (Clark, Jung, & Lamsal, 2014). Αυτό είναι εφικτό μέσω σύγχρονου εξοπλισμού καθώς με μια απλή σάρωση είναι δυνατός ο έλεγχος λεπτομερειών για το προϊόν.

5.3 Υλικά συσκευασίας

5.3.1 Γυαλί

Προέρχεται από οξείδια μετάλλων, όπως το διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2). Με το γυαλί παρασκευάζονται φιάλες ή βάζα τα οποία στη συνέχεια σφραγίζονται ερμητικά ώστε να μην υπάρχει απώλεια οξυγόνου και υγρασίας (Vlaclavik & Christian, 2014). Το γυαλί αποτελεί ιστορικά το παλαιότερο υλικό συσκευασίας. Σε σύγκριση με τα υπόλοιπα υλικά παρέχει τον αποτελεσματικότερο φραγμό ανάμεσα στο γάλα και το περιβάλλον και είναι ταυτόχρονα το πιο αδρανές υλικό (δεν αντιδρά με συστατικά του τροφίμου). Επιπλέον, το γυαλί όταν κατασκευαστεί με την καταλληλότερη δομή και σύνθεση παρουσιάζει αντοχή και ανθεκτικότητα. Το πάχος του γυαλιού πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να αντέχει σε εσωτερική και εξωτερική πίεση και πιθανές αλλαγές θερμοκρασίας που μπορούν να επιφέρουν θερμικό στρες. Από την άλλη πλευρά, στα αρνητικά του συγκαταλέγονται το υψηλό βάρος του ανά μονάδα, η μεγάλη ποσότητα ενέργειας που χρειάζεται να καταναλωθεί για τη κατασκευή του και η πιθανότητα θραύσης από ενδεχόμενη κρούση και ιδιαίτερα ύστερα από τριβή (Chandan, Kilara, & Shah, 2016).



Εικόνα 5.1 Γυάλινες συσκευασίες διαφόρων μεγεθών

5.3.2 Χαρτί και χαρτόνι

Είναι το υλικό που χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερη ποσότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα. Το χαρτί και το χαρτόνι εξαιτίας της φύσης τους είναι απαραίτητο να συνδυαστούν μαζί με άλλα υλικά για να λειτουργήσουν αποτελεσματικά ως υλικά συσκευασίας. Ανάμεσα στα δύο εκείνο που έχει την μεγαλύτερη χρήση είναι το χαρτόνι και στο χώρο της συσκευασίας συναντώνται δύο βασικά είδη. Τα δύο αυτά

είδη είναι το παρθένο που προέρχεται από το ξύλο δέντρων και το ανακυκλωμένο που ως πρώτη ύλη έχει ήδη χρησιμοποιημένο χαρτί. Το πρώτο είναι καθαρότερο σε σχέση με το ανακυκλωμένο, ευκολότερο στη διαμόρφωση και πιο ανθεκτικό. Επιπλέον, επιδέχεται επένδυση με υλικό φραγμού αρκετά ευκολότερα σε αντίθεση με το ανακυκλωμένο. Από την άλλη πλευρά το ανακυκλωμένο χαρτόνι προσφέρει δυνατότητες καλύτερης εκτύπωσης στην επιφάνεια του. Στη συσκευασία γάλακτος λόγω ιδιαίτερης ευαισθησίας που έχει το χαρτόνι στην υγρασία είναι απαραίτητη η επένδυση του με άλλο υλικό που θα το προστατεύει. Το κυριότερο υλικό επίστρωσης είναι το χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (LDPE) καθώς προσδίδει εξαιρετικό φραγμό απέναντι στην υγρασία και το νερό εξασφαλίζοντας έτσι την ακεραιότητα του χαρτονιού. Η παραπάνω επίστρωση επιτυγχάνεται με την διαδικασία της θερμής εξώθησης. Ιδιαίτερα σημαντική είναι και η χρήση του κατά την ασηπτική συσκευασία γάλακτος όπου η επένδυση του με στρώση αλουμινοχαρτού μπορεί να προσδώσει στο γάλα μεγάλη διάρκεια ζωής σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό πως το χαρτόνι έχει σημαντικό ρόλο στη συσκευασία γάλακτος καθώς προσφέρει τη δυνατότητα παραγωγής ανθεκτικών συσκευασιών, αλλά ταυτόχρονα είναι απαραίτητος ο συνδυασμός του με άλλα συμπληρωματικά υλικά για την παραγωγή πολυστρωματικών συσκευασιών (Chandan, Kilara, & Shah, 2016).



Εικόνες 5.2 και 5.3 Κλασικό χαρτοκιβώτιο γάλακτος με αέτωμα και τετραεδρική συσκευασία Tetra-Pak

5.3.3 Πλαστικό

Είναι από τα νεότερα υλικά στο χώρο της συσκευασίας και η χρήση του έχει εδραιωθεί τις τελευταίες δεκαετίες κάνοντας το ένα από τα πιο διαδεδομένα. Υπάρχουν εκατοντάδες αναγνωρισμένα είδη συνθετικών πολυμερών, αλλά στην πραγματικότητα μόνο λίγα από αυτά επιλέγονται στο χώρο της συσκευασίας των τροφίμων. Τα πλαστικά είναι μια ειδική κατηγορία πολυμερών που μπορούν να μορφοποιηθούν σε μεγάλη ποικιλία σχημάτων και μεγεθών, μέσω της χρήσης θέρμανσης και πίεσης. Είναι αξιοσημείωτο ότι οι θερμοκρασίες που απαιτούνται είναι αρκετά χαμηλότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες που απαιτούνται για την διαχείριση γυαλιού και μετάλλων (Clark, Jung, & Lamsal, 2014).

Σε γενικότερη βάση τα πλαστικά παρουσιάζουν μια σειρά ιδιοτήτων που τα καθιστούν ικανοποιητική επιλογή για υλικά συσκευασίας και είναι οι εξής:

- Ελαστικότητα και ευελιξία
- Χαμηλό βάρος
- Μορφοποίηση σε χαμηλή θερμοκρασία
- Ανθεκτικότητα στη θραύση
- Ισχυρή θερμοστεγανότητα
- Χαμηλό κόστος (Vlaclavik & Christian, 2014)

Οι ιδιότητες του πλαστικού διαφέρουν από είδος σε είδος γεγονός που οφείλεται στην χημική του σύσταση. Το πιο διαδεδομένο πλαστικό συσκευασίας είναι το πολυαιθυλένιο (PE) και συναντάται σε χαμηλή, μέτρια και υψηλή πυκνότητα. Το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE) παρουσιάζει ανθεκτικότητα, ευλυγισία, χαμηλό βάρος και ευκολία στη μορφοποίηση του. Προσφέρει εξαιρετική προστασία από την υγρασία και τους υδρατμούς, όχι όμως και από την παρουσία οξυγόνου. Χρησιμοποιείται κυρίως σαν επίστρωση με τη μέθοδο της θερμής εξώθησης, σε χαρτί, χαρτόνι, φύλλο αλουμινίου ή και άλλα πλαστικά.

Το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE) είναι ημι-άκαμπτο πλαστικό με σχετικά εύκολη διαδικασία μορφοποίησης. Αν και πλαστικό έχει ικανοποιητική αντοχή στη θερμότητα και προσφέρει προστασία από νερό και υγρασία, χωρίς όμως να παρέχει ικανοποιητικό φραγμό στα αέρια. Το HDPE είναι η επικρατέστερη μορφή του πολυαιθυλενίου που χρησιμοποιείται στη συσκευασία γάλακτος.

Στη συσκευασία τροφίμων αυξημένη είναι και η χρήση τερεφθαλικού πολυαιθυλενίου (PET) για την κατασκευή μπουκαλιών. Το PET είναι θερμοπλαστική ρητίνη πολυμερούς της οικογένειας πολυεστέρα. Τα μπουκάλια που παρασκευάζονται από PET παρουσιάζουν ανθεκτικότητα, ικανοποιητικό φραγμό σε ατμούς και υγρασία και είναι διαφανή (Chandan, Kilara, & Shah, 2016). Τα τελευταία χρόνια η χρήση του έχει αυξηθεί ραγδαία καθώς μέσω αυτού παράγονται συσκευασίες ανώτερες ποιοτικά από τις αντίστοιχες HDPE. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην υψηλότερη μηχανική αντοχή που διαθέτει και την καλύτερη ικανότητα φραγμού. Στα μειονεκτήματα του είναι το υψηλότερο κόστος του και η αδυναμία διατήρησης του σχήματος του σε θερμοκρασίες τήξης, καθώς ρευστοποιείται και δυσχεραίνει την μορφοποίηση και σφράγιση του. Το φαινόμενο αυτό αντιμετωπίζεται με τη προσθήκη συμπολυμερών, με συχνότερο το PET τροποποιημένο με γλυκόλη (PETG) (Clark, Jung, & Lamsal, 2014). Στην αγορά συναντώνται μπουκάλια PET σε μεγέθη από μισό έως και δύο λίτρων. Ακόμα, επιβεβλημένη είναι η προσθήκη ετικετών στην φιάλη εξαιτίας της μεγάλης διαπερατότητας που έχει το υλικό στο φως.

Σημαντικά είναι επίσης στη συσκευασία γάλακτος τα μπουκάλια από πολυανθρακικό (PC). Μεταξύ των σημαντικότερων ιδιοτήτων που έχουν τα μπουκάλια από PC είναι η υψηλή αντοχή σε κρούση και θερμοκρασία, το χαμηλό βάρος τους, η ανακυκλωσιμότητά τους και η μη μεταφορά γεύσης στο περιεχόμενο τους.

Εν κατακλείδι, με στόχο την επίτευξη όσο το δυνατόν καλύτερου φραγμού από το οξυγόνο χρησιμοποιούνται στις συσκευασίες διάφορες ρητίνες πλαστικού, με σημαντικότερες το πολυβινυλιδένιο (PVDC) και συμπολυμερές αιθυλενίου-βινυλικής αλκοόλης (EVOH). Το PVDC είναι το παλαιότερο από τα δύο και προσφέρει εξαιρετικό φραγμό από οξυγόνο, ατμούς και προστατεύει την επιρροή της γεύσης του περιεχομένου. Το EVOH είναι αποτελεσματικότερο στην φραγή του οξυγόνου και ευκολότερο στην κατασκευή του, ταυτόχρονα όμως είναι αρκετά ευαίσθητο υλικό στην υγρασία. Και τα δύο αυτά υλικά χρησιμοποιούνται για την κατασκευή πολυστρωματικών συσκευασιών προσδίδοντας σημαντικά πλεονεκτήματα όσον αφορά την προστασία του γάλακτος (Chandan, Kilara, & Shah, 2016).



