



Σχολή Επιστημών Τροφίμων  
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
**Μελέτη αποκορύφωσης του γάλακτος**

English Title  
**A study on milk cream separation**



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/NAME OF STUDENT

Θεοδώρα – Μαρία Κωστοπούλου  
Ζωή Κουφαλιώτη

Theodora – Maria Kostopoulou  
Zoi Koufalioti

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/NAME OF THE SUPERVISOR

Ευσταθία Τσάκαλη  
Efstathia Tsakali  
ΑΙΓΑΛΕΩ/ΑΙΓΑΛΕΟ 2024

Έγινε δεκτή

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη πτυχιακή εργασία με τίτλο **‘Μελέτη αποκορύφωσης γάλακτος’** που παρουσιάστηκε από την **Κωστοπούλου Θεοδώρα-Μαρία και Κουφαλιώτη Ζωή** και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

07/03/2024

Ευσταθία Τσάκαλη/ Επιβλέπουσα

07/03/2024

Δήμητρα Μάργαρη/ Μέλος

07/03/2024

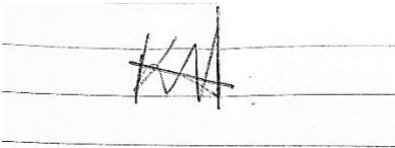
Διονύσιος Αντωνόπουλος/Μέλος

## Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

Η Κωστοπούλου Θεοδώρα-Μαρία του Ιωάννη και η Ζωή Κουφαλιώτη, με αριθμό μητρώου 19684127 και 17045 αντίστοιχα, φοιτήτριες του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Τεχνολογίας Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνουμε υπεύθυνα ότι έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνουμε ότι είμαστε αποκλειστικοί συγγραφείς της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνουμε, επίσης, ότι αναλαμβάνουμε όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μας αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Η Δηλούσα

Κωστοπούλου Θεοδώρα Μαρία



Η Δηλούσα

Ζωή Κουφαλιώτη



## **Ευχαριστίες**

Αρχικά εγώ η Θεοδώρα Μαρία θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως την επιβλέπουσα καθηγήτρια, Επίκουρη Καθηγήτρια Ευσταθία Τσάκαλη του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων η οποία με καθοδήγησε και μου παρείχε χρήσιμες συμβουλές και οδηγίες για την εκπόνηση της συγκεκριμένης πτυχιακής. Ακόμη θα ήθελα να την ευχαριστήσω για την στήριξη της και το γνωστικό υπόβαθρο που μου προσέφερε στον τομέα του γάλακτος.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, τους φίλους και γενικότερα τους δικούς μου ανθρώπους οι οποίοι τόσο όλα αυτά τα χρόνια σπουδών μου όσο και κατά την συγγραφή της συγκεκριμένης πτυχιακής με στήριζαν και μου έδιναν κίνητρο για να συνεχίσω.

*Στον παππού μου και στην γιαγιά μου που είναι σαν  
μία δεύτερη οικογένεια για εμένα*

(Θεοδώρα-Μαρία)

## Περίληψη

Το γάλα ανεξαρτήτως ζωικής προέλευσης και περαιτέρω κατάταξης του με βάση το περιεχόμενο λίπος του, αποτελεί τροφή σύμβολο και πρώτη ύλη για τρόφιμα παγκόσμιας σημασίας (κρέμα γάλακτος, τυρί, γιαούρτη, παγωτό, ξυνόγαλα, βούτυρο κ.λπ.). Προκειμένου να παραχθούν τα διάφορα είδη γαλακτοκομικών προϊόντων, μία από τις διαδικασίες που εφαρμόζονται είναι η αποκορύφωση του γάλακτος. Κατά την διάρκεια της συγκεκριμένης διεργασίας διαχωρίζεται η κρέμα (λίπος) από το γάλα με αποτέλεσμα τα δύο (2) προϊόντα που προκύπτουν στο πέρας της αποκορύφωσης, να είναι η κρέμα και το αποβουτυρωμένο γάλα (skimmed milk). Στην παρούσα εργασία προσδιορίστηκαν, αναλύθηκαν και συγκρίθηκαν οι μέθοδοι εκείνοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον διαχωρισμό του λίπους από το γάλα. Αυτές βρέθηκαν να είναι η μέθοδος της βαρύτητας, η φυγοκεντρική μέθοδος, η μέθοδος που χρησιμοποιεί συσκευή υπερηχητικών κυμάτων και τέλος η μέθοδος μικροδιήθησης. Ακόμη μελετήθηκαν και συγκρίθηκαν τα μηχανήματα τα οποία θα συνέβαλαν στην επίτευξη της μέγιστης αποδοτικότητας της διαδικασίας και στην διατήρηση της ποιότητας των τελικών προϊόντων.

Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής έδειξαν ότι ανάμεσα στην φυγοκεντρική μέθοδο και στην μέθοδο της βαρύτητας, η πρώτη είναι εκείνη που χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερη συχνότητα από τις γαλακτοβιομηχανίες παρόλο που η μέθοδος της βαρύτητας είναι περισσότερο φιλική προς το περιβάλλον λόγω της απουσίας χημικών για την πραγματοποίηση της διαδικασίας της αποκορύφωσης. Η φυγοκεντρική μέθοδος πλεονεκτεί λόγω του ότι απαιτεί λιγότερο χρόνο για να συμβεί ο διαχωρισμός λίπους από το γάλα και μέσα από έρευνες έχει παρατηρηθεί ότι το αποβουτυρωμένο γάλα είναι περισσότερο ποιοτικό για μεταγενέστερη χρήση του. Ανάμεσα στην φυγοκεντρική μέθοδο, στην μέθοδο αποκορύφωσης με την χρήση συσκευής υπερηχητικών κυμάτων και στην μέθοδο μικροδιήθησης δεν υπάρχει ωστόσο η δυνατότητα επιλογής μίας και μοναδικής μεθόδου. Οι παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν εξαρτώνται από τον εξοπλισμό που διαθέτει η κάθε γαλακτοβιομηχανία, από τις ιδιαίτερες συνθήκες του πειράματος (pH, θερμοκρασία, τήρηση υγιεινής) οι οποίες εξαρτώνται σε σημαντικό βαθμό από το τελικό προϊόν το οποίο επιθυμείται να προκύψει και τέλος από τον εκάστοτε πελάτη ο οποίος απευθύνεται με συγκεκριμένα ζητήματα προς τις γαλακτοβιομηχανίες για την παραγωγή συγκεκριμένων προϊόντων με συγκεκριμένες ιδιότητες, ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά. Τέλος από τους τύπους-μηχανήματα διαχωριστές ο ερμητικά κλειστός διαχωριστής είναι αυτός που συνιστάται να χρησιμοποιείται κατά την αποκορύφωση. Βασικότερο κριτήριο επιλογής του αποτελεί η απουσία αέρα στο εσωτερικό του η οποία κρατά το γάλα μικροβιολογικά ασφαλές για μεταγενέστερη χρήση του.

**Λέξεις – Κλειδιά:** γάλα, κρέμα, αποκορύφωση, βαρύτητα, φυγόκεντρος δύναμη

## **Abstract**

Milk, regardless of its animal origin and its further classification according to its fat content, is a food symbol and raw material for foodstuffs of global importance (cream, cheese, yoghurt, ice cream, sour milk, butter, etc.). In order to produce the various types of dairy products, one of the processes used is the skimming of milk. During this process, the cream (fat) is separated from the milk, so that the two (2) products that result at the end of the de-skimming process are cream and skimmed milk. In this study, the methods that can be used to separate the fat from the milk have been identified, analysed and compared. These were found to be the gravity method, the centrifugal method, the method using an ultrasonic wave device and finally the microfiltration method. Furthermore, the machines that would contribute to achieving maximum efficiency of the process and maintaining the quality of the final products were studied and compared.

The results of this study showed that between the centrifugal method and the gravity method, the first one is the one used more frequently by dairy industries, although the gravity method is more environmentally friendly due to the absence of chemicals to carry out the de-skimming process. The centrifugal method is advantageous due to the fact that it takes less time for the separation of fat from milk to occur and through research it has been observed that the skimmed milk is of higher quality for later use. However, between the centrifugal method, the centrifugation method using an ultrasonic wave device and the microfiltration method, there is no single method to choose from. The parameters that have to be taken into account depend on the equipment available to each dairy, on the particular conditions of the experiment (pH, temperature, hygiene) which depend to a large extent on the final product that is to be obtained and, finally, on the customer who has specific requests to the dairy for the production of specific products with specific properties, quantitative and qualitative characteristics. Finally, of the types of separators, the hermetically sealed separator is the one recommended to be used during the de-creaming process. The main criteria for its selection is the absence of air inside the separator, which keeps the milk microbiologically safe for later use.

**Keywords:** milk, cream, skimming, gravity, centrifugal force

Περιεχόμενα	
<b>Περίληψη</b> .....	6
<b>Εισαγωγή</b> .....	8
<b>1. Γάλα</b> .....	12
1.1. Ιστορία.....	12
1.2. Ορισμός Γάλακτος.....	14
1.2.1 Πρωτόγαλα.....	16
1.2.2. Σύσταση γάλακτος.....	17
1.2.1.1. Νερό.....	18
1.2.1.2. Λιπίδια.....	18
1.2.1.3. Υδατάνθρακες.....	19
1.2.1.4. Πρωτεΐνες.....	20
1.2.1.5. Λοιπά συστατικά.....	20
1.3 Είδη Γάλακτος.....	21
1.3.1. Είδη γάλακτος με βάση την προέλευση του (ζωική).....	22
1.3.2. Είδη γάλακτος με βάση την θερμική επεξεργασία που υφίσταται το γάλα, την περιεκτικότητα λίπους του τελικού προϊόντος και την διάρκεια ζωής του.....	23
1.4 Είδη γαλακτοκομικών προϊόντων.....	25
<b>2. Αποκορύφωση</b> .....	31
2.1. Ιστορικές πληροφορίες σχετικά με την αποκορύφωση του γάλακτος.....	31
2.2. Ορισμός Διαχωρισμού.....	34
2.3. Σκοπός αποκορύφωσης.....	35
2.4. Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της αποβουτύρωσης και τον πλούτο της κρέμας.....	37
<b>3. Μέθοδοι Διαχωρισμού/Αποκορύφωσης</b> .....	43
3.1. Αποκορύφωση γάλακτος με την μέθοδο της βαρύτητας.....	44
3.2. Αποκορύφωση του γάλακτος με εφαρμογή της φυγόκεντρου δύναμης.....	47



3.3. Λοιπές μέθοδοι που εφαρμόζονται για τον διαχωρισμό της κρέμας από το γάλα ....	51
3.4. Διαχωρισμός της κρέμας από κρύο γάλα έναντι ζεστού γάλακτος.....	58
3.5. Τύποι διαχωριστών της κρέμας από το γάλα στην γαλακτοβιομηχανία .....	60
<b>4. Χαρακτηριστικά των μεθόδων διαχωρισμού με την μέθοδο της βαρύτητας και εφαρμογή της φυγόκεντρου δύναμης.....</b>	<b>67</b>
4.1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της διαδικασίας διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα με την μέθοδο της βαρύτητας .....	67
4.2. Οφέλη της διαδικασίας διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα με εφαρμογή της φυγόκεντρου δύναμης έναντι της μεθόδου βαρύτητας.....	68
4.3. Τομείς εφαρμογής φυγοκεντρικών διαχωριστών .....	70
<b>5. Συμπεράσματα .....</b>	<b>72</b>
<b>6. Βιβλιογραφία.....</b>	<b>74</b>

## **Κατάλογος Εικόνων**

<b>Εικόνα 1.</b> Λατινικός Κώδικας Τροφίμων-Codex Alimentarius(“Τι Συμβαίνει Με Τον Codex Alimentarius,” 2014) .....	14
<b>Εικόνα 2.</b> Άρμεγμα γάλακτος (“Άρμεγμα Βοοειδών,” n.d.).....	15
<b>Εικόνα 3.</b> Απεικόνιση διαφοράς χρώματος του πρωτογάλακτος και του αγελαδινού γάλακτος(“What Is Colostrum,” 2018) .....	16
<b>Εικόνα 4.</b> Διάφορα Γαλακτοκομικά Προϊόντα .....	25
<b>Εικόνα 6.</b> Κρέμα γάλακτος μέσα σε ένα φλυτζάνι(“Κρέμα Γάλακτος,” n.d.).....	26
<b>Εικόνα 7.</b> Απεικόνιση Βουτύρου(“Μάθετε Σε Τι Διαφέρουν Μεταξύ Τους Το Βούτυρο Και η Μαργαρίνη,” 2020).....	27
<b>Εικόνα 8.</b> Γιαούρτη(Σενετάκη, 2015) .....	28
<b>Εικόνα 9.</b> Ξυνόγαλα, παραγωγή της γαλακτοβιομηχανίας Δωδώνη(“Ξυνόγαλα,” n.d.) ...	29
<b>Εικόνα 10.</b> Παγωτό χωνάκι σε διάφορες γεύσεις(Γρηγοράκης, 2018).....	29
<b>Εικόνα 11.</b> Ποικιλίες διάφορων ειδών τυριών .....	30
<b>Εικόνα 12.</b> Εγχειρίδιο των πρώτων κορυφολόγων που εφευρέθηκαν από τον μηχανικό Gustaf De Laval(“DeLaval Cream Separator Manual 1940,” n.d.).....	32
<b>Εικόνα 13.</b> Διαφημιστική αφίσα για τον κορυφολόγο Gustaf De Laval(Pryor, 2004) .....	32

<b>Εικόνα 14.</b> Απεικόνιση κορυφολόγου ο οποίος διέθετε δίσκους σε μορφή κώνων.(Cooper, 2022).....	32
<b>Εικόνα 15.</b> Δίσκοι που περιέχονται στο εσωτερικό του τυμπάνου του κορυφολόγου και φέρουν οπές(Κουρης, 2019).....	48
<b>Εικόνα 16.</b> Απεικόνιση του προσανατολισμού των λιποσφαιρίων κατά την αποκορύφωση(Κουρης, 2019).....	48
<b>Εικόνα 17.</b> Κεραμικές Μεμβράνες Μικροδιήθησης.....	55
<b>Εικόνα 18.</b> Γενική σχηματική απεικόνιση της ροής ενός υγρού μέσου μέσα από ένα σύστημα μεμβρανών(Pak, 1995b).....	56
<b>Εικόνα 19.</b> Ημιανοικτός Διαχωριστής(Pak, 1995a) .....	61
<b>Εικόνα 20.</b> Δίσκοι απομάκρυνσης της κρέμας(Pak, 1995a) .....	62
<b>Εικόνα 21.</b> Αυτοματοποιημένη μονάδα σταθερής πίεσης ενός ημιανοικτού διαχωριστή(Pak, 1995a) .....	64
<b>Εικόνα 22.</b> Απεικόνιση ενός Ημιανοικτού Διαχωριστή και ενός Κλειστού Διαχωριστή(“Five Reasons to Choose an Airtight Seperator,” n.d.) .....	65

## **Κατάλογος Σχημάτων**

<b>Σχήμα 1.</b> Χημική Σύσταση Γάλακτος.....	18
<b>Σχήμα 2.</b> Σχηματική αναπαράσταση της φυγοκεντρικής αποκορύφωσης του γάλακτος στο εσωτερικό του κορυφολόγου .....	49
<b>Σχήμα 3.</b> Περιγραφή μεθόδου αποκορύφωσης του γάλακτος με συσκευή υπερηχητικών κυμάτων.....	54

## **Κατάλογος Πινάκων**

<b>Πίνακας 1.</b> Κατώτα και ανώτατα όρια φυσικών και χημικών σταθερών των διαφόρων ειδών γάλακτος.....	22
<b>Πίνακας 2.</b> Κατηγορίες Γάλακτος και Ορισμοί τους.....	23
<b>Πίνακας 3.</b> Χαρακτηριστικά μεθόδου Βαρύτητας και Φυγοκεντρικής μεθόδου .....	67

## **Εισαγωγή**

Η παραγωγή γάλακτος θεωρείται ύψιστης σημασίας καθώς αποτελεί βασικό διατροφικό συστατικό 6 δισεκατομμυρίων ανθρώπων και όχι μόνο. Τα θερμόαιμα ζώα καταναλώνουν γάλα με σκοπό να διαφυλάξουν την ύπαρξη τους. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης η συνολική παραγωγή γάλακτος εκτιμάται σε περίπου 155 εκατομμύρια τόνους ετησίως ενώ στην Ελλάδα σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ το 2020 και το 2021 παρήχθησαν 1.897,4 και 1.874,8 χιλιάδες τόνοι γάλακτος αντίστοιχα οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν περαιτέρω για παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων. Πρέπει να τονιστεί ότι ένα σημαντικό μέρος του παγκόσμιου πληθυσμού προτιμά ακόμη την κατανάλωση γάλακτος λόγω των σημαντικών οφελών που προσφέρουν στην υγεία. (ΕΛΣΤΑΤ, 2023)

Το γάλα δεν είναι ομοιογενές αλλά μείγμα διαφόρων οργανικών ουσιών δηλαδή αποτελείται από νερό, λίπος, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, ένζυμα, άλατα και βιταμίνες. Μερικά από αυτά τα συστατικά όπως το λίπος (κρέμα) διαχωρίζονται από το γάλα κατά κύριο λόγο με μηχανικό τρόπο. Η διαδικασία διαχωρισμού του λίπους (κρέμα) από το γάλα ονομάζεται αποκορύφωση. Μετά το πέρας της διαδικασίας του διαχωρισμού προκύπτουν δύο (2) προϊόντα: το αποβουτυρωμένο γάλα και η κρέμα, με την τελευταία να χρησιμοποιείται μετέπειτα για την παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων πλούσιων σε λίπος όπως είναι το βούτυρο, το διαυγασμένο βούτυρο (γκι), η κρέμα γάλακτος, το γιαούρτι κλπ.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν και αναλύθηκαν οι μέθοδοι αποκορύφωσης οι οποίες είτε χρησιμοποιούνταν παλαιότερα και πλέον χρησιμοποιούνται πιο σπάνια, είτε συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα από τις γαλακτοβιομηχανίες με απώτερο σκοπό να διαχωριστεί η κρέμα από το γάλα. Για την πραγματοποίηση της διαδικασίας αυτής εφαρμόζονται κυρίως δύο μέθοδοι: η μέθοδος της βαρύτητας και η φυγοκεντρική μέθοδος με την τελευταία να προτιμάται περισσότερο λόγω σημαντικών παραμέτρων που λαμβάνουν χώρα κατά την πραγματοποίησή της και βελτιώνουν σημαντικά την απόδοση της αποκορύφωσης με άμεση συνέπεια την καλύτερη ποιότητα

του γάλακτος για μεταγενέστερη χρήση του. Περαιτέρω εφαρμογές και μελέτες έχουν αποδείξει ότι η κρέμα μπορεί να διαχωριστεί από το γάλα με την χρήση υπερηχητικών κυμάτων (Miles, Morley, Hudson και Mackey 1955), με μικροδιήθηση (Sartorius-Werke 1929) και τέλος με βακτηριοκαθαρισμό. Σε όλες τις παραπάνω διαδικασίες παράμετροι όπως η προεπεξεργασία και χειρισμός του γάλακτος, το pH, η θερμοκρασία και οι συνθήκες εφαρμογής, καθορίζουν τόσο την επιλογή της μεθόδου αποκορύφωσης όσο και την μέγιστη αποδοτικότητα αυτής. (Juliano et al., 2011; Merin & Daufin, 1990)

## **1. Γάλα**

### **1.1. Ιστορία**

Η ιστορία του γάλακτος ξεκινάει από τα αρχαία χρόνια καθώς ιστορικές πηγές του 8000 π.Χ. αναφέρονται στο γάλα και πιο συγκεκριμένα στον Ούρο τον πρόγονο της οικόσιτης αγελάδας και των βοοειδών γενικότερα. Ωστόσο, οι πρώτοι αγρότες για τους οποίους υπάρχουν αποδείξεις για άρμεγμα των αγελάδων είναι οι Βρετανοί και κάποιοι λαοί της Βόρειας Ευρώπης το 4000 π.Χ., ενώ κάπου μεταξύ 5000 και 4000 π.Χ. αναπτύχθηκε η ικανότητα από τους ανθρώπους να μεταβολίζουν το γάλα λόγω μίας γενετικής μετάλλαξης που εξαπλώθηκε.

Στην αρχαία Αίγυπτο το 3100 π.Χ. οι αγελάδες είχαν εξημερωθεί και αποτελούσαν ένα μεγάλο μέρος της γεωργίας, σε βαθμό θεοποίησης. Η αγελάδα είχε αφιερωθεί στη θεά της γεωργίας Ίσις και είχε λάβει το όνομα της θεάς Άθωρ.

Το άρμεγμα των αγελάδων αποτέλεσε μεγάλο κομμάτι του πολιτισμού των Αρχαίων Σουμερίων οι οποίοι μάλιστα το χρησιμοποίησαν για την παραγωγή βουτύρου και τυριού. Η διαδικασία παραγωγής βουτύρου μάλιστα έχει βρεθεί σμιλεμένη σε τοίχο ναού σε Σουμεριακή πόλη.

Η εμφάνιση το 2000 π.Χ. της εξημερωμένης αγελάδας στην Βόρεια Ινδία συνέπεσε με την άφιξη των νομάδων Αριών. Ο βεδικός πολιτισμός που διήρκησε από το 1750 π.Χ. μέχρι το 500 π.Χ. βασίστηκε στην αγελάδα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα που παρείχε, ενώ και αυτοί θεοποίησαν την αγελάδα καθιστώντας τη ένα ιερό ζώο.

Τέλος, και οι Εβραίοι αποτελούν ένα λαό που χρησιμοποιούσε το γάλα και τα προϊόντα του από το 1700 π.Χ..

Στη σύγχρονη εποχή το γάλα αποτέλεσε ακόμη πιο σημαντικό παράγοντα. Το 1525 μ.Χ. η πρώτη αγελάδα έφτασε στο Μεξικό ενώ μέσω των Ισπανών αποίκων μεταφέρθηκε στη Βόρεια Αμερική από τα Κανάρια νησιά και την Ευρώπη. Αντίθετα, αναφορά για την πρώτη αγελάδα στη Νέα Αγγλία έγινε το 1624 στην αποικία Πλίμουθ όπου μάλιστα αναφέρεται ότι εμφανίστηκαν διάφορα είδη. Το 1679 η αγελάδα φτάνει και στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ όπου το γάλα της θεωρείται ευλογία σε στιγμές ανάγκης. Το 1779 γίνεται σαφής αναφορά στους ιθαγενείς Αμερικάνους που χρησιμοποιούσαν το πλούσιο γάλα των αγελάδων για να φτιάξουν τυρί και βούτυρο.

Στις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα στις ΗΠΑ ακμάζει η παραγωγή αλκοολούχων ποτών. Ωστόσο, κατά την παραγωγή του ουισκίου και άλλων αλκοολούχων ποτών παράγεται ως παραπροϊόν χυλός (χρησιμοποιημένα σιτηρά) τα οποία πολλές βιομηχανίες αποφάσισαν να τα εκμεταλλευτούν ανοίγοντας φάρμες και χρησιμοποιώντας τα ως τροφή για τις αγελάδες. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να νοσήσουν οι αγελάδες αλλά και οι άνθρωποι που κατανάλωσαν το γάλα που είχε προκύψει από αυτές.

Σήμα κατατεθέν του αιώνα αυτού ήταν η ανάπτυξη της μεθόδου της παστερίωσης από το Γάλλο χημικό και βιολόγο Λουί Παστέρ. Θεωρείται ένας από τους πρωτοπόρους της μικροβιολογίας καθώς απέδειξε ότι οι μεταδοτικές ασθένειες και οι τροφιμογενείς νόσοι προκαλούνται από μικρόβια. Τα μικρόβια λοιπόν που βρίσκονται στο γάλα και το κρασί που είναι υπεύθυνα για τις ασθένειες που προκαλούν στους ανθρώπους μπορούν να θανατωθούν με μία διαδικασία που σήμερα αποκαλείται παστερίωση. Κατά τη διαδικασία αυτή τα υγρά θερμαίνονται γρήγορα και στη συνέχεια ψύχονται με αποτέλεσμα την εξάλειψη των παθογόνων μικροοργανισμών αλλά και την παράταση της διάρκειας ζωής του τελικού προϊόντος.

Η πατέντα για τα πρώτα γυάλινα μπουκάλια έγινε το 1884 από τον Χένρι Θάτσερ. Το 1893 συστήνεται η πρώτη επιτροπή υπεύθυνη για την πιστοποίηση του ωμού γάλακτος, λόγω εξάπλωσης των ασθενειών που προκαλούνταν από το ανθυγιεινό γάλα. Το 1895 αρχίζει η παστερίωση του γάλακτος σε εμπορικό επίπεδο. Το 1899 έρχεται η πατέντα για τον ομογενοποιητή που διασπά τα μεγάλα μόρια λιπιδίων του γάλακτος σε μικρότερα.

Τον 20<sup>ο</sup> αιώνα αρχίζει η υποχρεωτική παστερίωση του γάλακτος. Αυτό φαίνεται να προήλθε μετά από μία επιδημία τύφου που ξέσπασε στη Νέα Υόρκη το 1913 από

μολυσμένο γάλα. Το 1914 χρησιμοποιούνται τα πρώτα μεγάλα φορτηγά μεταφορές γάλακτος. Το 1940 το γάλα προσφέρεται δοκιμαστικά σε μερικά σχολεία του Σικάγο ενώ 6 χρόνια αργότερα προστίθεται στο γεύμα που δινόταν στα παιδιά σε σχολεία των ΗΠΑ σε μία προσπάθεια προσφοράς υγιεινών γευμάτων στα σχολεία. Τα πρώτα χάρτινα κουτιά αποθήκευσης και πώλησης του γάλακτος χρησιμοποιούνται για πρώτη φορά την δεκαετία του 1950, ενώ η χρήση ετικετών με τα διατροφικά στοιχεία ξεκινάει να χρησιμοποιείται το 1974.

Τον 21<sup>ο</sup> αιώνα το γάλα συνεχίζει να αποτελεί πολύτιμο αγαθό τόσο σε οικονομικό επίπεδο όσο και σε διατροφικό. Το 2004 κυκλοφορεί διαφήμιση που ισχυρίζεται ότι 3 μερίδες γάλακτος την ημέρα συμβάλλουν στην απώλεια βάρους (ισχυρισμοί που ανακλήθηκαν το 2007). Ένα χρόνο αργότερα παρατηρείται αύξηση στην κατανάλωση του οργανικού γάλακτος. Τον Οκτώβριο του ίδιου χρόνου η Επιτροπή Φυσικών για Υπεύθυνη Φαρμακευτική (PCRM) υποβάλλει αγωγή με στόχο την ευαισθητοποίηση του κοινού για την δυσανεξία στη λακτόζη. Το 2007 ένας ιδιοκτήτης κάβας προσπάθησε να λύσει το πρόβλημα της περίσσειας γάλακτος στην Ιαπωνία παράγοντας μύρα από γάλα. Την επόμενη χρονιά στην Κίνα ανακαλύπτεται δηλητηριασμένο γάλα από το αρρώστησαν σχεδόν 300.000 άνθρωποι. Τον Ιανουάριο του 2008 το γάλα από ζώα-κλώνους εγκρίνεται για κατανάλωση. Το 2015 παρατηρείται άνοδος στις πωλήσεις των μη γαλακτοκομικών προϊόντων με πτώση των πωλήσεων των αντίστοιχων γαλακτοκομικών προϊόντων. Τον Σεπτέμβριο του 2019 βρέθηκαν υπολείμματα γάλακτος σε μπουκάλια που φαίνεται ότι ανήκαν σε μωρά κάπου μεταξύ 450 – 800 π.Χ. και 800 – 1200 π.Χ. Τέλος, η πανδημία του 2020 είχε ως αποτέλεσμα μεγάλες γαλακτοκομικές εταιρείες να κλείσουν και οι παραγωγοί να πετάξουν μεγάλες ποσότητες γάλακτος (κοντά στα 14 εκατομμύρια λίτρα). (Heckman, 2010; Pirtle, 1926)

## 1.2. Ορισμός Γάλακτος



Σύμφωνα με τον επίσημο όρο, ως γάλα ορίζεται η κανονική μαστική έκκριση αρμέγατος ζώων που λαμβάνεται από ένα ή περισσότερα αρμέγματα χωρίς

προσθήκη ή εξαγωγή από αυτό, που προορίζεται για κατανάλωση ως πόσιμο γάλα ή για περαιτέρω επεξεργασία (FAO (Food and Agriculture Organization) & World Health Organization (WHO), 2011)

Ακόμη ένας άλλος ορισμός σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών που υποδηλώνει την σημασιολογική έννοια του γάλακτος είναι ο εξής: "Γάλα" είναι το υποπροϊόν χωρίς πρωτόγαλα που προκύπτει από την όλη διαδικασία αρμέγματος από ένα υγιές θηλάζον ζώο που δεν έχει καταπονηθεί, ζει και τρέφεται σε ένα υγιές περιβάλλον.



Εικόνα 2. Αρμεγμα γάλακτος ("Αρμεγμα Βοοειδών," n.d.)

Με τον όρο "γάλα", εννοούμε χωρίς να συνοδεύεται αυτό από κάποιο επίθετο, αποκλειστικά και μόνο το γάλα το οποίο:

- (α) Προέρχεται από αγελάδα
- (β) Είναι πρόσφατα συγκομισμένο.
- (γ) Είναι πλήρες.
- (δ) Δεν έχει συμπυκνωθεί ή αφυδατωθεί.
- (ε) Είναι απαλλαγμένο από οποιοδήποτε πρόσθετο εξωτερικά παραγόμενο συστατικό.

("ΑΡΘΡΟ 80 , ΚΩΔΙΚΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ ," n.d.)

### 1.2.1 Πρωτόγαλα

Μία χαρακτηριστική κατηγορία γάλακτος αποτελεί το πρωτόγαλα. Το πρωτόγαλα, το οποίο πήζει όταν θερμαίνεται και θεωρείται ακατάλληλο για βιομηχανική χρήση, είναι ο όρος για την ασυνήθιστη σύνθεση του γάλακτος στους μαστικούς αδένες των θηλυκών θηλαστικών ζώων κατά τις πρώτες έξι ημέρες στην αρχή της γαλακτικής περιόδου. Επίσης μοναδικό χαρακτηριστικό του αποτελεί το κίτρινο χρώμα του που το βοηθάει να ξεχωρίζει συγκρινόμενο με το κανονικό γάλα.



*Εικόνα 3. Απεικόνιση διαφοράς χρώματος του πρωτογάλακτος και του αγελαδινού γάλακτος ("What Is Colostrum," 2018)*

Το πρωτόγαλα είναι η πρώτη τροφή που λαμβάνουν τις πρώτες μέρες μετά την γέννηση τους τα νεογέννητα προκειμένου να αποκτήσουν τα κατάλληλα αντισώματα. Αποτελεί πλούσια πηγή πρωτεϊνών υψηλής βιολογικής αξίας και υδατανθράκων χαμηλών λιπαρών. Οι πιο ουσιώδεις βιταμίνες και μέταλλα που περιλαμβάνει είναι οι βιταμίνες A, B1, B2, B6, κοβαλαμίνη (B12), φολικό οξύ, C, D3, E και Q10, καθώς και θείο (S), ένα μέταλλο που χρησιμοποιείται στο μεταβολισμό και αποτελεί συστατικό πολλών δομικών πρωτεϊνών. Όλες οι υπόλοιπες βιταμίνες καθώς και τα μέταλλα περιέχονται στο πρωτόγαλα σε μικρότερες ποσότητες. Επιπλέον διαθέτει 26 ελεύθερα αμινοξέα, συμπεριλαμβανομένων της βαλίνης, της ταυρίνης, του γλουταμινικού οξέος και της αλανίνης.

Διάφορες επιστημονικές έρευνες έχουν επαληθεύσει τις θετικές επιπτώσεις του πρωτογάλακτος στην ανθρώπινη υγεία ενώ σε ορισμένα έθνη, διατίθενται και εμπορικά προϊόντα. Το πρωτόγαλα είναι γνωστό από την αρχαιότητα με τους αθλητές να το χρησιμοποιούσαν ως φυσικό ντόπινγκ ενώ μετέπειτα δοκιμάστηκε σε διάφορες μικροβιολογικές κυρίως διεργασίες, ως υγρό εμβολιασμού. Ωστόσο ξεχωρίζει και



επιλέγεται για την αντιοξειδωτική του δράση, τα θρεπτικά συστατικά που προσλαμβάνονται ύστερα από κατανάλωση του, την ισορροπία που παρέχει στον οργανισμό και τέλος την ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος που παρέχει μέσω των ανοσοσφαιρινών που διαθέτει.

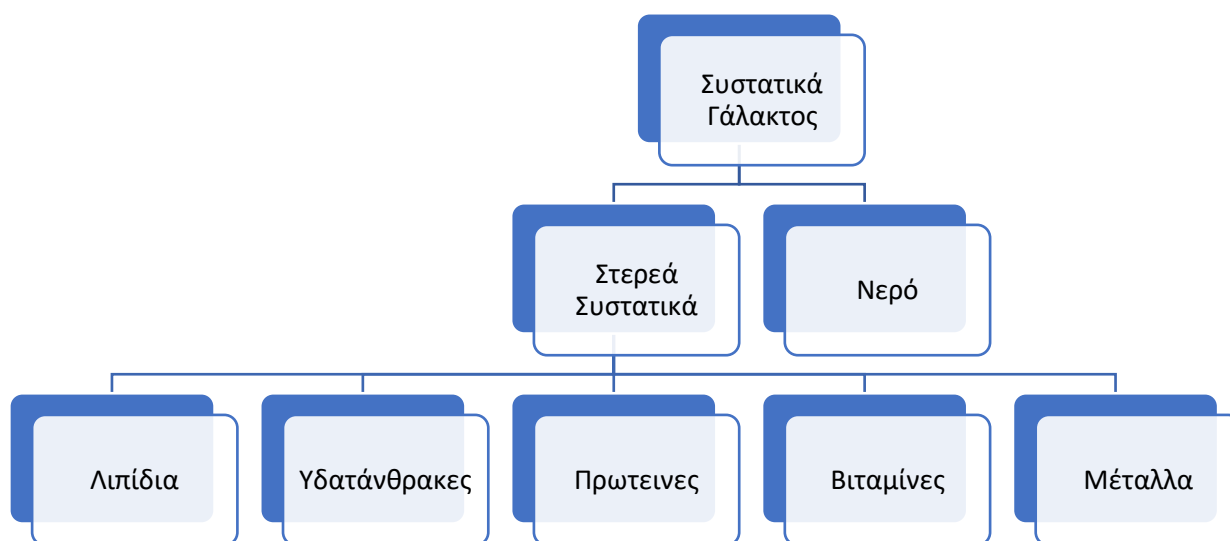
Δεν έχουν καταγραφεί ανεπιθύμητες ενέργειες από τη χρήση του αγελαδινού πρωτόγαλατος στον άνθρωπο. Ωστόσο πριν την κατανάλωση του θα πρέπει να ελεγχθεί ότι το πρωτόγαλα έχει υποβληθεί και έχει ολοκληρώσει την διαδικασία παστερίωσης. Πρέπει ακόμη για την ασφαλή κατανάλωση του, να επαληθεύεται ότι το προϊόν είναι απαλλαγμένο από φυτοφάρμακα, βαρέα μέταλλα και άλλα φάρμακα, πρέπει δηλαδή να επιβεβαιώνεται ότι αποτελεί προϊόν καλής ποιότητας. Για να εξεταστεί εάν το πρωτόγαλα είναι καλής ποιότητας, πρέπει να εξεταστεί η **συνολική συγκέντρωση πρωτεΐνης**, η οποία πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 9 g/dl. Άλλες τιμές θα ήταν το **ειδικό βάρος** μεγαλύτερο από 1.050 και η **συγκέντρωση των ανοσοσφαιρίνων** μεγαλύτερη από 50 mg/ml. (Tania Perálvarez Puerta, 2023)

Τέλος σύμφωνα με έρευνες των ειδικών, συνιστάται να προτιμάται περισσότερο το αγελαδινό πρωτόγαλα από ότι το ανθρώπινο, καθώς έχει πολύ μεγαλύτερη θρεπτική αξία και αντισώματα και λόγω των ειδικών συστατικών και ιδιοτήτων του, είναι καλό για ανθρώπους όλων των ηλικιών. Τις δύο πρώτες ημέρες της ζωής τους, οι αγελάδες μπορούν να παράγουν 36 λίτρα πρωτόγαλα, εκ από των οποίων μόνο τα 16 λαμβάνει το νεογέννητο.

(Godhia & Patel, 2013)

### 1.2.2. Σύσταση γάλακτος

Το γάλα είναι ένα προϊόν υψηλής θρεπτικής αξίας το οποίο αποτελεί πρώτης τάξεως τροφή τόσο για τον άνθρωπο όσο και για τα ζώα. Τα συστατικά τα οποία περιλαμβάνονται στο γάλα διαφοροποιούνται ανάλογα με το ζώο από το οποίο προέρχεται, την ποικιλία, την διατροφή του ζώου ακόμα και την γαλακτοπαραγωγική περίοδο. Παρακάτω απεικονίζονται και αναλύονται ορισμένα από αυτά:



Σχήμα 1. Χημική Σύσταση Γάλακτος

(Jenness, 1988)

#### 1.2.1.1. Νερό

Το νερό καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό στο γάλα καθώς σε όλα τα είδη εντοπίζεται σε ποσοστό 60-87,5%. Στο αγελαδινό γάλα το νερό αποτελεί το 87,5%.

(Jenness, 1988)

#### 1.2.1.2. Λιπίδια

Το ποσοστό των λιπιδίων στο γάλα κυμαίνεται από 3,4% έως 3,8%. Η σύνθεση του λίπους στο γάλα αποτελεί μία από τις πιο περίπλοκες συνθέσεις βρώσιμου λίπους. Το λίπος είναι μορφοποιημένο σε λιποσφαίρια. Έχουν βρεθεί πάνω από 400 διαφορετικά είδη λιπιδίων στο γάλα, ωστόσο από αυτά τα λιπίδια 15 με 20 διαφορετικά είδη αποτελούν το 90% του λίπους με τα γλυκερίδια να υπερτερούν σε συγκέντρωση. Ακόμη Τα λιπαρά οξέα στο γάλα απαντώνται κυρίως σε τρεις συστάσεις: Κορεσμένα λιπαρά οξέα ευθείας αλυσίδας μήκους 4-18 μορίων άνθρακα, μονοακόρεστα λιπαρά οξέα με 16-18 άτομα άνθρακα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα 18 ατόμων άνθρακα. Σε μικρότερο ποσοστό βρίσκονται οι στερολες που αποτελούνται αποκλειστικά σχεδόν από τη χοληστερόλη και σε μικρότερα ποσοστά λανοστερόλη, διϋδορξυλανοστερόλη και β-σιτοστερόλη. Υπάρχουν ορισμένα λιπαρά οξέα τα οποία βρίσκονται σε μικροποσότητες στο γάλα ωστόσο η παρουσία τους συμβάλλει στο άρωμα και στην γεύση του γάλακτος. Τέτοια

λιπαρά οξέα είναι το καπρυλικό, το καπρινικό και το παλμιτικό. (Fox P. F., Uniacke - Low T., McSweeney P. L. H., & O'mahony J. A., 2016; Jenness, 1988; Jensen, 1988)

Τα λιποσφαιρίδια παρουσιάζουν μεταβλητότητα στο μέγεθος, η οποία κυμαίνεται από 0,1 έως 20  $\mu\text{m}$ , με μέσο όρο 3,5  $\mu\text{m}$ . Παρά το γεγονός ότι αποτελούν ένα πολύ μικρό μέρος του συνολικού λίπους στο γάλα, φαίνεται ότι υπάρχουν πολυάριθμα μικροσκοπικά λιποσφαιρίδια. Περίπου το 75% των σφαιριδίων λίπους αποτελείται από σωματίδια μικρότερα του 1  $\mu\text{m}$ . (Walstra, Walstra, Wouters, & Geurts, 2005)

Τα λιποσφαίρια περιβάλλονται από μία λεπτή μεμβράνη η οποία μειώνει τις πιθανότητες εμφάνισης των φαινομένων αποσταθεροποίησης του γάλακτος, όπως είναι η κροκίδωση, η συνένωση και περαιτέρω η αποκορύφωση. Αυτή η μεμβράνη, η οποία έχει πάχος περίπου 10 nm, αποτελείται κυρίως από φωσφολιπίδια, γλυκοπρωτεΐνες, ένζυμα, ουδέτερα λιπίδια, νερό και χοληστερόλη. Επιπλέον, στην μεμβράνη των λιποσφαιρίων συναντώνται σε μεγαλύτερο ποσοστό τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα από ό,τι στο γάλα, γεγονός που την καθιστά πιο επιρρεπή στην οξείδωση. (Wong, 1999)

Ακόμη και λίγα λεπτά μετά την άμελξη, το πρωταρχικό ανεπιθύμητο φαινόμενο στην περίπτωση του γάλακτος είναι η αποκορύφωση του, η εμφάνιση δηλαδή κρέμας στην επιφάνειά του. Το φαινόμενο αυτό είναι αποτέλεσμα της μεγάλης ταχύτητας ανύψωσης των μεγάλων λιποσφαιρίων με διάμετρο μεγαλύτερη από 4  $\mu\text{m}$ . Αυτά καθώς οδεύουν με μεγάλη ταχύτητα προς την επιφάνεια του γάλακτος παίρνουν μαζί τους και τα λιποσφαίρια με μικρότερη διάμετρο, τα οποία έχουν την τάση να κινούνται με πιο αργό ρυθμό, με αποτέλεσμα να συσσωματώνονται και καταφθάνοντας με ταχύτατους ρυθμούς στην επιφάνεια να δημιουργείται το στρώμα της κρέμας. (Fox & McSweeney, 1998)

#### 1.2.1.3. Υδατάνθρακες

Το ποσοστό των υδατανθράκων στο γάλα κυμαίνεται από 4,7 έως 4,9%. Την συντριπτική πλειοψηφία του ποσοστού αυτού καταλαμβάνει η λακτόζη το κύριο σάκχαρο του γάλακτος των θηλαστικών. Η λακτόζη πρόκειται για ένα δισακχαρίτη που παράγεται από τους μονοσακχαρίτες γλυκόζη και γαλακτόζη.

Σε μικροποσότητες εντοπίζονται ορισμένοι μονοσακχαρίτες και ολιγοσακχαρίτες (είτε ουδέτεροι είτε όξινοι) αλλά και συμπλέγματα σακχάρων με πρωτεΐνες ή πεπτίδια. Επομένως στο γάλα έχουν βρεθεί: γλυκόζη, γαλακτόζη, μυο-ινοσιτόλη, φουκόζη, ν-ακετυλογλυκοζαμίνη, ν-ακετυλογαλακτόζαμίνη, ν-ακετυλονευραμινικό όξύ καθώς και γλυκοπεπτίδια ή γλυκοπρωτεΐνες. (Fox P. F. et al., 2016; Jenness, 1988)

#### 1.2.1.4. Πρωτεΐνες

Αν και το συνολικό ποσό των πρωτεϊνών αλλά και η σύνθεση των αμινοξέων που υπάρχουν στο γάλα ποικίλλει ανάλογα με την ανατροφή του θηλαστικού και την ατομική γενετική του ζώου κατά μέσο όρο το γάλα περιέχει πρωτεϊνες σε ποσοστό 3,3%. Το 75-82% των πρωτεϊνών του γάλακτος αποτελούν οι καζεΐνες και το υπόλοιπο ποσοστό καταλαμβάνουν οι πρωτεϊνες ορού γάλακτος. Ακόμα στο γάλα περιέχονται και τα 9 αμινοξέα που είναι απαραίτητα για τους ανθρώπους.

Οι καζεΐνες περιέχουν στο μόριό τους φώσφορο και καθιζάνουν μετά από όξινση σε pH 4,6. Διακρίνονται σε 4 διαφορετικά είδη: α<sub>s1</sub>, α<sub>s2</sub>, β και κ-καζεΐνες. Τα διαφορετικά αυτά είδη διαφέρουν στο μοριακό βάρος, τη σύνθεση των αμινοξέων (αριθμό και είδος αμινοξέων), το ποσοστό του φωσφορικού οξέος που περιέχουν στα μικύλια, τη στερεοχημική του δομή, αλλά και στις λειτουργικές τους ιδιότητες. Απαντώναι σε διαφορετικά ποσοστά στο γάλα.

Οι πρωτεΐνες ορού γάλακτος παραμένουν διαλυμένες στο διάλυμα του γάλακτος κατά την όξινση σε pH 4,6. Διακρίνονται σε γαλακτογλοβουλίνες σε ποσοστό 50%, σε γαλακταλβουμίνες σε ποσοστό 20% και σε άλλες μικρότερες πρωτεΐνες. Σε αντίθεση με τις καζεΐνες δεν περιέχουν φώσφορο αλλά περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό αμινοξέων που περιέχουν θείο.

Οι γαλακτοβουμίνες έχουν υψηλή βιολογική αξία. Είναι φορείς αντισωμάτων και είναι υπεύθυνες για την προστασία των θηλαστικών από τους παθογόνους μικροοργανισμούς. Είναι δυσδιαλυτες στο νερό, και διαλυτές σε αραιά ουδέτερα διαλύματα των αλάτων. Τέλος πήζουν με τη θέρμανση.

Οι γαλακταλβουμίνες από την άλλη είναι διαλυτές και στο νερό και σε αραιά ουδέτερα διαλύματα αλάτων. Πήζουν με τη θέρμανση και μάλιστα το ποσοστό πήξης είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας. Πήζουν και κατά την παστερίωση σε ποσοστό 10%, ενώ στη θερμοκρασία βρασμού πήζουν κατά 100%. (Fox P. F. et al., 2016; Jenness, 1988)

#### 1.2.1.5. Λοιπά συστατικά

Το γάλα περιέχει και άλλα συστατικά σε μικρότερες ποσότητες.

Στο γάλα έχουν βρεθεί σχεδόν όλες οι βιταμίνες. Το γάλα περιέχει τις υδατοδιαλυτές βιταμίνες:

- θειαμίνη (βιταμίνη B1),
- ριβοφλαβίνη (βιταμίνη B2),
- νιασίνη (βιταμίνη B3),
- παντοθενικό οξύ (βιταμίνη B5),
- πυριδοξίνη (βιταμίνη B6),
- κοβαλαμίνη (βιταμίνη B12),
- βιταμίνη C,
- βιταμίνη D,
- βιταμίνη E,
- βιταμίνη K, και
- φυλλικό οξύ.

Από τα παραπάνω το γάλα θεωρείται καλή πηγή θειαμίνης, ριβοφλαβίνης και βιταμίνης B12.

Αρκετά είναι τα μεταλλικά στοιχεία που βρίσκονται στο γάλα. Τα μέταλλα αυτά είτε απαντώνται με τη μορφή ιόντων είτε συνδέονται μεταξύ τους με τη μορφή αλάτων, όπως το φωσφορικό ασβέστιο. Το γάλα είναι καλή πηγή ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου, χλωρίου, φωσφόρου, καλίου, σεληνίου και ψευδαργύρου. Το γάλα περιέχει επίσης μικρές ποσότητες χαλκού, σιδήρου, μαγγανίου, αργιλίου και φθορίου και δε θεωρείται σημαντική πηγή αυτών των μετάλλων στη διατροφή.

Τέλος, έχουν βρεθεί πάνω από 40 διαφορετικά ένζυμα στο αγελαδινό γάλα με τα κυριότερα να είναι η αλκαλική φωσφατάση, οι λιπάσες, οι πρωτεάσες, η καταλάση, η ξανθίνη οξειδάση, η υπεροξειδάση και η λυσοζύμη. (Fox P. F. et al., 2016; Jenness, 1988)

### 1.3 Είδη Γάλακτος

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών ως νωπό γάλα νοείται το γάλα που εκκρίνεται από τους μαστικούς αδένες μιας ή περισσότερων αγελάδων, προβατίνων, αιγών ή βουβαλίδων το οποίο δεν έχει θερμανθεί πέραν των 40 βαθμών Κελσίου ούτε έχει υποβληθεί σε επεξεργασία με ισοδύναμο αποτέλεσμα (Κώδικας Τροφίμων και Ποτών 1988, 2016). Εκτός από της διευκρίνισης του είδους του, τονίζεται ακόμη το ποσοστό

λίπους που περιλαμβάνει ώστε να κατηγοριοποιηθεί και στις ανάλογες κατηγορίες γάλακτος (αποβουτυρωμένο, πλήρες κ.λ.π.)

Πάνω στα μέσα συσκευασίας του γάλακτος τα οποία προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, πρέπει πάντοτε να αναγράφονται ορισμένες πληροφορίες. Πρόκειται για ενδείξεις που πρέπει να δηλώνουν με σαφήνεια οποιασδήποτε μορφής διαφορές μεταξύ των χαρακτηριστικών του προϊόντος και του προϊόντος που περιεγράφηκε παραπάνω ως "γάλα". Συγκεκριμένα πρέπει να αναφέρεται:

A) Εάν το γάλα δεν είναι αγελαδινό, εάν δηλαδή προέρχεται από ζώα όπως είναι η κατσίκια, το πρόβατο, το βουβάλι (βόδι) ή αποτελεί μία μίξη των ζώων κατσίκας-προβάτου.

B) Ανάλογα με την θερμική επεξεργασία που υφίσταται το γάλα, την περιεκτικότητα λίπους του τελικού προϊόντος και την διάρκεια ζωής του, ποιος από τους όρους Κατεψυγμένο, Αποστειρωμένο, Παστεριωμένο (εφόσον δεν είναι νωπό), Αποβουτυρωμένο ή Ημιαποβουτυρωμένο (εφόσον δεν είναι πλήρες γάλα) ανταποκρίνονται στα χαρακτηριστικά του. (“ΑΡΘΡΟ 80 , ΚΩΔΙΚΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ ,” n.d.)