Εικόνα 5.4 Πλαστικές φιάλες PET και HDPE

5.3.4 Μέταλλο

Στη συσκευασία γάλακτος χρησιμοποιούνται συχνά μέταλλα για τη κατασκευή κυλινδρικού σχήματος κουτιών. Τα κουτιά αυτά είναι θερμικά επεξεργασμένα ώστε να εξασφαλίζεται η μικροβιολογική σταθερότητα. Το σημαντικότερο μέταλλο που χρησιμοποιείται είναι το αλουμίνιο. Με αυτό δημιουργούνται κουτιά συνήθως δύο τεμαχίων όπου το εσωτερικό τους είναι κατάλληλα επενδυμένο ώστε να αποφεύγεται η διάβρωση του μετάλλου. Το αλουμίνιο βρίσκει χρήση επίσης και με τη μορφή φύλλου αλουμινίου για την παραγωγή πολυστρωματικών συσκευασιών. Με αυτόν το τρόπο το φύλλο αλουμινίου ενισχύει τον φραγμό οξυγόνου και υδρατμών. Για την κατασκευή κονσερβών εκτός από αλουμίνιο χρησιμοποιείται και λευκοσίδηρος.

Ακόμα, στη γαλακτοβιομηχανία είναι διαδεδομένη και η χρήση χάλυβα για αρκετά γαλακτοκομικά προϊόντα, αφότου γίνει επικάλυψη του με χρώμιο ή οξείδιο του χρωμίου και μετέπειτα με πλαστικό ώστε να αποτραπεί η πρόσδοση μεταλλικής γεύσης στο τρόφιμο (Chandan, Kilara, & Shah, 2016).

5.4 Κριτήρια επιλογής υλικών συσκευασίας

5.4.1 Μετανάστευση ουσιών

Ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια που εξετάζεται για την επιλογή ενός υλικού για τη συσκευασία γάλακτος είναι η μετανάστευση ουσιών από τη συσκευασία στο τρόφιμο. Είναι κοινώς αποδεκτό πώς το φαινόμενο της μετανάστευσης ουσιών προς το τρόφιμο μπορεί να γίνει εξαιρετικά επιβλαβές για τη υγεία του καταναλωτή, αλλά ενδέχεται και να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό την αποδοχή του. Για τον περιορισμό και την αποφυγή τέτοιων φαινομένων είναι απαραίτητη η συμμόρφωση με τα εκάστοτε ανώτατα όρια που ισχύουν όσον αφορά τη μετανάστευση ουσιών από το υλικό συσκευασίας προς το τρόφιμο. Τα πλαστικά έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να μεταδώσουν στο τρόφιμο χαρακτηριστική γεύση και οσμή πλαστικού απ' ό,τι έχει το χαρτί. Αυτό συμβαίνει καθώς τα πλαστικά περιέχουν πλήθος προσθέτων, όπως αντιοξειδωτικά, αντιστατικά, πλαστικοποιητές (για βελτίωση της ελαστικότητας) και σταθεροποιητές για βελτίωση των λειτουργικών ιδιοτήτων του πλαστικού (Vlaclavik & Christian, 2014). Η θερμοκρασία και η φύση του τροφίμου είναι οι δύο σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την έκταση της απελευθέρωσης ουσιών του υλικού προς το τρόφιμο. Τα μεταλλικά κουτιά που χρησιμοποιούνται είναι πάντοτε επικαλυμμένα διότι σε αντίθετη περίπτωση είναι πιθανό το ενδεχόμενο μεταφοράς ιόντων του μετάλλου.

Αξίζει να σημειωθεί πώς αυτού του είδους η αλληλεπίδραση μεταξύ συσκευασίας-τροφίμου σε αρκετές περιπτώσεις δύναται να λειτουργήσει προς όφελος του κατασκευαστή και του καταναλωτή μέσω των ενεργών και έξυπνων συσκευασιών (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2017).

5.4.2 Διαπερατότητα

Η διαπερατότητα του υλικού που θα επιλεγεί για τη συσκευασία γάλακτος έχει κομβικό ρόλο για την διατηρησιμότητα των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του και την εξασφάλιση της επιθυμητής διάρκειας ζωής του τροφίμου. Οι μικροοργανισμοί, διάφορες χημικές ουσίες, το οξυγόνο, η υγρασία και το φως είναι μερικά από τα πιο επικίνδυνα περιβαλλοντικά στοιχεία που μπορούν να οδηγήσουν σε δραματική υποβάθμιση της ποιότητας του γάλακτος. Για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη η επιλογή υλικού που θα παρέχει ικανοποιητικό φραγμό στα παραπάνω στοιχεία προστατεύοντας επαρκώς το τρόφιμο. Η διαπερατότητα είναι συνισταμένη αρκετών παραγόντων όπως η θερμοκρασία, η φύση και η σύνθεση του υλικού και το πάχος του. Για την δημιουργία όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικών συσκευασιών είναι συχνό το φαινόμενο της χρησιμοποίησης περισσότερων από ενός υλικού με σκοπό την κατασκευή πολυστρωματικών φιαλών που θα έχουν αναβαθμισμένες ικανότητες φραγμού.

Το γάλα είναι ένα τρόφιμο ιδιαίτερα ευαίσθητο όταν εκτεθεί στο φως. Η εκτεταμένη έκθεση του στο φως (τεχνητό ή μη) είναι πιθανό να προκαλέσει αλλοίωση στη γεύση και υποβάθμιση της θρεπτικής του αξίας (π.χ. απώλεια βιταμίνης Β2). Για τον λόγο αυτό τα περισσότερα πλαστικά μπουκάλια που είναι από τη φύση τους

διαφανή υλικά επεξεργάζονται με χρωστικές ουσίες [συνηθέστερη το διοξείδιο του Τιτανίου (TiO₂)] με αποτέλεσμα την προστασία του προϊόντος από ανεπιθύμητες αλλαγές (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2017).

5.4.3 Μηχανικές ιδιότητες

Πριν την επιλογή του υλικού εξετάζεται μία σειρά ιδιοτήτων που έχουν άμεση σχέση με τη φύση του υλικού. Αρχικά, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην ευκολία επεξεργασίας του υλικού. Η ευθραυστότητα του, η συγκολλητικότητα, η ευκολία καθαρισμού και η αντοχή του στις υψηλές θερμοκρασίες είναι ιδιότητες που θα ληφθούν σοβαρά υπόψιν πριν την επιλογή του υλικού. Παραδείγματος χάριν, για την συσκευασία αποστειρωμένου γάλακτος δε θα ήταν δυνατή η επιλογή υλικού συσκευασίας που θα είχε χαμηλή αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες, διότι σε αυτή την περίπτωση θα ήταν ανέφικτη η αποστείρωση της συσκευασίας.

Επιπλέον, είναι σημαντική η επιλογή υλικού από το οποίο θα κατασκευαστούν συσκευασίες με αντοχή και ανθεκτικότητα σε ενδεχόμενες μηχανικές καταπονήσεις όπως η θραύση ή η κρούση κατά τη μεταφορά και τη διαχείριση από τον καταναλωτή.

5.5 Συσκευασία παστεριωμένου γάλακτος

Ένας από τους κλασικότερους τρόπους συσκευασίας του παστεριωμένου γάλακτος είναι η συσκευασία του σε γυάλινες φιάλες πολλαπλών χρήσεων. Μετά από κάθε χρήση οι φιάλες καθαρίζονται σχολαστικά, συμπληρώνονται με το γάλα και ξανασφραγίζονται. Το γυαλί παρέχει εξαιρετική προστασία από το οξυγόνο, υγρασία και μικροοργανισμούς. Επίσης, είναι αδρανές υλικό γεγονός που το καθιστά απόλυτα ασφαλές για συσκευασία γάλακτος καθώς δεν επηρεάζει το περιεχόμενο της φιάλης. Από τα σημαντικά μειονεκτήματα του, εκτός από το υψηλό κόστος και το μεγάλο βάρος ανά συσκευασία, είναι η διαφάνεια του υλικού. Το γάλα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο τρόφιμο κατά την έκθεση του στο φως και για αυτόν τον λόγο συχνό είναι το φαινόμενο του χρωματισμού της φιάλης που οδηγεί στην προστασία του τροφίμου από το επιβλαβές UV φως (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2017). Τη σύγχρονη εποχή η συσκευασία γάλακτος σε γυάλινα μπουκάλια θεωρείται ξεπερασμένη και χρησιμοποιείται σπανίως καθώς έχει αντικατασταθεί σε μεγάλο βαθμό από πλαστικές και χάρτινες συσκευασίες (Chandan, Kilara, & Shah, 2016).

Το κυριότερο πλαστικό που χρησιμοποιείται για την συσκευασία παστεριωμένου γάλακτος είναι το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE). Με τη χρήση του παράγονται φιάλες με το χαμηλότερο βάρος ανά μονάδα σε σύγκριση με οποιοδήποτε άλλο πλαστικό που χρησιμοποιείται για συσκευασία γάλακτος. Οι φιάλες από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας χαρακτηρίζονται από αδράνεια

στην αλλαγή γεύσης του γάλακτος. Επιπλέον, παρουσιάζουν επαρκή φραγμό σε υγρασία και υδρατμούς. Οι συγκεκριμένες φιάλες δεν έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν απόλυτο φραγμό και προστασία από το οξυγόνο. Το γεγονός αυτό δεν αποτελεί αποτρεπτικό παράγοντα για τη χρήση του στη συσκευασία παστεριωμένου γάλακτος, διότι η ποιότητα του δεν προλαβαίνει να επηρεαστεί σημαντικά λόγω της μικρής διάρκειας ζωής του. Ακόμα μερικά από τα πλεονεκτήματα του είναι το χαμηλό κόστος του υλικού, η ευκολία στην μορφοποίηση του και η κατασκευή σκληρών και ανθεκτικών μπουκαλιών. Εκτός από μπουκάλια φτιαγμένα από HDPE στο εμπόριο συναντώνται επίσης μπουκάλια από τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET) και πολυανθρακικό (PC) (Chandan, Kilara, & Shah, 2016).