### 1.3.1. Είδη γάλακτος με βάση την προέλευση του (ζωική)

- Αγελαδινό γάλα
- Κατσικίσιο γάλα
- Πρόβειο
- Βουβαλινό
- Ανάμειξη προβάτου-κατσίκας

Στον πίνακα παρακάτω απεικονίζονται τα κατώτατα και ανώτατα όρια των φυσικών και χημικών σταθερών των ειδών γάλακτος που αναφέρονται παραπάνω:

*Πίνακας 1. Κατώτα και ανώτατα όρια φυσικών και χημικών σταθερών των διαφόρων ειδών γάλακτος*

<b>Προέλευση</b>	<b>Ειδικό Βάρος ( 15 βαθμούς Κελσίου)</b>	<b>Λίπος (%) (ελάχιστη τιμή)</b>	<b>Σ.Υ.Α.Λ (Στερεό Υπόλειμμα Άνευ Λίπους) %</b>
Αγελαδινό	1,028 g/L	3,5	8,5

Κατσικίσιο	1,032	4,0	9,0
Πρόβειο	1,035	6,0	10,20
Βουβαλινό	1,033	6,0	9,70
Ανάμικτο προβάτου-κατσίκας	1,033	5,0	9,60

Σ.Υ.Α.Λ = Υπολογίζεται από τον τύπο FLEISCHMAN ο οποίος περιγράφεται ως εξής:

$$\Sigma.Υ.Α.Λ = 1,2 * (\text{Λίπος}) + 2,665 * \frac{100 * (\text{Ειδικό Βάρος} - 1)}{\text{Ειδικό Βάρος}} - \text{Λίπος}$$

Για να τηρηθούν τα επίπεδα λίπους που ορίζονται από τις διατάξεις για την κατανάλωση γάλακτος, η φυσική περιεκτικότητα του γάλακτος σε λίπος μπορεί να τροποποιηθεί μόνο με την αφαίρεση ή την προσθήκη κρέμας ή με την προσθήκη πλήρους γάλακτος, ημιαποβουτυρωμένου ή αποβουτυρωμένου.

(“ΑΡΘΡΟ 80 , ΚΩΔΙΚΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ ,” n.d.)

1.3.2. Είδη γάλακτος με βάση την θερμική επεξεργασία που υφίσταται το γάλα, την περιεκτικότητα λίπους του τελικού προϊόντος και την διάρκεια ζωής του

*Πίνακας 2. Κατηγορίες Γάλακτος και Ορισμοί τους*

## ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

## ΟΡΙΣΜΟΙ

<b>ΠΑΣΤΕΡΙΩΜΕΝΟ</b>	Προϊόν που εκτέθηκε σε υψηλή θερμοκρασία για σύντομο χρονικό διάστημα (τουλάχιστον 71,7 βαθμούς Κελσίου για 15 δευτερόλεπτα) ή υποβλήθηκε σε διαδικασία παστερίωσης με διαφορετικούς συνδυασμούς χρόνου και θερμοκρασίας για την επίτευξη ωστόσο του ίδιου αποτελέσματος
<b>ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΜΕΝΟ</b>	Προϊόν θερμικής επεξεργασίας που έχει αποθηκευτεί σε ερμηκικά κλειστούς περιέκτες σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 130 έως 155 βαθμούς Κελσίου

<b>ΚΑΤΕΨΥΓΜΕΝΟ</b>	Νωπό γάλα το οποίο καταψύχεται με εφαρμογή μεθόδου ταχείας κατάψυξης και ύστερα φυλάσσεται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από -15 βαθμούς Κελσίου
<b>ΑΠΟΒΟΥΤΥΡΩΜΕΝΟ</b>	Προϊόν το οποίο έχει προκύψει από την αφαίρεση λίπους νωπού γάλακτος με μηχανική κατεργασία, παρουσιάζει μέγιστο ποσοστό λίπους 0,5% και τιμή ειδικού βάρους 1,036. Είναι γνωστό με την ονομασία «άπαχο γάλα».
<b>ΗΜΙΑΠΟΒΟΥΤΥΡΩΜΕΝΟ</b>	Προϊόν το οποίο έχει προκύψει από την αφαίρεση λίπους νωπού γάλακτος με μηχανική κατεργασία, παρουσιάζει διακύμανση ποσοστού λίπους 1,5-1,8% . Είναι γνωστό με την ονομασία «ημιάπαχο γάλα».
<b>ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΟ</b>	Αγελαδινό γάλα από το οποίο έχει αφαιρεθεί μέρος νερού, περίπου το 60% αυτού.
<b>ΕΒΑΠΟΡΕ</b>	Συμπυκνωμένο γάλα χωρίς προσθήκη ζάχαρης
<b>ΣΑΚΧΑΡΟΥΧΟ</b>	Συμπυκνωμένο γάλα με προσθήκη ζάχαρης περίπου 45% κατά βάρος
<b>ΣΚΟΝΗ</b>	Αγελαδινό γάλα από το οποίο έχει γίνει πλήρης αφαίρεση του νερού με ποσοστό λίπους με ανώτατο όριο 26%

(“ΑΡΘΡΟ 80 , ΚΩΔΙΚΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ ,” n.d.)



## 1.4 Είδη γαλακτοκομικών προϊόντων



Εικόνα 4: Διάφορα είδη γαλακτοκομικών προϊόντων ("Dairy Foods List in English," n.d.)

Σύμφωνα με τον Κανονισμό 853/2004 ως γαλακτοκομικά προϊόντα ορίζονται τα προϊόντα τα οποία είναι κατά κύριο λόγο μεταποιημένα, προέρχονται δηλαδή από την μεταποίηση νοπού γάλακτος ή από την περαιτέρω μεταποίηση τέτοιων μεταποιημένων προϊόντων.

Τα γαλακτοκομικά προϊόντα έχουν ως κύριο συστατικό το γάλα ενώ οι βιομηχανίες που απασχολούνται με την παραγωγή τέτοιου είδους προϊόντων ονομάζονται γαλακτοβιομηχανίες. Είναι πλούσια σε βιταμίνες, ασβέστιο, φώσφορο, κορεσμένα λιπαρά, υδατάνθρακες, αλλά και σε πρωτεΐνες υψηλής βιολογικής αξίας, που αποτελούν το βασικό δομικό συστατικό του οργανισμού και εξασφαλίζουν τη σωστή λειτουργία του καθώς και την ανάπτυξη των μυών. Οι περισσότερες περιοχές του κόσμου, καταναλώνουν γαλακτοκομικά προϊόντα σε μεγάλες ποσότητες. Εξάιρεση αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της Ανατολικής και Νοτιοανατολικής Ασίας καθώς και τμήματα της κεντρικής Αφρικής.

Στα κυριότερα γαλακτοκομικά προϊόντα κατατάσσονται οι εξής τροφές:

- Κρέμα γάλακτος ή αφρόγαλα
- Βούτυρο
- Γιαούρτη
- Ξινόγαλα
- Παγωτό
- Τυρί



*Εικόνα 5. Κρέμα γάλακτος μέσα σε ένα φλυτζάνι ("Κρέμα Γάλακτος," n.d.)*

#### 1. Κρέμα γάλακτος ή αφρόγαλα

Ως κρέμα γάλακτος ή αφρόγαλα ορίζεται το γαλακτοκομικό προϊόν το οποίο παρασκευάζεται από το λιπαρό στρώμα που σχηματίζεται στην επιφάνεια ενός δοχείου μη ομογενοποιημένου γάλακτος. Τα λίπη ανεβαίνουν στην επιφάνεια λόγω της μικρότερης πυκνότητας τους συγκριτικά με αυτή του γάλακτος. Στην αγορά συναντώνται κατά κύριο λόγο δύο (2) τύποι κρέμας γάλακτος: α) 35% και β) 15%. Αυτά τα δύο προϊόντα έχουν σαν συστατικά την κρέμα γάλακτος και έναν πολυσακχαρίτη, την καραγενάνη η οποία έχει την ιδιότητα του σταθεροποιητή. (Belitz H.-D, 2012; Κοντογιάννη, 2022)

#### 2. Βούτυρο



Εικόνα 6. Απεικόνιση Βουτύρου(“Μάθετε Σε Τι Διαφέρουν Μεταξύ Τους Το Βούτυρο Και η Μαργαρίνη,” 2020)

Το βούτυρο είναι ένα προϊόν που παράγεται από το χτύπημα του γάλακτος, της κρέμας γάλακτος ή ενός συνδυασμού αυτών και το οποίου το 80% του βάρους του είναι λίπος(είτε φυσικά είτε μετά από βιολογική οξίνιση). Όταν διατίθεται στην αγορά θα πρέπει να πληροί τα εξής κριτήρια: α) Η σύσταση του σε λίπος να κυμαίνεται από 80 έως 82%, το ΡΗ του να παρουσιάζει εύρος διακύμανσης από 5,5 έως 6,5 , θα πρέπει να περιέχει νερό σε ποσοστό 15-18% και τέλος θα πρέπει να εμφανίζει οξύτητα μεγαλύτερη από 8% , β) Η προέλευση του θα πρέπει να αναγράφεται επάνω στην συσκευασία του προϊόντος και γ) Το βούτυρο θεωρείται ένα ευπαθές προϊόν με αποτέλεσμα καθόλη την διάρκεια φύλαξης του να πρέπει να διατηρείται στο ψυγείο.

Ωστόσο αν δεν τηρηθούν αυστηρά οι συνθήκες που απαιτούνται τόσο κατά την διαδικασία παραγωγής του Βουτύρου όσο και κατά την διάρκεια φύλαξης και συντήρησης του έως ότου να διατεθεί στην αγορά, μπορεί να εμφανίσει αλλοιώσεις.

Μερικές από αυτές παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω:

- I. **Τάγγιση:** Οφείλεται στη υδρόλυση του λίπους παρουσία της λιπάσης και λιπολυτικών μικροοργανισμών.
- II. **Οξίνιση:** Προκύπτει από την υπερβολική ανάπτυξη των οξυγαλακτικών βακτηρίων
- III. **Οσμή ψαριού:** Οφείλεται στην οξείδωση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και των φωσφολιπιδίων

IV. **Ευρωτίαση:** Αποδίδεται στην παρουσία μυκήτων στην επιφάνεια (μούχλα, πράσινες-κίτρινες κηλίδες) (Belitz H.-D, 2012; Κοντογιάννη, 2022)

### 3. Γιαούρτη(Σενετάκη, 2015)



Εικόνα 7. Γιαούρτη(Σενετάκη, 2015)

Η Γιαούρτη είναι η μόνη ουσία που απομένει μετά την πήξη του νοπού γάλακτος υπό την επίδραση καλλιέργειας ζύμης. Οι μικροοργανισμοί *Lactobacillus vulgaris* και *Streptococcus thermophilus* είναι απαραίτητοι για την παρασκευή γιαουρτιού.

Η Γιαούρτη που διατίθεται για κατανάλωση πρέπει να πληροί τις ακόλουθες απαιτήσεις: α) Πρέπει να έχει pH 4,5 και ευχάριστες οργανοληπτικές ιδιότητες, β) Εμπίπτει στην κατηγορία των όξινων γαλακτοκομικών προϊόντων, καθώς το γαλακτικό οξύ (0,88-0,95%) μετατρέπει τη σχετικά ουδέτερη γεύση του γάλακτος σε ευχάριστη, όξινη γεύση, ενώ παράλληλα αυξάνει την πιθανότητα συντήρησης.

Οι ποικιλίες γιαουρτιού χωρίζονται σε κατηγορίες με βάση την περιεκτικότητά τους σε λιπαρά, την υφή, τον τρόπο παρασκευής τους, καθώς και το αν περιλαμβάνουν ή όχι άλλα συστατικά όπως είναι τα φρούτα, οι αρωματικές ουσίες κ.λπ. Επιπρόσθετα στην συσκευασία του προϊόντος θα πρέπει να αναγράφεται η ονομασία του ζώου που προήλθε το γάλα, το ποσοστό λίπους καθώς και η ημερομηνία παραγωγής και λήξης του. (Belitz H.-D, 2012; Κοντογιάννη, 2022)

#### 4. Ξυνόγαλα



Εικόνα 8. Ξυνόγαλα, παραγωγή της γαλακτοβιομηχανίας Δωδώνη(“Ξυνόγαλα,” n.d.)

Το ξυνόγαλα είναι γάλα το οποίο έχει υποστεί ζύμωση, εμφανίζει υπόξινη γεύση και παχύρρευστη υφή. Κατά κανόνα είναι ένα προϊόν το οποίο εμφανίζει πλεονέκτημα ίδια με αυτά του πλήρες φρέσκου γάλακτος και της γιαούρτης έχοντας όμως λιγότερα λιπαρά. (Belitz H.-D, 2012)

#### 5. Παγωτό



Εικόνα 9. Παγωτό χωνάκι σε διάφορες γεύσεις(Γρηγοράκης, 2018)

Το παγωτό παρασκευάζεται συνδυάζοντας φυσικά γλυκαντικά με γάλα, κρέμα γάλακτος, χυμό ή πολτό φρούτων. Ανήκει στην κατηγορία των τροφίμων τα οποία χαρακτηρίζονται ευαίσθητα. Για τον σκοπό αυτό πρέπει να αποθηκεύεται στους  $-30^{\circ}\text{C}$ , να διατηρείται φρέσκο στους  $-18^{\circ}\text{C}$  και να καταναλώνεται στους  $-14^{\circ}\text{C}$ .

Το προϊόν συναντάται στην αγορά με τους εξής τρόπους: α) παγωτό κρέμα, β) παγωτό γάλακτος, γ) παγωτό καϊμάκι, δ) παγωτό Φρούτων-Γρανίτες –Sorbet, ε) παγωτά ειδικού τύπου στα οποία δεν επιτρέπεται η χρήση σκόνης γάλακτος ή αποβουτυρωμένου γάλακτος (κασσάτα, σπέσιαλ, παρφέ κ.λπ.), ζ) παγωτά στιγμιαίας παρασκευής (χωνάκι) και η) παγωτά σε ξυλάκια και σε σακχαρούχα δίπυρα (κόννοι από ειδικά μπισκότα). (Belitz H.-D, 2012; Κοντογιάννη, 2022)



Εικόνα 10. Ποικιλίες διάφορων ειδών τυριών

## 6. Τυρί

Το τυρί είναι προϊόν ωρίμανσης πήγματος του γάλακτος, απαλλαγμένο από μέρος του τυρόγαλου, υπό επίδραση πυτιάς ή άλλων ενζύμων ή με ξίνισμα από γάλα, χωρίς προσθήκη ουσιών εκτός από μαγειρικό αλάτι και 0,2% σορβικό νάτριο.

Τα τυριά που διατίθενται για κατανάλωση κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

- **Μαλακά τυριά** : Παρασκευάζονται μετά από ωρίμανση. Η μάζα τους είναι μαλακή και ελαστική με υγρασία <54 και λιπαρά >45% (φέτα, χαλούμι, μοτσαρέλα).
- **Ημίσκληρα τυριά** : Τα τυριά αυτά σχηματίζουν κρούστα επειδή ο ορός γάλακτος και το γάλα διαχωρίζονται με έντονη μηχανική πίεση. (ροκφόρ, γκούντα, τυρί)
- **Σκληρά τυριά** : Περιλαμβάνουν περισσότερο από 47% λίπος και λιγότερο από 35% υγρασία.(τυρί κεφαλή, γραβιέρα, λαδοτύρι, ελβετικό τυρί, τυρί

cottage, τυριά με υψηλά, χαμηλά λιπαρά περιλαμβάνουν το προβολόνη και το Εμενταλ)

- **Φρέσκο τυρί** : Το φρέσκο τυρί παρασκευάζεται από τυρόγαλα με την προσθήκη γάλακτος. Η μαλακή και λεπτή μάζα αυτών των τυριών (μπλε, μανούρι, κρέμα γάλακτος και μυζήθρα) έχει οξύτητα 0,12-0,18% και υγρασία φθάνει έως και 70%.

Επιπλέον με βάση τα επίπεδα λίπους και υγρασίας τους, τα τυριά διακρίνονται σε Α και Β ποιότητας.

Καθώς το τυρί περιέχει βιταμίνες, ασβέστιο, λίπος, λακτόζη, καζεΐνη, υδατάνθρακες, λίπος, λακτόζη, καζεΐνη, υδατάνθρακες, σάκχαρα και πρωτεΐνες, κρίνεται εξαιρετικά χρήσιμο για την ανθρώπινη υγεία. Συγκεκριμένα από τα είδη τυριών το μανούρι, το μασκαρπόνε και η παρμεζάνα έχουν τις περισσότερες θερμίδες, ενώ η άπαχη μυζήθρα και το τυρί cottage έχουν εμφανώς λιγότερες. (Belitz H.-D, 2012; Κοντογιάννη, 2022)

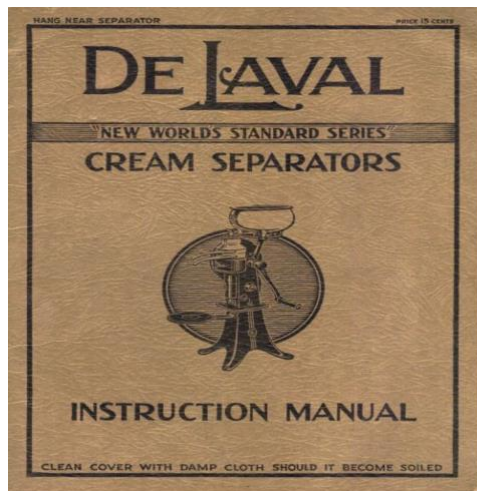
## 2. Αποκορύφωση

### 2.1. Ιστορικές πληροφορίες σχετικά με την αποκορύφωση του γάλακτος

Η διαδικασία διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα χρησιμοποιείται από τους ανθρώπους εδώ και αιώνες. Παραδοσιακά, για να επιτευχθεί αυτός ο διαχωρισμός χρησιμοποιούνταν ως τεχνικές είτε το ανακάτεμα του γάλακτος είτε η χρήση βασικών τεχνικών που στηρίζονται στη βαρύτητα.

Η πρακτική του διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα, έχει μακρόχρονη ιστορία. Σε πολλές αρχαίες κοινωνίες, οι άνθρωποι αφήναν το γάλα μέσα σε δοχεία σε κατάσταση αδράνειας για λίγο χρονικό διάστημα, με αποτέλεσμα η κρέμα να ανέβαινε σταδιακά στην κορυφή του δοχείου λόγω της ελαφρύτερης πυκνότητας της. Συνεπώς το προϊόν που παραλαμβάνονταν ήταν το αποβουτυρωμένο γάλα. Επειδή όμως η διαδικασία αυτή μπορούσε να διαρκέσει έως και 24 ώρες με την πιθανότητα το γάλα να αλλοιωνόταν κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου, υπήρξε η ανάγκη εφαρμογής μίας πιο σύντομης και αποτελεσματικής διαδικασίας για την επίτευξη του διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα. Στα τέλη του 1800 ένας Σουηδός Μηχανικός ο Gustaf de Laval, ξεκίνησε να κατασκευάζει τους πρώτους διαχωριστές γαλακτοκομικών προϊόντων, οι οποίοι αποτελούσαν έναν

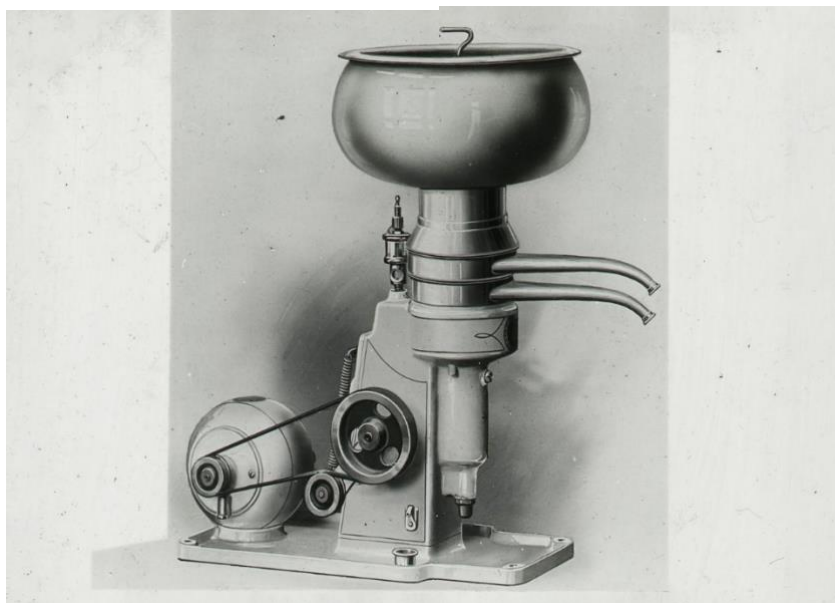
έξυπνο τρόπο επιτάχυνσης της φυσικής διαδικασίας του διαχωρισμού. Οι μηχανές αρχικά διαχώριζαν την κρέμα από το γάλα με εφαρμογή της φυγόκεντρου δύναμης κατά έναν συνεχή τρόπο. Το αποβουτυρωμένο γάλα το οποίο είχε μεγαλύτερη πυκνότητα, απομακρυνόταν προς τα τοιχώματα του κορυφολόγου καθώς το τύμπανο περιστρεφόταν χειροκίνητα. Κατά αυτόν τον τρόπο μειώνονταν σημαντικά οι πιθανότητες αλλοίωσης του γάλακτος με αποτέλεσμα πολλά αγροκτήματα και βιομηχανίες γάλακτος σε όλο τον κόσμο να χρησιμοποιούν τους φυγόκεντρικούς διαχωριστές.



*Εικόνα 11. Εγχειρίδιο των πρώτων κορυφολόγων που εφευρέθηκαν από τον μηχανικό Gustaf De Laval ("DeLaval Cream Separator Manual 1940," n.d.)*



*Εικόνα 12. Διαφημιστική αφίσα για τον κορυφολόγο Gustaf De Laval (Pryor, 2004)*



*Εικόνα 13. Απεικόνιση κορυφολόγου ο οποίος διέθετε δίσκους σε μορφή κώνων. (Cooper, 2022)*



Ωστόσο η απλή και αποτελεσματική αυτή λύση δεν διήρκησε για πολύ καθώς μπορούσε να διαχωρίσει περιορισμένη ποσότητα γάλακτος δημιουργώντας εμπόδια στην αύξηση της παραγωγής των βιομηχανιών . Η πρόκληση αυτή αντιμετωπίστηκε με την χρήση κορυφολόγων οι οποίοι διέθεταν μία στοίβα δίσκους οι οποίοι μοιάζουν με κώνους. Το μηχάνημα το οποίο κινείται γύρω από έναν ιμάντα και μια τροχαλία, είναι συγκρίσιμο με ένα τύμπανο. Η κρέμα, η οποία είναι ελαφρύτερη από το γάλα, απομακρύνεται από την επιφάνεια του γάλακτος με την εφαρμογή της φυγόκεντρου δύναμης. Στην συνέχεια ρέει σε ένα σωλήνα που οδηγεί μέσα σε ένα δοχείο συλλογής. Κάτω από αυτό, το γάλα ωθείται προς την άκρη του τυμπάνου και συγκεντρώνεται σε ένα διαφορετικό κανάλι από το οποίο πρόκειται να οδηγηθεί σε ένα διαφορετικό ακόμη δοχείο συλλογής. Σήμερα, οι κωνικοί δίσκοι αποτελούν κοινό χαρακτηριστικό των μηχανημάτων παρόμοιου σχεδιασμού. Οι δίσκοι αυτοί δημιούργησαν μεγαλύτερη επιφάνεια προκειμένου το γάλα να διαχωριστεί, μειώνοντας κατά αυτόν τον τρόπο κατά πολύ τον χρόνο που απαιτούνταν για τον διαχωρισμό.

Με τα αγροκτήματα και τις βιομηχανίες γάλακτος να εκμοντερνίζονται, δημιουργήθηκε η ανάγκη για μεγαλύτερη αποδοτικότητα και καλύτερα ποιοτικά αποτελέσματα στην παραγωγή του γάλακτος. Το επόμενο προοδευτικό βήμα στην τεχνολογία του διαχωρισμού, ήταν οι διαχωριστές που χρησιμοποιούνταν για την αποκορύφωση του γάλακτος, να γίνουν αεροστεγείς. Ο νέος αυτός σχεδιασμός υποσχόταν στις βιομηχανίες βελτιωμένα ποιοτικά προϊόντα και μικρότερη κατανάλωση ενέργειας. Συνέπεια αυτών των προσδοκιών που είχαν δημιουργηθεί, ήταν οι διαχωριστές να μετατραπούν σε αυτοκαθαριζόμενοι βελτιώνοντας έτσι ακόμη περισσότερο την ποιότητα του γάλακτος.

Συμπερασματικά, η διαδικασία διαχωρισμού της κρέμας γάλακτος από το γάλα έχει μακρά ιστορία που περιλαμβάνει τόσο παραδοσιακές όσο και τεχνολογικές μεθόδους. Η εισαγωγή των διαχωριστών κρέμας και άλλου γαλακτοκομικού εξοπλισμού, κατέστησε δυνατή την αποτελεσματικότερη και με μεγαλύτερη συνέπεια παραγωγή μιας μεγάλης ποικιλίας γαλακτοκομικών προϊόντων, η οποία με τη σειρά της συνέβαλε στη διαμόρφωση της γαλακτοκομικής βιομηχανίας με τον τρόπο που είναι γνωστή σήμερα.

## 2.2. Ορισμός Διαχωρισμού

Η προσπάθεια διαχωρισμού δύο ή περισσότερων ουσιών για την επίτευξη καθαρότητας θεωρείται με μια ευρύτερη έννοια ως ένας τρόπος διαχωρισμού ενός χημικού μείγματος ή διαλύματος σε δύο ή περισσότερα ξεχωριστά μείγματα προϊόντων. Ένα ή περισσότερα από τα συστατικά του αρχικού μείγματος προστίθενται σε τουλάχιστον ένα από τα προκύπτοντα μείγματα του διαχωρισμού. Κατά την διάρκεια του διαχωρισμού, το μείγμα μπορεί να διαιρεθεί πλήρως στα καθαρά συστατικά του. Επιπλέον κατά την πραγματοποίηση της διαδικασίας αξιοποιούνται οι μεταβολές των φυσικών ή χημικών χαρακτηριστικών των συστατικών ενός μείγματος, όπως είναι το μέγεθος, το σχήμα, η μάζα, η πυκνότητα ή η χημική συγγένεια. Τα περισσότερα στοιχεία και ενώσεις βρίσκονται στη φύση σε ακάθαρτη κατάσταση. Οι διάφορες τεχνικές διαχωρισμού είναι ζωτικής σημασίας για την σημερινή βιομηχανική οικονομία, δεδομένου ότι είναι συχνά απαραίτητο να διαχωριστούν οι πρώτες ύλες προτού αξιοποιηθούν παραγωγικά.

Όταν το γάλα παραμένει σε ακινησία για λίγο χρονικό διάστημα, οι λιπαρές μάζες αρχίζουν να ανεβαίνουν προς την επιφάνεια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αναπτυχθεί ένα επιφανειακό στρώμα όπου το ποσοστό του λίπους είναι πολύ υψηλότερο. Λόγω του γεγονότος ότι το λίπος του γάλακτος είναι ελαφρύτερο από το τμήμα του αποβουτυρωμένου γάλακτος, το λίπος κινείται προς τα πάνω. Ως αποτέλεσμα των διαφορετικών πυκνοτήτων τους, η κρέμα, η οποία περιέχει περισσότερο λίπος από το αποβουτυρωμένο γάλα, και το αποβουτυρωμένο γάλα διαχωρίζονται μεταξύ τους. Διαχωρισμός είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται στη γαλακτοβιομηχανία για να περιγράψει το διαχωρισμό του γάλακτος σε κρέμα και αποβουτυρωμένο γάλα. Πιο συγκεκριμένα, τα περισσότερα σύγχρονα εργοστάσια χρησιμοποιούν έναν διαχωριστή για να ρυθμίζουν την περιεκτικότητα σε λίπος των διαφόρων προϊόντων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αποκορύφωσης του γάλακτος. Με βάση την ιδέα ότι η κρέμα ή το λίπος βουτύρου έχουν λιγότερο λίπος από τα άλλα συστατικά του γάλακτος (το ειδικό βάρος του αποβουτυρωμένου γάλακτος είναι 1,0358, ενώ το ειδικό βάρος της κρέμας γάλακτος είναι 1,0083), ο διαχωριστής είναι μια φυγόκεντρος υψηλής ταχύτητας. Η πλειονότητα των διαχωριστών είναι ελεγχόμενοι από υπολογιστή και μπορούν να παρασκευάσουν γάλα σχεδόν οποιαδήποτε περιεκτικότητας σε λίπος. Σύμφωνα με τα ισχύοντα πρότυπα, το πλήρες γάλα πρέπει να περιέχει 3,5 % λιπαρά, το γάλα χαμηλών λιπαρών πρέπει να περιέχει 1,5 ή 1,8 % και το αποβουτυρωμένο γάλα πρέπει να περιέχει λιγότερο από 0,5 %. Στην πραγματικότητα, λιγότερο από 0,01 % του αποβουτυρωμένου γάλακτος έχει λίπος.

Ο διαχωρισμός του γάλακτος αποτελεί κρίσιμο στάδιο στην επεξεργασία των γαλακτοκομικών προϊόντων προκειμένου να παραχθούν προϊόντα με καθορισμένη περιεκτικότητα σε λιπαρά και να ικανοποιηθούν οι προτιμήσεις των πελατών για ένα ευρύ φάσμα γαλακτοκομικών προϊόντων.

### 2.3. Σκοπός αποκορύφωσης

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά οι σκοποί διαχωρισμού της κρέμας γάλακτος από το γάλα:

#### 1. Παραγωγή γάλακτος με μειωμένα ή χωρίς λιπαρά

Το γάλα με χαμηλά λιπαρά και το γάλα χωρίς λιπαρά είναι οι πιο υγιεινές επιλογές για όλους τους ανθρώπους άνω των δύο ετών. Το γάλα χαμηλών λιπαρών και το γάλα χωρίς λιπαρά περιέχουν τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, ενώ περιέχουν ελάχιστα ή καθόλου λιπαρά ή κορεσμένα λιπαρά. Πλεονεκτούν επίσης επειδή το γάλα με χαμηλά λιπαρά (αποβουτυρωμένο γάλα) διαρκεί περισσότερο, καθώς ορισμένα βακτήρια αναπτύσσονται πιο αργά σε αυτό. Το αποβουτυρωμένο γάλα, το οποίο ορίζεται ως το υπολειπόμενο τμήμα του γάλακτος μετά την αφαίρεση του λίπους με τη μορφή κρέμας, αποτελείται κυρίως από στερεά μη λιπαρά συστατικά (SNF).

#### 2. Συμπύκνωση του λίπους του γάλακτος για την παραγωγή προϊόντων υψηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά όπως η κρέμα γάλακτος διαφόρων τύπων, το βούτυρο, Γκι – Διαυγασμένο Βούτυρο κλπ.

Τα συμπυκνωμένα λίπη γάλακτος, επίσης γνωστά ως άνυδρα λίπη γάλακτος, δημιουργούνται όταν σχεδόν όλο το νερό και τα μη λιπαρά σωματίδια του γάλακτος απομακρύνονται με φυσικό τρόπο. Τα συμπυκνωμένα λίπη γάλακτος έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, μπορούν να διατηρηθούν χωρίς συσκευασία και είναι εύκολα μεταφερόμενα, μειώνοντας το συνολικό κόστος. Αυτό σχετίζεται με τη χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία των συμπυκνωμένων λιπών γάλακτος. Για τους λόγους αυτούς, προτείνεται η συμπύκνωση των λιπών γάλακτος εκ των προτέρων για την παρασκευή ποικίλων προϊόντων με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά.

### 3. Τυποποίηση της περιεκτικότητας του γάλακτος σε λιπαρά

Η τυποποίηση του λίπους επιτυγχάνεται με τον πρώτο διαχωρισμό της κρέμας από το αποβουτυρωμένο γάλα και στη συνέχεια με την ενσωμάτωση της κρέμας στο γάλα στην κατάλληλη αναλογία. Ως διαχωριστής ορίζεται μία μονάδα επεξεργασίας η οποία χρησιμοποιείται για την τυποποίηση των λιπαρών. Η τυποποίηση του λίπους είναι μια ιδιαίτερα αποτελεσματική μέθοδος στην επεξεργασία του γάλακτος, διότι διατηρεί σταθερή την ποιότητα του προϊόντος και επιτρέπει τη χρήση του πλεονάζοντος λίπους για προϊόντα που χρειάζονται περισσότερο λίπος. Είναι απαραίτητη στην επεξεργασία γάλακτος για την ικανοποίηση των νομοθετικών απαιτήσεων για διάφορα γαλακτοκομικά προϊόντα.

Το γάλα ταξινομείται συχνά σε δύο κατηγορίες: κρέμα με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά (περίπου 40% λιπαρά) και αποβουτυρωμένο γάλα (περίπου 0,03% λιπαρά)

### 4. Ανάκτηση λίπους από το γάλα

Το γάλα περιέχει περίπου 3,5% λίπος (w/v). Επειδή πολλά γαλακτοκομικά προϊόντα παρασκευάζονται με την αφαίρεση της υγρασίας ή τη συμπύκνωση του τμήματος των λιπιδίων, το λίπος του γάλακτος αποτελεί συχνά βασικό συστατικό των γαλακτοκομικών προϊόντων. Το λίπος που υπάρχει στα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι κορεσμένο λίπος. Τα γαλακτοκομικά προϊόντα αντιπροσωπεύουν σχεδόν το ένα τέταρτο του συνόλου των κορεσμένων λιπαρών που προσλαμβάνουν οι άνθρωποι. Το κορεσμένο λίπος του γάλακτος μπορεί να αυξήσει τις ολικές πρωτεΐνες LDL ή λιποπρωτεΐνες χαμηλής πυκνότητας. Το λίπος του γάλακτος, από την άλλη πλευρά, μπορεί να ενισχύσει την HDL πρωτεΐνη ή λιποπρωτεΐνη υψηλής πυκνότητας. Επιπλέον, τα συζευγμένα λινολεϊκά οξέα που βρίσκονται στο λίπος του γάλακτος είναι γνωστό ότι παρέχουν διάφορα πλεονεκτήματα για την υγεία, συμπεριλαμβανομένης της προστασίας από ασθένειες όπως οι καρδιαγγειακές παθήσεις, ο καρκίνος και η παχυσαρκία. Για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω, καθώς και για εκείνους που εξακολουθούν να εξετάζονται, η εφαρμογή της διαδικασίας διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα θεωρείται ζωτικής σημασίας.

5. Ποικιλία προϊόντων: Ο γαλακτοκομικός τομέας μπορεί να ανταποκριθεί στις προτιμήσεις των πελατών και στις απαιτήσεις του αγοραστικού κοινού προσφέροντας μια ποικίλη ποικιλία γαλακτοκομικών προϊόντων με διαφορετική περιεκτικότητα σε λιπαρά εξαιτίας του διαχωρισμού.

Ένας επιπρόσθετος στόχος του διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα, είναι ο έλεγχος της σύνθεσης του γάλακτος όσον αφορά τα λιπαρά και τα μη λιπαρά στερεά συστατικά (SNF). Αυτή η αλλαγή της σύνθεσης μπορεί να είναι επιθυμητή για την παρασκευή προϊόντων καθώς και για την ικανοποίηση των θεσμοθετημένων κριτηρίων των διαφόρων ποικιλιών υγρού γάλακτος.

#### 2.4. Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της αποβουτύρωσης και τον πλούτο της κρέμας

Γενικότερα, ο στόχος της διαδικασίας του διαχωρισμού είναι να ανακτηθεί όλο το λίπος από το πλήρες γάλα στο κλάσμα της κρέμας γάλακτος, ενώ να διατηρηθεί όσο το δυνατόν λιγότερο λίπος στο αποβουτυρωμένο γάλα. Η περιεκτικότητα του αποβουτυρωμένου γάλακτος σε λίπος χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της αποτελεσματικότητας της αποβουτύρωσης.

- Παράγοντες που επηρεάζουν το ποσοστό λίπους της κρέμας

##### **I. Ποσοστό λίπους στο γάλα**

Όσο υψηλότερο είναι το ποσοστό λίπους στο γάλα, τόσο υψηλότερο είναι το ποσοστό λίπους στην κρέμα και αντίστροφα. Επειδή η κρέμα περιέχει σχεδόν όλα τα λιπαρά του γάλακτος, η κρέμα η οποία παρασκευάζεται από γάλα υψηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λιπαρά από εκείνη η οποία παρασκευάζεται από γάλα χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά. Συνεπώς, η κρέμα με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λιπαρά θα αποτελείται από περισσότερο λίπος.

##### **II. Ταχύτητα της λεκάνης/δοχείου που χρησιμοποιείται κατά την διαδικασία διαχωρισμού**

Επειδή η ταχύτητα με την οποία κινείται στον χώρο ένα λιπαρό σωματίδιο σχετίζεται με το τετράγωνο της ταχύτητας περιστροφής, η αύξηση της ταχύτητας της λεκάνης έχει σημαντική επίδραση στην αποτελεσματικότητα του διαχωρισμού. Ωστόσο, η αύξηση της ταχύτητας της λεκάνης απαιτεί αύξηση της παροχής ενέργειας καθώς και μια πιο ανθεκτική κατασκευή προκειμένου να επιβιώσουν οι υψηλές πιέσεις που συναντώνται στα περιφερειακά άκρα της λεκάνης. Ο διαχωριστής αυξάνει την ένταση. Ως αποτέλεσμα, η ταχύτητα περιστροφής του δοχείου δεν θα παρουσιάσει αύξηση, δεδομένου ότι η απόδοση του διαχωριστή είναι ικανοποιητική σε μέτριες ταχύτητες οι οποίες κυμαίνονται από 4000-6000 στροφές ανά λεπτό. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του διαχωριστή, τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό του λίπους στην κρέμα. Όσο υψηλότερη είναι η ταχύτητα περιστροφής του δοχείου, τόσο πιο ισχυρή είναι η φυγόκεντρος δύναμη που εφαρμόζεται και τόσο πιο γρήγορα το αποβουτυρωμένο γάλα φεύγει από τη λεκάνη με υψηλότερο ποσοστό λίπους να διοχετεύεται στην κρέμα.

### **III. Ρυθμός ροής του γάλακτος**

Όσο μικρότερο είναι το ποσοστό λίπους στην κρέμα, τόσο πιο μεγάλη είναι η ταχύτητα εισροής του γάλακτος. Όταν αυξάνεται ο ρυθμός εισροής, αυξάνεται και ο ρυθμός εκροής στο σημείο εξόδου της κρέμας. Επειδή η εκροή του αποβουτυρωμένου γάλακτος είναι σταθερή (λόγω της φυγόκεντρης δύναμης), περισσότερη κρέμα με την ίδια ποσότητα λίπους οδηγεί σε χαμηλότερα επίπεδα λίπους και αντίστροφα.

### **IV. Θερμοκρασία του γάλακτος**

Η διαφορά πυκνότητας μεταξύ του λίπους του γάλακτος και του αποβουτυρωμένου γάλακτος αυξάνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του γάλακτος. Κατά συνέπεια, η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει την αποτελεσματικότητα του διαχωρισμού. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες προκαλούν διάσπαση των λιπαρών σφαιριδίων, με αποτέλεσμα σημαντική απώλεια λίπους στο αποβουτυρωμένο γάλα. Η απώλεια λίπους είναι μεγαλύτερη στους 70°C από ό,τι στους 54,5 °C. Η ιδανική θερμοκρασία διαχωρισμού είναι οι 40°C. Οι πρωτεΐνες και τα φωσφολιπίδια μετουσιώνονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες.

Διατίθενται διαχωριστές ψυχρού γάλακτος που λειτουργούν σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από 10 °C. Ο συγκεκριμένος τύπος διαχωριστή, επιτρέπει τον διαχωρισμό του γάλακτος κατά την παραλαβή του στο εργοστάσιο, και παρόλο που οι απώλειες λίπους στο αποβουτυρωμένο γάλα είναι ελαφρώς μεγαλύτερες, μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και κόστους κεφαλαίου. Επιπλέον, οι διαχωριστές ψυχρού γάλακτος παράγουν κρέμα γάλακτος με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε φωσφολιπίδια, γεγονός που βελτιώνει τις ιδιότητες χτυπήματος. Η σημαντικότερη διαφορά σε έναν διαχωριστή κρύου γάλακτος και ενός τυπικού διαχωριστή, είναι η μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ των δίσκων η οποία επιτρέπει την επαρκή ροή μίας πιο κρύας κρέμας.

#### **V. Ποσότητα νερού ή αποβουτυρωμένου γάλακτος που προστίθεται για την έκπλυση της λεκάνης**

Όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα νερού ή αποβουτυρωμένου γάλακτος που προστίθεται για την έκπλυση της λεκάνης, τόσο μικρότερο είναι το ποσοστό λίπους στην κρέμα. Η προσθήκη επιπλέον νερού ή αποβουτυρωμένου γάλακτος αυξάνει την ποσότητα της παραγόμενης κρέμας, με αποτέλεσμα την μείωση του περιεχόμενου λίπους. (“FACTORS AFFECTING SKIMMING EFFICIENCY AND RICHNESS OF CREAM,” 2012)

- Παράγοντες που επηρεάζουν τις απώλειες λίπους στο αποβουτυρωμένο γάλα

##### **i. Θερμοκρασία του γάλακτος**

Όταν παρουσιάζεται μεγάλη απώλεια λίπους στο αποβουτυρωμένο γάλα, τότε αυτό υποδηλώνει ότι η θερμοκρασία του γάλακτος είναι χαμηλή. Η θερμοκρασία του γάλακτος πρέπει να είναι υψηλότερη από το σημείο τήξης του λίπους για να είναι επιτυχής ο διαχωρισμός. Όπως έχει αναφερθεί ήδη μία θερμοκρασία γύρω στους 40°C είναι ιδανική για το διαχωρισμό. Ο διαχωρισμός είναι πιο επιτυχής σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Ωστόσο μετά τους 43-49°C, δεν υπάρχει σημαντική αύξηση της αποτελεσματικότητας του. Η διαδικασία διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα σε χαμηλές

θερμοκρασίες και στην περίπτωση εκείνη που χρησιμοποιούνται οι διαχωριστές ζεστού γάλακτος, μπορεί να οδηγήσει σε μερική απόφραξη της λεκάνης λόγω του υψηλού ιξώδους της κρέμας σε αυτές τις θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη απώλεια λίπους στο αποβουτυρωμένο γάλα.

**ii. Ταχύτητα της λεκάνης διαχωρισμού**

Όσο πιο γρήγορα περιστρέφεται το δοχείο, τόσο περισσότερο λίπος χάνεται από το αποβουτυρωμένο γάλα. Σε χαμηλότερες ταχύτητες επειδή δεν αναπτύσσεται επαρκής φυγόκεντρος δύναμη για τον αποτελεσματικό διαχωρισμό της κρέμας, θα υπάρχει μεγαλύτερη απώλεια λίπους.

**iii. Ρυθμός ροής γάλακτος**

Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα ροής του γάλακτος, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η απώλεια λίπους στο αποβουτυρωμένο γάλα και αντίστροφα. Εάν η ταχύτητα ροής αυξηθεί περισσότερο από την προβλεπόμενη ισχύ του διαχωριστή, το γάλα θα ρέει μέσα στη λεκάνη ταχύτατα, εμποδίζοντας τον πλήρη διαχωρισμό και οδηγώντας σε μεγαλύτερες απώλειες λίπους στο αποβουτυρωμένο γάλα.

**iv. Λειτουργικότητα του διαχωριστή**

Η απώλεια λίπους στο αποβουτυρωμένο γάλα μπορεί να αυξηθεί λόγω της μη ικανοποιητικής μηχανικής κατάστασης του διαχωριστή της κρέμας.

Κατά την διάρκεια λειτουργίας του διαχωριστή, συμβαίνουν ορισμένοι κραδασμοί (δονήσεις) οι οποίοι διαταράσσουν την ροή της κρέμας και του αποβουτυρωμένου γάλακτος με αποτέλεσμα να επηρεάζεται και να αμφισβητείται η αποδοτικότητα της διαδικασίας του διαχωρισμού. Η εγκατάσταση του διαχωριστή σε ασταθή βάση, το ακανόνιστο σχήμα της περιστρεφόμενης λεκάνης καθώς και η πραγματοποίηση της περιστροφικής κίνησης σε μη κάθετο άξονα, μπορεί να αποτελέσουν μερικές από τις αιτίες δημιουργίας των κραδασμών.

Κατάσταση των δίσκων ενός φυγόκεντρικού διαχωριστή: οι δίσκοι που παρουσιάζουν προβλήματα, μειώνουν την αποτελεσματικότητα του διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα λόγω της ανομοιόμορφης ροής των



συγκρουόμενων ρευμάτων της κρέμας και του αποβουτυρωμένου γάλακτος μεταξύ τους. Ένας δίσκος θεωρείται ακατάλληλος για χρήση όταν είναι παραμορφωμένος, βρώμικος και επιπλέον γδαρμένος.

v. **Ποσότητα ακάθαρτων ξένων υλών η οποία συσσωρεύεται κυρίως στα περιφερειακά άκρα της λεκάνης του διαχωριστή κρέμας**

Εάν συσσωρευτεί μεγάλη ποσότητα των ξένων αυτών συστατικών, το αποβουτυρωμένο γάλα θα χάσει περισσότερο λίπος, γεγονός που αποδίδεται τόσο στη διαταραχή της ομαλής ροής των αντίθετων ρευμάτων της κρέμας και του αποβουτυρωμένου γάλακτος, καθώς και στη μείωση της φυγόκεντρου δύναμης λόγω της πραγματικής διαμέτρου του δοχείου.

Τα συστατικά που συντελούν στην σύνθεση αυτών των ακάθαρτων ξένων υλών είναι : α) το Νερό , β) το Λίπος , γ) Η Πρωτεΐνη , δ) η Λακτόζη και ε) διάφορα Μέταλλα

vi. **Μέγεθος των λιπαρών σφαιριδίων**

Όσο περισσότερα λιποσφαιρίδια μικρότερα από 2 μm υπάρχουν στο αποβουτυρωμένο γάλα, τόσο περισσότερο λίπος χάνεται από αυτό. Λιποσφαιρίδια μεγέθους μικρότερο από 2 μm εισχωρούν στο αποβουτυρωμένο γάλα καθώς δεν δέχονται αρκετή φυγόκεντρη δύναμη.

vii. **Βαθμός και θερμοκρασία διαχωρισμού**

Όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός και η θερμοκρασία της ανάδευσης, τόσο περισσότερο λίπος χάνεται στο αποβουτυρωμένο γάλα. Όταν αναδεύεται ζεστό γάλα, τα λιποσφαιρίδια διασπώνται σε μικρότερα τμήματα λίπους, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη απώλεια λίπους στο αποβουτυρωμένο γάλα.

viii. **Η παρουσία αέρα στο γάλα**

Όσο περισσότερος αέρας υπάρχει στο γάλα, τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό λίπους που χάνεται από το αποβουτυρωμένο γάλα. Εάν υπάρχουν εγκλωβισμένες φυσαλίδες αέρα στο γάλα που εισάγεται στο διαχωριστή, η φυγόκεντρος δύναμη θα διαταράξει τα αντίθετα ρεύματα της κρέμας και του αποβουτυρωμένου γάλακτος που ρέουν μεταξύ των δίσκων, μειώνοντας κατά αυτό τον τρόπο την απόδοση του διαχωρισμού. Η παρουσία αέρα έχει

ισχυρότερη επίδραση στο γάλα στους ερμητικούς διαχωριστές της κρέμας από ό,τι στους μη ερμητικούς διαχωριστές.

**ix. Οξύτητα γάλακτος**

Η αποδοτικότητα της διαδικασίας του διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα επηρεάζεται από την οξύτητα του γάλακτος. Όσο μεγαλύτερη είναι η οξύτητα του γάλακτος, τόσο πιο μικρή θα είναι η αποτελεσματικότητα του διαχωρισμού. Επιπλέον καθώς αυξάνεται η οξύτητα, η σταθερότητα των σωματιδίων καζεΐνης μειώνεται, μειώνοντας έτσι και επηρεάζοντας την αποτελεσματικότητα του διαχωρισμού.

**x. Απόδοση κρέμας γάλακτος και αποβουτυρωμένου γάλακτος**

Η απόδοση κρέμας μπορεί να υπολογιστεί με βάση την παραπάνω εξίσωση:

$$C = M X \frac{fm - fs}{fc - fs} ,$$

Όπου: C = βάρος της κρέμας (kg), M = βάρος του γάλακτος (kg), fm = ποσοστό λίπους του γάλακτος, fs = ποσοστό λίπους του αποβουτυρωμένου γάλακτος, fc = ποσοστό λίπους της κρέμας γάλακτος

**Ανάκτηση λίπους στην κρέμα:** Υπολογίζεται με βάση τον παραπάνω τύπο:

Ποσοστό ανάκτησης λίπους =

$$[\text{Λίπος κρέμας (Kg) / Λίπος γάλακτος (Kg)}] * 100$$

Η απόδοση του αποβουτυρωμένου γάλακτος υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$S = M X \frac{fc - fm}{fc - fs} ,$$

Όπου, S = βάρος του αποβουτυρωμένου γάλακτος (kg), M = βάρος του γάλακτος (kg), fm = ποσοστό λίπους του γάλακτος, fs = ποσοστό λίπους

του αποβουτυρωμένου γάλακτος,  $f_c$  = ποσοστό λίπους της κρέμας γάλακτος

**Ανάκτηση λίπους στο αποβουτυρωμένο γάλα:** Υπολογίζεται με βάση τον παρακάτω τύπο:

Ποσοστό ανάκτησης λίπους στο αποβουτυρωμένο γάλα =

$[\text{Λίπος αποβουτυρωμένου γάλακτος (Kg)} / \text{Λίπος γάλακτος (Kg)}] * 100$

(“FACTORS AFFECTING SKIMMING EFFICIENCY AND RICHNESS OF CREAM,” 2012)

### **3. Μέθοδοι Διαχωρισμού/Αποκορύφωσης**

Ο διαχωρισμός με βαρύτητα και ο φυγοκεντρικός διαχωρισμός είναι οι δύο περισσότερο χρησιμοποιούμενες τεχνικές για την επίτευξη του διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα. Και οι δύο τεχνικές βασίζονται στη θεμελιώδη αρχή του διαχωρισμού η οποία υποστηρίζει ότι το λίπος του γάλακτος είναι ελαφρύτερο από το αποβουτυρωμένο γάλα, καθώς έχει χαμηλότερη πυκνότητα. Ως αποτέλεσμα, το λίπος του γάλακτος έχει την τάση να διαχωρίζεται από τον ορό (αποβουτυρωμένο γάλα) και να ανεβαίνει στην επιφάνεια. (Deosarkar S.S., 2016)

Προτού όμως αναλυθούν παρακάτω οι μέθοδοι διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα, θα ήταν σημαντικό να αναφερθούν οι παράμετροι εκείνοι οι οποίοι θα συμβάλλουν στην διατήρηση της καλής ποιότητας του γάλακτος προκειμένου να μπορέσει αυτό μετέπειτα να συμμετάσχει στην διαδικασία του διαχωρισμού και ακόμη να αξιοποιηθεί μεταγενέστερα για την δημιουργία διαφόρων προϊόντων.