Πέραν των πλαστικών μπουκαλιών, ιδιαίτερα διαδεδομένες για την συσκευασία παστεριωμένου γάλακτος είναι και οι συσκευασίες με βάση το χαρτόνι. Παρασκευάζονται συσκευασίες από παρθένο χαρτόνι που έχει υποστεί λεύκανση το οποίο στη συνέχεια επικαλύπτεται από στρώση πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας (LDPE). Η προσθήκη της στρώσης LDPE έχει ως στόχο να προσδώσει ανθεκτικότητα απέναντι σε υγρά, υδρατμούς, θερμοκρασία αλλά και να προστατέψει το ίδιο το χαρτόνι από αλλοίωση εξαιτίας της υγρής φύσης του γάλακτος. Σημαντική είναι επίσης η δυνατότητα εύκολης εκτύπωσης της επιφάνειας του χαρτονιού καθώς αποτελεί εργαλείο μάρκετινγκ και τρόπο επικοινωνίας με τον καταναλωτή. Εκτός από τα κλασικά χαρτοκιβώτια, ένας ακόμη τύπος συσκευασίας με βάση το χαρτόνι είναι της Tetra Pak με σχήμα τετράεδρου. Αυτού του τύπου η συσκευασία απαιτεί χαμηλή ποσότητα όγκου υλικού για να κατασκευαστεί σε σύγκριση με τις περισσότερες εμπορικές συσκευασίες γάλακτος. Αποτελείται από στρώμα παρθένου χαρτονιού επικαλυμμένο με πολυαιθυλένιο. Το πολυαιθυλένιο έχει και σε αυτή την περίπτωση προστατευτικό ρόλο όπως και στο χαρτοκιβώτιο.

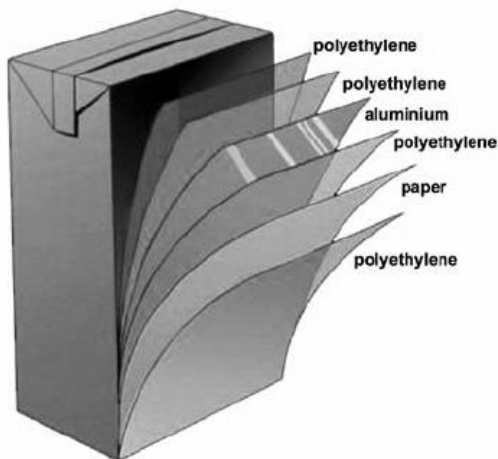
5.7 Συσκευασία ESL και UHT γάλακτος

Τα δύο αυτά είδη γάλακτος επεξεργάζονται θερμικά σε υψηλές θερμοκρασίες ώστε να θανατωθούν ενδεχόμενοι παθογόνοι και αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί, αλλά και να απενεργοποιηθούν ένζυμα που προκαλούν αρνητικές μεταβολές. Στόχος της έντονης αυτής επεξεργασίας που υποβάλλονται είναι η παραγωγή προϊόντων που σε αντίθεση με το παστεριωμένο γάλα θα έχουν αρκετά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σχέση με τις μόνο λίγες μέρες που έχει το παστεριωμένο. Το UHT γάλα είναι ένα εμπορικά στείρο προϊόν καθώς εκτός από τους παθογόνους μικροοργανισμούς καταστρέφονται και τα σπόρια τους, ενώ το ESL δεν είναι εμπορικά στείρο προϊόν και είναι πιθανή η ύπαρξη σπορίων. Έτσι το UHT γάλα μετά από την συσκευασία του συντηρείται για αρκετούς μήνες εκτός ψυγείου σε θερμοκρασία δωματίου. Στην περίπτωση του ESL είναι απαραίτητη προϋπόθεση η συντήρηση του σε

θερμοκρασίες όχι μεγαλύτερες των 6 βαθμών Κελσίου. Υπό αυτές τις συνθήκες μπορεί να διατηρηθεί έως και 90 μέρες. Για να είναι όμως εφικτή αυτή η μεγάλη διάρκεια ζωής των δύο αυτών ειδών καταλυτικό ρόλο έχει ο ασηπτικός τρόπος συσκευασίας που εφαρμόζεται. Κατά την ασηπτική συσκευασία η συσκευασία αποστειρώνεται ξεχωριστά από το γάλα και έπειτα γίνεται η πλήρωση των δοχείων με το επεξεργασμένο γάλα σε στείρο περιβάλλον. Αυτός ο τρόπος συσκευασίας δίνει τη δυνατότητα έκθεσης του τροφίμου σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες για λιγότερο χρόνο σε σύγκριση με το χρόνο που απαιτείται για τις κλασικές διαδικασίες αποστείρωσης. Έτσι, προκύπτει προϊόν ανώτερης ποιότητας. Ένα ακόμα θετικό στην ασηπτική συσκευασία είναι η ευελιξία στο κομμάτι της επιλογής του υλικού συσκευασίας και του σχήματος του περιέκτη γεγονός που είναι απόρροια της ξεχωριστής αποστείρωσης συσκευασίας και τροφίμου (Clark, Jung, & Lamsal, 2014). Η αποστείρωση της συσκευασίας μπορεί να γίνει με αρκετούς τρόπους. Ένας χημικός τρόπος που βρίσκει συχνή εφαρμογή, καθώς δε βλάπτει το υλικό συσκευασίας, είναι η αποστείρωση με την εφαρμογή θερμού (60 °C–80 °C) και συμπυκνωμένου (20%-35%) διαλύματος υπεροξειδίου του υδρογόνου (H₂O₂). Έπειτα, τα υπολείμματα του υπεροξειδίου του υδρογόνου αφαιρούνται εύκολα με τη χρήση ζεστού αέρα θερμοκρασίας μεγαλύτερης των 100 °C. Χρησιμοποιούνται επίσης για τον ίδιο σκοπό θέρμανση με υπέρθερμο ατμό ή ακτινοβολία (όπως υπεριώδεις και υπέρυθρες ακτίνες και ιονίζουσα ακτινοβολία). Οι πιο διαδεδομένες συσκευασίες σε αυτές τις κατηγορίες γάλακτος είναι πολυστρωματικές συσκευασίες που αποτελούνται από στρώσεις χαρτονιού, πολυαιθυλενίου και φύλλο αλουμινίου. Αυτού του τύπου η συσκευασία είναι αδιαπέραστη σε υγρά, αέρια και φώς.

Η δομή μίας πολυστρωματικής συσκευασίας έχει ως εξής:

- Πολυαιθυλένιο-εξωτερικό στρώμα (για προστασία μελανιού και στεγανοποίηση)
- Εκτύπωση μελανιού
- Χαρτόνι (για μηχανική αντοχή και σταθερότητα)
- Πολυαιθυλένιο (για σύνδεση φύλλο αλουμινίου και χαρτονιού)
- Φύλλο αλουμινίου (για φραγμό από αέρια)
- Πολυαιθυλένιο (για φραγμό υγρών)
- Πολυαιθυλένιο-εσωτερική στρώση (για φραγμό υγρών και στεγανοποίηση) (Clark, Jung, & Lamsal, 2014)



Εικόνα 5.5 Δομή πολυστρωματικής συσκευασίας

Τέλος, εκτός από την ευρεία χρήση πολυστρωματικών συσκευασιών με βάση το χαρτόνι εφαρμογή βρίσκουν για την συσκευασία ESL και UHT γάλακτος οι πολυστρωματικές φιάλες HDPE. Συγκεκριμένα, στην κατηγορία ESL κατασκευάζονται συσκευασίες HDPE τριών στρωμάτων αποτελούμενες από ένα εσωτερικό και εξωτερικό λευκό στρώμα (2% TiO_2) και ένα μεσαίο μαύρο στρώμα (2% αιθάλη). Για το UHT γάλα γίνεται ενίσχυση του τριπλού στρώματος είτε με τη προσθήκη ενός επιχρίσματος συμπολυμερούς PVDC (5-6 μm) είτε χρησιμοποιούνται συσκευασίες HDPE πέντε στρώσεων, όπου έχουν ως εξής:

- Εξωτερικό HDPE σε λευκό στρώμα (2% TiO_2)
- Συγκολλητικό στρώμα
- Μεσαίο μαύρο στρώμα EVOH (2% αιθάλη)
- Στρώμα κόλλας
- Εσωτερικό λευκό στρώμα HDPE (2% TiO_2)

(Κεχαγιάς & Τσάκαλη, Επιστήμη και Τεχνολογία Γάλακτος και Γαλακτοκομικών Προϊόντων, 2017).

6. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας πραγματοποιήθηκε πείραμα στον εργαστηριακό χώρο του Πανεπιστημίου με σκοπό να μελετηθεί η σταθερότητα και η μικροβιολογική κατάσταση του γάλακτος σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες συντήρησης σε διάστημα 16 ημερών. Συγκεκριμένα στους 4, 8 και 12°C και σε 2 διαφορετικές συσκευασίες, μια ανοιγμένη από τη μέρα 0 και μια κλειστή που ανοίχθηκε την 16η μέρα. Απώτερος σκοπός του πειράματος ήταν ο έλεγχος της ποιότητας του γάλακτος κατά τη συντήρησή του στα οικιακά ψυγεία. Ο αρχικός προγραμματισμός ήταν η πραγματοποίηση του πειράματος και για τα τρία πιο διαδεδομένα είδη γάλακτος (αγελαδινό, κατσικίσιο, πρόβειο), όμως εξαιτίας της έξαρσης της πανδημίας του κορονοϊού και των δυσκολιών που εμφανίστηκαν, το πείραμα περιορίστηκε στο αγελαδινό.

Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν:

- Οξύτητα
- pH
- Ολική αριθμηση μεσόφυλων μικροοργανισμών (ΟΜΧ)
- Ψυχρότροφα βακτήρια
- Ζύμες/Μύκητες

Δείγμα: Φρέσκο αγελαδινό γάλα ΔΕΛΤΑ πλήρες 3,5% λιπαρά / 1 Lt



Εικόνα 6.1 Δείγματα γάλακτος

6.1 Μέθοδοι

1. Μέτρηση pH μέσω πεχαμέτρου
2. Οξύτητα: με τιτλοδότηση 11ml δείγματος (=10 g) με NaOH 0,1M και δείκτη φαινολοφθαλείνης ($C_6H_5COOH + NaOH \rightarrow C_6H_5COONa + H_2O$). Η οξύτητα εκφράστηκε σε % γαλακτικό οξύ σύμφωνα με τον τύπο:
$$\% \text{γαλακτικό οξύ} = (\text{ml NaOH} \times 0.009 / \text{Βάρος δείγματος}) \times 100$$
3. Παρασκευή υποστρώματος με 3,0 Lt PlateCountAgar (PCA), 1,5 Lt PotatoDextroseAgar (PDA) και 1,0 lt αραιωτικό υγρό μητρικού διαλύματος.

4. Ενσωμάτωση των παρασκευασθέντων υλικών με χρήση microwave, και κατόπιν υδατόλουτρου για ρευστοποίηση των υποστρωμάτων.
5. Προσθήκη υποστρωμάτων στα τριβλία.
6. Αραιώσεις: Για την πρώτη αραιώση, 11 ml δείγματος λαμβάνονται με σιφώνιο και προστίθενται σε μπουκάλι 99 ml με αραιωτικό υγρό. Κατόπιν για τη δεύτερη, λαμβάνεται 1 ml από το μπουκάλι με το αραιωτικό υγρό και τοποθετούνται σε σωληνάκι με αραιωτικό υγρό των 9 ml. Επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία δύο φορές και έτσι προκύπτουν οι τέσσερις αραιώσεις.
7. Εμβολιασμός: Για τη μέτρηση ψυχρότροφων και της ΟΜΧ λαμβάνεται 1ml από τα σωληνάκια των 9 ml και προστίθενται στο τριβλίο με υπόστρωμα PCA ενώ για τις ζύμες και τους μύκητες γίνεται το αντίστοιχο με υπόστρωμα PDA.
8. Επάση: για Ο.Μ.Χ. στους 37°C για 2 ημέρες, ψυχρότροφα στους 4°C για 7 ημέρες και ζύμες/μύκητες στους 25°C για 3-5 ημέρες.



Εικόνα 6.2 Χώρος πραγματοποίησης πειραματικής άσκησης



Εικόνα 6.3 Παρασκευή υποστρωμάτων PCA και PDA

Δειγματοληψία

Το δείγμα συλλέχθηκε για 3 διαφορετικές θερμοκρασίες των 4, 8 και 12°C και σε 2 διαφορετικές συσκευασίες, μια ανοιγμένη από τη μέρα 0 και μια κλειστή που ανοιγόταν την 15^η μέρα.

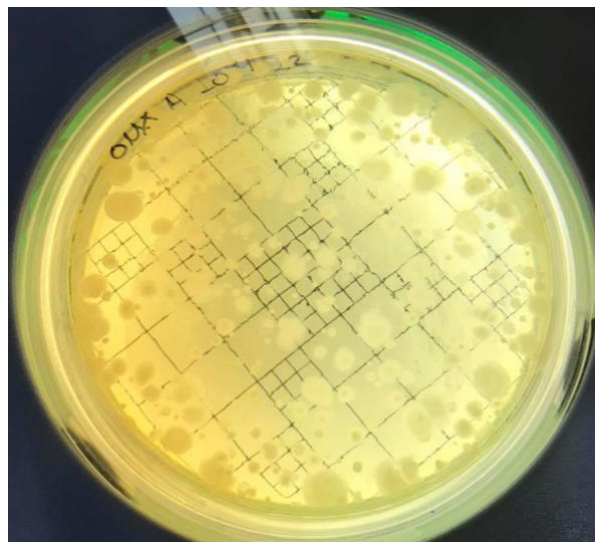
Ο.Μ.Χ.: Δείγμα έπειτα από 2 μέρες

Ψυχρότροφα: Δείγμα έπειτα από 7 μέρες

Ζύμες/Μύκητες: Δείγμα έπειτα από 3-5 μέρες



Εικόνα 6.4 Τριβλίο ανάπτυξης ψυχρότροφων μικροοργανισμών



Εικόνα 6.5 Τριβλίο ανάπτυξης ανάπτυξης ΟΜΧ

6.2 Αποτελέσματα - Συζήτηση

6.2.1 Οξύτητα - pH

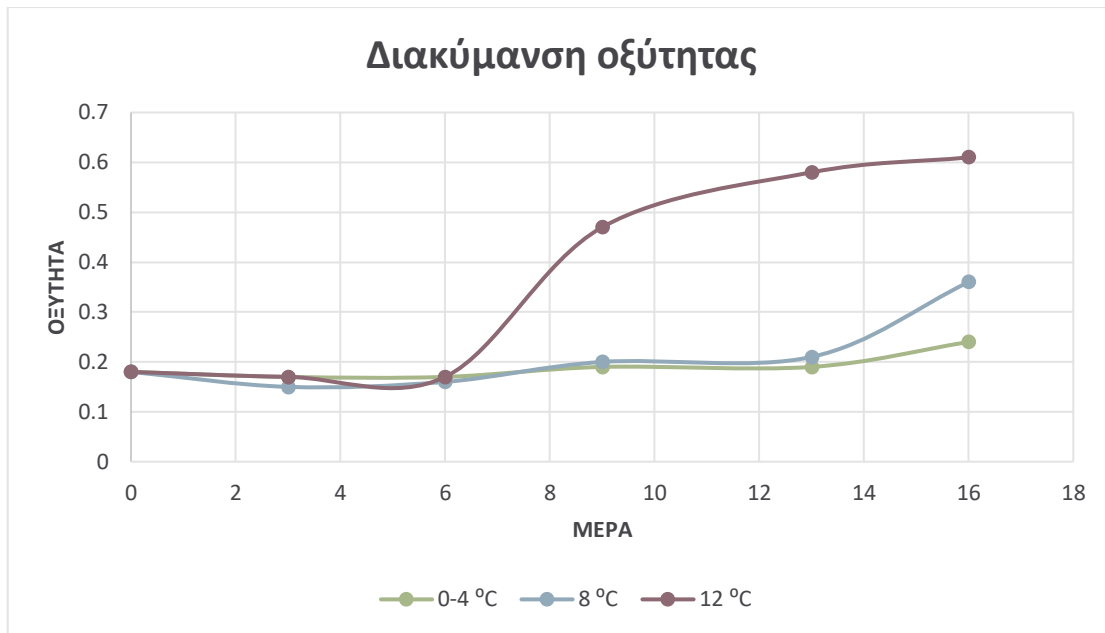
Οι τιμές της οξύτητας και του pH για τα δείγματα που συντηρήθηκαν σε ανοιχτούς περιέκτες στους 4, 8 και 12°C για διάστημα 16 ημερών (Πίνακας 1) καθώς και οι αντίστοιχες τιμές της 16^{ης} ημέρας για το δείγμα που συντηρήθηκε σε κλειστό περιέκτη (Πίνακας 2) φαίνονται παρακάτω:

ΑΝΟΙΧΤΟΙ ΠΕΡΙΕΚΤΕΣ	ΓΑΛΑ 4°C		ΓΑΛΑ 8°C		ΓΑΛΑ 12°C	
	ΟΞΥΤΗΤΑ	pH	ΟΞΥΤΗΤΑ	pH	ΟΞΥΤΗΤΑ	pH
ΜΕΡΑ 0	0,18%	5,70	-	-	-	-
ΜΕΡΑ 3	0,17 %	5,98	0,15 %	5,85	0,17 %	5,77
ΜΕΡΑ 6	0,17 %	6,40	0,16 %	6,36	0,17 %	6,20
ΜΕΡΑ 9	0,19 %	6,47	0,20 %	6,18	0,47 %	5,52
ΜΕΡΑ 13	0,19 %	6,34	0,21 %	5,66	0,58 %	5,34
ΜΕΡΑ 16	0,24 %	6,36	0,35 %	5,57	0,61 %	5,41

Πίνακας 6.1: Οξύτητα (% γαλακτικό οξύ) δείγματος σε ανοιχτό περιέκτη στους 4, 8 και 12°C για διάστημα 16 ημερών

ΚΛΕΙΣΤΟΣ ΠΕΡΙΕΚΤΗΣ	ΓΑΛΑ 4 °C		ΓΑΛΑ 8 °C		ΓΑΛΑ 12 °C	
	ΟΞΥΤΗΤΑ	pH	ΟΞΥΤΗΤΑ	pH	ΟΞΥΤΗΤΑ	pH
ΜΕΡΑ 16	0,19 %	6,58	0,48 %	5,50	0,43 %	5,48

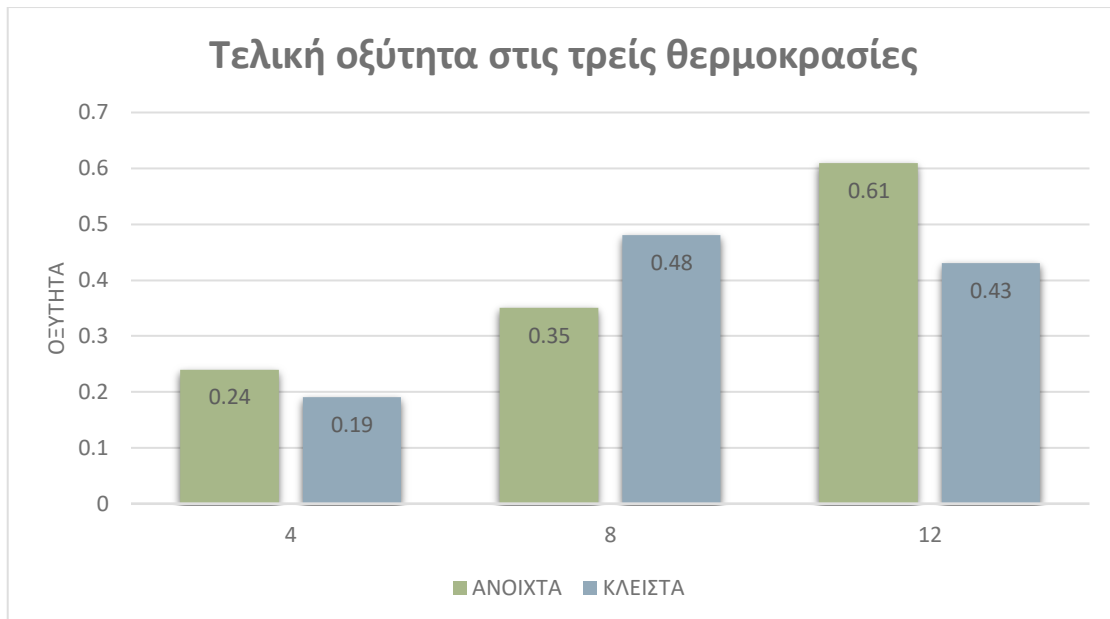
Πίνακας 6.2: Οξύτητα (% γαλακτικό οξύ) δείγματος σε κλειστό περιέκτη στους 4, 8 και 12°C την 16η ημέρα



Διάγραμμα 6.1: Διακύμανση της οξύτητας στις ανοιχτές συσκευασίες, στους 4, 8 και 12°C για διάστημα 16 ημερών

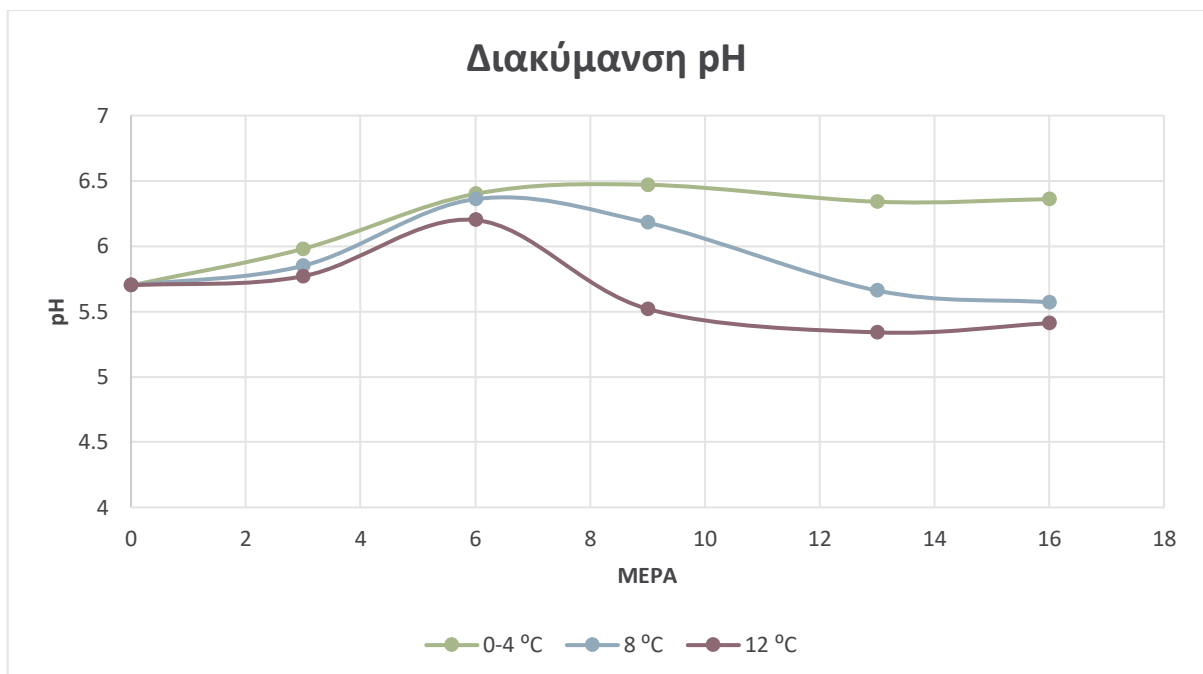
Όπως ήταν αναμενόμενο και στα τρία δείγματα η αύξηση του μικροβιακού τους φορτίου όσο παρέμεναν σε συντήρηση είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της οξύτητας τους. Στο γάλα των 4°C η αύξηση είναι μικρή, όπως και στο γάλα των 8°C που είναι ελαφρώς μεγαλύτερη. Σε αντίθεση με το γάλα των 12 °C που μετά και την 6^η μέρα η αύξηση της οξύτητας που παρατηρείται μέχρι και το τέλος του πειράματος είναι ραγδαία (Διάγραμμα 6.1). Στις κλειστές συσκευασίες παρατηρήθηκε επίσης αύξηση της οξύτητας. Αυτό συνέβη καθώς το παστεριωμένο γάλα δεν είναι στείρο προϊόν, και περιέχει κάποιον αριθμό μικροοργανισμών οι οποίοι δεν έχουν θανατωθεί κατά την διαδικασία της παστερίωσης. Συνεπώς, σαν φυσική εξέλιξη με το πέρασμα των ημερών υπάρχει αύξηση του μικροβιακού φορτίου και της οξύτητας του γάλακτος.

Σύμφωνα με το Γράφημα 6.1 παρατηρείται πως εκτός της συσκευασίας των 8 °C όπου η τιμή στην κλειστή συσκευασία είναι μεγαλύτερη, στις υπόλοιπες το άνοιγμα της συσκευασίας έχει επηρεάσει την τιμή της τελικής οξύτητας αυξάνοντας την. Ειδικότερα δε, στο γάλα που συντηρούνταν στους 12 °C φαίνεται πως το άνοιγμα της συσκευασίας έχει συνεισφέρει σε μεγάλο βαθμό στην υψηλή τελική τιμή της οξύτητας του. Συμπεραίνουμε λοιπόν, πως όσο μεγαλύτερη ήταν η θερμοκρασία συντήρησης των δειγμάτων τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή στην τιμή της οξύτητας.



Γράφημα 6.1: Τελική τιμή της οξύτητας στις ανοιχτές και κλειστές συσκευασίες, στους 4, 8 και 12°C για διάστημα 16 ημερών.

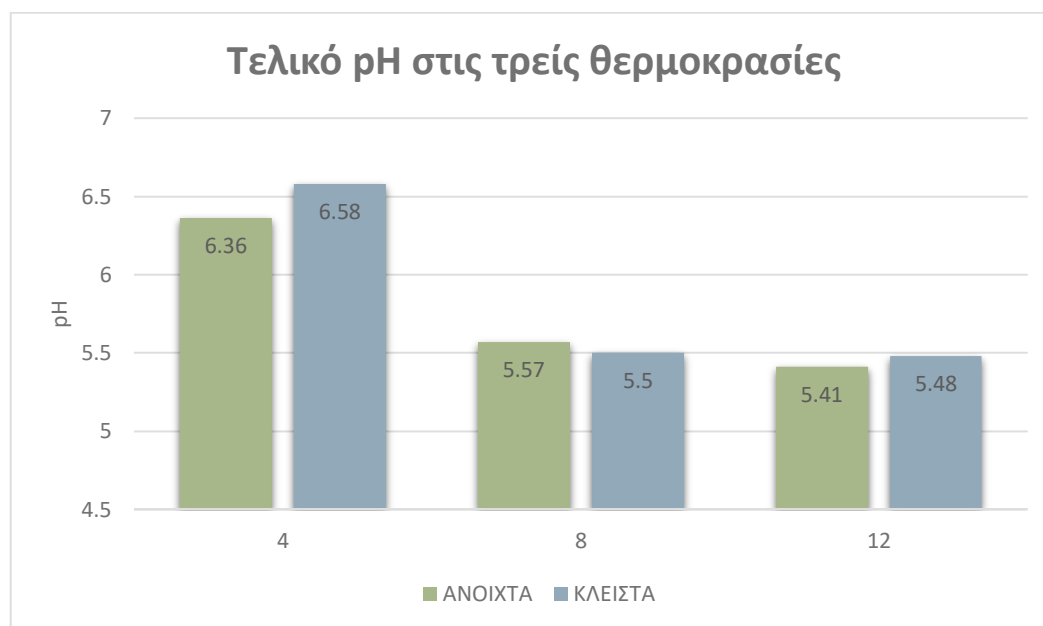
Παρακάτω παρατίθεται το διάγραμμα διακύμανσης του pH (Διάγραμμα 6.2) κατά το πέρασμα των 16 ημερών. Πριν την ανάλυση του διαγράμματος οφείλει να τονιστεί πως η αρχική τιμή pH που προέκυψε από την πειραματική διαδικασία (5,7) είναι μη αναμενόμενη βάσει βιβλιογραφίας καθώς στο αγελαδινό γάλα θα αναμέναμε τιμή pH κοντά στο 6,5.



Διάγραμμα 6.2: Διακύμανση pH στις ανοιχτές συσκευασίες, στους 4, 8 και 12°C για διάστημα 16 ημερών

Από το διάγραμμα 6.2 παρατηρούμε ότι και στα τρία δείγματα υπάρχει μια σταθερή αύξηση του pH μέχρι και την 6^η ημέρα. Από το σημείο εκείνο και έπειτα στο γάλα των 4°C η τιμή του pH διατηρεί σταθερή πορεία μέχρι και τη λήξη του πειράματος παραμένοντας μεγαλύτερη της αρχικής στη μέρα 0. Στα γάλατα των 8°C και 12°C έπειτα από την άνοδο που υπάρχει μέχρι την 6^η μέρα, ξεκινάει καθοδική πορεία του pH, όπου στην τελευταία μέρα καταλήγει σε τιμές ελαφρώς χαμηλότερες της αρχικής. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, αναμενόταν πτώση του pH καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος μέχρι και την τελική μέρα. Αντ' αυτού παρατηρείται αύξηση μέχρι και την 6^η μέρα γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως υπήρξε σφάλμα κατά την πειραματική διαδικασία.