Κατά τη διάρκεια της παρασκευής του γάλακτος, πρέπει να εκτελούνται ορισμένες ενέργειες για τη διατήρηση της ποιότητας του. Επίσης κατά το άρμεγμα πρέπει να τηρούνται όπως προβλέπεται και από την νομοθεσία οι απαραίτητοι κανονισμοί υγιεινής. Ο εξοπλισμός ψύξης του γάλακτος θα πρέπει να είναι σωστά οργανωμένος και ικανός να καθαρίζεται και να απολυμαίνεται ταχύτατα.

#### **Θερμοκρασία γάλακτος**

Αμέσως μετά το άρμεγμα, το γάλα πρέπει να ψύχεται στους +4°C και να διατηρείται σε αυτή τη θερμοκρασία μέχρι να φτάσει στην εγκατάσταση επεξεργασίας. Οι μικροοργανισμοί στο γάλα θα αρχίσουν να αναπτύσσονται εάν η ψυκτική αλυσίδα διακοπεί κατά τη μεταφορά του. Ως αποτέλεσμα, θα σχηματιστούν διάφορα μεταβολικά προϊόντα και ένζυμα, τα οποία θα υποβαθμίσουν το γάλα κατά τη διαδικασία. Μία μεταγενέστερη ψύξη θα αποτρέψει αυτό το φαινόμενο όμως η τελική μορφή του γάλακτος θα περιέχει στοιχεία που θα μειώσουν την ποιότητα του και θα έχει υψηλότερο αριθμό βακτηρίων.

### **Παραλαβή γάλακτος**

Στις γαλακτοκομικές μονάδες υπάρχουν ειδικά τμήματα παραλαβής γάλακτος. Η ποσότητα γάλακτος που παραλαμβάνεται, θα πρέπει αρχικά να καταγράφεται και ύστερα να ζυγίζεται σε ένα σύστημα (σύστημα ζύγισης) το οποίο χρησιμοποιείται για να σταθμίσει την πρόσληψη του γάλακτος και να την συγκρίνει με την έξοδο του.

### **Αποθήκευση γάλακτος**

Πριν την αποθήκευση του γάλακτος για την καλή διατήρηση της ποιότητας του, αυτό θα πρέπει να ψύχεται σε θερμοκρασία χαμηλότερη από +4°C σε έναν πλακοειδή εναλλάκτη θερμότητας. Όταν το γάλα (μη επεξεργασμένο) παραληφθεί από τις μονάδες επεξεργασίας, μπορεί να αποθηκευτεί είτε σε μεγάλες δεξαμενές υψηλής χωρητικότητας είτε σε μικρότερες δεξαμενές. Κατά την αποθήκευση του σε μεγάλες δεξαμενές πραγματοποιείται και ταυτόχρονη ανάδευση του. Η ανάδευση θα πρέπει να γίνεται ομαλά με τέτοιο τρόπο ώστε να μην προκαλείται έντονη ανατάραξη με αποτέλεσμα τον αερισμό του γάλακτος, να μην καταστραφούν τα λιποσφαίρια και να μην εκτεθεί το λίπος του γάλακτος στις λιπάσες.

(Κεχαγιάς Χ. & Τσάκαλη Ευσταθία, 2017)

#### **3.1. Αποκορύφωση γάλακτος με την μέθοδο της βαρύτητας**

Η αποκορύφωση του γάλακτος με Βαρύτητα ήταν η αρχική τεχνική που χρησιμοποιήθηκε στη γαλακτοκομία για τον διαχωρισμό του λίπους από το γάλα. Όταν το γάλα δεν αναδεύεται για αρκετή ώρα (βρίσκεται σε κατάσταση ακινησίας) σχηματίζεται ένα στρώμα κρέμας στην επιφάνεια, ως αποτέλεσμα της ανόδου των λιπαρών σφαιριδίων σε

αυτήν, αφού πρώτα διασκορπιστούν σε όλο τον όγκο του γάλακτος (Ma & Barbano, 2000) Η βαρύτητα αναγκάζει τα ελαφρύτερα σφαιρίδια λίπους, τα οποία έχουν πυκνότητα 0,93 g/cc στους 20 °C, να ανέβουν υψηλότερα στην κορυφή του γάλακτος. Η διαδικασία της κρεμοποίησης μπορεί να αρχίσει να γίνεται αντιληπτή μέσα σε χρονικό διάστημα έως και τριάντα λεπτών. Συμπερασματικά διαπιστώνεται ότι η διαδικασία που περιεγράφηκε παραπάνω αποτελεί μια διαδικασία φυσικής αποκορύφωσης και πραγματοποιείται με την πάροδο του χρόνου ενώ το γάλα βρίσκεται μέσα σε μία δεξαμενή, λόγω της μικρότερης πυκνότητας του λίπους από την πυκνότητα του γάλακτος. Από μία ερευνητική ομάδα, πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα προκειμένου να προσδιοριστεί. (“Seperation of Milk,” 2014)

Ο ρυθμός με τον οποίο διαχωρίζεται η κρέμα είναι αντιστρόφως ανάλογος του ιξώδους του ορού του γάλακτος και ανάλογος τόσο του τετραγώνου της διαμέτρου των λιποσφαιρίων όσο και της διαφοράς μεταξύ των πυκνοτήτων του λίπους και του ορού. Κατά συνέπεια, ο ρυθμός παραγωγής κρέμας για ένα συγκεκριμένο δείγμα γάλακτος θα είναι υψηλότερος όταν η διαφορά πυκνότητας είναι μεγαλύτερη και το ιξώδες χαμηλότερο. Η θερμοκρασία του γάλακτος επηρεάζει επιπλέον και τις δύο αυτές μεταβλητές. Ο λόγος των διαφορών πυκνότητας και ιξώδους του ορού γάλακτος αυξάνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, ευνοώντας τη διαδικασία διαχωρισμού. (“Seperation of Milk,” 2014)

Για επιχειρηματικούς σκοπούς, η παραπάνω μέθοδος διαχωρισμού δεν χρησιμοποιείται συχνά. Η πράξη αυτή έχει ως αποτέλεσμα οι γαλακτοβιομηχανίες να χρησιμοποιούν ευρεία την φυγοκεντρική μέθοδο (μηχανική αποκορύφωση) για τον διαχωρισμό της κρέμας από το γάλα. Ακόμη και για τον διαχωρισμό μικρής ποσότητας γάλακτος χρησιμοποιείται φυγοκεντρικός διαχωριστής, είτε χειροκίνητος είτε μηχανοκίνητος.

Όταν χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό της κρέμας από το γάλα η μέθοδος της βαρύτητας, χρησιμοποιούνται πέντε (5) ευρείας χρήσης μέθοδοι για τον σκοπό αυτό:

- **Shallow Pan Method:** Το γάλα τοποθετείται και αφήνεται σε κατάσταση ηρεμίας σε ένα δοχείο διαμέτρου 45-60 cm και βάθους 10 cm για 24 ώρες στους 7°C. Κατά αυτό το χρονικό διάστημα, η κρέμα γάλακτος ξεκινά να διαχωρίζεται από το γάλα

- **Deep Pan Method:** Σε ένα δοχείο με βάθος 20" και διάμετρο 8 έως 12", το γάλα αφήνεται για 24 ώρες στους 10°C. Τα συγκεκριμένα ψηλά δοχεία διαθέτουν γυαλί στη μία πλευρά τους και μία βρύση στο κάτω μέρος. Κατά την αποκορύφωση του γάλακτος προκύπτει κρέμα και αποβουτυρωμένο γάλα. Στην συγκεκριμένη μέθοδο το αποβουτυρωμένο γάλα αντλείται μέσω της βρύσης.
- Μέθοδος αραιώσης νερού (**Water Dilution Method**): Σε αυτή την μέθοδο χρησιμοποιείται νερό για την αραιώση του γάλακτος. Στην συνέχεια το αραιωμένο γάλα αφήνεται σε θερμοκρασία 37,7°C για 12 ώρες. Το νερό θα μειώσει το ιξώδες του γάλακτος (το γάλα θα γίνει λιγότερο παχύρευστο), επιτρέποντας στα λιποσφαίρια να ανέβουν πιο εύκολα στην επιφάνεια του γάλακτος.
- Μέθοδος Ζεματίσματος (**Scalding Method**): Η αργή θέρμανση και ψύξη του γάλακτος έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός στρώματος κρέμας στην κορυφή του γάλακτος.
- **Jersey Creamery Method:** Η μέθοδος αυτή περιγράφει την τεχνική που ακολουθούσε η γνωστή γαλακτοπαραγωγική φάρμα Marcoot Jersey η οποία εδρεύει στις Ηνωμένες Πολιτείες. Μέσα σε ένα δοχείο κατασκευασμένο από συγκολλημένη δομή χάλυβα, το γάλα θερμαίνεται σε θερμοκρασία 40°C με τη χρήση ζεστού νερού. Ακολουθεί η ψύξη του γάλακτος με κρύο νερό σε θερμοκρασία 10°C. Αφότου ολοκληρωθεί η διαδικασία θέρμανσης του , κατά την ψύξη η κρέμα θα διαχωριστεί ταχύτατα από το γάλα, διευρύνοντας το χάσμα μεταξύ των πυκνοτήτων του ορού και του λίπους του γάλακτος.

(“PRINCIPLES AND METHODS OF CREAM SEPARATION,” 2012)

### 3.2. Αποκορύφωση του γάλακτος με εφαρμογή της φυγόκεντρος δύναμης

Η βαρύτητα ως κινητήρια δύναμη αντικαθίσταται από την φυγόκεντρο δύναμη, η οποία χρησιμοποιείται σε ένα περιστρεφόμενο μηχάνημα τον διαχωριστή ή διαφορετικά Κορυφολόγο. Εφόσον η φυγόκεντρος δύναμη είναι μεγαλύτερη από την την δύναμη της βαρύτητας, η μέθοδος του διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα διεκπεραιώνεται σε ταχύτερους ρυθμούς και πιο σύντομα χρονικά διαστήματα. Πρόκειται για ένα είδος μηχανικής αποκορύφωσης το οποίο στηρίζεται στην παραδοχή ότι όταν ένα αδιάλυτο υγρό περιστραφεί γρήγορα γύρω από έναν άξονα, τα βαρύτερα σωματίδια θα κατευθυνθούν προς την περιφέρεια του άξονα ενώ αντίθετα τα ελαφρύτερα σωματίδια (λίπος) θα παραμείνουν κοντά στον άξονα και με ειδικό αγωγό θα εξέλθουν με την μορφή κρέμας. (Lind, 2021)

Ένα από τα κύρια εξαρτήματα του φυγόκεντρος διαχωριστή είναι το δοχείο εισόδου γάλακτος - μία αεροσταγής λεκάνη. Η λεκάνη αυτή περιστρέφεται με υψηλή ταχύτητα (περίπου 6000 στροφές ανά λεπτό), παράγοντας φυγόκεντρες δυνάμεις 4000 έως 5000 φορές την δύναμη της βαρύτητας. Δεύτερο πιο σημαντικό εξάρτημα αποτελεί η περιοχή εξόδου της κρέμας και του άπαχου γάλακτος. Κατά την αποσυναρμολόγηση του κορυφολόγου το κομμάτι εκείνο από το οποίο εξέρχεται το άπαχο γάλα, είναι αυτό με το φαρδύτερο κανάλι ενώ αντίθετα το κομμάτι με το στενότερο κανάλι είναι αυτό από το οποίο βγαίνει η κρέμα. Σύμφωνα με τον ορισμό της αποκορύφωσης κατά την πραγματοποίηση της παράγεται περισσότερο άπαχο γάλα και λιγότερη κρέμα. (Κουρης, 2019) Στους μικρότερους κορυφολόγους τα τμήματα αυτά συναρμολογούνται με μεγάλη ευκολία ενώ στους μεγαλύτερους κορυφολόγους η σύνδεση τους γίνεται με κοχλίες, με βίδες ή με διαφορετικούς συνδετικούς μηχανισμούς. Το τύμπανο το οποίο βρίσκεται στο εσωτερικό του κορυφολόγου αποτελείται από πληθώρα δίσκους (έως και 120). Οι δίσκοι κωνικού σχήματος στοιβάζονται ο ένας επάνω στον άλλον, εγκάρσια στον κατακόρυφο άξονα έχοντας μεταξύ τους απόσταση από 0,4 έως και 2,00 mm. (Goff, Hill, & Ferrer, n.d.). Αποκλειστικά ο τελευταίος δίσκος στην κορυφή του τυμπάνου δεν φέρει οπές. Τα μικρά εξογκώματα τα οποία παρατηρούνται στις επιφάνειες των δίσκων δεν επιτρέπουν να προσκολληθεί ο ένας δίσκος επάνω στον άλλον, βοηθούν ωστόσο στην κίνηση του γάλακτος. Στους μικρότερους κορυφολόγους, το τύμπανο αποτελείται από δύο (2) τύπους δίσκων: τον δίσκο τύπου Α και τον δίσκο τύπου Β. Στους δίσκους τύπου Α οι οποίοι στο σύνολο είναι (6), τα ανοίγματα κίνησης του γάλακτος είναι στο μέσον των εξογκωμάτων

των δίσκων ενώ στους δίσκους τύπου Β όπου και αυτών το άθροισμα ισούται με (6), τα ανοίγματα κίνησης του γάλακτος είναι δίπλα στα εξογκώματα αυτά.



Εικόνα 14. Δίσκοι που περιέχονται στο εσωτερικό του τυμπάνου του κορυφολόγου και φέρουν οπές(Κουρης, 2019)

Κάθε δίσκος αποτελείται από τρεις (3) οπές. Μερικά από τα χαρακτηριστικά των οπών είναι τα εξής:

- 1) Κάθε οπή απέχει την ίδια απόσταση από την διπλανή της οπή.
- 2) Και οι 3 οπές απέχουν εξίσου από τον νοητό κατακόρυφο άξονα περιστροφής. (Κουρης, 2019)

Η μέθοδος διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα πραγματοποιείται με την ακόλουθη σειρά ως εξής:

1. Αρχικά το γάλα εισέρχεται στον περιέκτη εισόδου
2. Στην συνέχεια το γάλα καταφθάνει στο τύμπανο. Τα κενά μεταξύ των δίσκων επιτρέπουν την είσοδο του γάλακτος στο τύμπανο μέσω των οπών
3. Μέσα στο τύμπανο, τα γάλα φυγοκεντρείται.

Η περιστροφική κίνηση του τυμπάνου δημιουργεί την φυγόκεντρο δύναμη. Η μέγιστη ταχύτητα αυτής της φυγόκεντρης δύναμης είναι 150 ή ακόμη και 200 περιστροφές ανά δευτερόλεπτο. (Κουρης, 2019)

### **Ο τρόπος κατά τον οποίον το περιστρεφόμενο τύμπανο διαχωρίζει την κρέμα από το**

**γάλα**

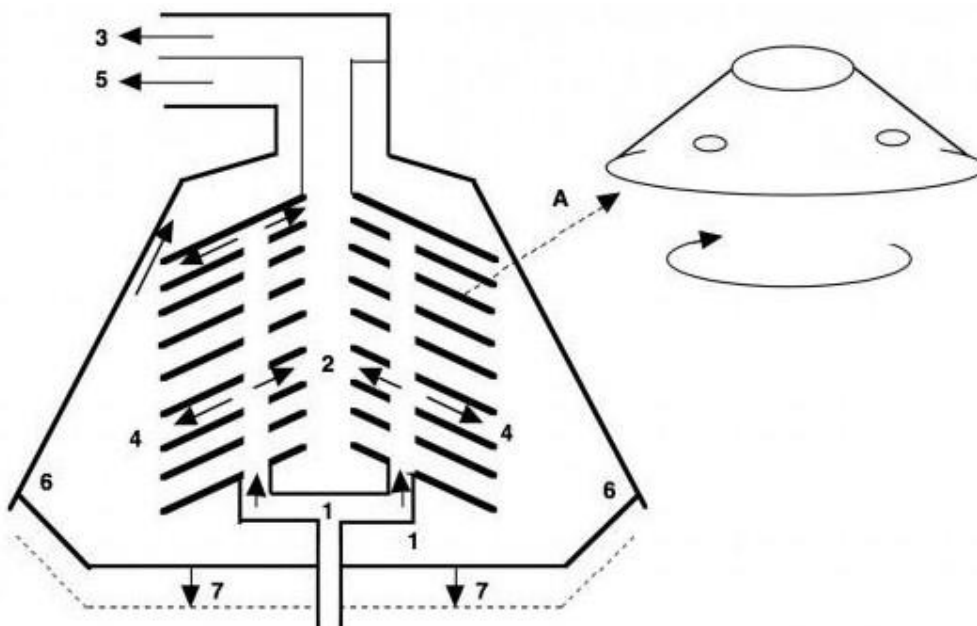


Εικόνα 15. Απεικόνιση του προσανατολισμού των λιποσφαιρίων κατά την αποκορύφωση(Κουρης, 2019)



Κατά την περιστροφική κίνηση των δίσκων, τα λιποσφαιρία του γάλακτος οδηγούνται από την φυγόκεντρο δύναμη προς το κέντρο του κατακόρυφου άξονα περιστροφής. Ένας ακόμη λόγος ο οποίος δικαιολογεί τον προσανατολισμό των λιποσφαιρίων του γάλακτος είναι η διαφορά πυκνότητας μεταξύ αυτών και του άπαχου γάλακτος. Με την σειρά του, το γάλα χωρίς λιπαρά απομακρύνεται από τον κατακόρυφο άξονα περιστροφής και κινείται καθοδικά προς τα εξωτερικά άκρα των περιστρεφόμενων δίσκων. Το αποτέλεσμα είναι ότι η κρέμα αναγκάζεται να απομακρυνθεί από το κέντρο του τυμπάνου προς ένα άνοιγμα. Η έξοδος αυτή βρίσκεται μεταξύ του δίσκου και του εξωτερικού καλύμματος του τυμπάνου. Ύστερα το άπαχο γάλα εξέρχεται από την έξοδο του καλύμματος του τυμπάνου αφού πρώτα προηγήθηκε η ανοδική κίνηση του στο φάσμα μεταξύ του εξωτερικού άκρου των δίσκων και του καλύμματος του τυμπάνου, καταλήγοντας πριν την έξοδο του κάτω από τον ανώτερο δίσκο του. (Κουρης, 2019)

Η παραπάνω διαδικασία που περιεγράφηκε καθώς και τα σημεία εκείνα από τα οποία περνά τόσο το άπαχο γάλα όσο και η κρέμα προκειμένου να εξέλθουν τελικά από διαφορετικές εξόδους και να διαχωριστούν, απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα:



**Σχήμα 2.** Σχηματική αναπαράσταση της φυγόκεντρικής αποκορύφωσης του γάλακτος στο εσωτερικό του κορυφολόγου (Goff et al., n.d.)

1. Το γάλα περιχύνεται στο δοχείο εισόδου
2. Τα σφαιρίδια λίπους του γάλακτος κινούνται προς το κέντρο του κατακόρυφου άξονα περιστροφής του τυμπάνου

3. Άνοιγμα εξόδου κρέμας
4. Το αποβουτυρωμένο γάλα απομακρύνεται από το κέντρο του άξονα περιστροφής. Κινείται προς τα εξωτερικά άκρα των κωνικών δίσκων
5. Άνοιγμα εξόδου άπαχου γάλακτος
6. Συλλογή ξένων υλών (τρίχες από το ζώο, ακαθαρσίες κ.α.)
7. Απελευθέρωση υλών

(Goff et al., n.d.)

Το νωπό γάλα διαθέτει πολλά ξένα συστατικά. Μερικά από αυτά είναι άχυρο, τρίχες από το ζώο, ακαθαρσίες κλπ. Η αθροιστική ποσότητα των υλών αυτών ποικίλλει. Οι ξένες αυτές ύλες οι οποίες αποκαλούνται διαφορετικά ως ίζημα, εντοπίζονται περιφερειακά στις άκρες των δίσκων περιστροφής. Σε προγενέστερους τύπους κορυφολόγων, το μηχάνημα έπρεπε να αποσυναρμολογηθεί προκειμένου να αφαιρεθεί το ίζημα. (Κουρης, 2019) Οι σύγχρονοι κορυφολόγοι γάλακτος διαθέτουν μία αυτοματοποιημένη τεχνολογία αυτοκαθαρισμού η οποία απομακρύνει το ίζημα σε μία περιοχή κοντά στις άκρες των δίσκων περιστροφής. Εάν όμως τα υπολείμματα αυτά συσσωρευτούν για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα στην περιοχή αυτή, θα παρεμποδιστεί η διέλευση του αποβουτυρωμένου γάλακτος από εκείνο το σημείο και τελικά θα επηρεαστεί αρνητικά η όλη διαδικασία διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα. Στην περίπτωση αυτή, για την αποφυγή της μη ομαλής λειτουργίας της διαδικασίας του διαχωρισμού, χρησιμοποιείται ο αυτοκαθαριζόμενος διαχωριστής. Στηρίζεται στην εφαρμογή ενός αυτόματου συστήματος καθαρισμού το οποίο απομακρύνει αυτόματα τα υπολείμματα χωρίς να επηρεάζει την λειτουργία του διαχωριστή. Στα περιφερειακά άκρα της λεκάνης του διαχωριστή, υπάρχουν σχισμές. Οι οπές αυτές ανοίγουν ανά τακτά χρονικά διαστήματα όταν ανοίγει η στρόφιγγα, επιτρέποντας στον πυθμένα της λεκάνης να πέσει αφού πρώτα έχει αδειάσει η δεξαμενή. Κατά αυτόν τον τρόπο, το ίζημα καταλήγει λόγω εξωτερικών πιέσεων στην λεκάνη. Έπειτα, η βαλβίδα κλείνει για να γεμίσει η δεξαμενή και να κλείσουν οι οπές. Η ποσότητα του ιζήματος, ο διαθέσιμος χώρος στη λεκάνη διαχωρισμού και η κατάσταση του γάλακτος επηρεάζουν το πόσο γρήγορα και συχνά επαναλαμβάνεται η διαδικασία. (“Construction of Cream Separators,” 2012)

### 3.3. Λοιπές μέθοδοι που εφαρμόζονται για τον διαχωρισμό της κρέμας από το γάλα

A) Ο γρήγορος διαχωρισμός της κρέμας από το γάλα με τη χρήση υπερηχητικών κυμάτων περιεγράφηκε πρόσφατα ως μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική μέθοδος. Τα υπερηχητικά κύματα είναι δονήσεις με συγκεκριμένη συχνότητα(ρυθμό δόνησης) που διαπερνούν ένα υλικό, όπως είναι ο αέρας, το υγρό ή το στερεό. (Ashokkumar, 2023) Όσο πιο γρήγορα δονηθεί ένας ήχος, τόσο πιο υψηλός θα φαίνεται στο ανθρώπινο αυτί. Την ανθρώπινη δυνατότητα ακοής η οποία μπορεί να φτάσει μέχρι 16 kHz, ξεπερνούν τα υπερηχητικά κύματα, τα οποία δονούνται σε υψηλότερη συχνότητα.(M.D & Capote, 2007) Οι μεγάλης κλίμακας εφαρμογές του διαχωρισμού με υπερήχους έχουν γίνει εφικτές μόλις πρόσφατα, τα τελευταία δέκα χρόνια, λόγω της βελτίωσης των μετατροπέων υπερήχων που μπορούν να παράγουν υπερήχους υψηλής συχνότητας σε υψηλή ισχύ.

Οι επιστήμονες Miles, Morley,Hudson και Mackey το 1955 ήταν από τους πρώτους που κατέδειξαν την ικανότητα των υπερηχητικών κυμάτων να χειρίζονται τα λιποσφαιρίδια που υπάρχουν στο γάλα. Γενικότερα η συγκεκριμένη μέθοδος διαχωρισμού του λίπους από το γάλα σε δοχείο κλίμακας λίτρου, περιλαμβάνει ένα μείγμα λειτουργικών ρυθμίσεων και διαμόρφωσης του εξοπλισμού. Ακολουθεί ένα γενικό περίγραμμα της διαδικασίας που θα συμβάλλει στην πιο εύκολη διεκπεραίωση της:

#### **Ρύθμιση Βασικού Εξοπλισμού**

##### 1. Δοχείο Υπερήχων

Θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την διεκπεραίωση τη διαδικασίας, ένα δοχείο κλίμακας λίτρου που διαθέτει αισθητήρες οι οποίοι μπορούν να καταγράψουν υπερηχητικά κύματα. Το δοχείο θα πρέπει να μπορεί να μεταβιβάζει αποτελεσματικά τα υπερηχητικά κύματα στο γάλα.

##### 2. Έλεγχος θερμοκρασίας

Το γάλα καθ' όλη την διάρκεια της διαδικασίας θα πρέπει να διατηρείται στην κατάλληλη θερμοκρασία προκειμένου να αποφευχθούν οι αρνητικές επιπτώσεις στην σταθερότητα των σφαιριδίων του λίπους. Γενικότερα, η διατήρηση του

γάλακτος σε κρύο περιβάλλον συμβάλλει στην βελτίωση της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας εκχύλισης του λίπους.

### 3. Παροχή ρεύματος

Απαραίτητο για την αποκορύφωση του γάλακτος με συσκευή υπερήχων σε δοχείο κλίμακας λίτρου, είναι το δοχείο υπερήχων να συνδεθεί σε μια πηγή ενέργειας που μπορεί να παράγει την απαραίτητη ισχύ υπερήχων. Για να ρυθμιστεί η ένταση του υπερηχητικού κύματος, θα πρέπει το ίδιο το τροφοδοτικό να είναι ρυθμιζόμενο.

### 4. Διάγραμμα ροής

Για να διασφαλιστεί ότι το γάλα εκτίθεται ομοιόμορφα στα υπερηχητικά κύματα, είναι σημαντικό να δημιουργηθεί ένα διάγραμμα ρυθμιζόμενης ροής. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με μία αντλία ή οποιαδήποτε άλλη κατάλληλη συσκευή.

### 5. Προσαρμογή των ρυθμίσεων της συσκευής υπερήχου

Με βάση της ιδιότητες του γάλακτος και το επίπεδο απόδοσης διαχωρισμού που θέλει η κάθε γαλακτοβιομηχανία να επιτύχει, θα πρέπει να ρυθμιστούν κατάλληλα η θερμοκρασία, ο ρυθμός ροής και η ισχύς των υπερήχων.

## **Παράμετροι Ομαλής Λειτουργίας της συσκευής Υπερήχων**

### **1. Συχνότητα**

Πρέπει να επιλεγεί η σωστή συχνότητα υπερήχων για τον διαχωρισμό του λίπους στο γάλα. Το συνηθισμένο εύρος συχνοτήτων για αυτό τον σκοπό κυμαίνεται από 20 kHz και άνω. Η επιλογή αυτή καθορίζεται από παραμέτρους όπως είναι η σταθερότητα και το μέγεθος των σφαιριδίων λίπους.

### **2. Επίπεδο Ισχύος**

Όσο πιο πολύ αυξάνονται τα επίπεδα ισχύος της συσκευής, τόσο μεγαλύτερη θερμότητα παράγεται με αποτέλεσμα να βελτιώνεται ταυτόχρονα η απόδοση του διαχωρισμού.

### **3. Χρόνος έκθεσης του γάλακτος στα υπερηχητικά κύματα**

Θα πρέπει να βρεθεί και να ρυθμιστεί ένας συγκεκριμένος χρόνος έκθεσης ο οποίος θα είναι κατάλληλος. Οι παρατεταμένοι χρόνοι έκθεσης θα μπορούσαν να βελτιώσουν το διαχωρισμό ωστόσο εάν γίνει υπερέκθεση του γάλακτος στα υπερηχητικά κύματα, αυτό θα μπορούσε να υποβαθμίσει την ποιότητά του.

### **4. Βελτιστοποίηση**

Είναι σημαντικό να υπάρχει συστηματική βελτιστοποίηση των λειτουργικών παραμέτρων με βάση τα αποτελέσματα της κάθε πειραματικής άσκησης που πραγματοποιείται. Η διαδικασία αυτή μπορεί να περιλαμβάνει την ταυτόχρονη προσαρμογή αρκετών παραμέτρων έως ότου βρεθεί ο πιο αποτελεσματικός συνδυασμός.

### **5. Έλεγχος ποιότητας**

Θα πρέπει να διασφαλίζεται η ποιότητα όλων των συστατικών του γάλακτος συμπεριλαμβανομένου πρώτου και κύριου του ίδιου του γάλακτος. Θα πρέπει για την διεκπεραίωση της διαδικασίας, να χρησιμοποιηθεί φυσικό πλήρες γάλα το οποίο θα έχει συντηρηθεί σωστά. Ακόμα θα πρέπει να ελεγχθεί πριν την έναρξη της διαδικασίας ότι το γάλα είναι στην κατάλληλη θερμοκρασία σύμφωνα με την θερμοκρασία που απαιτείται για να ξεκινήσει ο διαχωρισμός. Τέλος για τον περαιτέρω καθαρισμό των διαχωρισμένων συστατικών είναι σημαντικό να ελεγχθούν επιπλέον διεργασίες μετεπεξεργασίας που μπορεί να απαιτούνται, όπως είναι η διαύγαση και η διήθηση.

## **Υλικά και Εξοπλισμός**

- Συσκευή υπερηχητικών κυμάτων ενός λίτρου
- Φρέσκο γάλα
- Δοχείο
- Χωνί
- Πανί τυριού ή σουρωτήρι με λεπτό πλέγμα
- Ράβδος ανάδευσης ή κουτάλι



**Σχήμα 3.** Περιγραφή μεθόδου αποκορύφωσης του γάλακτος με συσκευή υπερηχητικών κυμάτων

Γενικότερα η αποτελεσματικότητα του διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα με τη χρήση συσκευής υπερηχητικών κυμάτων σε δοχείο κλίμακας λίτρου, μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του μηχανήματος και τα διάφορα χαρακτηριστικά του γάλακτος. Είναι σημαντικό να τηρούνται οι οδηγίες που δίνονται από τον κατασκευαστή της εκάστοτε συσκευής υπερηχητικών κυμάτων, να ρυθμίζονται και να ακολουθούνται κατά κανόνα τόσο οι παράμετροι ρύθμισης της συσκευής που έχουν αναφερθεί παραπάνω όσο και οι παράμετροι οι οποίοι συμβάλλουν στην ομαλή λειτουργία της. Όλα τα παραπάνω θα συμβάλλουν στην αύξηση αποτελεσματικότητας της διαδικασίας του διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα.

B) Άλλη μία μέθοδος η οποία εφαρμόζεται για τον διαχωρισμό της κρέμας από το γάλα, είναι ο διαχωρισμός με μικροδιήθηση.

Η μικροδιήθηση (MF) γενικότερα είναι μια τεχνική διαχωρισμού με μεμβράνες υπό πίεση που συγκρατεί βακτήρια, μικκύλια καζεΐνης, σφαιρίδια λίπους και σωματικά κύτταρα σε γάλα ή ορό γάλακτος χρησιμοποιώντας πορώδεις μεμβράνες με διάμετρο οπών που κυμαίνεται από 0,1  $\mu\text{m}$  έως 10  $\mu\text{m}$  σε χαμηλή πίεση λειτουργίας - μικρότερη από 1 bar. Το γάλα περιλαμβάνει μια ποικιλία σωματιδίων των οποίων τα εύρη κατανομής μεγέθους είναι διακριτά. Αυτά περιλαμβάνουν σφαιρίδια λίπους (15-0,2  $\mu\text{m}$ ), βακτήρια (6-0,2  $\mu\text{m}$ ), σωματικά κύτταρα (15-6  $\mu\text{m}$ ) και μικκύλια καζεΐνης (0,5-0,05  $\mu\text{m}$ ). Τα λιποσφαιρίδια του γάλακτος τα οποία έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από το μέγεθος των πόρων της μεμβράνης συγκρατούνται στην μία πλευρά της μεμβράνης, ενώ το διαπερατό μέρος το οποίο αποτελείται από το υγρό μέρος του γάλακτος πλην τα λιποσφαιρίδια, διαπερνά την μεμβράνη. (Prasad, 2023)

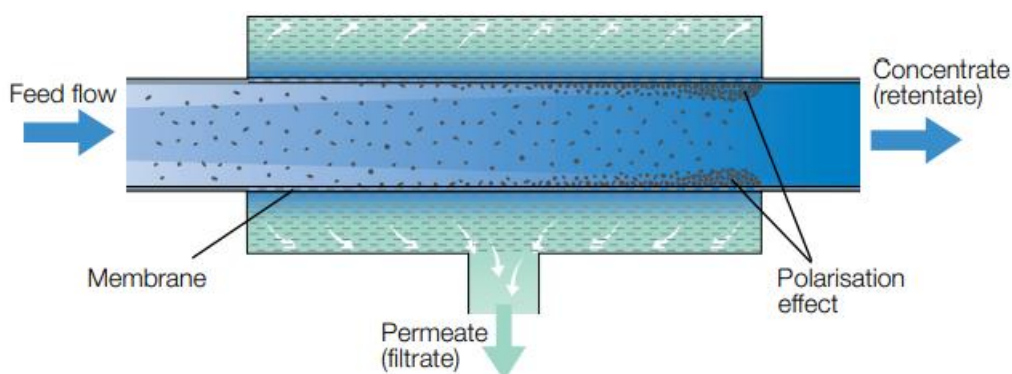
Η μικροδιήθηση ήταν η πρώτη μέθοδος η οποία αναπτύχθηκε εμπορικά και την οποία εισήγαγε ο γνωστός Sartorius-Werke το 1929. Ο αρχικός σκοπός της ήταν η ερευνητική εφαρμογή. Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου αυτό τροποποιήθηκε και η διαδικασία χρησιμοποιήθηκε για τον βακτηριολογικό καθαρισμό πηγών νερού. Μέχρι το 1963, η νιτροκυτταρίνη ή ένας συνδυασμός εστέρων κυτταρίνης ήταν η ουσία που χρησιμοποιούνταν για τη δημιουργία μεμβρανών μικροδιήθησης (Merin & Daufin, 1990) Το γυαλί, τα μέταλλα όπως ο άργυρος και ο ανοξείδωτος χάλυβας και τα κεραμικά υλικά όπως η αλουμίνα, το διοξείδιο του τιτανίου και το οξείδιο του ζirkονίου χρησιμοποιούνται πλέον για την κατασκευή μεμβρανών. Αυτά τα ανόργανα συστατικά έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι σταθερά σε δύσκολες συνθήκες επεξεργασίας, όπως υψηλές θερμοκρασίες, εξαιρετικά υψηλά επίπεδα pH και επαφή με διαλύματα επεξεργασίας τροφίμων που έχουν διαφορετική σύνθεση από το νερό. Όταν πρόκειται για το διαχωρισμό των μικκυλίων καζεΐνης από τις πρωτεΐνες του ορού στο αποβουτυρωμένο γάλα, οι κεραμικές μεμβράνες μικροδιήθησης υπερτερούν έναντι των οργανικών μεμβρανών. (Espina, Jaffrin, Frappart, & Ding, 2010)



Εικόνα 16. Κεραμικές Μεμβράνες Μικροδιήθησης

Στις γαλακτοβιομηχανίες για την εφαρμογή της μικροδιήθησης χρησιμοποιούνται κυρίως σωληνοειδείς μεμβράνες. Οι σωληνοειδείς μεμβράνες δεν επηρεάζονται από υψηλές δόσεις χλωρίου (έως 2000 ppm). Είναι ουσιαστικά κατασκευασμένες από κεραμικό υλικό (εξ ολοκλήρου αλουμίνα, στρώμα μεμβράνης από οξείδιο του ζirkονίου, οξείδιο του τιτανίου ή μείγμα και των δύο οξειδίων που υποστηρίζεται από αλουμίνα). Μπορούν επίσης να λειτουργήσουν σε θερμοκρασίες έως και 350°C και δεν εμφανίζουν κανένα περιορισμό στο pH. Με την τοποθέτηση τουλάχιστον δύο στρωμάτων μεμβράνης επάνω στο υγρό μέσο, η κατανομή μεγέθους των πόρων της η οποία συχνά αναπαρίσταται ως το μέσο μέγεθος των πόρων που αναφέρεται σε  $\mu\text{m}$  - ενισχύεται. (Prasad, 2023)

### Διαδικασία Μικροδιήθησης Γάλακτος



Εικόνα 17. Γενική σχηματική απεικόνιση της ροής ενός υγρού μέσου μέσα από ένα σύστημα μεμβρανών (Pak, 1995b)



Κατά την έναρξη της διαδικασίας μικροδιήθησης του γάλακτος πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε να αποφεύγεται το φράξιμο των πόρων της μεμβράνης. Προκειμένου να μην δημιουργηθούν φυσαλίδες αέρα μεταξύ των πόρων της μεμβράνης, η συσκευή πρέπει πρώτα να καθαριστεί σε ζεστό νερό (50°C) με τις βαλβίδες εξαγωγής να είναι ανοιχτές. Στην συνέχεια ακολουθεί θέρμανση του γάλακτος για 20 λεπτά στους 50°C με στόχο την εξασφάλιση της φυσικοχημικής ισορροπίας του (Saboya & Maubois, 2000) Το είδος γάλακτος το οποίο προτιμάται κυρίως να χρησιμοποιείται είναι είτε το νωπό γάλα, είτε το προ επεξεργασμένο. Για την ομαλή διεκπεραίωση της διαδικασίας είναι σημαντικό πριν την έναρξη της, να εφαρμόζονται διαδικασίες όπως η τυποποίηση με σκοπό την απομάκρυνση μολυσματικών βακτηρίων από το ίδιο το γάλα. Ύστερα θα πρέπει να επιλεγεί από την γαλακτοβιομηχανία το κατάλληλο μέγεθος μεμβράνης μικροδιήθησης, το μέγεθος των πόρων της οποίας επιτρέπει τη ροή του νερού και των στερεών συστατικών του γάλακτος, διατηρώντας παράλληλα τα σφαιρίδια λίπους στη θέση τους. Η επιδιωκόμενη απόδοση διαχωρισμού θα καθορίσει το κατάλληλο μέγεθος πόρων.

Το γάλα καθώς και η κρέμα γάλακτος ρέουν κατά μήκος της μεμβράνης από την είσοδο έως και την έξοδο με ταχύτητα 0,5 έως 20 m/sec, ενώ το αποβουτυρωμένο γάλα διέρχεται από το φίλτρο υπό πτώση πίεσης τουλάχιστον 0,2 kp/cm (kilopond/cm). Το μεγαλύτερο μέρος του προϊόντος το οποίο είναι πλούσιο σε κρέμα, επιστρέφει στην είσοδο της μεμβράνης. Με αυτόν τον τρόπο μειώνονται οι πιθανότητες απόφραξης των πόρων της μεμβράνης και η αδυναμία λειτουργίας του λόγω προσκόλλησης ενός στρώματος κρέμας πάνω της. Αντίθετα τα σφαιρίδια λίπους συγκρατούνται από την μεμβράνη και δεν την διαπερνούν.

Το αποβουτυρωμένο γάλα που παράγεται με αυτή τη διαδικασία θα είναι ως επί το πλείστον απαλλαγμένο από μικρόβια, δεδομένου ότι τα σφαιρίδια λίπους και οι μικροοργανισμοί του γάλακτος έχουν το ίδιο μέγεθος. Η δράση αυτή ενισχύεται από το λεπτότερο μέγεθος πόρων της μεμβράνης. Δεν κρίνεται απαραίτητη η θερμική αποστείρωση του αποβουτυρωμένου γάλακτος, αφού θα είναι εντελώς απαλλαγμένο από βακτήρια μόλις το φιλτράρισμα των σφαιριδίων λίπους είναι επιθυμητό. Το στάδιο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, δεδομένου ότι το βράσιμο του αποβουτυρωμένου γάλακτος καταστρέφει τις πρωτεΐνες και μπορεί να αλλοιώσει τη γεύση του. Ακόμη με την εφαρμογή της μικροδιήθησης για το διαχωρισμό της κρέμας από το γάλα, οι καταναλωτές

και οι ιδιοκτήτες καταστημάτων τροφίμων και ποτών, μπορούν να αυξήσουν τη διάρκεια ζωής των συμβατικών υγρών γαλακτοκομικών προϊόντων από τις τρέχουσες 14 έως 21 ημέρες σε 60 ημέρες, μειώνοντας έτσι τη σπατάλη τροφίμων.

Η μικροδιήθηση (MF) έχει αναδειχθεί ως βιομηχανική τεχνολογία διαχωρισμού στην γαλακτοβιομηχανία για την απομάκρυνση βακτηρίων και την απομάκρυνση λίπους (απολίπανση) από τον ορό του γάλακτος, ενώ στην τυροκομία έχει διακριθεί για τον εμπλουτισμό της μυκηλλιακής καζεΐνης. Εκτός από τον διαχωρισμό της κρέμας από το γάλα η οποία θα αναλυθεί παρακάτω, έχουν μελετηθεί πολλές εφαρμογές της μικροδιήθησης όπως είναι ο επιλεκτικός διαχωρισμός σωματικών κυττάρων από το νωπό πλήρες γάλα, η κλασματοποίηση των πρωτεϊνών του ορού γάλακτος, η παραγωγή βουτύρου καθώς και ο διαχωρισμός του λίπους από το γάλα με σκοπό να παραχθούν γαλακτοκομικά προϊόντα με χαμηλά λιπαρά. (Prasad, 2023)

Γ) Η βακτηριοκαθαρισμός είναι μια ακόμη μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί της μεθόδου μικροδιήθησης του γάλακτος. Χρησιμοποιώντας ειδικούς φυγοκεντρικούς διαχωριστές, το γάλα φυγοκεντρείται στους 73°C προκειμένου να απομακρυνθούν οι μικροοργανισμοί και μια μικρή ποσότητα αποβουτυρωμένου γάλακτος που είναι ελαφρώς βαρύτερη από το γάλα. Τα σπόρια που βρίσκονται στο γάλα εξαλείφονται επίσης ως συνέπεια του βακτηριοκαθαρισμού. (Walstra P, Geurts T.J, Noomen A, Jellema A, & Van Boeckel M.A.J.S., 1999) Φυσικά, υπάρχει σημαντικό ενεργειακό κόστος που σχετίζεται με αυτή τη διαδικασία και ο συνολικός αριθμός των σπορίων μειώνεται κατά 90-95%. (Guerra, Jonsson, Rasmussen, Waagner Nielsen, & Edelsten, 1997)

### 3.4. Διαχωρισμός της κρέμας από κρύο γάλα έναντι ζεστού γάλακτος

Η κρέμα μπορεί να διαχωριστεί από το γάλα είτε αυτό είναι ζεστό είτε κρύο. Ενώ η κρύα μέθοδος προτιμάται και εφαρμόζεται εδώ και καιρό σε διάφορες περιοχές του κόσμου, ο διαχωρισμός της κρέμας από ζεστό γάλα είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος.

Παρόλο που ο διαχωρισμός του κρύου γάλακτος γίνεται συνήθως σε θερμοκρασίες γύρω στους 10°C ή χαμηλότερα, ο διαχωρισμός του ζεστού γάλακτος γίνεται περίπου στους 50°C. Οι γαλακτοβιομηχανίες προτιμούν ορισμένες φορές να χρησιμοποιούν για την διαδικασία του διαχωρισμού ζεστό γάλα, καθώς διέρχεται από τον διαχωριστή με μεγαλύτερη ταχύτητα λόγω του μικρότερου ιξώδους του. Αυτό οδηγεί στο

να παράγονται μεγαλύτερες ποσότητες. Ωστόσο η διαδικασία διαχωρισμού της κρέμας από κρύο γάλα, παρουσιάζει διαφορετικά οφέλη. Κατά την διάρκεια αυτής, μπορεί να παρατηρηθεί επέκταση του χρονικού διαστήματος λειτουργίας της παραγωγής μειώνοντας κατά αυτόν τον τρόπο τις πιθανότητες να προκληθεί κάποια ρύπανση όπως δημιουργείται από την θερμότητα σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Επίσης, μειώνει την πιθανή ανάπτυξη θερμοφίλων βακτηρίων, τα οποία είναι ικανά να επιβιώνουν σε υψηλές θερμοκρασίες. Αυτό οδηγεί στην αύξηση της ποιότητας από μικροβιολογική άποψη του γάλακτος και των προϊόντων που θα παραχθούν σε μεταγενέστερη φάση από αυτό. Ένα ακόμη σημαντικό όφελος που προκύπτει από την διαδικασία διαχωρισμού του ψυχρού γάλακτος είναι η συχνότητα καθαρισμού του μηχανήματος. Συνήθως πρέπει να καθαρίζεται μία φορά την ημέρα σε αντίθεση με την διαδικασία διαχωρισμού του ζεστού γάλακτος όπου απαιτείται καθαρισμός συχνότερα. Η μικρή επί το πλείστον συχνότητα καθαρισμού οδηγεί στην εξοικονόμηση χρόνου, ενέργειας καθώς και στην εξοικονόμηση κεφαλαίου λόγω των μειωμένων πόρων που χρησιμοποιούνται.

Εκτός όμως από τα οφέλη που παρουσιάζει, υπάρχουν ορισμένοι παράμετροι που δημιουργούν αμφιβολίες για την αποτελεσματικότητα της μεθόδου. Η απόδοση της διαδικασίας διαχωρισμού της κρέμας από κρύο γάλα είναι μικρότερη έναντι της απόδοσης διαχωρισμού της κρέμας από ζεστό γάλα. Επιπλέον η χωρητικότητα ενός διαχωριστή που χρησιμοποιεί κρύο γάλα, είναι μικρότερη από εκείνη ενός αντίστοιχου διαχωριστή που χρησιμοποιεί ζεστό γάλα. Τέλος ως προς την επίδραση της θερμοκρασίας έχει βρεθεί ότι η αύξηση της συνεπάγεται οριακή αύξηση του ποσοστού λίπους της κρέμας.

Ο διαχωρισμός του κρύου γάλακτος, σε αντίθεση με τον διαχωρισμό του ζεστού γάλακτος, είναι ένα ξεχωριστό στάδιο επεξεργασίας το οποίο πραγματοποιείται σε χαμηλότερη θερμοκρασία και συχνά συνδυάζεται με την διαδικασία τυποποίησης του λίπους. Σε κάθε περίπτωση σε μεταγενέστερα στάδια της γραμμής παραγωγής τόσο το αποβουτυρωμένο γάλα όσο και η κρέμα θα πρέπει να παστεριωθούν ή να υποστούν κατάλληλη θερμική επεξεργασία.

Από το 1953 έχουν γίνει αρκετά πειράματα για τον αποτελεσματικό διαχωρισμό της κρέμας από κρύο γάλα. Παρατηρήθηκε ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις κρέμας μπορούν να αντιμετωπιστούν μόνο με ερμητικούς ή αεροστεγείς διαχωριστές οι οποίοι εμποδίζουν την είσοδο αέρα κατά την διαδικασία διαχωρισμού. Η παρουσία αέρα έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση ποιότητας της κρέμας. Έτσι για να διασφαλιστεί η ποιότητα της,

απαιτείται να χρησιμοποιούνται αεροστεγείς μηχανήματα και η διαδικασία διαχωρισμού της κρέμας από ψυχρό γάλα, να πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες 10°C ή και χαμηλότερα. Ένα από τα προϊόντα το οποίο προτιμάται να παράγεται ύστερα από την διαδικασία διαχωρισμού του ψυχρού γάλακτος, είναι τα παρασκευάσματα σε σκόνη για βρέφη.

Παρ'όλες τις πληροφορίες που δόθηκαν παραπάνω τόσο για την διαδικασία διαχωρισμού της κρέμας από ζεστό γάλα όσο και για την διαδικασία διαχωρισμού της κρέμας από κρύο γάλα, συνεχίζει να αποτελεί μέχρι και σήμερα ένα μεγάλο ερώτημα το πότε θα πρέπει να χρησιμοποιείται η μία διαδικασία και πότε η άλλη. Οι γαλακτοβιομηχανίες και έμπειροι ειδικοί, συνιστούν ως καλύτερη λύση την συνεννόηση πρωτίστως με τον καθένα εκάστοτε πελάτη. Η επιλογή ωστόσο μπορεί να εξαρτηθεί και από τις ιδιότητες που επιθυμείται να έχει το τελικό προϊόν. Επομένως σε ευρύτερο πλαίσιο είναι σημαντικό για την λήψη απόφασης επιλογής της μεθόδου να λαμβάνονται υπόψιν και να αξιολογούνται όλοι οι παράμετροι εκείνοι που αφορούν τις προτιμήσεις του αγοραστικού κοινού, τις ιδιότητες-χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος και τέλος τον βαθμό στον οποίο οι γαλακτοβιομηχανίες μπορούν να υποστηρίξουν την κάθε μία μέθοδο. Είναι ζωτικής σημασίας οι γαλακτοβιομηχανίες να διαθέτουν τον απαραίτητο εξοπλισμό και εγκαταστάσεις για την αποτελεσματική διεκπεραίωση της διαδικασίας. (“Why Cold Milk Separation Is Hot Again,” n.d.)

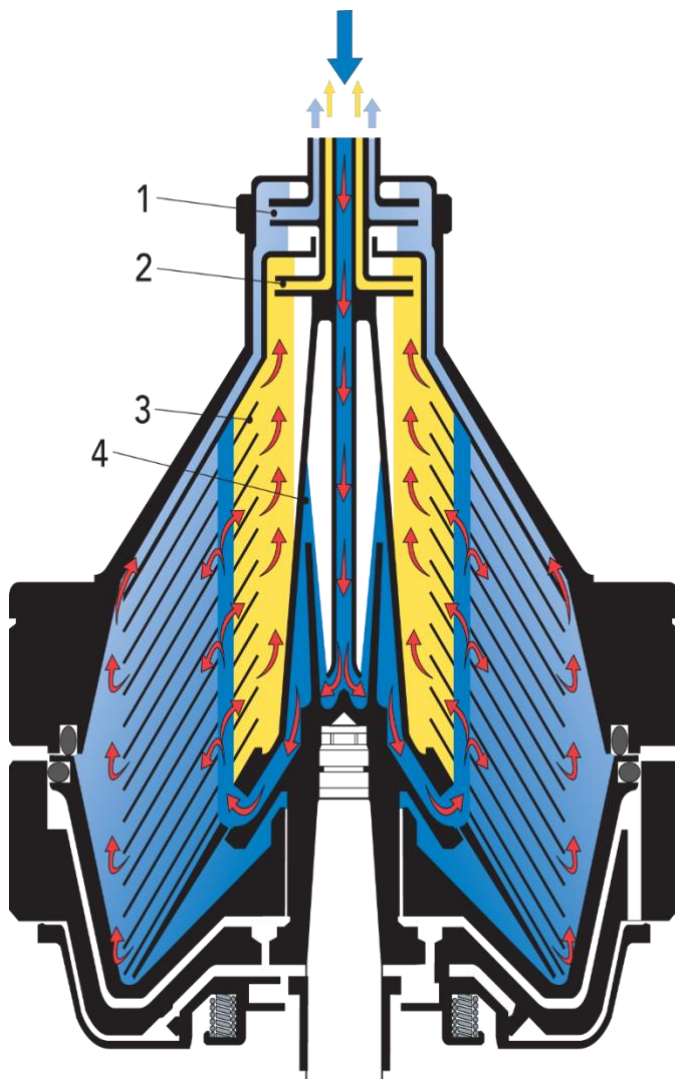
### 3.5. Τύποι διαχωριστών της κρέμας από το γάλα στην γαλακτοβιομηχανία

Στις Γαλακτοβιομηχανίες, υπάρχουν διάφορες κατηγορίες μηχανημάτων διαχωριστών κρέμας. Ο σχεδιασμός και οι συνθήκες χρήσης τους έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην απόδοσή τους.

Οι δύο πιο θεμελιώδεις τύποι κορυφολόγων που σχετίζονται με τον τρόπο λειτουργίας τους, είναι οι: α) Χειροκίνητοι και β) Ηλεκτροκίνητοι. Οι ηλεκτροκίνητοι κορυφολόγοι διαχωρίζονται περαιτέρω σε:

1. Ημιανοικτός διαχωριστής (Semi - open separator)
2. Ερμητικός διαχωριστής ( Hermetic separator)

#### **1. Ημιανοικτός Διαχωριστής**



Στην διπλανή εικόνα απεικονίζεται ένας Ημιανοικτός – αυτοκαθαριζόμενος Διαχωριστής.

1. Θάλαμος απομάκρυνσης αποβουτυρωμένου γάλακτος
2. Θάλαμος απομάκρυνσης κρέμας
3. Στοίβα δίσκων
4. Διανομή του γάλακτος προς το τύμπανο του διαχωριστή

Εικόνα 18. Ημιανοικτός Διαχωριστής(Pak, 1995a)

Οι ημιανοικτοί φυγοκεντρικοί διαχωριστές, σε αντίθεση με τις πιο παραδοσιακές παραλλαγές με εκροή υπερχειλίσης, διαθέτουν δίσκους απομάκρυνσης στην έξοδο όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα. Το γάλα τροφοδοτείται στη λεκάνη διαχωρισμού του ημιανοικτού διαχωριστή από μια υποδοχή, συχνά στην κορυφή, μέσω ενός σταθερού αξονικού σωλήνα εισόδου.

Στην συνέχεια επιταχύνεται στην ταχύτητα περιστροφής της λεκάνης όταν φτάνει στον ραβδωτό διαχωριστή (1) πριν μετακινηθεί προς τα κανάλια διαχωρισμού στη στοίβα των δίσκων (2). Υπό την επιρροή της φυγόκεντρου δύναμης, το γάλα εκτινάσσεται προς τα

έξω για να δημιουργηθεί ένας δακτύλιος με κυλινδρική εσωτερική επιφάνεια. Η πίεση του γάλακτος στην επιφάνεια είναι ατμοσφαιρική καθώς έρχεται σε επαφή με τον αέρα που βρίσκεται σε ατμοσφαιρική πίεση. Καθώς αυξάνεται η απόσταση του γάλακτος από τον άξονα περιστροφής η πίεση σταδιακά αυξάνεται μέχρι να φθάσει σε ένα μέγιστο κοντά στο άκρο της λεκάνης. Έπειτα τα βαρύτερα στερεά σωματίδια του γάλακτος αφού μετακινηθούν προς τα έξω, συγκεντρώνονται στον χώρο του ιζήματος. Διαμέσου των καναλιών, η κρέμα κινείται προς τα μέσα προς τον άξονα περιστροφής και κατευθύνεται στο θάλαμο απομάκρυνσης κρέμας (3) από εκεί όπου καταλήγει να εξέρχεται. Το αποβουτυρωμένο γάλα απομακρύνεται από τη στοιβία των κωνικών δίσκων στην εξωτερική άκρη και μετακινείται προς τον θάλαμο απομάκρυνσης του αποβουτυρωμένου γάλακτος (4) ο οποίος βρίσκεται μεταξύ του επάνω δίσκου και του καλύμματος της λεκάνης. (Pak Tetra, 1995a)

### Δίσκοι διαχωρισμού κρέμας από το γάλα



Εικόνα 19. Δίσκοι απομάκρυνσης της κρέμας(Pak, 1995a)

Στον ημιανοικτό διαχωριστή η εκροή της κρέμας και του αποβουτυρωμένου γάλακτος πραγματοποιείται από ειδικές συσκευές, τους λεγόμενους δίσκους απομάκρυνσης της κρέμας από το γάλα, εκ των οποίων ο ένας απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα. Εξαιτίας αυτού του σχεδιασμού εκροής της κρέμας και του αποβουτυρωμένου γάλακτος, οι ημιανοικτοί διαχωριστές είναι ευρέως γνωστοί ως διαχωριστές των οποίων η μέθοδος βασίζεται στους δίσκους απομάκρυνσης. Οι σταθεροί δίσκοι απομάκρυνσης αφαιρούν διαρκώς μία καθορισμένη ποσότητα γάλακτος με εμβάπτιση των άκρων τους στις περιστρεφόμενες στήλες υγρών. Στο δίσκο διαχωρισμού, η κινητική ενέργεια του περιστρεφόμενου υγρού (γάλα) μετατρέπεται σε πίεση, η οποία είναι πάντα ίση με την πτώση της πίεσης στον κατώτατο αγωγό. Η στάθμη του υγρού στην λεκάνη υποχωρεί όταν αυξάνεται η πίεση προς τα κάτω. Είναι ύψιστης σημασίας οι δίσκοι διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα να καλύπτονται επαρκώς με υγρό (γάλα) προκειμένου να αποφεύγεται ο αερισμός του προϊόντος. (Pak Tetra, 1995a)

### Έλεγχος της περιεκτικότητας της κρέμας σε λιπαρά

Κατά την εκροή της κρέμας υπάρχει μία βαλβίδα η οποία ρυθμίζει την ποσότητα που αποβάλλεται από τους δίσκους απομάκρυνσης της κρέμας από το γάλα. Εάν η βαλβίδα ανοίγει σταδιακά από το σημείο εξόδου της κρέμας, θα απελευθερώνονται μεγαλύτερες ποσότητες κρέμας με χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπος. Συνεπώς διαπιστώνεται ότι ένας συγκεκριμένος ρυθμός εκροής κρέμας, αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο ποσοστό λίπους αυτής. Εάν επιθυμείται κρέμα με 40% περιεκτικότητα σε λιπαρά και το ποσοστό λιπαρών του πλήρους γάλακτος είναι 4%, ο ρυθμός εκροής της κρέμας θα πρέπει να αυξηθεί σε 2 000 l/h. Ο κύριος ρόλος της βαλβίδας είναι να ρυθμίζει την πίεση κατά την έξοδο του αποβουτυρωμένου γάλακτος σε μία συγκεκριμένη τιμή. Στην συνέχεια και καθώς η κρέμα αποβάλλεται από τους δίσκους απομάκρυνσης που διαθέτει ο διαχωριστής, η βαλβίδα ρυθμίζεται έτσι ώστε να παρέχει τον όγκο ροής που απαιτείται για την επίτευξη της επιθυμητής περιεκτικότητας σε λίπος. Οποιαδήποτε τροποποίηση στην ποσότητα εκροής της κρέμας θα συνδυαστεί με μια αντίθετη τροποποίηση στην εκκένωση του αποβουτυρωμένου γάλακτος. Προκειμένου να διατηρηθεί σταθερή πίεση στην έξοδο, ανεξάρτητα από τις μεταβολές του ρυθμού ροής της κρέμας, μια αυτοματοποιημένη μονάδα σταθερής πίεσης εγκαθίσταται στην έξοδο του αποβουτυρωμένου γάλακτος. (Pak Tetra, 1995b)

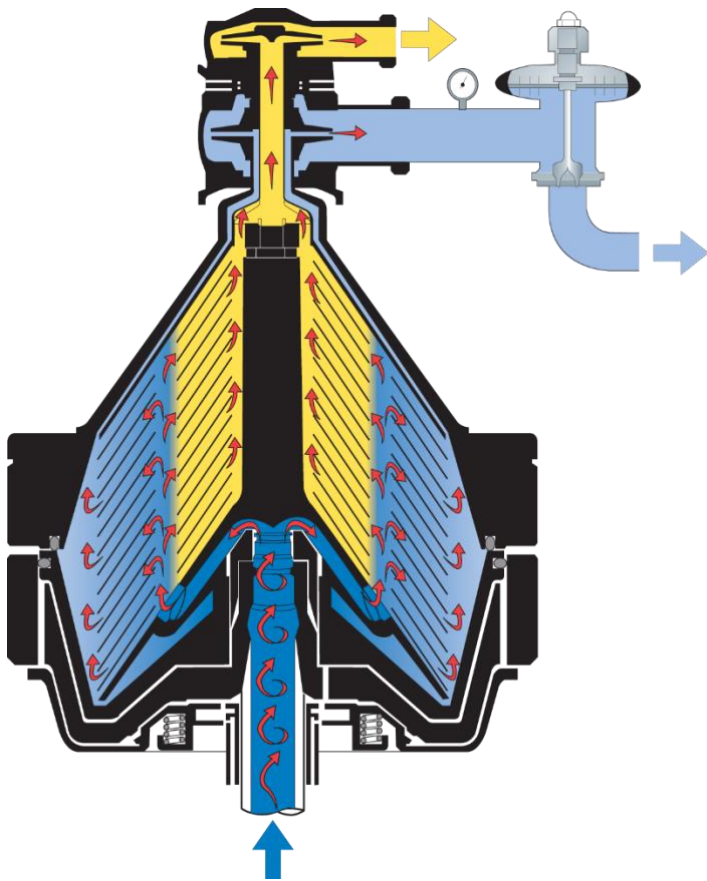
### **Μετρητής ροής κρέμας**

Στους διαχωριστές οι οποίοι διαθέτουν δίσκους διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα, μια βαλβίδα με ενσωματωμένο μετρητή ροής ρυθμίζει την ποσότητα της παραγόμενης κρέμας. Ένας κοχλίας χρησιμοποιείται για την ρύθμιση ανοίγματος της βαλβίδας και από έναν διαβαθμισμένο γυάλινο σωλήνα διέρχεται η κρέμα. Ο σωλήνας περιέχει ένα φλοτέρ το οποίο ανυψώνεται από τη ροή της κρέμας σε ένα σημείο της διαβαθμισμένης κλίμακας που τροποποιείται ανάλογα με την ταχύτητα ροής και το ιξώδες της κρέμας. Είναι πιθανό να πραγματοποιηθεί ρύθμιση του ρυθμού ροής της κρέμας και παράλληλη ρύθμιση της βαλβίδας, με αξιολόγηση της περιεκτικότητας σε λίπος του παρεχόμενου πλήρους γάλακτος και εκτίμηση του όγκου παροχής της κρέμας στην επιθυμητή περιεκτικότητα σε λίπος. Αφού εξεταστεί η περιεκτικότητα της κρέμας σε λίπος, μπορούν να γίνουν ακριβείς ρυθμίσεις. Όταν η περιεκτικότητα της κρέμας σε λίπος είναι ακριβής, ο χειριστής μπορεί να καθορίσει την ένδειξη του φλοτέρ. Οι μεταβολές στην περιεκτικότητα σε λιπαρά του παρεχόμενου πλήρους γάλακτος επηρεάζουν την περιεκτικότητα της κρέμας σε λιπαρά. Χρησιμοποιούνται άλλοι τύποι εξοπλισμού όπως

αυτοματοποιημένα συστήματα γραμμής (automated in line systems) τα οποία μετρούν την περιεκτικότητα της κρέμας σε λίπος σε συνδυασμό με διάφορα συστήματα ελέγχου που διατηρούν το επίπεδο περιεκτικότητας σε λίπος σταθερό.

(Pak Tetra, 1995b)

## 2. Ερμητικός Διαχωριστής



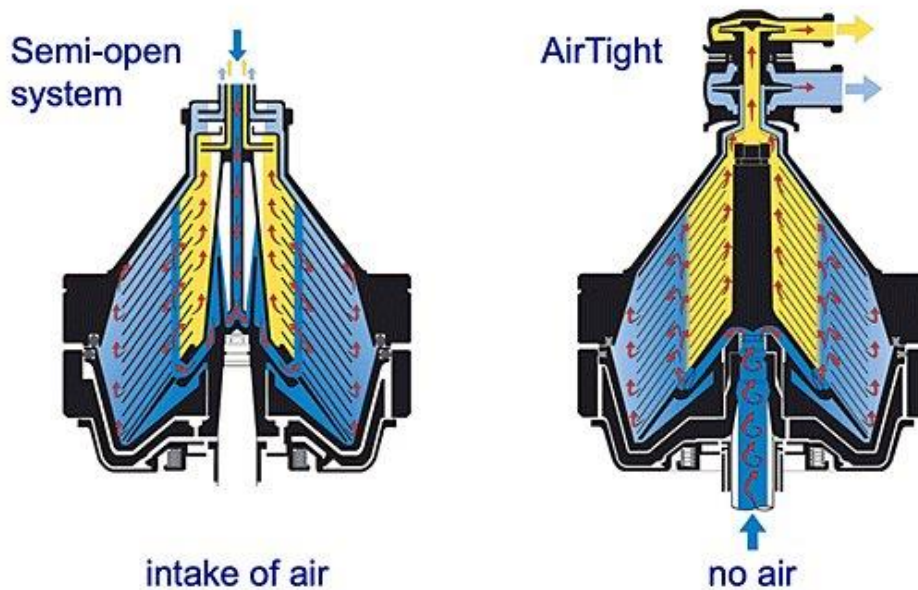
Εικόνα 20. Αυτοματοποιημένη μονάδα σταθερής πίεσης ενός ημιανοικτού διαχωριστή (Pak, 1995a)

Στο διπλανό σχήμα, απεικονίζεται μια αυτοματοποιημένη μονάδα σταθερής πίεσης για έναν ερμητικό διαχωριστή. Η βαλβίδα που απεικονίζεται είναι μια σωληνοειδής βαλβίδα διαφράγματος, με πεπιεσμένο αέρα πάνω από το διάφραγμα που ρυθμίζει την απαιτούμενη πίεση του προϊόντος. Το διάφραγμα επηρεάζεται κατά την διάρκεια της διαδικασίας του διαχωρισμού τόσο από την συνεχή πίεση του αέρα που ασκείται πάνω από αυτό, όσο και από την πίεση που ασκείται στο αποβουτυρωμένο γάλα. Εάν η πίεση στο αποβουτυρωμένο γάλα μειωθεί, το διάφραγμα θα συμπιεστεί με φορά προς τα

κάτω από την προκαθορισμένη πίεση του αέρα. Το πώμα της βαλβίδας, το οποίο είναι προσαρτημένο στο διάφραγμα, θα κινηθεί τότε χαμηλότερα και η ροή θα στενέψει. Η ενέργεια αυτή έχει ως αποτέλεσμα να αυξηθεί η πίεση εκροής του αποβουτυρωμένου γάλακτος στο προκαθορισμένο επίπεδο. Όταν η πίεση του αποβουτυρωμένου γάλακτος



αυξάνεται και επανέρχεται η προκαθορισμένη πίεση, τότε συμβαίνει η αντίστροφη αντίδραση. (Pak Tetra, 1995b)



Εικόνα 21. Απεικόνιση ενός Ημιανοικτού Διαχωριστή και ενός Κλειστού Διαχωριστή ("Five Reasons to Choose an Airtight Separator," n.d.)

Στηριζόμενοι στα χαρακτηριστικά που διαθέτουν ο κάθε ένας διαχωριστής ξεχωριστά, κατά την διαδικασία απομάκρυνσης της κρέμας από το γάλα τείνει να επιλέγεται συχνότερα ο κλειστός διαχωριστής. Παρακάτω παρουσιάζονται ο πιθανοί λόγοι επιλογής του:

Υπάρχει μία σημαντική διαφορά μεταξύ αυτών των δύο (2) μηχανημάτων. Η εξωτερική διάμετρος του δίσκου απομάκρυνσης στο διαχωριστή ο οποίος απαρτίζεται από τους συγκεκριμένους δίσκους, πρέπει να διαπερνά τη στήλη υγρού που περιστρέφεται. Η περιεκτικότητα της κρέμας σε λίπος καθορίζει την απόσταση. Η συγκέντρωση λίπους είναι υψηλότερη στο εσωτερικό. Καθώς η διάμετρος αυξάνεται, η περιεκτικότητα σε λίπος τελικά μειώνεται. Μία κρέμας υψηλής περιεκτικότητας σε λίπος αυξάνει την απόσταση μεταξύ της εσωτερικής, ελεύθερης στάθμης υγρού της κρέμας και της εξωτερικής περιμέτρου του δίσκου απομάκρυνσης. Εάν, για παράδειγμα, πρόκειται να απελευθερωθεί 40% κρέμα, η περιεκτικότητα σε λίπος στο εσωτερικό επίπεδο της κρέμας πρέπει να είναι σημαντικά μεγαλύτερη. Η κρέμα πρέπει να υποστεί συμπύκνωση προκειμένου να εμφανίζει υψηλότερη περιεκτικότητα σε λίπος από την κρέμα που εξέρχεται από τον διαχωριστή. Καθώς τα λιποσφαιρίδια τείνουν να καταστραφούν λόγω αυξημένης τριβής,

τα σφαιρίδια λίπους θα διασπαστούν, προκαλώντας προβλήματα προσκόλλησης και αυξημένη ευαισθησία σε φαινόμενα όπως είναι η οξειδωση και η υδρόλυση.

Στον ερμητικό διαχωριστή η κρέμα αφαιρείται από το κέντρο. Στο σημείο αυτό εμφανίζει την υψηλότερη περιεκτικότητα σε λίπος. Η διαδικασία επομένως συμπύκνωσης της κρέμας θεωρείται μη αναγκαία. Όταν διαχωρίζεται η κρέμα υψηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά από το γάλα, η διαφορά στην αποτελεσματικότητα εκροής της κρέμας σε έναν ερμητικό διαχωριστή και σε έναν διαχωριστή ο οποίος διαθέτει δίσκους απομάκρυνσης, είναι ακόμα πιο έντονη. Σε ποσοστό 72% , το λίπος είναι αρκετά συμπυκνωμένο με αποτέλεσμα τα λιπαρά σωματίδια να έρχονται σε πραγματική τριβή μεταξύ τους. Ένας διαχωριστής που διαθέτει δίσκους απομάκρυνσης, δεν θα μπορούσε να παράγει κρέμα με το προαναφερόμενο ποσοστό λίπους, δεδομένου ότι η κρέμα θα έπρεπε να είναι σημαντικά πυκνή. (Pak Tetra, 1995c) Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του ερμητικού διαχωριστή είναι ότι μπορεί να παράγει υψηλές πιέσεις οι οποίες τον βοηθούν να διαχωρίσει την κρέμα από το γάλα με περιεκτικότητα σε λίπος μεγαλύτερο από 72%. Ο ερμητικός διαχωριστής λόγω της απουσίας αέρα, κρατά μικροβιολογικά ασφαλές το προϊόν μειώνοντας τις πιθανότητες να αλλοιωθεί και να προκληθεί ζημιά στα σφαιρίδια λίπους. Τέλος μία ακόμη παράμετρος η οποία λαμβάνεται υπόψιν κατά την διαδικασία επιλογής ενός ημιανοικτού διαχωριστή και ενός αεροστεγή διαχωριστή για τον διαχωρισμό της κρέμας από το γάλα, είναι το περιβαλλοντικό κόστος. Κατά την χρήση ενός ερμητικά κλειστού διαχωριστή, καταναλώνεται 50% λιγότερη ενέργεια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα και οι Βιομηχανίες να περιορίζουν τις περιττές δαπάνες άρα να εξοικονομούν χρήματα και το περιβάλλον να προστατεύεται. (“Five Reasons to Choose an Airtight Separator,” n.d.)

#### 4. Χαρακτηριστικά των μεθόδων διαχωρισμού με την μέθοδο της βαρύτητας και εφαρμογή της φυγόκεντρου δύναμης

Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά μεθόδου Βαρύτητας και Φυγόκεντρικής μεθόδου

	<b>Μέθοδος Βαρύτητας</b>	<b>Φυγόκεντρική Μέθοδος</b>
Είδος της δύναμης που προκάλεσε το διαχωρισμό	Δύναμη Βαρύτητας	Φυγόκεντρος Δύναμη
Ταχύτητα διαχωρισμού	Αργή	Ταχεία/Άμεση
Ποιότητα της κρέμας και του αποβουτυρωμένου γάλακτος από μικροβιολογικής απόψεως	Χαμηλή	Υψηλή
Ποσοστό λίπους της κρέμας (%)	10 – 25%	18 – 85%
Ποσοστό λίπους αποβουτυρωμένου γάλακτος	Περισσότερο από 0,2%	0,1% ή χαμηλότερα
Ποσοστό αποδοτικότητας	Χαμηλό	Υψηλό
Ποσοστό Λίπους που ανακτάται	Μικρότερο ή ίσο από 90%	99-99,5%

(“ PRINCIPLES AND METHODS OF CREAM SEPARATION,” 2012)

#### 4.1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της διαδικασίας διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα με την μέθοδο της βαρύτητας

Ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα τα οποία βοηθούν στην επιλογή της παραπάνω μεθόδου, είναι ότι πρόκειται για μία αρκετά εύκολη, φθηνή καθώς και μη τοξική διαδικασία η οποία κατά την πραγματοποίησή της δεν χρησιμοποιεί αντιδραστήρια και χημικές ουσίες. Αυτό την καθιστά ιδιαίτερα φιλική προς το περιβάλλον. Ακόμη για την διεξαγωγή της, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σωματίδια των οποίων το μέγεθος και η πυκνότητα ποικίλλουν. Ωστόσο η επιλογή της μεθόδου της Βαρύτητας για την επίτευξη του διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα, είναι μία πολύ αργή και αναποτελεσματική διαδικασία με αποτέλεσμα η μέθοδος αυτή να εφαρμόζεται σπανίως ή και από ορισμένες Βιομηχανίες Γάλακτος να μην επιλέγεται καθόλου. Σε αυτή την περίπτωση προκειμένου να διαχωριστεί η κρέμα από το γάλα, εφαρμόζεται η φυγόκεντρος δύναμη και χρησιμοποιείται ο Κορυφολόγος. (Ma & Barbano, 2000)

#### 4.2. Οφέλη της διαδικασίας διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα με εφαρμογή της φυγόκεντρος δύναμης έναντι της μεθόδου βαρύτητας

Η κρέμα που εξέρχεται από τον διαχωριστή, χρησιμοποιείται μεταγενέστερα στην διαδικασία της ζύμωσης η οποία διεξάγεται με σκοπό να παρασκευαστεί βούτυρο (Κοντογιάννη, 2022). Μερικά από τα υπόλοιπα σημαντικά οφέλη της διαδικασίας διαχωρισμού κατά αυτόν τον τρόπο τα οποία αξίζουν να αναφερθούν, παρουσιάζονται παρακάτω:

- a. Το αποβουτυρωμένο γάλα που εξέρχεται από τον διαχωριστή είναι περισσότερο φρέσκο και άρα πιο ποιοτικό για μεταγενέστερη χρήση του
- b. Η φυγόκεντρος δύναμη απομακρύνει τις ακάθαρτες ξένες ύλες από το γάλα και τις συγκεντρώνει σε ένα τμήμα του διαχωριστή. Ορισμένοι φυγόκεντροι διαχωριστές διαθέτουν βαλβίδα έκπλυσης η οποία κρατά τις ξένες αυτές ύλες (ίζημα) μακριά από το γάλα
- c. Απαιτείται για την πραγματοποίηση της διαδικασίας μικρότερο χρονικό διάστημα και λιγότερος φόρτος εργασίας
- d. Παρέχεται καλύτερη ποιότητα κρέμα και ελαφρύτερη με αποτέλεσμα να εξασφαλίζεται ότι και το βούτυρο το οποίο θα παραχθεί από αυτή, θα είναι το ίδιο ποιοτικό

- e. Κατά τον διαχωρισμό της κρέμας από το γάλα, ένα μικρό ποσοστό από την κρέμα (λιγότερο από 1%) είναι αυτό το οποίο δεν διαχωρίζεται
- f. Η απόδοση του φυγοκεντρικού διαχωρισμού για σωματίδια μεγέθους μεγαλύτερα ή ίσα από 40 microns αγγίζει το ποσοστό 98% . Για σωματίδια μικρότερου μεγέθους (μικρότερα ή ίσα από 44 microns) η απόδοση αυτή είναι ελαφρώς χαμηλότερη. Παρ' όλα αυτά η μέθοδος του φυγοκεντρικού διαχωρισμού παρουσιάζει μεγαλύτερη αποδοτικότητα έναντι της μεθόδου Βαρύτητας (Souvan, 2022)

Ωστόσο παρόλο που πρόκειται για μία ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο και αρκετά αποτελεσματική, οι φυγοκεντρικοί διαχωριστές εμφανίζουν ορισμένους περιορισμούς οι οποίοι δυσχεραίνουν την διαδικασία διαχωρισμού με εφαρμογή της φυγόκεντρου δύναμης. Μερικά από τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν, είναι τα εξής:

- a. Εμφανίζουν υψηλό λειτουργικό κόστος. Οι φυγοκεντρικοί διαχωριστές δηλαδή μπορεί να είναι ακριβοί στη λειτουργία τους, καθώς καταναλώνουν πολλή ενέργεια. Συνεπώς κατά τον διαχωρισμό της κρέμας από το γάλα θα πρέπει η θερμοκρασία να διατηρείται σταθερή καθώς σε θερμότερες θερμοκρασίες δαπανάται περισσότερη ενέργεια , η οποία εκτός από την αύξηση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να προκαλέσει, μπορεί να μειώσει και την μέση διάρκεια ζωής του μηχανήματος.
- b. Οι φυγοκεντρικοί διαχωριστές έχουν έναν σύνθετο σχεδιασμό, γεγονός που μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να δυσκολεύει την συντήρηση και επισκευή τους. Για τον λόγο αυτό συνίσταται να επιλέγεται ένας σχεδιασμός φιλικός προς τον χρήστη ο οποίος θα διασφαλίζει την απλή πραγματοποίηση διεργασιών όπως είναι η συντήρηση του φυγοκεντρικού διαχωριστή και ο καθαρισμός του. Η συντήρηση όπως και ο καθαρισμός θα πρέπει να γίνονται σε τακτική βάση ώστε το μηχάνημα να λειτουργεί σωστά. Ακόμη θα πρέπει να γίνεται από έναν έμπειρο ειδικό ο οποίος θα κατανοεί τις προδιαγραφές του μηχανήματος.
- c. Στις Βιομηχανίες Γάλακτος θα πρέπει να προσέχει ιδιαίτερα το εργατικό προσωπικό και να λαμβάνει τα απαραίτητα μέτρα, καθώς λόγω της λειτουργίας των φυγοκεντρικών διαχωριστών σε υψηλές ταχύτητες μπορεί να δημιουργηθεί μεγάλη θερμότητα, με κίνδυνο να προκληθεί κάποιος τραυματισμός. (Souvan, 2022)

Είναι ακόμη σημαντικό να αναφερθεί ότι παρόλο που ο διαχωρισμός της κρέμας από το γάλα με την μέθοδο της Βαρύτητας χρησιμοποιείται σπανίως, ο διαχωρισμός με βαρύτητα νωπού γάλακτος πριν την παραγωγή τυριού, είναι μέρος μίας παραδοσιακής μεθόδου παρασκευής των τυριών Grana Padano και Parmigiano Reggiano στην Ιταλία και εφαρμόζεται μέχρι και σήμερα. Αυτό το οποίο συμβαίνει πριν την παρασκευή των τυριών, είναι ότι το νωπό γάλα διατηρείται στους 10 με 16 °C για 6 έως 12 ώρες σε ρηχές λεκάνες διαχωρισμού. Αμέσως μόλις επιτευχθεί ο διαχωρισμός του λίπους από το γάλα, το αποβουτυρωμένο νωπό γάλα με περίπου 2% λίπος αφαιρείται από τον πυθμένα της λεκάνης και μεταφέρεται σε ειδικά δοχεία όπου φυλάσσεται το τυρί. Η κρέμα που προκύπτει από τον διαχωρισμό, χρησιμοποιείται μεταγενέστερα για παρασκευή βουτύρου. Σε μεγαλύτερα σύγχρονα τυροκομεία της Ιταλίας η διαδικασία διαχωρισμού της κρέμας από το νωπό γάλα πραγματοποιείται σε κλειστά δοχεία με αισθητήρες, οι οποίοι συμβάλλουν στην παρακολούθηση και ρύθμιση τη διαδικασίας διαχωρισμού. (Ma & Barbano, 2000)

#### 4.3. Τομείς εφαρμογής φυγοκεντρικών διαχωριστών

Οι περισσότερες κατά πλειοψηφία Βιομηχανίες Γάλακτος όπως έχει προαναφερθεί, χρησιμοποιούν φυγοκεντρικούς διαχωριστές προκειμένου να γίνει διαχωρισμός της κρέμας από το γάλα και να προκύψουν δύο (2) προϊόντα: η κρέμα και το αποβουτυρωμένο γάλα. Ωστόσο παρακάτω θα παρουσιαστούν ορισμένες επιπλέον τυπικές χρήσεις αυτών των διαχωριστών.

- **Περιβαλλοντικές διεργασίες:** Οι φυγοκεντρικοί διαχωριστές χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία βιομηχανικών και αστικών λυμάτων σε πολλές διαφορετικές περιβαλλοντικές διεργασίες. Επιπλέον χρησιμοποιούνται σε συχνή βάση για το διαχωρισμό του νερού από τη βιομάζα και την κοπριά των ζώων.
- **Ανακύκλωση:** Ένα από τα κύρια ζητήματα για πολλές εγκαταστάσεις ανακύκλωσης είναι η ρύπανση του νερού. Οι εγκαταστάσεις ανακύκλωσης χρησιμοποιούν αυτούς τους φυγοκεντρικούς διαχωριστές για τις διαδικασίες επεξεργασίας και ανάκτησης. Οι διαχωριστές χρησιμοποιούνται ακόμη σε διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες για την ανακύκλωση του νερού που χρησιμοποιείται.

- **Διαδικασίες που αφορούν χημικά και πλαστικά:** Το νερό χρησιμοποιείται σε πολλά στάδια παραγωγής στη χημική βιομηχανία. Κατά τη διάρκεια των χημικών αντιδράσεων δημιουργούνται πολλά υποπροϊόντα, τα οποία, αν αραιωθούν στο νερό, μπορούν να προκαλέσουν μόλυνση στην παροχή νερού. Τα βιομηχανικά φυγοκεντρικά φίλτρα χρησιμοποιούνται στη διαδικασία για την παραλαβή ενδιάμεσων ή τελικών προϊόντων, αποτρέποντας παράλληλα τη μόλυνση της ροής του νερού. Οι φυγοκεντρικοί διαχωριστές χρησιμοποιούνται επίσης στην κατασκευή πολυμερών όπως είναι τα PP, HDPE και PVC με διάφορους τρόπους. Μία ακόμα διαδικασία όπου είναι εύχρηστοι, είναι στην επεξεργασία ορυκτών και μεταλλευμάτων, καθώς και στους τομείς της βιοτεχνολογίας, της φαρμακευτικής και των μη ορυκτών καυσίμων.
- **Παραγωγή τροφίμων και ποτών:** Στις Βιομηχανίες χρησιμοποιείται αρκετό νερό και παράγονται παραπροϊόντα. Οι φυγοκεντρικοί διαχωριστές μπορεί να είναι χρήσιμοι σε αυτή την περίπτωση. Χρησιμοποιούνται, μεταξύ άλλων, στην παραγωγή χυμών φρούτων και λαχανικών, στην επεξεργασία κρασιού και στην ανάκτηση μη υγρών τροφίμων.
- **Ελαιοχημεία:** Η παρασκευή παραγώγων της ελαιοχημείας έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή παραπροϊόντων τα οποία μπορούν εύκολα να φιλτραριστούν με την χρήση των φυγοκεντρικών διαχωριστών. Οι συγκεκριμένοι διαχωριστές χρησιμοποιούνται επίσης για το ραφινάρισμα των φυτικών ελαίων για ανθρώπινη χρήση. Ωστόσο, δεν συνιστάται η χρήση τους κατά τον εξευγενισμό του ελαιόλαδου.
- **Ορυκτά καύσιμα και έλαια:** Χρησιμοποιούνται βιομηχανικά φυγοκεντρικά φίλτρα γενικότερα για τον καθαρισμό και την ανάκτηση διαφόρων καυσίμων, καθώς και πιο συγκεκριμένα για τον καθαρισμό ορυκτών καυσίμων, ελαίων και διάφορων άλλων υγρών. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό των υδάτων υδροσυλλεκτών καθώς και των λαδιών που προέρχονται από διυλιστήρια ή λιμνοδεξαμενές.
- **Προϊόντα ζωικής προέλευσης:** Η επεξεργασία του κρέατος και των ψαριών οδηγεί σε μια ποικιλία χρήσιμων και όχι και τόσο χρήσιμων παραπροϊόντων. Τα

απόβλητα που παράγονται κατά την προετοιμασία αυτών των δύο προϊόντων, επεξεργάζονται με την βοήθεια των φυγοκεντρικών διαχωριστών.

(Sourav, 2022)

## **5. Συμπεράσματα**

Συνοψίζοντας, γίνεται αντιληπτό ότι η μελέτη αποκορύφωσης του γάλακτος είναι ζωτικής σημασίας και σχεδόν σε όλες τις γαλακτοβιομηχανίες ο διαχωρισμός της κρέμας αποτελεί ένα κρίσιμο στάδιο επεξεργασίας. Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκαν και αναλύθηκαν λεπτομερώς οι μέθοδοι με την βοήθεια των οποίων πραγματοποιείται η αποκορύφωση του γάλακτος, με τις σημαντικότερες αυτών να είναι ο φυσικός διαχωρισμός (μέθοδος της βαρύτητας) και ο φυγοκεντρικός διαχωρισμός. Από τις πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν για την κάθε μέθοδο ξεχωριστά συμπεριλαμβανομένου του τρόπου διεξαγωγής της κάθε μεθόδου, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της και την αναπαράσταση των χαρακτηριστικών της, παρατηρήθηκε, ότι η μέθοδος διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα με εφαρμογή της φυγόκεντρου δύναμης είναι εμφανώς αποτελεσματικότερη από την μέθοδο της βαρύτητας η οποία εφαρμόζεται σε μικρή συχνότητα. Η εφαρμογή της ελλοχεύει ορισμένους κινδύνους ως προς την ομαλή διεκπεραίωση της διαδικασίας, όμως με την πρόσληψη των κατάλληλων μέτρων και την καθοδήγηση έμπειρων ειδικών, ο φυγοκεντρικός διαχωρισμός μπορεί να διατηρήσει την ποιότητα του σε υψηλά επίπεδα,



διασφαλίζοντας παράλληλα την ποιότητα τόσο της κρέμας όσο και του αποβουτυρωμένου γάλακτος που προκύπτουν από την όλη διαδικασία.

Στην συνέχεια εκτός από τις κυριότερες μεθόδους που αναφέρθηκαν παραπάνω, περιεγράφηκαν μέθοδοι μερικές από τις οποίες εφαρμόζονται σπανιότερα στις γαλακτοβιομηχανίες και άλλες σε μεγαλύτερη συχνότητα. Άξιες αναφοράς αποτέλεσαν οι τεχνικές διαχωρισμού της κρέμας από το γάλα με μικροδιήθηση και με την βοήθεια της συσκευής υπερηχητικών κυμάτων. Αρχικά παρατηρήθηκε ότι η αποκορύφωση γάλακτος με μικροδιήθηση παρουσιάζει μεγαλύτερη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα έναντι της μεθόδου αποκορύφωσης με υπερηχητικά κύματα, εξαιτίας της ικανότητας της να διαχωρίζει τα συστατικά του γάλακτος με βάση το μέγεθος τους. Μία σημαντική διαφορά τους η οποία πρόκειται να επηρεάζει και το κριτήριο επιλογής της κάθε μεθόδου, είναι ότι η διαδικασία της μικροδιήθησης εφαρμόζεται κυρίως σε βιομηχανικές διαδικασίες μεγάλης κλίμακας ενώ η τεχνική των υπερήχων κρίνεται κατάλληλη σε διεργασίες μικρότερης κλίμακας ή εργαστηριακές εφαρμογές. Τέλος αποτρεπτικό παράγοντα της εφαρμογής της διαδικασίας μικροδιήθησης σημειώθηκε ότι μπορεί να αποτελέσει η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας προκαλώντας μείζων περιβαλλοντικές επιπτώσεις έναντι της μεθόδου εφαρμογής υπερηχητικών κυμάτων η οποία για την διεξαγωγή της απαιτεί μικρότερα ποσά ενέργειας.

Ωστόσο η επιλογή μίας και μόνο μεθόδου αποτελεί συνδυασμό διαφόρων παραγόντων. Έγινε αντιληπτό ότι η κάθε μέθοδος υπερτερεί αλλά και μειονεκτεί έναντι κάποιας άλλης. Για την πραγματοποίηση της αποκορύφωσής του γάλακτος θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν παράγοντες οι οποίοι θα απαιτούν πολύπλευρη διερεύνηση και θα συμβάλλουν στην απόφαση εφαρμογής της κάθε μεθόδου. Μερικές από τις χαρακτηριστικές παραμέτρους οι οποίες θα πρέπει να διερευνώνται είναι ο απαιτούμενος διαχωρισμός του λίπους από το γάλα που επιθυμείται να πραγματοποιηθεί από την εκάστοτε γαλακτοβιομηχανία, οι ιδιαίτερες συνθήκες (θερμοκρασία, pH) που απαιτεί το προς επεξεργασία γάλα, των οποίων η τήρηση αποτελεί γνώμονα για την σωστή διεκπεραίωση της διαδικασίας διαχωρισμού καθώς και το λειτουργικό κόστος και όχι μόνο της κάθε τεχνικής. Υπάρχουν πρωτόκολλα και κανονισμοί βάση νομοθεσίας που θα πρέπει να τηρεί η κάθε γαλακτοβιομηχανία.

Στηριζόμενοι σε όλα τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι με βάση το τελικό προϊόν που επιθυμείται να παραχθεί ως αποτέλεσμα της διαδικασίας διαχωρισμού της

κρέμας από το γάλα γίνεται και η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου. Κύριος σκοπός είναι καθ' όλη την διάρκεια διεξαγωγής των διεργασιών τόσο η κρέμα (λίπος) που διαχωρίζεται όσο και το αποβουτυρωμένο γάλα να είναι ποιοτικά ασφαλή έτσι ώστε να προκύψουν σε μεταγενέστερο χρόνο γαλακτοκομικά προϊόντα τα οποία διακρίνονται για την υψηλή ποιότητα τους διαθέτοντας τα επιθυμητά χαρακτηριστικά, και διατηρώντας καθ' όλη τη διεξαγωγή της διαδικασίας τις φυσικοχημικές ιδιότητές τους.

## 6. Βιβλιογραφία

- PRINCIPLES AND METHODS OF CREAM SEPARATION. (2012, November 3). Retrieved January 5, 2024, from Indian council of Agricultural Research website: <http://ecoursesonline.iasri.res.in/mod/page/view.php?id=5733>
- Ashokkumar, P. (2023). Ultrasonic Wave. *LinkedIn*.
- Belitz H.-D, G. W. , S. P. (2012). Γαλακτοκομικά Προϊόντα. In *Χημεία Τροφίμων* (4η, pp. 542–551). Αθήνα: Τζιόλα.
- Construction of cream separators. (2012).
- Cooper, M. (2022, March 15). Antique Cream Separator: A Game-Changer for Dairy Farmers.

Dairy Foods List in English. (n.d.).

DeLaval Cream Separator Manual 1940. (n.d.).

Deosarkar S.S., K. C. D. , K. S. D. and S. A. R. (2016). Cream: Types of Cream. In B. Caballero, P. Finglas, & F. Toldrá (Eds.), *Encyclopedia of Food and Health* (Vol. 2, pp. 331–337).

Espina, V., Jaffrin, M. Y., Frappart, M., & Ding, L. H. (2010). Separation of casein from whey proteins by dynamic filtration. *Desalination*, 250(3), 1109–1112. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.09.119>

FACTORS AFFECTING SKIMMING EFFICIENCY AND RICHNESS OF CREAM. (2012). Retrieved January 5, 2024, from Indian council of Agricultural Research website: <http://ecoursesonline.iasri.res.in/mod/resource/view.php?id=5737>

FAO (Food and Agriculture Organization), & World Health Organization (WHO). (2011). CODEX GENERAL STANDARD FOR THE USE OF DAIRY TERMS. In *Milk and milk products* (second, pp. 176–176). Rome.

Five Reasons to choose an Airtight Separator. (n.d.). *Tetra Pak*. Retrieved from <https://www.tetrapak.com/en-gr/insights/cases-articles/airtight-advantages>

Fox, P. F., & McSweeney, P. L. H. (1998). *Dairy chemistry and biochemistry* (first). London: Blackie Academic & Professional.

Fox P. F., Uniacke - Low T., McSweeney P. L. H, & O'mahony J. A. (2016). *Dairy Chemistry and BioChemistry* (second). London: Springer.

Godhia, M., & Patel, N. (2013). Colostrum - Its Composition, Benefits As A Nutraceutical : A Review. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 1(1), 37–47. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.1.1.04>

Goff, H. D., Hill, A., & Ferrer, M. A. (n.d.). Clarification and Cream separation. In *Dairy Science and Technology E-Book*. Pressbooks. Retrieved from <https://books.lib.uoguelph.ca/dairyscienceandtechnologyebook/chapter/clarification-and-cream-separation/>

- Guerra, A., Jonsson, G., Rasmussen, A., Waagner Nielsen, E., & Edelsten, D. (1997). Low cross-flow velocity microfiltration of skim milk for removal of bacterial spores. *International Dairy Journal*, 7(12), 849–861. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(98\)00009-0](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(98)00009-0)
- Heckman, J. (2010). *The Untold Story of Milk, The History, Politics and Science of Nature's Perfect Food: Raw Milk from Pasture-Fed Cows*, by Ron Schmid. *Journal of Sustainable Agriculture*, 34(4), 460–464. <https://doi.org/10.1080/10440040903396441>
- Jenness, R. (1988). Composition of milk. In Wong Noble.P, Jenness Robert, Keeney Mark, & Marth Eimer.H (Eds.), *Fundamentals of Dairy Chemistry* (third, pp. 1–38). New York: Springer.
- Jensen, Robert. G. C. Richard. W. (1988). Lipid Composition and Properties. In Wong Noble.P, Jenness Robert, Keeney Mark, & Mark Eimer.H (Eds.), *Fundamentals of Dairy Chemistry* (third, pp. 171–213). New York: Springer.
- Juliano, P., Kutter, A., Cheng, L. J., Swiergon, P., Mawson, R., & Augustin, M. A. (2011). Enhanced creaming of milk fat globules in milk emulsions by the application of ultrasound and detection by means of optical methods. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(5), 963–973. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2011.03.003>
- Lind, Q. (2021, July 20). Getting a Cost-Effective Cream Separator for your Dairy Plant. Retrieved October 5, 2023, from Separators website: <https://www.separatorsinc.com/blog/cream-separator-for-dairy-plant>
- Ma, Y., & Barbano, D. M. (2000). Gravity separation of raw bovine milk: Fat globule size distribution and fat content of milk fractions. *Journal of Dairy Science*, 83(8), 1719–1727. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75041-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75041-7)
- M.D, L. de C., & Capote, F. P. (2007). Chapter 1 Introduction: Fundamentals of ultrasound and basis of its analytical uses. In *Analytical Applications of Ultrasound* (first, Vol.

26, pp. 1–34). Spain: Elsevier Science.  
[https://doi.org/10.1016/S0167-9244\(07\)80017-5](https://doi.org/10.1016/S0167-9244(07)80017-5)

Merin, U., & Daufin, G. (1990). Crossflow microfiltration in the dairy industry: state-of-the-art. In *Le Lait* (Vol. 70). Retrieved from <https://hal.science/hal-00929207>

Pak, T. (1995a). Centrifugal Separators. In Teknotext AB (Ed.), *Dairy Processing Handbook* (pp. 91–103). Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB.

Pak, T. (1995b). Membrane filters. In Teknotext AB (Ed.), *Dairy Processing Handbook* (pp. 123–124). Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB.

Pak Tetra. (1995a). Basic design of the centrifugal separation . In Teknotext AB (Ed.), *Dairy Processing Handbook* (pp. 97–100). Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB.

Pak Tetra. (1995b). Control of the fat content in cream. In Teknotext AB (Ed.), *Dairy Processing Handbook* (pp. 101–101). Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB.

Pak Tetra. (1995c). Differences in outlet performance of hermetic and paring-disc separators. In Teknotext AB (Ed.), *Dairy Processing Handbook* (pp. 102–102). Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB.

Pirtle, T. R. (1926). *History of the Dairy Industry* (first). Chicago: Mojonnier Bros. Co.

Prasad, S. (2023). Application of Microfiltration (MF) in Dairy Industries. *Agriculture and Food*, 05(11), 457–460.

PRINCIPLES AND METHODS OF CREAM SEPARATION. (2012). Retrieved December 12, 2023, from Indian council of Agricultural Rerearch website: <http://ecoursesonline.iasri.res.in/mod/page/view.php?id=5733>

Pryor, J. (2004, June 4). Miller Country Museum and Historical Society. *News Tribune*.

Saboya, L. V, & Maubois, J. L. (2000). Current developments of microfiltration technology in the dairy industry. *Le Lait*, 80(6), 541–553.  
<https://doi.org/10.1051/lait:2000144>

Separation of milk. (2014, January). Retrieved December 12, 2023, from Dairy Technology website: <https://dairy-technology.blogspot.com/2014/01/separation-of-milk.html>

- Sourav, B. (2022, December 26). Φυγοκεντρικοί διαχωριστές – Αρχή λειτουργίας, μέρη, τύποι, χρήσεις. Retrieved December 25, 2023, from Microbiologynote website: [https://microbiologynote.com/el/centrifugal-separators-working-principle-parts-types-uses/#google\\_vignette?utm\\_content=cmp-true](https://microbiologynote.com/el/centrifugal-separators-working-principle-parts-types-uses/#google_vignette?utm_content=cmp-true)
- Tania Perálvarez Puerta. (2023, February 17). *Πρωτογαλα: το πρωτο βημα για να διασφαλιστει το μελλον της κτηνοτροφικης μοναδας.*
- Walstra P, Geurts T.J, Noomen A, Jellema A, & Van Boeckel M.A.J.S. (1999). *Dairy Technology : Principles of Milk. Properties and Processes.* Marcel Decker.
- Walstra, P., Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2005). *Dairy Science and Technology.* CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420028010>
- What is Colostrum. (2018, August 15).
- Why cold milk separation is hot again. (n.d.). *Tetra Pak.* Retrieved from <https://www.tetrapak.com/en-us/insights/cases-articles/cold-milk-separation>
- Wong, N. P. (1999). *Fundamentals of Dairy Chemistry* (third). Gaithersburg: Aspen Publishers.
- ΑΡΘΡΟ 80 , ΚΩΔΙΚΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ . (n.d.). Retrieved November 12, 2023, from <https://www.aade.gr/sites/default/files/2020-03/80-iss6.pdf>
- Άρμεγμα βοοειδών. (n.d.).
- Γρηγοράκης, Δ. (2018, June 8). Παγωτό: τι πρέπει να ξέρουμε για τον πιο γλυκό πειρασμό του καλοκαιριού.
- ΕΛΣΤΑΤ. (2023, September 1). ΕΤΗΣΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ: Έτη 2020 και 2021.
- Κεχαγιάς Χ., & Τσάκαλη Ευσταθία. (2017). *Επιστήμη και Τεχνολογία Γάλακτος και Γαλακτοκομικών Προϊόντων.* Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Κοντογιάννη, Β. (2022, December). Χημεία και Ανάλυση Τροφίμων ΓΑΛΑ. Retrieved January 2, 2024, from Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων website: <https://chem.uoi.gr/wp-content/uploads/2022/12/gala-galaktokomika-proionta.pdf>
- Κουρης, Α. (2019, June 25). Κορυφολόγος Γάλακτος.

Κρέμα γάλακτος. (n.d.).

Κώδικας Τροφίμων και Ποτών 1988. (2016). Είδη Γάλακτος. *Κωδικοποίηση Και Μεταγλώττιση Των Διατάξεων Του Κώδικα Τροφίμων Και Ποτών Με Σύστημα Κινητών Φύλλων*, 80(ΓΑΛΑ-ΑΥΓΑ ΚΑΙ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΤΟΥΣ), 184–184.

Μάθετε σε τι διαφέρουν μεταξύ τους το βούτυρο και η μαργαρίνη. (2020, February 24). *FoodFacts*.

Ευνόγαλα. (n.d.).

Σενετάκη, Μ. (2015, March 4). Όλα για το γιαούρτι και 5 πρωτότυπες συνταγές. *Olive Magazine*.

Τι συμβαίνει με τον Codex Alimentarius. (2014, March 10).