Στο διάγραμμα 6.2 παρατηρείται πως στην θερμοκρασία των 4 °C και τα δύο δείγματα έχουν pH μεγαλύτερο του αρχικού, φαινόμενο μη αναμενόμενο. Σε αντίθεση, τα δείγματα των δύο άλλων θερμοκρασιών την τελευταία μέρα καταλήγουν να έχουν τιμές pH λίγο χαμηλότερες από τη αρχική. Όπως ήδη αναφέρθηκε στο διάγραμμα 6.2 το πειραματικό σφάλμα που εντοπίστηκε κατά την μέτρηση του pH δε θα μπορούσε να αφήσει ανεπηρέαστο και το διάγραμμα που παρουσιάζει της σχέση pH ανάμεσα στους κλειστούς και τους ανοιχτούς περιέκτες. Έτσι και εν λόγω διάγραμμα δεν είναι ασφαλές να εξαχθούν συμπεράσματα.



Γράφημα 6.2: Τελική τιμή του pH στις ανοιχτές και κλειστές συσκευασίες, στους 4, 8 και 12°C για διάστημα 16 ημερών

6.2.2. Μικροβιολογικός δείκτης υγιεινής

Προκειμένου να προσδιοριστεί ο μικροβιακός πληθυσμός που υπάρχει σε ένα δείγμα γάλακτος πραγματοποιούνται μετρήσεις για να διασφαλιστεί η ασφάλεια και η ποιότητά του, χαρακτηρίζοντας τις ως μικροβιολογικούς δείκτες υγιεινής.

Παρακάτω φαίνονται οι μετρήσεις ΟΜΧ, ψυχρότροφων και ζυμών-μυκήτων για τα δείγματα που συντηρήθηκαν σε ανοιχτούς και κλειστούς περιέκτες στους 4, 8 και 12°C για διάστημα 16 ημερών:

Θερμοκρασία γάλακτος: 4°C

Ημέρα εμβολιασμού: 0

Αραίωση	ΟΜΧ		Ψυχρότροφα		Ζύμες-Μύκητες	
	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β
0	0	0	0	0	0	2
1η	3	2	0	0	2	1
2η	4	3	0	0	0	0
3η	3	2	0	0	0	0
4η	3	0	0	0	1	0

Πίνακας 6.3: Μετρήσεις δείγματος για ΟΜΧ, ψυχρότροφα και ζύμες-μύκητες σε ανοιχτό περιέκτη στους 4°C, μέρα έναρξης

Θερμοκρασία γάλακτος: 4°C

Ημέρα εμβολιασμού: 3

Αραίωση	ΟΜΧ		Ψυχρότροφα		Ζύμες-Μύκητες	
	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β
1η	6	7	3	2	0	0
2η	4	0	0	0	1	1
3η	0	0	0	1	0	0
4η	0	1	0	0	-	-

Πίνακας 6.4: Μετρήσεις δείγματος για ΟΜΧ, ψυχρότροφα και ζύμες-μύκητες σε ανοιχτό περιέκτη στους 4°C, μέρα 3^η

Θερμοκρασία γάλακτος: 8°C

Ημέρα εμβολιασμού: 3

Αραίωση	ΟΜΧ		Ψυχρότροφα		Ζύμες-Μύκητες	
	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β

1η	49	42	119	248	0	0
2η	8	13	66	148	2	0
3η	4	7	2	12	0	1
4η	0	1	1	7	-	-

Πίνακας 6.5: Μετρήσεις δείγματος για OMX, ψυχρότροφα και ζύμες-μύκητες σε ανοιχτό περιέκτη στους 8°C , μέρα 3^η

Θερμοκρασία γάλακτος: 12°C

Ημέρα εμβολιασμού: 3

Αραίωση	OMX		Ψυχρότροφα		Ζύμες-Μύκητες	
	Σειρά A	Σειρά B	Σειρά A	Σειρά B	Σειρά A	Σειρά B
1η	153	207	TMTC	TMTC	1	1
2η	126	131	TMTC	TMTC	0	0
3η	36	45	889	996	1	2
4η	11	7	169	203	-	-

Πίνακας 6.6: Μετρήσεις δείγματος για OMX, ψυχρότροφα και ζύμες-μύκητες σε ανοιχτό περιέκτη στους 12°C , μέρα 3^η

Θερμοκρασία γάλακτος: 4°C

Ημέρα εμβολιασμού: 6

Αραίωση	OMX		Ψυχρότροφα		Ζύμες-Μύκητες	
	Σειρά A	Σειρά B	Σειρά A	Σειρά B	Σειρά A	Σειρά B
1η	18	3	428	376	0	0
2η	0	2	123	409	0	0
3η	4	3	28	98	0	0
4η	4	2	35	17	-	-

Πίνακας 6.7: Μετρήσεις δείγματος για OMX, ψυχρότροφα και ζύμες-μύκητες σε ανοιχτό περιέκτη στους 4°C , μέρα 6^η

Θερμοκρασία γάλακτος: 8°C

Ημέρα εμβολιασμού: 6

Αραίωση	ΟΜΧ		Ψυχτρότροφα		Ζύμες-Μύκητες	
	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β
1η	262	720	765	TMTC	0	0
2η	42	95	236	492	0	1
3η	3	136	48	183	0	0
4η	1	104	86	145	-	-

Πίνακας 6.8: Μετρήσεις δείγματος για ΟΜΧ, ψυχρότροφα και ζύμες-μύκητες σε ανοιχτό περιέκτη στους 8°C , μέρα 6^η

Θερμοκρασία γάλακτος: 12°C

Ημέρα εμβολιασμού: 6

Αραίωση	ΟΜΧ		Ψυχτρότροφα		Ζύμες-Μύκητες	
	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β
1η	TMTC	TMTC	TMTC	TMTC	1	1
2η	TMTC	TMTC	TMTC	TMTC	1	0
3η	960	380	458	TMTC	0	0
4η	358	230	49	0	-	-

Πίνακας 6.9: Μετρήσεις δείγματος για ΟΜΧ, ψυχρότροφα και ζύμες-μύκητες σε ανοιχτό περιέκτη στους 12°C , μέρα 6^η

Θερμοκρασία γάλακτος: 4°C

Ημέρα εμβολιασμού: 9

Αραίωση	ΟΜΧ	Ψυχτρότροφα	Ζύμες-Μύκητες
---------	-----	-------------	---------------

	Σειρά A	Σειρά B	Σειρά A	Σειρά B	Σειρά A	Σειρά B
1η	3	2	TMTC	TMTC	0	0
2η	35	0	TMTC	TMTC	0	0
3η	0	0	TMTC	TMTC	0	0
4η	2	0	450	485	-	-

Πίνακας 6.10: Μετρήσεις δείγματος για OMX, ψυχρότροφα και ζύμες-μύκητες σε ανοιχτό περιέκτη στους 4°C , μέρα 9^η

Θερμοκρασία γάλακτος: 8°C

Ημέρα εμβολιασμού: 9

Αραίωση	OMX		Ψυχρότροφα		Ζύμες-Μύκητες	
	Σειρά A	Σειρά B	Σειρά A	Σειρά B	Σειρά A	Σειρά B
1η	49	42	TMTC	TMTC	0	0
2η	TMTC	TMTC	TMTC	98	0	0
3η	TMTC	1192	122	156	0	0
4η	449	652	11	4	-	-

Πίνακας 6.11: Μετρήσεις δείγματος για OMX, ψυχρότροφα και ζύμες-μύκητες σε ανοιχτό περιέκτη στους 8°C , μέρα 9^η

Θερμοκρασία γάλακτος: 12°C

Ημέρα εμβολιασμού: 9

Αραίωση	OMX		Ψυχρότροφα		Ζύμες-Μύκητες	
	Σειρά A	Σειρά B	Σειρά A	Σειρά B	Σειρά A	Σειρά B
1η	TMTC	TMTC	TMTC	TMTC	0	0
2η	12	1	0	0	0	0
3η	1	0	0	0	0	0
4η	8	0	0	0	-	-

Πίνακας 6.12: Μετρήσεις δείγματος για OMX, ψυχρότροφα και ζύμες-μύκητες σε ανοιχτό περιέκτη στους 12°C , μέρα 9^η

Θερμοκρασία γάλακτος: 4°C

Ημέρα εμβολιασμού: 13

Αραίωση	ΟΜΧ		Ψυχρότροφα		Ζύμες-Μύκητες	
	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β
1η	25	28	484	397	1	0
2η	34	82	158	111	1	0
3η	3	11	1	0	0	0
4η	5	9	1	2	-	-

Πίνακας 6.13: Μετρήσεις δείγματος για ΟΜΧ, ψυχρότροφα και ζύμες-μύκητες σε ανοιχτό περιέκτη στους 4°C , μέρα 13^η

Θερμοκρασία γάλακτος: 8°C

Ημέρα εμβολιασμού: 13

Αραίωση	ΟΜΧ		Ψυχρότροφα		Ζύμες-Μύκητες	
	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β
1η	560	876	TMTC	TMTC	0	0
2η	237	TMTC	55	34	0	0
3η	11	87	0	1	0	1
4η	15	90	0	0	-	-

Πίνακας 6.14: Μετρήσεις δείγματος για ΟΜΧ, ψυχρότροφα και ζύμες-μύκητες σε ανοιχτό περιέκτη στους 8°C , μέρα 13^η

Θερμοκρασία γάλακτος: 12°C

Ημέρα εμβολιασμού: 13

Αραίωση	ΟΜΧ		Ψυχρότροφα		Ζύμες-Μύκητες	
	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β
1η	TMTC	TMTC	TMTC	TMTC	0	0
2η	TMTC	TMTC	TMTC	TMTC	0	0
3η	TMTC	TMTC	TMTC	TMTC	0	1
4η	187	12	TMTC	TMTC	-	-

Πίνακας 6.15: Μετρήσεις δείγματος για ΟΜΧ, ψυχρότροφα και ζύμες-μύκητες σε ανοιχτό περιέκτη στους 12°C , μέρα 13^η

Θερμοκρασία γάλακτος: 4°C

Ημέρα εμβολιασμού: 16

Αραίωση	ΟΜΧ		Ψυχρότροφα		Ζύμες-Μύκητες	
	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β
1η	TMTC	TMTC	TMTC	TMTC	0	1
2η	TMTC	TMTC	TMTC	TMTC	1	1
3η	13	84	2	1	0	0
4η	975	568	TMTC	TMTC	-	-

Πίνακας 6.16: Μετρήσεις δείγματος για ΟΜΧ, ψυχρότροφα και ζύμες-μύκητες σε ανοιχτό περιέκτη στους 4°C , μέρα 16^η

Θερμοκρασία γάλακτος: 8°C**Ημέρα εμβολιασμού: 16**

Αραίωση	ΟΜΧ		Ψυχρότροφα		Ζύμες-Μύκητες	
	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β
1η	TMTC	TMTC	22	38	0	0
2η	TMTC	TMTC	40	79	0	0
3η	TMTC	TMTC	0	465	0	0
4η	TMTC	TMTC	0	TMTC	-	-

Πίνακας 6.17: Μετρήσεις δείγματος για ΟΜΧ, ψυχρότροφα και ζύμες-μύκητες σε ανοιχτό περιέκτη στους 8°C , μέρα 16^η

Θερμοκρασία γάλακτος: 12°C**Ημέρα εμβολιασμού: 16**

Αραίωση	ΟΜΧ		Ψυχρότροφα		Ζύμες-Μύκητες	
	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β
1η	TMTC	TMTC	678	500	0	0
2η	TMTC	TMTC	120	128	1	0
3η	TMTC	TMTC	TMTC	TMTC	0	2
4η	512	544	TMTC	TMTC	-	-

Πίνακας 6.18: Μετρήσεις δείγματος για ΟΜΧ, ψυχρότροφα και ζύμες-μύκητες σε ανοιχτό περιέκτη στους 12°C , μέρα 16^η

Για τα γάλατα που παρέμειναν κλειστά:

Θερμοκρασία γάλακτος: 4°C

Ημέρα εμβολιασμού: 16

Αραίωση	ΟΜΧ		Ψυχτρότροφα		Ζύμες-Μύκητες	
	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β
1η	743	612	27	103	1	0
2η	292	416	0	88	0	0
3η	89	20	0	0	0	0
4η	14	5	4	0	-	-

Πίνακας 6.19: Μετρήσεις δείγματος για ΟΜΧ, ψυχτρότροφα και ζύμες-μύκητες σε κλειστό περιέκτη στους 4°C , μέρα 16^η

Θερμοκρασία γάλακτος: 8°C

Ημέρα εμβολιασμού: 16

Αραίωση	ΟΜΧ		Ψυχτρότροφα		Ζύμες-Μύκητες	
	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β
1η	TMTC	TMTC	TMTC	TMTC	0	0
2η	414	59	TMTC	TMTC	0	0
3η	289	TMTC	TMTC	TMTC	0	0
4η	784	704	TMTC	TMTC	-	-

Πίνακας 6.20: Μετρήσεις δείγματος για ΟΜΧ, ψυχτρότροφα και ζύμες-μύκητες σε κλειστό περιέκτη στους 8°C , μέρα 16^η

Θερμοκρασία γάλακτος: 12°C

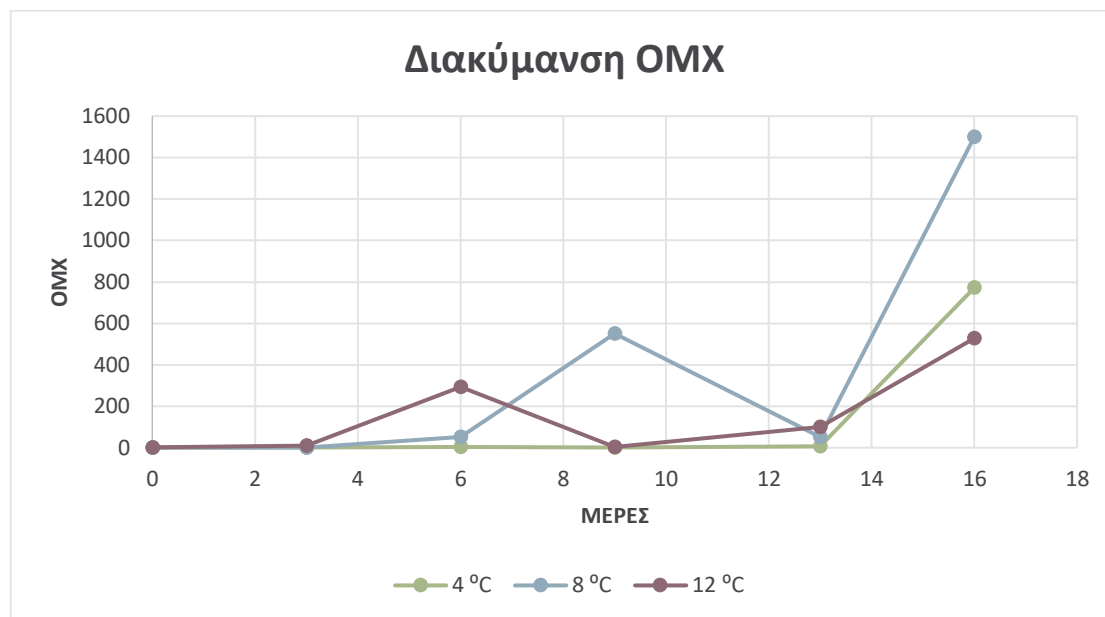
Ημέρα εμβολιασμού: 16

Αραίωση	ΟΜΧ		Ψυχτρότροφα		Ζύμες-Μύκητες	
	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β	Σειρά Α	Σειρά Β
1η	TMTC	512	TMTC	TMTC	2	0

2η	TMTC	TMTC	TMTC	TMTC	0	0
3η	TMTC	TMTC	TMTC	TMTC	0	0
4η	35	416	TMTC	TMTC	-	-

Πίνακας 6.21: Μετρήσεις δείγματος για OMX, ψυχρότροφα και ζύμες-μύκητες σε κλειστό περιέκτη στους 12°C , μέρα 16^η

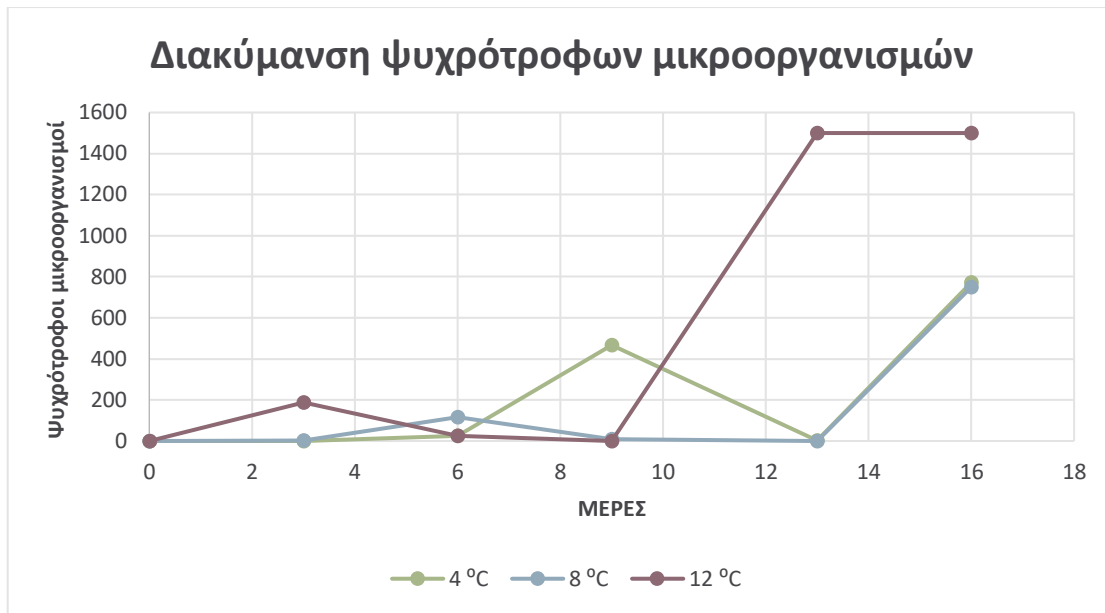
Η πορεία ανάπτυξης της OMX έχει ως εξής:



Διάγραμμα 6.3: Διακύμανση OMX στις ανοιχτές συσκευασίες, στους 4, 8 και 12°C για διάστημα 16 ημερών

Η μέτρηση της OMX είχε ως φυσικό επακόλουθο τη σταδιακή αύξηση των μικροοργανισμών σε κάθε μέτρηση που πραγματοποιούνταν. Η αύξηση που παρατηρείται την 6^η μέρα στη θερμοκρασία των 12°C καθώς και την 9^η μέρα στη θερμοκρασία των 8°C θα μπορούσε να θεωρηθεί ως αύξηση της OMX αν στην πορεία δεν είχε μηδενιστεί, κάτι το οποίο παραπέμπει στο να θεωρηθεί πως υπήρξε κάποια επιμόλυνση τις μέρες αυτές στα συγκεκριμένα τριβλία. Η αύξηση της OMX αποτυπώνεται στο παραπάνω διάγραμμα από την 11^η μέρα και έπειτα.

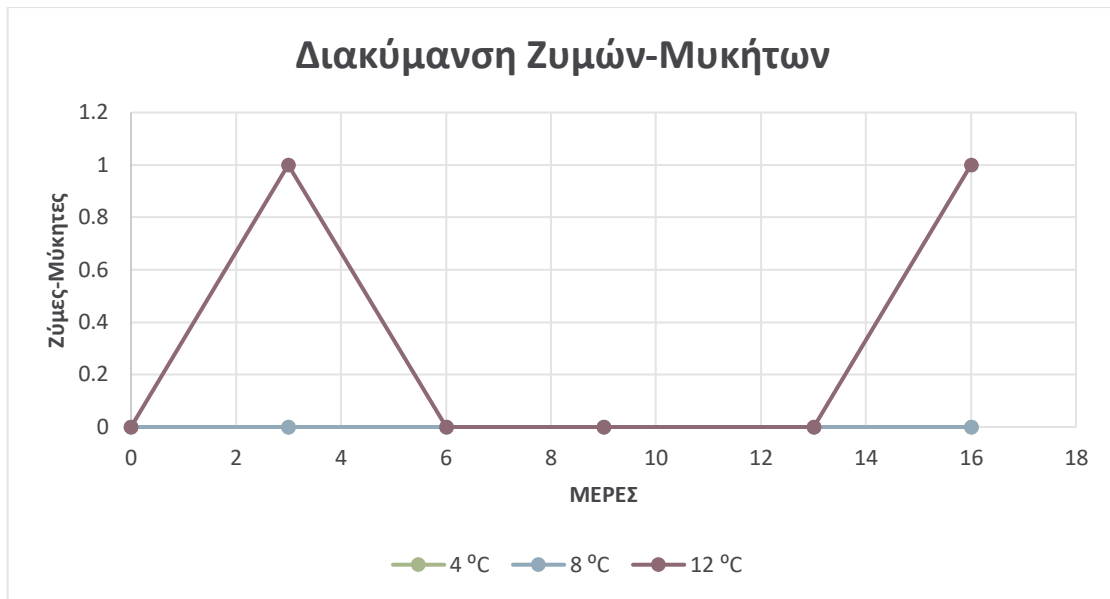
Στο διάγραμμα 6.4 που ακολουθεί παρουσιάζεται η πορεία ανάπτυξης των ψυχρότροφων μικροοργανισμών:



Διάγραμμα 6.4: Διακύμανση ψυχρότροφων μικροοργανισμών στις ανοιχτές συσκευασίες, στους 4, 8 και 12°C για διάστημα 16 ημερών

Σύμφωνα με το διάγραμμα 6.4 παρατηρούνται αρκετές διακυμάνσεις στον πληθυσμό των ψυχρότροφων μικροοργανισμών μέχρι και το τέλος του πειράματος όπου την τελευταία μέρα εντοπίζονται και οι υψηλότερες τιμές στα γάλατα όλων των θερμοκρασιών. Ιδιαίτερη αναφορά αξίζει το γάλα που συντηρούνταν στους 4 °C καθώς βάσει βιβλιογραφίας εξαιτίας αυτής τη θερμοκρασίας αναμενόταν η μεγαλύτερη ανάπτυξη ψυχρότροφων μικροοργανισμών λόγω των ευνοϊκών συνθηκών. Το γεγονός πως σε κάποιες μέρες εμβολιασμού υπάρχει ανάπτυξη ψυχρότροφων ενώ στις αμέσως επόμενες μετρήσεις η ενδείξεις είναι μηδενικές (π.χ. γάλα 4 °C μέρα 9 σε αντίθεση με μέρα 13) μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως σε αρκετά τριβλία υπήρξε το φαινόμενο της επιμόλυνσης τους κατά την αποθήκευσή τους στο ψυγείο. Την τελευταία μέρα συντήρησης τα γάλατα 4 °C και 8 °C παρουσίασαν έντονη ανάπτυξη όπως και στο γάλα των 12 °C όπου ο πληθυσμός παρέμεινε σταθερά υψηλός.

Ακολουθεί η απεικόνιση της ανάπτυξης ζυμών και μυκήτων στο διάγραμμα 6.5 :



Διάγραμμα 6.5: Διακύμανση ζυμών-μυκήτων στις ανοιχτές συσκευασίες, στους 4, 8 και 12°C για διάστημα 16 ημερών

Το διάγραμμα για ζύμες-μύκητες επαληθεύει την αρχική εκτίμηση σύμφωνα με την οποία δε θα παρουσιαζόταν στα δείγματα ιδιαίτερη ανάπτυξη από ζύμες και μύκητες. Εξάιρεση αποτελεί το δείγμα των 12 °C όπου κατά την 3^η και 16^η μέρα εντοπίστηκε παρουσία ελαχίστου αριθμού. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί σε ενδεχόμενη επιμόλυνση κατά την πειραματική διαδικασία ή την επώαση των δειγμάτων. Στα υπόλοιπα δείγματα η παρουσία ήταν μηδενική.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, γίνεται αντιληπτό πως η διατήρηση της ποιότητας και της ασφάλειας του γάλακτος στο ψυγείο είναι μια συνισταμένη πολλών παραγόντων. Η πληθώρα θερμικών και μη επεξεργασιών που έχουν αναπτυχθεί σε συνδυασμό με τις πολυάριθμες επιλογές συσκευασίας δίνουν τη δυνατότητα στη βιομηχανία γάλακτος να παρέχει στην αγορά ποικιλία προϊόντων που με σωστή συντήρηση μπορούν να παραμείνουν ασφαλή και ποιοτικά μέχρι και την συνιστώμενη καταληκτική ημερομηνία κατανάλωσης. Λαμβάνοντας όμως υπόψιν τους μικροβιολογικούς κινδύνους που μπορεί να διατρέξει το γάλα ως ένα αρκετά ευαίσθητο τρόφιμο όταν αυτό δεν αποθηκεύεται στις σωστές συνθήκες, καθίσταται σαφές ότι από μόνες τους οι μέθοδοι της θερμικής επεξεργασίας και της συσκευασίας δεν μπορούν να εγγυηθούν τη διατήρηση της ποιότητας του. Κομβικής σημασίας είναι ο μετέπειτα χειρισμός με την θερμοκρασία συντήρησης κυριότερο παράγοντα. Επιπροσθέτως μέσω της μελέτης των πειραματικών μας δεδομένων, συμπεραίνεται πως η θερμοκρασία συντήρησης του παστεριωμένου φρέσκου αγελαδινού γάλακτος διαδραμάτισε καθοριστικό ρόλο στην μεταβολή των φυσικοχημικών του στοιχείων και της ποιότητας του. Πιο συγκεκριμένα, η διαφοροποίηση στην οξύτητα είναι εμφανής και ανάλογη με την αύξηση της θερμοκρασίας. Έτσι στις συσκευασίες των 8 °C και 12 °C παρατηρείται έντονη αύξηση της οξύτητας σε σχέση με την αρχική γεγονός που επηρεάζει άμεσα με αρνητικό τρόπο και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος όπως η οσμή, η υφή και η γεύση. Όσον αφορά την μικροβιακή ανάπτυξη, ήταν ένα αναμενόμενο φαινόμενο με το πέρασμα των ημερών, καθώς η διαδικασία της παστερίωσης δεν είναι από τις εντονότερες θερμικές επεξεργασίες. Αυτό συμβαίνει διότι κύριο μέλημα της παστερίωσης είναι η παραγωγή γάλακτος απαλλαγμένου από επικίνδυνους μικροοργανισμούς και πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά με σκοπό την κατανάλωση σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα (περίπου 7 έως 10 ημερών). Συνεπώς στο παστεριωμένο γάλα δεν έχουμε μηδενισμό του μικροβιακού φορτίου όπως στην διαδικασία της αποστείρωσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, όταν δημιουργηθούν οι κατάλληλες συνθήκες να υπάρξει μικροβιακή ανάπτυξη. Το συγκεκριμένο φαινόμενο παρατηρείται και στο πείραμα μας, όπου τα δείγματα με το πέρασμα των ημερών αυξάνουν το μικροβιακό τους φορτίο, με την κατάσταση στις υψηλότερες θερμοκρασίες να είναι ιδιαίτερα επιβαρυνμένη. Κλείνοντας, αβίαστα εξάγεται το συμπέρασμα ότι το γάλα για να παραμείνει ταυτόχρονα ασφαλές και πλούσιο στα θρεπτικά του στοιχεία, θα πρέπει να συντηρείται σε θερμοκρασία όχι μεγαλύτερη των 4 °C και να καταναλώνεται σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα από την στιγμή της παραγωγής του.

Bibliography

- Belitz, H., Grosch, W., & Schieberle. (2018). *Χημεία Τροφίμων*. Αθήνα: Εκδόσεις Τζιόλα.
- Canada, D. F. (2020, September). *Nutrition Research Funding Program*.
- Chandan, R. C., Kilara, A., & Shah, N. P. (2016). *Dairy Processing and Quality Assurance*. Oxford, UK: John Wiley and Sons, Ltd.
- Clark, S., Jung, S., & Lamsal, B. (2014). *Food Processing, Principles and Applications*. Oxford, UK: John Wiley and Sons, Ltd.
- Datta, N., & Tomasula, P. (2015). *Emerging Dairy Processing Technologies*. Oxford UK: Wiley Blackwell.
- Do-Hyung, P., Lee, J., & Han, I. (2007, July). The Effect of On-Line Consumer Reviews on Consumer Purchasing Intention: The Moderating Role of Involvement.
- Group, T. P. (2021). *Dairy Processing Handbook*.
- Kalyankar S.D., D. M. (2016). *ENCYCLOPEDIA OF FOOD AND HEALTH*. Elsevier.
- Kilara, A., Chandan, R., & Shah, N. (2016). *Dairy Processing and Quality Assurance*. OXFORD: WILEY Blackwell.
- (2016). COLOSTRUM AND ITS HEALTH BENEFITS. In H. Kumar, N. Kumar, S. Kumar, & K. Kumar, *Technologies in Sustainable Food System*.
- Montville, T., & Matthews, K. (2010). *Μικροβιολογία Τροφίμων*. Αθήνα: Εκδόσεις Ιων.
- Nedovic, V., Raspor, P., Levic, J., Saponjac, V., & Barbosa-Canovas, G. (2016). *Emerging and Traditional technologies for Safe, Healthy and Quality Food*. Switzerland: Springer.
- Simpson, B. (2012). *Food Biochemistry and Food and Food Processing*. Oxford UK: Wiley-Blackwell.
- Vaclavik, V. A., & Christian, E. A. (2014). *Essentials of Food Science*. New York: Springer.
- Ανδρικόπουλος, Ν. (n.d.). *Τροφογνωσία*. 2015.

Άρθρο 80 - Είδη γάλακτος. (n.d.). IX. Προϊόντα ζωικής προέλευσης εκτός αυτών του Κεφαλαίου Χ. ΑΑΔΕ.

Καμναρίδης, Σ., & Μοάτσου, Γ. (2009). *Γαλακτοκομία*. Έμβρυο.

Κεχαγιάς, Χ., & Τσάκαλη, Ε. (2017). *Επιστήμη και Τεχνολογία Γάλακτος και Γαλακτοκομικών Προϊόντων*. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ.

Παπαδάκης, Σ. Ε. (2018). *ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ*. Αθήνα: ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ.