



ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΥΡΟΓΑΛΑΚΤΟΣ-ΑΠΟΒΛΗΤΟ ΤΥΡΟΚΟΜΙΑΣ

ΒΑΡΘΑΛΑΜΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΒΑΜΒΑΚΑΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ-ΣΠΥΡΙΔΩΝ



ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2017

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	4
Περίληψη	5
Abstract	6
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1 Γενικά στοιχεία για τη τυροκομία	7
1.2 Τα τυροκομεία στην Ελλάδα	8
2.ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΥΡΟΚΟΜΕΙΩΝ.....	11
2.1 Παραγωγική διαδικασία παρασκευής τυριών.....	11
2.1.1 Παραλαβή και έλεγχος νωπού γάλακτος.....	11
2.1.2. Διήθηση – Διαύγαση – Διαχωρισμός	13
2.1.3 Παστερίωση	14
2.1.4 Πήξη γάλακτος	14
2.1.5. Στράγγιση τυροπήγματος.	15
2.1.6 Αλάτισμα.....	16
2.1.7 Ωρίμανση τυριού.....	17
2.2 Πρώτες ύλες τυροκομείων	18
2.2.1 Γάλα	18
2.2.2 Πυτιά	19
2.2.3 Οξυγαλακτική μικροβιακή καλλιέργεια	20
2.2.4 Αλάτι	20
2.2.5 Πρόσθετες βοηθητικές ύλες	20
3. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΤΥΡΟΚΟΜΕΙΩΝ.....	21
3.1 Παραγωγή των υγρών αποβλήτων.....	21
3.2 Σύσταση και χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων	22
3.2.1 Τυρόγαλα.....	23
4.Το τυρόγαλα.	26
4.1.Σύσταση τυρογάλακτος.....	28
(Πηγή :Καμιναρίδης Στέλιος)	29
4.2.Η λακτόζη.	29
4.3.Δομή της Λακτόζης.	30
4.5.Πλεονεκτήματα του Τυρογάλακτος.	32
4.6.Μειονεκτήματα του Τυρογάλακτος.....	32
5.ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΥΡΟΓΑΛΑΚΤΟΣ	32
6.Μέθοδοι επεξεργασίας τυροκομικών αποβλήτων.....	34

6.1.Μέθοδοι επεξεργασίας	35
6.2.Φυσικοχημικές μέθοδοι επεξεργασίας.....	35
6.3.Βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας.....	36
7.Τρόποι αξιοποίησης τυρογάλακτος.....	41
7.1.Βιοαέριο από τυρόγαλα	41
7.2.Βιοαέριο.....	41
7.3.Χρήση των αποβλήτων τυροκομείου ως υπόστρωμα ζύμωσης.....	42
7.4.Παραγωγή βιοαιθανόλης από τυρόγαλα	43
8.Ζύμωση της λακτόζης του τυρογάλακτος προς αιθανόλη.....	48
8.1.Γενικές πληροφορίες.....	48
8.2.Άλλες χρήσεις ενδεικτικά αναφέρονται:	50
9.Κέικ από τυρόγαλα	51
10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	54
11.Βιβλιογραφία	58

Πρόλογος

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ειλικρινά τον καθηγητή Δρ. Βαμβακά Σωτήριο-Σπυρίδωνα για την επίβλεψη της παρούσας διπλωματικής, για τη καθοδήγησή του και για την κατανόησή του.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον κ. Κανδύλη Παναγιώτη για την βοήθεια που μου προσέφερε και σε όλους όσους με βοήθησαν παρέχοντάς μου στοιχεία και εκφράζοντας την άποψή τους.

Τέλος αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη συμπαράσταση που μου προσέφερε σε όλη τη διάρκεια πραγματοποίησης των σπουδών μου.

Περίληψη

Η βιομηχανία των τυροκομείων στην Ελλάδα είναι από τους πιο σημαντικούς κλάδους της βιομηχανίας τροφίμων και έχει άριστες προοπτικές ανάπτυξης. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της είναι ότι είναι αποκεντρωμένη βιομηχανία που αποτελείται κυρίως από μικρές και μεσαίες μονάδες.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στην μελέτη αξιοποίησης του τυρογάλακτος και οι τρόποι με τους οποίους μπορούμε να το αξιοποιήσουμε. Το τυρόγαλα είναι γνωστό εδώ και δεκαετίες ότι αποτελεί τεράστιο πρόβλημα τόσο στις τυροκομικές μονάδες απ' όπου προέρχεται όσο και στους πολίτες οι οποίοι μένουν κοντά σε αυτές. Επίσης είναι γνωστό ότι αποτελεί τεράστιο περιβαλλοντικό και οικολογικό πρόβλημα.

Στα πρώτα κεφάλαια περιγράφονται η λειτουργία των μονάδων παραγωγής τυριού, τα απόβλητα που προκύπτουν και δίνονται οι μέθοδοι επεξεργασίας τους.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι τεχνικές και οι επεμβάσεις με τις οποίες επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση και μείωση του ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων καθώς και οι δυνατότητες αξιοποίησής τους διαμορφώνοντας και τους αντικειμενικούς στόχους που πρέπει να έχει ένα αποτελεσματικό σύστημα διαχείριση

Η αίσθηση που δημιουργείται είναι πώς αν και η κατάλληλη τεχνολογία για την επεξεργασία των συγκεκριμένων αποβλήτων έχει ερευνηθεί αρκετά και υπάρχουν υλοποιήσιμες λύσεις, αυτές δεν εφαρμόζονται στη πράξη κυρίως γιατί δεν εντάσσονται σε ένα ολοκληρωμένο διαχειριστικό σχέδιο το οποίο δεν θα περιλαμβάνει μόνο στείρα τεχνολογία αλλά και πρακτικές, απλές λύσεις κάνοντάς το πιο ελκυστικό για τους επιχειρηματίες

Abstract

The dairy industry in Greece is one of the most important sectors of the food industry and has excellent growth prospects. Its distinctive feature is that it is a decentralized industry, consisting mainly of small and medium-sized units.

This dissertation deals with the use of whey and the ways in which it can be exploited. Whey has been known for decades to be a huge problem both in the cheeses where it comes from and in the people living close to them. It is also known to be a huge environmental and ecological problem

The first chapters describe the operation of the cheese production units, the resulting waste and the methods of processing them. Below are presented the techniques and interventions that achieve the minimization and reduction of the pollution load of the waste as well as the possibilities for its utilization, shaping and the objective objectives that an efficient management system must have.

The sensation that is generated is that although the appropriate technology for the treatment of specific wastes has been researched enough and there are viable solutions, they are not applied in practice mainly because they are not part of an integrated management plan that will not only include sterile technology but also practical simple solutions making it more attractive for business people

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά στοιχεία για τη τυροκομία

Ανεξάρτητα από τις συνθήκες διαβίωσης και τις αλλαγές στις διατροφικές συνήθειες. Τα γαλακτοκομικά προϊόντα καλύπτουν ένα σημαντικότατο κομμάτι του διαιτολογίου του ανθρώπου. Το τυρί ειδικότερα είναι εύπεπτο, άριστης θρεπτικής αξίας και θεωρείται το σημαντικότερο από τα γαλακτοκομικά προϊόντα.

Η έννοια του τυριού έχει ορισθεί με διαφορετικό τρόπο από διάφορους οργανισμούς , αλλά κοινό στοιχείο όλων είναι ότι είναι ένα προϊόν που προέρχεται από την πήξη του γάλακτος και την στράγγιση του τυροπήγματος. Στην Ελλάδα ως τυρί συνηθίζεται να εννοούμε τη φέτα λόγω της μεγάλης κατανάλωσης της.

Αναφορές για τη παραγωγή τυριού υπάρχουν από τη αρχαιότητα αν και η ακριβής προέλευση του είναι άγνωστη. Πιστεύεται ότι η ανακάλυψη της τυροκομίας έγινε τυχαία από τις νομαδικές φυλές της Κεντρικής Ασίας ή της Μέσης Ανατολής που είχαν ως κύρια απασχόληση την κτηνοτροφία.

Η Παραγωγή τυριού σε βιομηχανική κλίμακα έχει διαδοθεί σε όλο τον κόσμο, αντικαθιστώντας την παραδοσιακή τυροκομία και εξελίσσεται συνεχώς. Κυρίως στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης Η οποία είναι η πρώτη παγκοσμίως σε παραγωγή και εξαγωγές τυριών.

Σύμφωνα με στοιχεία του διεθνή οργανισμό FAO (Food and Agriculture Organization)Η παγκόσμια παραγωγή τυριού αυξάνεται αν και με αργούς ρυθμούς και αποτελεί την πιο σημαντική αγορά γαλακτοκομικών προϊόντων

Πίνακας 1.1: Στοιχεία της παγκόσμιας αγοράς γαλακτοκομικών προϊόντων .

(Πηγή : FAO)

	2007	2008	2009	Μεταβολή από το 2008 στο 2009
	Εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμων ποσοτήτων γάλακτος			%
Παραγωγή γάλακτος	676.1	687.7	699.0	1.6
Τυριά	85.9	87.9	89.8	2.2

Πίνακας 1.2 :Οι μεγαλύτεροι εξαγωγές τυροκομικών προϊόντων

Πηγή : (FAO)

	2007	2008	2009
	Χιλιάδες τόνοι		
Παγκόσμια Αγορά	1818	1751	1776
Ευρωπαϊκή Ένωση	594	546	536
Νέα Ζηλανδία	309	247	284
Αυστραλία	218	211	215
Λευκορωσία	92	101	110

*Εξαιρούνται οι συναλλαγές μεταξύ των χωρών μελών της Ε.Ε

1.2 Τα τυροκομεία στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα τα πρώτα τυροκομεία-βιοτεχνίες δημιουργήθηκαν τον 17ο και 18ο αιώνα σε ορεινές περιοχές αποτελώντας αναπόσπαστο στοιχείο των μεγάλων οικογενειακών κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων ενώ η πρώτη μεγάλη γαλακτοβιομηχανία ιδρύθηκε στην Αθήνα το 1934.

Ιδιαίτερη ανάπτυξη παρατηρήθηκε μετά τη δεκαετία του 1960 όταν η Αγροτική Τράπεζα χρηματοδότησε την ίδρυση και λειτουργία σύγχρονων τυροκομείων. Αν και ανέκαθεν η τυροκομία στην Ελλάδα αποτελούσε έναν από τους πιο σημαντικούς τομείς απασχόλησης , σήμερα η βιομηχανία γαλακτοκομικών προϊόντων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα τμήματα του κλάδου τροφίμων καθώς βρίσκεται στη δεύτερη θέση μετά το κρέας και τα αλλαντικά.

Οι μεγάλες επιχειρήσεις του κλάδου είναι από τα σημαντικότερα ελληνικά εργοστάσια τα οποία εκτός από τυρί παράγουν και μια πληθώρα άλλων γαλακτοκομικών προϊόντων που προέρχονται από την επεξεργασία του γάλακτος (Γιαούρτι ,κρέμα ,Βούτυρο ,Παγωτά κ .α).Επίσης επεξεργάζονται και συσκευάζουν γάλα (παστεριωμένο μακράς διάρκειας, συμπυκνωμένο, σκόνης). Τα μεγάλα αυτά εργοστάσια διαθέτουν σημαντικά κονδύλια για επενδύσεις σε σύγχρονο μμηχανολογικό εξοπλισμό τόσο στα στάδια παραγωγής, όσο και στα στάδια επεξεργασίας αποβλήτων έτσι ώστε να συναγωνίζονται τις αντίστοιχες ευρωπαϊκές μονάδες.

Ωστόσο ο κλάδος αποτελείται κυρίως από αποκεντρωμένες μικρές ή μεσαίου μεγέθους μονάδες διάσπαρτες στην ελληνική ύπαιθρο.

Τα τυροκομεία αυτά αποτελούν μεταξύ άλλων ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα αποδοτικής αξιοποίησης των γεωργικών πόρων μιας περιοχής και για αυτό το λόγο έχουν αποτελέσει για πολλές μειονεκτικές κτηνοτροφικές περιοχές της Ελλάδος ένα σημαντικό παράγοντα ανάπτυξης.

Αν και η συμβολή αυτών των μικρομεσαίων μονάδων στην ανάπτυξη των ορεινών και μειονεκτικών περιοχών είναι αδιαμφισβήτητη έχουν δημιουργήσει επίσης και σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα λόγω της διαχείρισης των αποβλήτων τους.

Τα Απόβλητα που παράγονται από τα τυροκομεία έχουν υψηλό οργανικό φορτίο και στη πλειονότητα των μικρομεσαίων επιχειρήσεων διατίθενται ανεπεξέργαστα σε σύστημα σηπτικών – απορροφητικών βόθρων στην καλύτερη περίπτωση μετά από πρωτοβάθμια επεξεργασία.

Είναι όμως χαρακτηριστικό το γεγονός ότι συνήθως οι μονάδες είναι εγκατεστημένες δίπλα σε ρέματα συνεχούς ή ασυνεχούς ροής και ότι πολύ συχνά γίνονται καταγγελίες από περιβαλλοντικές οργανώσεις ή από κατοίκους των γύρω οικισμών για διαρροή τυρόγαλου σ' αυτά. Επίσης σε αρκετές περιπτώσεις μετά από έλεγχο των ελεγκτικών αρχών έχει διαπιστωθεί απευθείας διοχέτευση μέσω σωληνώσεων σε ποτάκια ή στη θάλασσα. Τα υδάτινα αυτά οικοσυστήματα έχουν περιορισμένη αφομοιωτική ικανότητα αποβλήτων και όταν χρησιμοποιούνται ως αποδέκτες προκαλείται η ποιοτική υποβάθμισή όχι μόνο τοπικά αλλά και σ όλη τη έκταση των λεκανών απορροής

τους καθώς και στο θαλάσσιο ή λιμναίο αποδέκτη τους. Όπως είναι λογικό ο πιο πάνω τρόπος διαχείρισης δεν είναι πλέον αποδεκτός καθώς βρίσκεται σε πλήρη αντίθεση τόσο με τις κοινοτικές όσο και με τις Εθνικές οδηγίες αλλά και με τις σύγχρονες αντιλήψεις περί προστασίας του περιβάλλοντος. Η ολοένα και αυξημένη ευαισθητοποίηση των πολιτών αλλά και των κυβερνήσεων απέναντι στις επιπτώσεις της ρύπανσης στο περιβάλλον ,έδωσαν μεν την απαραίτητη ώθηση στις αρμόδιες υπηρεσίες για τη συστηματική παρακολούθηση και το έλεγχο των συγκεκριμένων μονάδων αλλά προς το παρόν οι όποιες παρατυπίες αντιμετωπίζονται κυρίως με την καταβολή μικρών σχετικά προστίμων.

Παρατηρείται έτσι το φαινόμενο κάποιες μονάδες να λειτουργούν για χρόνια χωρίς σωστή διαχείριση των αποβλήτων τους με την ανοχή ουσιαστικά του Ελληνικού κράτους. Η πιο πάνω κατάσταση προέκυψε λόγω μιας διαχρονικής αντίληψης της κοινωνία ότι πρώτιστη σημασία έχει η οικονομική ανάπτυξη της περιοχής τους και συνεπώς κάθε φυσικός πόρος θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως μία από τις συνιστώσες της ανάπτυξης αυτής. Αποδεικνύεται λοιπόν στην πράξη ότι οι μικρομεσαίες οικογενειακές τυροκομικές επιχειρήσεις στην Ελλάδα είναι απροετοίμαστες για τις σύγχρονες εξελίξεις όσον αφορά στην διαχείριση των αποβλήτων τους.

Παρατηρώντας ότι αν και νομοθετικά το πρόβλημα της διαχείρισης των αποβλήτων των τυροκομείων φαίνεται καλυμμένο ,το κράτος έχει αρκεστεί σ' αυτό και δεν επιχειρεί να συμμετάσχει πιο ενεργά στην επίλυση του όλου προβλήματος.

2.ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΥΡΟΚΟΜΕΙΩΝ

Στην ενότητα αυτή θα περιγράψει γενικά η λειτουργία των τυροκομείων και οι βασικές μέθοδοι κατεργασίας, αν και πρέπει να σημειώσουμε πως συνήθως οι μικρομεσαίες τυροκομικές μονάδες παράγουν περισσότερα από ένα είδος τυριού ,συχνά δε και κάποιο άλλο γαλακτοκομικό προϊόν όπως γιαούρτι.

2.1 Παραγωγική διαδικασία παρασκευής τυριών

Τυρί πρακτικά θεωρείται το φρέσκο ή ωριμασμένο στερεό ή ημιστερεό προϊόν που προέρχεται από τη συγκέντρωση των στερεών του γάλακτος μετά από τη δράση διαφόρων μικροβιολογικών, φυσικοχημικών και μηχανικών παραγόντων.

Σήμερα κυκλοφορούν στο εμπόριο πάρα πολλά είδη τυριών και παρόλο που οι παραγωγικές διαδικασίες διαφοροποιούνται ανάλογα με τον τύπο του παραγόμενου τυριού η παρασκευή όλων των τύπων τυριών βασίζεται στην συσσωμάτωση της πρωτεΐνης του γάλακτος (καζεΐνη) με τρόπο που εγκλωβίζει τα στερεά και τα λιπαρά του γάλακτος σε έναν ιστό από θρόμβους. Οι θρόμβοι συνενώνονται ενώ αποβάλλεται το υγρό κλάσμα (ορός γάλακτος ή τυρόγαλα).

Στην συνέχεια περιγράφονται τα βασικά στάδια παρασκευής τυριού.

2.1.1 Παραλαβή και έλεγχος νωπού γάλακτος

Το νωπό γάλα συγκεντρώνεται από τους παραγωγούς και μεταφέρεται στις τυροκομικές μονάδες σε θερμοκρασία 4οC , με δοχεία ή με κατάλληλα βυτιοφόρα που πληρούν τις προδιαγραφές υγιεινής σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις.



Εικόνα :Δεξαμενή παραλαβής γάλακτος στο εξωτερικό μέρος τυροκομείου.

Κατά Την παραλαβή το γάλα συγκεντρώνεται και παραμένει σε δεξαμενές , ώστε να ληφθούν δείγματα και να γίνει ποιοτικός έλεγχος για να πιστοποιηθεί η καταλληλότητά του. Συγκεκριμένα ελέγχεται η θερμοκρασία του, η οξύτητά του και η ολική μικροβιακή χλωρίδα. Επίσης γίνονται αναλύσεις για να βρεθεί η περιεκτικότητά του σε λίπος, πρωτεΐνες, λακτόζη και στερεά υπολείμματα. Παράλληλα γίνεται έλεγχος για την ύπαρξη αντιβιοτικών τα οποία επηρεάζουν την ανάπτυξη των οξυγαλακτικών μικροβίων και επομένως την ωρίμανση του τυριού.

2.1.2. Διήθηση – Διαύγαση – Διαχωρισμός

Ακόμη και το γάλα που κρίνεται ποιοτικά κατάλληλο περιέχει ξένες προσμίξεις που προκύπτουν συνήθως στο στάδιο του αρμέγματος (π.χ. ακαθαρσίες και σωματικά κύτταρα) και πρέπει να αφαιρεθούν.

Αρχικά αφαιρούνται οι μεγαλύτερου μεγέθους προσμίξεις καθώς το γάλα διέρχεται μέσα από πυκνό μεταλλικό πλέγμα. Οι υπόλοιπες προσμίξεις φεύγουν με διήθησή που γίνεται είτε με φυσικό τρόπο (με υφασμάτινα φίλτρα, τα οποία επαναχρησιμοποιούνται αφού καθαριστούν), είτε μηχανικά (με κατάλληλους φυγοκεντρικούς διαχωριστήρες), ταχύτητας περιστροφής 3.000 - 4.000 rpm/min).

Η φυγοκεντρική διαύγαση θεωρείται ότι καθαρίζει καλύτερα το γάλα, σ' αυτό το στάδιο το γάλα συχνά αποθηκεύεται για μερικές μέρες, σε ειδικές δεξαμενές που ψύχονται, αφού πρώτα θερμανθεί για μερικά δευτερόλεπτα σε θερμοκρασία 63-65°C.



Εικόνα : Κορφολόγος γάλακτος

2.1.3 Παστερίωση



Εικόνα : Αυτόματο συγκρότημα παστερίωσης γάλακτος δυναμικότητας 5.000lit/h

Ακολουθεί η παστερίωση η οποία είναι μία μέθοδος θερμικής επεξεργασίας του γάλακτος που επιτυγχάνει την εξουδετέρωση των παθογόνων μικροοργανισμών και παρατείνει το χρόνο συντήρησης του προϊόντος. Συνήθως πραγματοποιείται με θέρμανση του γάλακτος για 30 λεπτά σε θερμοκρασία 63 -65°C ,αλλά μπορεί να γίνει και με διαφορετικό συνδυασμό θερμοκρασίας και διάρκειας θέρμανσης. Η παστερίωση δεν γίνεται για όλους τους τύπους τυριού (π.χ. τα πολύ αλμυρά).

2.1.4 Πήξη γάλακτος

Στο στάδιο αυτό προστίθεται η πτυιά και λαμβάνουν χώρα φυσικές και χημικές αλλαγές του γάλακτος.

Η πήξη ουσιαστικά προκύπτει με την κροκίδωση των μικυλλίων της πρωτεΐνης καζεΐνη του γάλακτος και την δημιουργία ενός πηκτώματος. Για να γίνει η πήξη χρειάζεται προσθήκη πτυιάς σε συνδυασμό με οξίνισή του γάλακτος ο οποίος προκαλείται από καλλιέργειες βακτηρίων εκκίνησης συνήθως των οικογενειών

Lactococci, *Lactobacilli*, ή *Streptococci*. Τα βακτήρια αυτά μετατρέπουν τα σάκχαρα του γάλακτος (λακτόζη) σε γαλακτικό οξύ.

2.1.5. Στράγγιση τυροπήγματος.

Γίνεται τεμαχισμός της μάζας του τυροπήγματος ώστε να επιταχυνθεί ο διαχωρισμός και η απομάκρυνση του μεγαλύτερου μέρους του υγρού το οποίο είναι πλούσιο σε υδατοδιαλυτά συστατικά και ονομάζεται τυρόγαλα. Πριν την έναρξη αυτού του σταδίου, το τυρόπηγμά έχει ομοιόμορφη θερμοκρασία και συνεκτικότητα ενώ ο βαθμός τεμαχισμού εξαρτάται από το είδος του τυριού που θα παρασκευαστεί.



Εικόνα : Καλούπια στράγγισης φέτας

Μετά τον τεμαχισμό και την απομάκρυνση των υγρών, ακολουθεί κατάλληλη πίεση σε καλούπια ανάλογα με το είδος του τυριού, ώστε να ολοκληρωθεί η στράγγιση και να αποκτήσει ενιαία μάζα και σχήμα το τυρόπηγμά.



Εικόνα : Στράγγιση σκληρών τυριών σε καλούπια.

Συχνά μετά την κοπή το τυρόπηγμα υποβάλλεται σε θέρμανση ώστε να επέλθει περαιτέρω συρρίκνωση του πήγματος και να απομακρυνθεί μμεγαλύτερη ποσότητα τυρογάλακτος.

2.1.6 Αλάτισμα

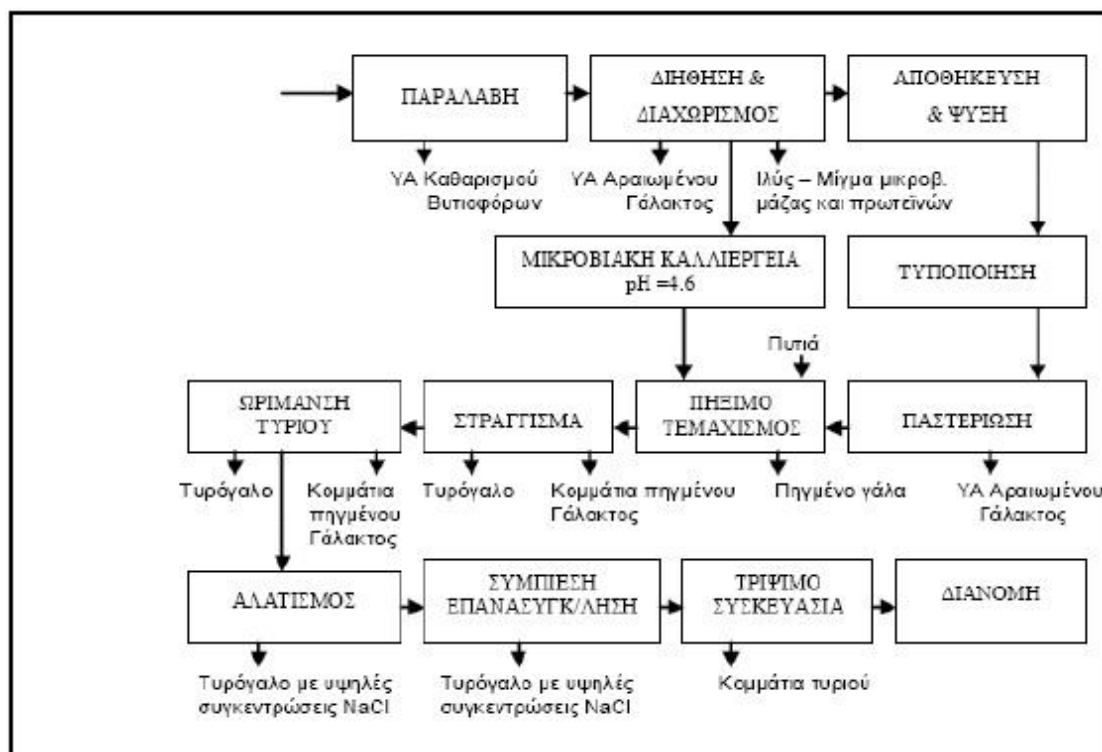
Όλα τα είδη τυριού μετά τη στράγγιση και την μορφοποίησή τους αλατίζονται. Η ενσωμάτωση του αλατιού γίνεται με ξηρή αλατωση στην επιφάνεια ή μέσα στο σώμα του τυριού , ή με εμβάπτιση σε άλμη (αλατόνερο). Το αλάτισμα συντελεί στη συντήρηση του τυριού, στην αποβολή υγρασίας από την τυρομάζα και στη βελτίωση της γεύσης του. Η θερμοκρασία και το pH είναι παράγοντες που ελέγχονται συνεχώς καθώς επηρεάζουν το ρυθμό απορρόφησης του αλατιού από το τυρί. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία τόσο μεγαλύτερη είναι και η απορρόφηση του αλατιού από το τυρί. Ο χρόνος αλάτισης εξαρτάται από το είδος του τυριού και σ' αυτό το στάδιο το τυρί αποκτά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του όπως οσμή, γεύση, χρώμα και υφή.

2.1.7 Ωρίμανση τυριού

Γίνεται σε ειδικούς θαλάμους ελεγχόμενης θερμοκρασίας , σε κατάλληλες συνθήκες σχετικής υγρασίας και παραμένει εκεί από λίγες ημέρες έως 2 χρόνια ανάλογα με το είδος του τυριού.

Τα σκληρά τυριά χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να ωριμάσουν. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης το νωπό στραγγισμένο τυρόπηγμα υφίσταται βιοχημικές μεταβολές λόγω της δράσης της πτυιάς, των πρωτεολυτικών και λιπολυτικών ενζύμων, τα οποία παράγονται από τα οξυγαλακτικά καλλιεργημένα μικρόβια αλλά και από την αυτόχθονη μικροβιακή χλωρίδα.

Τα τυριά που έχουν υποστεί ωρίμανση είναι έτοιμα να συσκευαστούν και να διατεθούν στο εμπόριο. Εδώ πρέπει να αναφέρουμε ότι εκτός από τα τυριά που παράγονται όπως περιεγράφηκε πιο πάνω υπάρχουν και φρέσκα τυριά με αλοιφώδη υφή ή τυριά κρέμα που στα στάδια παραγωγής τους δεν συμπεριλαμβάνεται η ωρίμανση. Τα τυριά αυτά πρέπει να καταναλώνονται αμέσως ή μέσα σε λίγες ημέρες από την ημερομηνία παραγωγής τους. Ακολουθεί διάγραμμα της ροής της παραγωγικής διαδικασίας τυριού στο οποίο περιλαμβάνονται και τα στάδια που παράγονται τα απόβλητα (ΥΑ: Υγρά απόβλητα και ΣΑ: Στερεά Απόβλητα).



Σχεδιάγραμμα : Απεικόνιση παραγωγικής διαδικασίας τυριού . (Πηγή : Γεωργιοπούλου , 2007)

2.2 Πρώτες ύλες τυροκομείων

2.2.1 Γάλα

Η βασικότερη πρώτη ύλη των τυριών βεβαίως είναι το γάλα οι παράμετροι οποίου παίζουν μεγάλο ρόλο στη παραγωγική διαδικασία (πχ μικρή αύξηση της οξύτητας του φρέσκου γάλακτος μειώνει το χρόνο πηξίματος). Η χημική σύσταση του γάλακτος εξαρτάται κυρίως από το είδος του ζώου, την εποχή του έτους κλπ. Το γάλα παράγεται στο μαζικό αδένω των θηλαστικών και προορίζεται για τη διατροφή του νεογέννητου του οποίου αποτελεί τη μοναδική τροφή για ένα χρονικό διάστημα.

Ακολουθεί πίνακας με τη μέση σύσταση των κύριων συστατικών ειδών γάλακτος που χρησιμοποιούνται στα τυροκομεία της χώρας μας.

Πίνακας 2.1: Μέση σύσταση του γάλακτος διαφόρων ζώων (Πηγή: Ανυφαντάκης, 2004)

Είδος Γάλακτος	Συστατικά					
	Νερό	Λίπος	Πρωτεΐνη	Λακτόζη	Τεφρά	Ολικά Στερεά
Αγελάδας	86.90	3.90	3.54	4.93	0.71	13.39
Κατσίκας	87.00	4.25	3.52	4.27	0.86	13.00
Πρόβατο	80.71	7.90	5.23	4.81	0.90	19.29

Τα κυριότερα συστατικά του εκτός από το νερό, είναι λίπος, πρωτεΐνες και λακτόζη και είτε παράγονται στο μαστό είτε προέρχονται από το αίμα. Το λίπος του γάλακτος είναι περισσότερο εύπεπτο και υπερέχει σε πολλά σημεία σε σύγκριση με άλλα ζωικά λίπη. Επίσης περιέχει τα απαραίτητα για τον οργανισμό λιπαρά οξέα λινελαϊκό και λινολενικό.

Οι κυριότερες πρωτεΐνες του είναι καζεΐνες, β-λακτογλοβουλίνη και α-λακταλβουμίνη και είναι υπέρτερες από όλες τις άλλες ζωικές πρωτεΐνες εκτός από αυτές του αυγού.

Η λακτόζη είναι ένας δισακχαρίτης που δεν βρίσκεται πουθενά αλλού στη φύση (εκτός σε φρούτα, στα ούρα και στο αίμα του ανθρώπου όπου έχει βρεθεί σε ίχνη). Η λακτόζη μεταξύ άλλων αποτελεί έμμεσα και δομικό στοιχείο του εγκεφάλου.

2.2.2 Πυτιά

Η πυτιά περιέχει ένζυμά πήξης και είναι το σημαντικότερο μέσο με το οποίο γίνεται η πήξη του γάλακτος σε ολόκληρο τον κόσμο. Υπάρχει σε υγρή ή στερεή μορφή και προέρχεται από το ήνυστρο των μικρών μηρυκαστικών. Περιέχει κυρίως το ένζυμο ρεννίνη το οποίο έχει μεγάλη πηκτική ισχύ και αρχικά προκαλεί την πήξη του γάλακτος ενώ στη συνέχεια παίζει μεγάλο ρόλο και στην ωρίμανση του τυριού λόγω της πρωτεολυτικής του δράσης. Σε μικρότερη αναλογία περιέχονται τα ένζυμά πεψίνη, θρυψίνη καθώς και άλλες πεπτιδάσες.

Η πτυιά μπορεί να αντικατασταθεί με διάφορα υποκατάστατα πηκτικά ένζυμά όπως είναι η πεψίνη χοίρων που προέρχεται από το βλεννογόνο του στομάχου χοίρων και η πεψίνη βοοειδών που προέρχεται από το βλεννογόνο του ηνύστρου βοοειδών.

2.2.3 Οξυγαλακτική μικροβιακή καλλιέργεια

Επειδή με την παστερίωση καταστρέφεται το μεγαλύτερο μέρος όλων των μικροοργανισμών που περιέχει το γάλα άρα και των μη παθογόνων και απαραίτητων για την ζύμωση, είναι απαραίτητος ο εμβολιασμός του γάλακτος με ειδικές μικροβιακές καλλιέργειες. Τα μικρόβια που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως στελέχη βακτηρίων από τα γένη *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus* και *Propionibacterium* ή κάποια είδη μυκήτων του γένους *Penicillium*. Το κάθε είδος τυριού απαιτεί το δικό του συνδυασμό μικροοργανισμών. Οι καλλιέργειες αυτές πρέπει να είναι πρόσφατες, ζωντανές και χωρίς επιμολύνσεις.

2.2.4 Αλάτι

Σημαντική πρώτη ύλη είναι και το κοινό μαγειρικό αλάτι το οποίο θα πρέπει να έχει υγρασία < 4% και να είναι βεβαίως στείρο από μικροοργανισμούς. Επίσης είναι σημαντικό να είναι απαλλαγμένο από ξένες ύλες καθώς για παράδειγμα προσμίξεις χαλκού και μαγνησίου μπορεί να προσδώσουν πικρότητα στο τυρί.

2.2.5 Πρόσθετες βοηθητικές ύλες

- Χλωριούχο ασβέστιο το οποίο χρησιμοποιείται κατά την επεξεργασία το τυροπήγματος ως επιβοηθητικό της πήξεως.
- Χρωστικές ή αποχρωστικές ουσίες όπως β-καροτένιο, κρόκος, κουρκουμάς ώστε να τονωθεί το φυσικό χρώμα του τυριού. Επίσης, χρησιμοποιείται χλωροφύλλη στο αγελαδινό γάλα για λεύκανσή του.
- Συντηρητικές ουσίες,
- Αρωματικές ύλες (φυτικά αρώματα)
- Προστατευτικές ύλες που καλύπτουν την επιφάνεια των τυριών όπως είναι η παραφίνη.

3. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΤΥΡΟΚΟΜΕΙΩΝ

3.1 Παραγωγή των υγρών αποβλήτων

Ως απόβλητα των γαλακτοβιομηχανιών θεωρούνται όλα τα υποπροϊόντα ή παράγωγα της παραγωγικής διαδικασίας, που είτε έπαψαν να έχουν οποιαδήποτε οικονομική αξία για την επιχείρηση είτε η παραπέρα διαχείριση ή επεξεργασία τους κρίνεται οικονομικά ασύμφορη (Γεωργακάκης, 2003).

Πιο σημαντικά και επιβαρυντικά για το περιβάλλον θεωρούνται τα υγρά απόβλητα των τυροκομικών μονάδων, τα οποία προκύπτουν από:

- Τις απώλειες γάλακτος. Η πλήρωση των δεξαμενών με το γάλα είναι μια μη συνεχής διαδικασία καθώς οι δεξαμενές ξαναγεμίζουν σε κάθε νέα παρτίδα. Στο τέλος κάθε παρτίδας, ένα μικρό μέρος του γάλατος παραμένει στο δοχείο επεξεργασίας.
- Τα υπολείμματα τυροπήγματος τα οποία συμβάλλουν στην αύξηση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών.
- Το διαχωρισμό των υγρών (τυρόγαλα ή ορός γάλακτος) κατά την παραγωγική διαδικασία.
- Διαρροές από υπερχειλίσσεις των δεξαμενών, από ελαττωματική λειτουργία του εξοπλισμού, από τις σωληνώσεις, από ατυχήματα κατά τη μεταφορά του γάλακτος, κ.α.
- Απώλειες υλικών κατά την εκκίνηση και κατά την διακοπή των παραγωγικών διαδικασιών.
- Το πλύσιμο του μηχανολογικού εξοπλισμού.
- Το πλύσιμο των σκευών και των καλουπιών που χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγική διαδικασία.
- Το πλύσιμο των χώρων του εργοστασίου (δάπεδα, τοίχοι κλπ)
- Το πλύσιμο των βυτιοφόρων

- Την ψύξη των μηχανημάτων (εναλλάκτες θερμότητας, δεξαμενές κλπ)
- Λύματα προσωπικού

Είναι σημαντικό επίσης να αναφερθεί ότι η παραγωγή αποβλήτων είναι περιοδική (Chen et al., 2007) ιδίως στις μικρές μονάδες .

Ο όγκος και η συγκέντρωση τους εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως ο τύπος και η ποσότητα των προϊόντων που παράγονται, η παραγωγική διαδικασία που ακολουθείται, το είδος και η κατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού παραγωγής καθώς και οι πρακτικές καθαρισμού. Σημαντικό ρόλο παίζουν και οι πρακτικές περιορισμού απωλειών προϊόντος και ελαχιστοποίησης των αποβλήτων που ακολουθούνται. 1 λίτρο επεξεργαζόμενο γάλα μπορεί να δώσει υγρά απόβλητα από 0,2 έως και 10 λίτρα (Balannec et al., 2005).

3.2 Σύσταση και χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων

Τα υγρά απόβλητα των τυροκομικών μονάδων περιέχουν κυρίως γάλα, πρωτεΐνες, λακτόζη, αλάτι, λιπαρές ουσίες καθώς και διάφορες χημικές ουσίες καθαρισμού (Thassitou and Arvanitoyannis 2001, Μακρής και Χαραλάμπους, 2001, Μάντης, 1993).

Πίνακας 3.2: Μέση περιεκτικότητα των κυριότερων συστατικών των τυροκομικών αποβλήτων (Πηγή: Ανυφαντάκης, 2002)

Συστατικό	Περιεκτικότητα(mg/L)
Πρωτεΐνες	350
Λίπη	309
Σάκχαρα	522
Άζωτο	76
Φώσφορος	50
Χλώριο	276

Τα χημικά καθαριστικά είναι διαλυμένα στα απόνερα που προκύπτουν από τον καθαρισμό του εξοπλισμού και των χώρων της παραγωγικής διαδικασίας.

Γενικά τα τυροκομικά υγρά απόβλητα έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά (Kosseva, 2009 & Μάντης, 1993):

- υψηλό οργανικό φορτίο,
- υψηλά επίπεδα αζώτου και φωσφόρου,
- μεγάλες διακυμάνσεις ως προς την θερμοκρασία ανάλογα με το είδος του τυριού,
- μεγάλες διακυμάνσεις ως προς το pH επειδή περιέχουν βασικές και όξινες απορρυπαντικές ουσίες.
- σχετικά μεγάλη ποσότητα αιωρούμενων στερεών (0,4-2 gr/l)

3.2.1 Τυρόγαλα

Τυρόγαλα είναι το υγρό που διαχωρίζεται κατά τη διάρκεια της πήξης του γάλακτος και της στράγγισης του τυροπήγματος (οι διαδικασίες αυτές περιγράφονται στην ενότητα 2.1). Το παραπροϊόν αυτό της βιομηχανίας των τυροκομείων περιγράφεται ξεχωριστά και πιο αναλυτικά καθώς αντιπροσωπεύει το 85-95% περίπου του όγκου του γάλακτος και περιέχει το 55% των θρεπτικών του συστατικών (Καραδήμα, 2009), αν και τα ποσοστά αυτά ποικίλουν ανάλογα με το είδος του τυριού που παρασκευάζεται και την τεχνολογία που εφαρμόζεται (Βαμβακάκη, κ.α., 2009).

Η περιεκτικότητα του σε οργανική ύλη είναι υψηλή και παρουσιάζει τιμές BOD5 που κυμαίνονται μεταξύ 30.000-50.000 ppm και τιμές COD που κυμαίνονται μεταξύ 60.000-80.000 ppm (Καραδήμα, 2000, Jelen, 2002).

Για να αντιληφθεί κανείς πόσο σημαντικό είναι το πρόβλημα της διαχείρισης του τυρόγαλου για ένα τυροκομείο αρκεί να λάβει υπόψη του ότι για την παρασκευή ενός κιλού τυριού, παράγονται 9 κιλά τυρογάλακτος (Καραδήμα, 2009). Εκτιμάται ότι μόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση παράγονται περίπου 50

εκατομμυρίων m³ τυρόγαλα ετησίως (Kosseva, 2009) ενώ παγκοσμίως παράγονται περίπου 120 εκατομμύρια τόνοι τυρογάλακτος (Peters, 2006).

Η ποσοστιαία αναλογία των συστατικών του δεν είναι σταθερή και εξαρτάται από το είδος του γάλακτος που χρησιμοποιείται και το είδος του τυριού που παρασκευάζεται. Έτσι η περιεκτικότητά του σε στερεά συστατικά μπορεί να κυμαίνεται από 6-8%. Γενικά το τυρόγαλα από πρόβειο γάλα είναι σχετικά πλουσιότερο σε συνολικά στερεά από το αντίστοιχο αγελαδινό (Μάντης, 1993).

Πίνακας 3.5: Φυσικοχημικές ιδιότητες τυρογάλακτος από παραγωγή φέτας

Ιδιότητα	Τυπική Τιμή	Απόκλιση
pH	6.32	0.1
Πυκνότητα(Kg/m ³)	1029.2	1.4
Ολικά Στερεά(g/Kg)	69.8	5.6
Πρωτεΐνες(g/Kg)	13	0.7
Λίπη(g/Kg)	0.3	0.2
Λακτόζη(g/Kg)	50.7	3.5
Ασβέστιο(g/Kg)	356	36
Φώσφορος(g/Kg)	385	28
Μαγνήσιο(g/Kg)	93	7
Κάλιο(g/Kg)	1154	85
Νάτριο(g/Kg)	434	36
Χλώριο(g/Kg)	1246	377

(Πηγή: Philipopoulos and Papadakis, 2001)

Περιέχει το μεγαλύτερο ποσοστό της λακτόζης (70-72% των ολικών στερεών), το σύνολο σχεδόν των οροπρωτεϊνών του γάλακτος(8-10% των ολικών στερεών) και μέταλλα (12-15% των ολικών στερεών) (Jelen, 2002).

Στο τυρόγαλα βρίσκονται επίσης διάφορα διαλυτά άλατα, υδατοδιαλυτές βιταμίνες καθώς και μικρή ποσότητα λίπους η οποία όμως αυξάνεται όταν το τυρόπηγμα θερμαίνεται. Σε πολύ μικρότερες ποσότητες περιέχει και άλλα συστατικά, όπως γαλακτικό και κιτρικό οξύ, μη πρωτεϊνικές αζωτούχες ενώσεις όπως ουρία, ουρικό οξύ και βιταμίνες του συμπλέγματος Β (Καραδήμα, 2009). Υπήρξαν και περιπτώσεις που βρέθηκαν στο τυρόγαλα αν και σε πολύ μικρές ποσότητες και μερικά βαρέα μέταλλα. Παρατηρήθηκε όμως ότι σε αυτά τα περιστατικά το τυρόγαλα ή ήταν αναμιγμένο με νερά πλυσίματος, ή ήταν σε μορφή σκόνης (Καραδήμα, 2009).

Ανάλογα με τη παραγωγική διαδικασία παρασκευής του τυριού, το τυρόγαλα που παράγεται μπορεί να διακριθεί σε «όξινο τυρόγαλα» ή «γλυκό τυρόγαλα». Πιο αναλυτικά «όξινο τυρόγαλα» προκύπτει όταν ο σκοπός είναι η παρασκευή ωπών τυριών (π.χ. τύπου cottage) ενώ «γλυκό τυρόγαλα» όταν χρησιμοποιείται πτυτιά και η πήξη του γάλακτος γίνεται σε pH 6,5.

Στη συνέχεια ακολουθεί πίνακας που παρουσιάζει αναλυτικά τη σύσταση των δύο κατηγοριών τυρογάλακτος.

Πίνακας 3.6: Σύσταση και pH τυρογάλακτος (Πηγή: Jelen, 2002, Καραδήμα, 2009)

	Όξινο τυρόγαλα	Γλυκό τυρόγαλα
	gr/lit τυρογάλακτος	
Λακτόζη	44.0-46.0	46.0-52.0
Πρωτεΐνη	6.0-8.0	6.0-10.0
Ασβέστιο	1.2-1.6	0.4-0.6
Φωσφορικά Άλατα	2.0-4.5	1.0-3.0
Λακτάση	6.4	2.0
pH	<5	6-7

Κατά το σχεδιασμό της διαχείρισης των αποβλήτων ενός τυροκομείου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη μεταξύ άλλων και η κατηγορία του τυρογάλακτος.

Για παράδειγμα το όξινο τυρόγαλα αποφεύγεται να χρησιμοποιηθεί για τη διατροφή ζώων γιατί έχει όξινη γεύση και μεγάλη περιεκτικότητα σε άλατα (Mawson, 1994).

4.Το τυρόγαλα.

Το τυρόγαλα (εικόνα 1) αποτελεί υποπροϊόν της γαλακτοβιομηχανίας και πιο συγκεκριμένα της τυροκομήσεως . Λαμβάνεται μετά τον τεμαχισμό του τυροπήγματος κατά την τυροκόμηση. Είναι πρασινοκίτρινο υγρό και περιέχει το ήμισυ σχεδόν των στερεών συστατικών του γάλακτος (52% αγελαδινό & 42% πρόβειο.). Τα στερεά συστατικά του κυμαίνονται μεταξύ 6,0 8,0%. Ο βαθμός ρυπάνσεως του τυρογάλακτος είναι μεγάλος. Έχει θερμιδική αξία περίπου 22 Kcal / 100 g τυρογάλακτος (0,22 Kcal / g). Οι πρωτεΐνες του τυρογάλακτος (whey proteins) έχουν μεγαλύτερη θρεπτική αξία από την καζεΐνη του τυριού γιατί έχουν όλα τα απαραίτητα αμινοξέα, όπως η τρυπτοφάνη, η λυσίνη και σε μεγαλύτερη αναλογία.



Εικόνα: Τυρόγαλο

Το τυρόγαλα περιέχει το μεγαλύτερο ποσοστό της λακτόζης και των οροπρωτεϊνών του γάλακτος, και επίσης διάφορα άλατα. Η αναλογία των συστατικών του κυμαίνεται ανάλογα με το είδος του γάλακτος και το είδος του τυριού που παρασκευάζεται. Μερικά από τα θρεπτικά που περιέχονται στο τυρόγαλο είναι πρωτεΐνες , πεπτίδια, λιπίδια, βιταμίνες και λακτόζη, η οποία είναι και η πιο άφθονη (4,5-5% w/v) .

Γενικά το τυρόγαλα από πρόβειο γάλα αναμένεται να έχει μεγαλύτερες συγκεντρώσεις συνολικών στερεών από το αγελαδινό.

Η διαχείριση του τυρογάλακτος αποτελεί εδώ και χρόνια πρόκληση για τη γαλακτοβιομηχανία. Η αύξηση της παραγωγής του τυριού είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση και του όγκου του παραγόμενου τυρογάλακτος, το οποίο συνήθως διατίθονταν ακατέργαστο σε γειτονικά ρέματα (για αυτό άλλωστε παρατηρήθηκε και η κατασκευή των αντίστοιχων τυροκομικών μονάδων κοντά σε υδροφορίες), με αποτέλεσμα τη σοβαρότατη ρύπανση των υδάτων. Στην Ελλάδα η παραγωγή τυρογάλακτος είναι 700.00 τόνοι ετησίως ενώ παγκοσμίως 125.000.000 τόνοι ετησίως.

Το τυρόγαλο αποτελεί απόβλητο διότι ο βαθμός ρυπάνσεως του είναι μεγάλος.

Εκφράζεται συνήθως με το *B.O.D.₅ – Biological Oxygen Demand* (*Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο*), δηλαδή τις ανάγκες σε mg οξυγόνου που απαιτούνται για την αποσύνθεση με βιολογική οξείδωση από μικροοργανισμούς, κάτω από αερόβιες συνθήκες, του οργανικού φορτίου που έχει ένα λίτρο τυρογάλακτος σε διάρκεια 5 μερών.

$B.O.D._5 = 35.000 - 55.000 \text{ mg O}_2 / \text{lt}$ τυρογάλακτος. Η ρύπανση που προκαλεί είναι ισοδύναμη με τα απόβλητα 0,7 ατόμων. Απόρριψη του τυρογάλακτος από τις βιομηχανίες σε θάλασσες, λίμνες και ποτάμια επιφέρει ασφυξία στα ψάρια τα οποία πεθαίνουν μαζικά. Άλλες παλαιότερες μέθοδοι διαχείρισης του τυρογάλακτος αφορούσαν στην εφαρμογή του τυρογάλακτος στο έδαφος, την τροφοδοσία των μηρυκαστικών, την οξείδωση σε δεξαμενές αερόβιας κατεργασίας (lagoons), ή εναλλακτικά, τη διάθεση στο δίκτυο του δημοτικού βιολογικού καθαρισμού.

Με τις παραπάνω μεθόδους, όμως, δεν επιτυγχάνονταν η αξιοποίηση των θρεπτικών συστατικών του τυρογάλακτος, ενώ παράλληλα υψηλά κόστη βάρυναν την γαλακτοβιομηχανία λόγω κυρίως του υψηλού κόστους μεταφοράς, ή συνέβαινε σημαντική επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Επιπλέον, σήμερα, οι κανονισμοί απαγορεύουν τη διάθεση του τυρογάλακτος στους υδροφορείς, αλλά ακόμα και στο δίκτυο του βιολογικού καθαρισμού λόγω της σημαντικής επιβάρυνσης της λειτουργίας του τελευταίου εξαιτίας του υψηλού ρυπαντικού φορτίου του τυρογάλακτος.

Προκειμένου λοιπόν να αναπτυχθούν ολοκληρωμένες λύσεις για το πρόβλημα του τυρογάλακτος, θα πρέπει να αντιμετωπιστεί ως πόρος, και όχι ως λύμα, για την παραγωγή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξία. Σε όποιο ποτάμι πέσει το τυρόγαλα απαιτεί σχεδόν όλο το οξυγόνο, με αποτέλεσμα να πεθαίνουν τα ψάρια και τα φυτά. Επιπρόσθετα, μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση της χημικής σύστασης και της φυσικής δομής του εδάφους, με αποτέλεσμα μείωση στις αποδόσεις των καλλιεργειών και ρύπανση των υπόγειων υδάτων.

4.1.Σύσταση τυρογάλακτος.

Το τυρόγαλα περιέχει μεγάλη ποικιλία στερεών συστατικών, η αναλογία των οποίων προσδιορίζεται, κατά κύριο λόγο, από τη σύσταση του γάλακτος, από το οποίο προέρχεται αλλά και από τις τεχνολογικές επεμβάσεις που γίνονται κατά την διάρκεια της επεξεργασίας του.

Όλοι οι παράγοντες, που επηρεάζουν τη σύσταση του γάλακτος, επηρεάζουν και αυτή του τυρογάλακτος που λαμβάνεται από αυτό. Επίσης, η θερμική μεταχείριση του γάλακτος πριν από την πήξη του, ο τρόπος πήξης του - ένζυμα, βιολογική οξίνισή, προσθήκη οξέων, ο βαθμός διαίρεσης του πήγματος, καθώς και ο τρόπος και η θερμοκρασία αναθέρμανσης επηρεάζουν τη σύσταση του τυρογάλακτος. Από τα συστατικά του τυρογάλακτος το λίπος είναι δυνατόν να απομακρυνθεί εύκολα με φυγοκέντρηση και να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους ενώ τα άλλα, για να παραληφθούν και να αξιοποιηθούν, θα πρέπει αυτό να υποβληθεί σε ειδική, κατά περίπτωση, επεξεργασία. Κατά τη φυγοκέντρηση του τυρογάλακτος, πέραν του λίπους, απομακρύνονται και μικρά τεμαχίδια πήγματος που περιέχει. Παραπλήσια σύσταση με αυτήν του αγελαδινού τυρογάλακτος έχει και το αποκορυφωμένο τυρόγαλα από την παρασκευή διάφορων τύπων τυριών του εξωτερικού, με εξαίρεση το λίπος που αφαιρείται. Χαρακτηριστικό των αζωτούχων ουσιών του τυρογάλακτος είναι ότι σε αυτές η καζεΐνη υπάρχει σε ίχνη. Δεσπόζουν στην περίπτωση αυτή οι αλβουμίνες και γλοβουλίνες του γάλακτος που δεν πήζουν με την πυτιά ή με την οξίνισή του.

Πέραν αυτών υπάρχουν πρωτεόζες-πεπτόνες και πλήθος άλλων υδατοδιαλυτών αζωτούχων ουσιών.

Δε μεταφέρονται, όμως, στο τυρόγαλα μόνον κύρια συστατικά του γάλακτος αλλά και άλατα και βιταμίνες και μάλιστα σε σημαντικές ποσότητες.

Ιδιαίτερα σημαντικό για το τυρόγαλα είναι ότι στη δομή των πρωτεϊνών του συμμετέχουν όλα τα απαραίτητα αμινοξέα, στην ενδεδειγμένη αναλογία και μεταξύ τους σχέσεις για τη διατροφή του ανθρώπου, γεγονός που τους προσδίδει εξαιρετική βιολογική αξία.

ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΥΡΟΓΑΛΟΥ		
Συστατικό	%	% της Ξ.Ο. του τυρογάλακτος
Ξηρή ουσία	6.5-8.00	100
Λακτόζη	4.5-5.3	60-75
Πρωτεΐνες	0.801.5	11-19
Λίπος	0.2-1.3	3-13
Ανόργανα άλατα	0.5-0.7	8-10
Γαλακτικό οξύ	0.1-0.6	

(Πηγή :Καμινारीδης Στέλιος)

4.2.Η λακτόζη.

Η λακτόζη ή γαλακτοσάκχαρο είναι χαρακτηριστικός υδατάνθρακας του γάλακτος, ο μόνος που υπάρχει ελεύθερος και σε σημαντικές ποσότητες. Το κανονικό γάλα περιέχει συνήθως 4,4 έως 5,2% και κατά μέσο όρο 4,8% λακτόζη, που αντιπροσωπεύει το 50-52% των στερεών συστατικών του άπαχου γάλακτος. Στο μητρικό γάλα η λακτόζη απαντά σε μεγαλύτερη αναλογία, περίπου 7%. Τα διάφορα είδη γάλακτος παρουσιάζουν πολλές φορές σημαντικές διαφορές μεταξύ τους στην περιεκτικότητά τους σε λακτόζη.

Αν εξετάσουμε όμως τη σύσταση του γάλακτος των περισσότερων θηλαστικών διαπιστώνουμε ότι η λακτόζη παρουσιάζει πάντοτε πολύ μικρότερη διακύμανση από ότι το λίπος και τα λευκώματα, πράγμα που οδηγεί στην άποψη ότι η ενζυματική διεργασία που αφορά τη σύνθεση της λακτόζης είναι παρόμοια σε τελείως διαφορετικά είδη. Από βιολογική άποψη η λακτόζη χρησιμεύει στον οργανισμό ως πηγή ενέργειας πλην όμως για να απορροφηθεί πρέπει πρώτα να διασπαστεί σε γλυκόζη και γαλακτόζη, Σ' αυτό βοηθά το ένζυμο λακτάση που αφθονεί στο πεπτικό σύστημα των βρεφών,

Σήμερα έχει διαπιστωθεί ότι η δράση της λακτάσης παρουσιάζεται αυξημένη κατά τις πρώτες ημέρες μετά τη γέννηση πλην όμως ελαττώνεται με την πάροδο του χρόνου. Ο βαθμός ανοχής της λακτόζης του σιτηρεσίου από τα διάφορα είδη θηλαστικών μπορεί να λεχθεί ότι είναι ανάλογος της περιεκτικότητας του γάλακτός τους στο σάκχαρο αυτό.

Η παρουσία της λακτόζης στο γάλα και στα προϊόντα του παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί:

- α) Είναι πρωταρχικός παράγοντας στον έλεγχο των ζυμώσεων σε διάφορα γαλακτοκομικά προϊόντα.
- β) Προσδίδει θρεπτική αξία στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα.
- γ) Η γεύση και η διαλυτότητα αποθηκευμένων γαλακτοκομικών προϊόντων επηρεάζονται απ' αυτή.
- δ) Παίζει βασικό ρόλο στην εμφάνιση του χρώματος και της γεύσεως στα υπερθερμασμένα γαλακτοκομικά προϊόντα.
- ε) Για τον άνθρωπο και αρκετά ζώα δεν αποτελεί μόνο πηγή ενέργειας αλλά και πηγή γαλακτόζης, που αποτελεί συστατικό των νευρικών ιστών

4.3.Δομή της Λακτόζης.

Η λακτόζη είναι δισακχαρίτης που σχηματίζεται από την ένωση ενός μορίου d-γλυκόζης και ενός μορίου d-γαλακτόζης κατά τρόπο ώστε να μένει ελεύθερη μια αλδεϋδική ομάδα. Σχηματίζεται από τη γλυκόζη του αίματος και γι' αυτό η περιεκτικότητά του τελευταίου στο σάκχαρο αυτό κατά τη διάρκεια της γαλακτικής περιόδου είναι μικρότερη εκείνης της ξηράς περιόδου.

Κατά το άρμεγμα παρατηρείται επίσης πτώση της γλυκόζης του αίματος που επανέρχεται όμως σε κανονικό επίπεδο λίγο μετά το άρμεγμα.

Η λακτόζη υπάρχει σε δύο ισομερείς μορφές την α και β, που διακρίνονται μεταξύ τους από τη θέση του υδροξυλίου της γλυκόζης. Η λακτόζη απαντά στη φύση και στα γαλακτοκομικά προϊόντα είτε στις δύο κρυσταλλικές μορφές, α-ένυδρη και β-ένυδρη, ή σαν άμορφη υαλώδης μάζα, που είναι μίγμα α και β λακτόζης.

Κάτω από ειδικές συνθήκες λαμβάνονται και άλλες μορφές που διαφέρουν μεταξύ τους κυρίως σε ότι αφορά τις φυσικές τους ιδιότητες, α-ένυδρη λακτάση.

Η μορφή α-λακτόζης που απαντά σε συνήθεις θερμοκρασίες είναι η ενυδατωμένη με ένα μόριο νερού — $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$ — Η λακτόζη του εμπορίου είναι η μορφή αυτή και λαμβάνεται από υπερκορεσμένα υδατικά διαλύματα λακτόζης με βραδεία κρυστάλλωση σε θερμοκρασίες μικρότερες των 93,5 C. Έχει σημείο τήξεως 201,6° C. Η α-ένυδρη λακτόζη σχηματίζει κρυστάλλους διαφόρων μορφών που καθορίζονται από τις συνθήκες κρυσταλλώσεως. Ο παράγοντας που κατά κύριο λόγο ρυθμίζει τη μορφή των κρυστάλλων είναι ο λόγος μεταξύ της πραγματικής συγκεντρώσεως προς τη διαλυτότητα. Όταν είναι μεγάλος, η κρυστάλλωση προχωρεί γρήγορα και σχηματίζονται μόνο πρίσματα. Όσο ο λόγος αυτός μειώνεται τόσο η κρυστάλλωση γίνεται με βραδύτερο ρυθμό, ενώ η μορφή των κρυστάλλων αλλάζει. Στη συνέχεια δίδονται οι διάφορες μορφές κρυστάλλων της α-ένυδρης λακτόζης. Οι Α, Β και C λαμβάνονται όταν ο ρυθμός κρυσταλλώσεως είναι γρήγορος ενώ οι Ε, F και G όταν είναι βραδύς. Ο κρύσταλλος Η δίδει την άλλη όψη του G ενώ η μορφή D έχει σχήμα πυραμίδας που προκύπτει από την εξέλιξη του κρυστάλλου C. Η κρυστάλλωση στα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι συχνά πιο πολύπλοκο φαινόμενο. Τα άλλα συστατικά του επηρεάζουν την κρυστάλλωση της λακτόζης με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ακανόνιστοι κρύσταλλοι που διαφέρουν εκείνων που λαμβάνονται από καθαρά διαλύματά της, σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα είναι δυνατό να παρεμποδίσουν το σχηματισμό πυρήνων κρυσταλλώσεως και να καθυστερήσουν την κρυστάλλωση. Οι κρύσταλλοι της α-ένυδρης λακτόζης είναι σκληροί και δυσκολοδιάλυτοι.

4.5.Πλεονεκτήματα του Τυρογάλακτος.

Μερικά από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα του τυρογάλακτος είναι τα εξής:

- Υψηλό ποσοστό πρωτεϊνών (χαμηλό στο αποπρωτεϊνομένο τυρόγαλα)
- Υψηλό ποσοστό σακχάρων
- Χαμηλό κόστος

4.6.Μειονεκτήματα του Τυρογάλακτος.

Για την αξιοποίηση του τυρογάλακτος αντιμετωπίζονται διάφορες δυσκολίες από τις οποίες οι πιο σημαντικές είναι:

- Το μεγάλο μικροβιακό φορτίο που το καθιστά ευπαθές. Αν δεν παστεριωθεί αμέσως μετά την παραγωγή του, αλλοιώνεται σε σύντομο χρονικό διάστημα.
- Η σύστασή του δεν είναι σταθερή. Κυμαίνεται ανάλογα με τον τύπο του τυριού και το είδος του γάλακτος από τα οποία προέρχεται.
- Περιέχει χαμηλό σχετικά ποσοστό στερεών συστατικών, πράγμα που επιβαρύνει το κόστος επεξεργασίας του.
- Θεωρείται σαν προϊόν ευτελούς αξίας, για αυτό και συχνά δεν αξιοποιείται. Η άποψη αυτή αναθεωρήθηκε τελευταία.

5.ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΥΡΟΓΑΛΑΚΤΟΣ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω τα τυροκομεία παράγουν απόβλητα με το πιο κύριο αυτών να είναι ο ορός γάλακτος (τυρόγαλο) το οποίο μάλιστα έχει υψηλό οργανικό φορτίο, το οποίο όμως είναι βιοαποικοδομήσιμο με υψηλά ποσοστά σε πρωτεΐνες, λακτόζη, άλατα κ.ά.. Γι' αυτό το λόγο είναι σημαντική η διάθεση και η επεξεργασία του. Ωστόσο, το τυρόγαλο μπορεί να επεξεργασθεί και να αξιοποιηθεί κατάλληλα, ώστε να μειωθούν αφενός τα προβλήματα αποικοδόμησης του αποβλήτου (σε βιολογικούς καθαρισμούς) και διάθεσης στο περιβάλλον, και αφετέρου να παραχθούν αρκετά προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας που μπορούν να αποβούν εις όφελος των γαλακτοπαραγωγικών μονάδων.

Τα κύρια αυτά προϊόντα είναι τα εξής:

- ✓ Πρωτεΐνη ορού γάλακτος (τυρογάλακτος), έπειτα από θέρμανση (μετουσίωση-καθίζηση πρωτεΐνης, μαζί με ελάχιστο λίπος και άλατα)
- ✓ Καθαρή πρωτεΐνη τυρογάλακτος έπειτα από υπερδιήθηση
- ✓ Γαλακτικό οξύ ως προϊόν ζύμωσης τους τυρογάλακτος
- ✓ Μονοκυτταρική πρωτεΐνη (μικροβιακή βιομάζα) ως προϊόν ζύμωσης τους τυρογάλακτος
- ✓ Αιθανόλη ως προϊόν ζύμωσης τους τυρογάλακτος
- ✓ Αρκετά ακόμη προϊόντα μικροβιακής ζύμωσης του τυρογάλακτος

Σήμερα όμως η βιομηχανία χρησιμοποιεί το πλήρες τυρόγαλα για την παραγωγή τυριών τυρογάλακτος όπως είναι η μυζήθρα , το ανθότυρο , μανούρι , τυρί τύπου cottage/Philadelphia κλπ. ή για την παραγωγή οροπρωτεΐνης για να χρησιμοποιείται ως πρόσθετο τροφίμων. Επίσης το πλήρες τυρόγαλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μετά από ξήρανση ως ζωοτροφή κυρίως σε χοίρους.

Το αποπρωτεϊνόμενο τυρόγαλο ή απόγαλα (μετά την απομάκρυνση-αξιοποίηση και των ορό-πρωτεϊνών του) είναι το κύριο απόβλητο και εξακολουθεί να περιέχει μεγάλο ρυπαντικό φορτίο λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας σακχάρων και κυρίως λακτόζης που αποτελεί το 2-8% του βάρους του – που περιέχει(4,7-5,0 %).

Αυτό το σάκχαρο, μαζί με άλατα και χαμηλού μοριακού βάρους αζωτούχες ενώσεις που μπορεί να περιέχει το αποπρωτεϊνόμενο τυρόγαλο (πρωτεόζες-πεπτόνες-αμινοξέα) είναι ένα αρκετά καλό υπόστρωμα ζύμωσης για μικροοργανισμούς που μπορούν να μεταβολίσουν τη λακτόζη και να παράγουν με βιοτεχνολογικό τρόπο ουσίες υψηλής προστιθέμενης αξίας, μειώνοντας παράλληλα σημαντικά το COD-BOD του απομένοντος υγρού αποβλήτου μετά το τέλος της ζύμωσης.



Εικόνα : Ρύπανση περιβάλλοντος από τυρόγαλα

6.Μέθοδοι επεξεργασίας τυροκομικών αποβλήτων.

Τα τελευταία είκοσι χρόνια, με την προτροπή και την οικονομική ενίσχυση της Ευρωπαϊκής Ένωσης πραγματοποιούνται συνεχώς ερευνητικές προσπάθειες, για την εύρεση τεχνολογικά και οικονομικά εφικτών μεθόδων επεξεργασίας αγροτοβιομηχανικών αποβλήτων. Οι βιομηχανίες παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων θεωρούνται μεταξύ των βιομηχανιών που επεξεργάζονται τρόφιμα ως η κυριότερη πηγή παραγωγής αποβλήτων, σε πολλές χώρες του κόσμου. Συνήθως η επεξεργασία των αποβλήτων εκλαμβάνεται ως αναγκαίο κακό από τις τυροκομικές μονάδες με αποτέλεσμα η διάθεσή τους να οδηγεί σε ένα από τρία κύρια προβλήματα:

- α) στην επιβολή υψηλών προστίμων από τις τοπικές αρχές στις τυροκομικές μονάδες
- β)στη ρύπανση όταν διατίθενται στο περιβάλλον ανεπεξεργαστα ή χρησιμοποιούνται απευθείας για άρδευση

γ)σε προβλήματα διάθεσης των στερεών αποβλήτων όταν οι μονάδες έχουν σε λειτουργία βιολογικό καθαρισμό

Η επίγνωση των προβλημάτων διάθεσης και του πόσο σημαντικό είναι να γίνεται επεξεργασία των συγκεκριμένων αποβλήτων, συνεχώς αυξάνεται. Αν και έχουν αναφερθεί πολλές επιλογές για την αξιοποίηση του τυρόγαλου τα τελευταία χρόνια, περίπου η μισή από την παγκόσμια παραγωγή παραμένει ανεπεξέργαστη και μετασχηματίζεται σε διάφορα προϊόντα τροφίμων, από τα οποία στην Ευρωπαϊκή Ένωση περίπου το 45% έχει αναφερθεί ότι χρησιμοποιείται απευθείας στην υγρή μορφή, το 30% σε μορφή σκόνης τυρόγαλου, το 15% σε παραπροϊόντα με λακτόζη ή ελεύθερα λακτόζης και το υπόλοιπο σε πρωτεΐνες που περιέχουν τυρόγαλό.

Το τυρόγαλο που απορρίπτεται ως υγρό απόβλητο είναι αυτό που προκαλεί τα βασικά περιβαλλοντικά προβλήματα, κυρίως λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε οργανική ύλη.

6.1.Μέθοδοι επεξεργασίας

Οι μέθοδοι επεξεργασίας και διαχείρισης των αποβλήτων των τυροκομείων και του τυρόγαλου ειδικότερα μπορούν να διαχωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες, τις φυσικοχημικές και τις βιολογικές μεθόδους.

6.2.Φυσικοχημικές μέθοδοι επεξεργασίας.

Με τη χρήση φυσικοχημικών μεθόδων επεξεργασίας των αποβλήτων των τυροκομείων ο βασικός στόχος είναι η αξιοποίηση των πρωτεϊνών που περιέχει σε μεγάλο ποσοστό (30- 0%) το τυρόγαλο (on le Siso, 199).

Οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες μέθοδοι για αυτό το σκοπό είναι η υπερδιήθηση και το φιλτράρισμα (diafiltration) επειδή παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα. Έχουν μειωμένο κόστος, μεγάλη ταχύτητα ολοκλήρωσης της διαδικασίας, δεν οδηγούν σε αλλαγή της δομής των πρωτεϊνών και το τελικό προϊόν είναι ελεύθερο αλάτων, άρα και κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο αριθμό τροφίμων (Gardner, 1989).

Με την νάνο-διήθηση και την κρυσταλλοποίηση στη συνέχεια, απομονώνεται η λακτόζη η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στις βιομηχανίες τροφίμων και φαρμάκων. (Gardner, 1989).

6.3.Βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας.

Η βιολογική αποικοδόμηση είναι μια από τις πιο υποσχόμενες μεθόδους αφαίρεσης της οργανικής ύλης από τα απόβλητα των τυροκομείων. Η στερεά ιλύς όμως που σχηματίζεται αποτελεί βασικό πρόβλημα γιατί είναι δύσκολη η περαιτέρω διάθεσή της. Οι βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας υποδιαιρούνται στην α) αερόβια και την β) αναερόβια χώνευση.

Η αερόβια χώνευση στηρίζεται στην ανάπτυξη μικροοργανισμών σε ένα περιβάλλον πλούσιο σε οξυγόνο, οι οποίοι θα οξειδώσουν τα οργανικά συστατικά του αποβλήτου σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και NO_3^- , ορισμένα μη διασπάσιμα οργανικά υλικά και υπολειμματικό (οργανικό) κυτταρικό υλικό. Είναι πολύ ταχύτερη από την αναερόβια και η παροχή οξυγόνου δίνει άφθονη ενέργεια στις βιοοξειδώσεις του υποστρώματος και μετατρέπει σε νέα κυτταρική μάζα το μεγαλύτερο μέρος του βιοαποικοδομούμενου BOD. Οι βιοαντιδραστήρες σχεδιάζονται κατάλληλα, ώστε να παρέχουν ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης των μικροοργανισμών (pH, θερμοκρασία, συγκέντρωση οξυγόνου, ανάδευση, αλκαλικότητα κ.α.). Πλήθος κατηγοριών μικροοργανισμών, από απλούς (βακτήρια) ως σύνθετους (πρωτόζωα), αναπτύσσονται σε συνεργατική ή ανταγωνιστική συμβιωτική σχέση, συνθέτοντας ένα οικοσύστημα μοναδικό για κάθε περίπτωση, εξαρτώμενο από την σύσταση του αποβλήτου, τις τοπικές συνθήκες περιβάλλοντος, το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων καθώς και τον τρόπο λειτουργίας.

Ως αναερόβια χώνευση χαρακτηρίζεται η βιολογική διεργασία κατά την οποία η οργανική ύλη διασπάται με τη δράση μικροβιακού πληθυσμού που διαβιεί σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου (O_2) και είναι η μέθοδος επεξεργασίας που προτιμάται συνήθως για υγρά απόβλητα υψηλού οργανικού φορτίου, όπως είναι και το τυρόγαλο, λόγω της μικρότερης παραγωγής βιομάζας συγκριτικά

με την αερόβια επεξεργασία. Η αναερόβια χώνευση παρουσιάζει ορισμένα βασικά στάδια.

- ✓ Το πρώτο στάδιο είναι το στάδιο της υδρόλυσης, στο οποίο τα πολύ πλοκαοργανικά πολυμερή μακρομόρια (πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες, λίπη, νουκλεϊκά οξέα) υδρολύονται από εξωκυτταρικά ένζυμα στα αντίστοιχα απλούστερα οργανικά μονομερή τους (μονοσακχαρίτες, αμινοξέα, λιπαρά οξέα, πουρίνες-πυριμιδίνες). Η υδρόλυση καθιστά τα μονομερή αυτά ικανά να εισχωρήσουν στο εσωτερικό του κυττάρου διαμέσου της κυτταρικής του μεμβράνης.
- ✓ Στο δεύτερο στάδιο, το στάδιο της οξεογένεσης, οι διαλυτές αυτές ενώσεις ζυμώνονται ή οξειδώνονται αναερόβια σε πτητικά λιπαρά οξέα, αλκοόλες, διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και αμμωνία.
- ✓ Το τρίτο στάδιο, το στάδιο της οξικογένεσης, χαρακτηρίζεται από το σταδιακό καταβολισμό των προϊόντων της ζύμωσης ή της οξείδωσης σε οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα.
- ✓ Στο τέταρτο και τελευταίο στάδιο της αναερόβιας χώνευσης, το στάδιο της μεθανογένεσης, παράγεται μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα από τα μεθανογόνα βακτήρια, είτε από την αναγωγή του διοξειδίου του άνθρακα από το υδρογόνο είτε από την κατανάλωση του οξικού οξέος. Σχηματικά τα στάδια της αναερόβιας χώνευσης φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.

Η **αναερόβια** χώνευση αντιθέτως, είναι μια διεργασία με πολλά περιβαλλοντικά και οικονομικά **πλεονεκτήματα**, σε σύγκριση με την αερόβια μέθοδο επεξεργασίας των αποβλήτων, τα οποία και αναφέρονται στη συνέχεια. (Lettinga et al., 1979; Burke, 2001):

1. Οι οσμές είναι σημαντικά μειωμένες ή δεν υπάρχουν καθόλου καθώς και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι σημαντικά μειωμένοι στα υγρά και στα στερεά προϊόντα.

2. Η παραγωγή βιοαερίου είναι σημαντική κατά την αναερόβια χώνευση των αποβλήτων, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως έχει ή να υποστεί καθαρισμό για την απομάκρυνση του υδρόθειου (H₂S) που πιθανόν να περιέχει, του διοξειδίου του άνθρακα και της υγρασίας.

3. Το μεθάνιο που παράγεται από την αναερόβια επεξεργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί α) για παραγωγή θερμότητας και β) για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

4. Η ποσότητα λάσπης που παράγεται κατά την αναερόβια χώνευση είναι μικρή (3-20 φορές λιγότερη απ' ότι σε αερόβιες μεθόδους επεξεργασίας), επειδή τα αναερόβια βακτήρια έχουν σχετικά χαμηλό συντελεστή απόδοσης βιομάζας.

5. Οι απαιτήσεις σε θρεπτικά (άζωτο και φώσφορος) είναι πολύ μικρές, ακριβώς λόγω του χαμηλού συντελεστή απόδοσης βιομάζας των αναερόβιων βακτηρίων.

6. Η απομάκρυνση του οργανικού φορτίου είναι αρκετά υψηλή.

7. Το κόστος δημιουργίας και λειτουργίας αναερόβιου συστήματος είναι συνήθως χαμηλό.

8. Η αναερόβια χώνευση είναι κατάλληλη για αγροτοβιομηχανικά απόβλητα με υψηλό οργανικό φορτίο.

9. Οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί έχουν τη δυνατότητα διατήρησης χωρίς τροφοδοσία για μεγάλα χρονικά διαστήματα χωρίς να μειώνεται πολύ η ενεργότητά τους.

Πέρα από τα πολλά πλεονεκτήματα η αναερόβια χώνευση έχει και κάποια **μειονεκτήματα**, τα σημαντικότερα από τα οποία αναφέρονται στη συνέχεια:

1. Προκειμένου να ξεκινήσει η αναερόβια επεξεργασία, απαιτείται ένα μεγάλο συνήθως χρονικό διάστημα, για να εγκλιματιστεί ο μικροβιακός πληθυσμός στο απόβλητο που έχει επιλεγεί για χώνευση. (Gavala et al., 1996).

2. Οι μεθανογόνοι μικροοργανισμοί είναι ευαίσθητοι σε πλήθος τοξικών ενώσεων (Lettinga et al., 1979)

3. Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής (HRT) που απαιτείται είναι συνήθως μεγάλος, εξαιτίας του μικρού ρυθμού ανάπτυξης των μεθανογόνων βακτηρίων.

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες συστημάτων αναερόβιας χώνευσης (Sutton, 1990)

α) Συστήματα συμβατικής αναερόβιας χώνευσης η οποία βασίζεται στην ανάπτυξη αιωρούμενων μικροοργανισμών σε υγρό μέσο. Χρησιμοποιείται ευρέως για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων με υψηλή συγκέντρωση στερεών. Υπάρχουν δύο διαφορετικό τύποι αναερόβιας χώνευσης συμβατικού τύπου, αυτός του ενός σταδίου και αυτός των δύο σταδίων.

Η συμβατική αναερόβια χώνευση ενός σταδίου είναι ο απλούστερος σχεδιασμός αναερόβιου χωνευτήρα, αποτελείται συνήθως από μια κυλινδρική δεξαμενή και οι μικροοργανισμοί εξέρχονται από τον χωνευτήρα μαζί με την επεξεργασμένη εκροή. Διακρίνουμε τρεις βασικούς τρόπους λειτουργίας.

Ο αναδύμενος χωνευτήρας ονομάζεται διαλείπωντος έργου (batch), όταν παραμένει κλειστός στη μεταφορά μάζας, κατά την διάρκεια της λειτουργίας του. Ο αντιδραστήρας ονομάζεται ημιδιαλείπωντος έργου ή συνεχούς τροφοδότησης (semibatch ή fedbatch), όταν τα αντιδρώντα προστίθενται κατά την διάρκεια της λειτουργίας του. Τέλος, ονομάζεται συνεχούς λειτουργίας (Continuous Stirred Tank Reactor, CSTR) όταν λειτουργεί με συνεχή τροφοδότηση και συνεχή απορροή. Σε χωνευτήρα CSTR ο μέσος χρόνος παραμονής των μικροοργανισμών είναι ίσος με το χρόνο υδραυλικής παραμονής (HRT). (Λυμπεράτος, 1998). Η συμβατική αναερόβια χώνευση των δύο σταδίων λαμβάνει χώρα σε δύο χωνευτήρες. Το κυριότερο μέρος της βιολογικής επεξεργασίας γίνεται στον πρώτο αντιδραστήρα, ενώ ο δεύτερος διαχωρίζει τα στερεά (βιομάζα και αιωρούμενα στερεά που δεν πρόλαβαν να υδρολυθούν) από το υγρό, λειτουργώντας ουσιαστικά σαν δεξαμενή καθίζησης. Η αναερόβια χώνευση δύο σταδίων είναι κατάλληλη για την επεξεργασία ισχυρών υγρών αποβλήτων.

Η αποδοτικότητα της διεργασίας αναερόβιας χώνευσης δύο σταδίων είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερη από αυτή του ενός σταδίου.

β) Συστήματα ταχύρρυθμης αναερόβιας χώνευσης, στα οποία υπάρχει ένα στερεό υλικό στο οποίο προσκολλώνται οι μικροοργανισμοί σχηματίζοντας ένα βιολογικό στρώμα κι έτσι δεν παρασύρονται προς την εκροή του χωνευτήρα. Τα συστήματα αυτά έχουν τη δυνατότητα λειτουργίας σε υψηλές ταχύτητες ροής, χωρίς να μειώνεται η συγκέντρωση της βιομάζας και ο χρόνος παραμονής των στερεών υλικών, με αποτέλεσμα η αναερόβια επεξεργασία υγρών αποβλήτων να είναι ιδιαίτερα αποδοτική.

γ) Συστήματα υβριδικά, που είναι συνδυασμός των δύο προηγούμενων κατηγοριών και μπορούν να είναι παράλληλες διεργασίες, διεργασίες δύο ή περισσότερων σταδίων ή διεργασίες δύο φάσεων (Hen e & Harremoes, 1983).

Η χρήση της αναερόβιας χώνευσης για την επεξεργασία του τυρόγαλου έχει πολλές αναφορές στη διεθνή βιβλιογραφία. Σύμφωνα με τους Philpporoulos & Paradakis (2001), η επεξεργασία του τυρόγαλου στην Ελλάδα άρχισε το 1998.

Πολλές αναφορές υπάρχουν για πιλοτικής κλίμακας έρευνες, με αναερόβια επεξεργασία μίας φάσης, με αντιδραστήρες διαφορετικής διαμόρφωσης (Kalyu hnyi et al., 1997; Coraucci Filho et al., 1996; Foxetal., 1992; Gutiérrerezetal., 1991; Sung & Dague, 1992; Yanetal., 1989; Clanton et al., 1985). Σε έρευνα των Demirel et al., (2005), για τις αναερόβιες μεθόδους επεξεργασίας των συγκεκριμένων αποβλήτων, επισημαίνεται ότι οι συμβατικές μέθοδοι αναερόβιας επεξεργασίας (ενός ή δύο σταδίων) και η χρήση φίλτρων, (upflow anaerobic sludge bucket), μειώνουν τα λίπη και είναι οι κατάλληλες επεξεργασίες για την παραγωγή βιοαερίου (υδρογόνο και μεθάνιο) από τα απόβλητα. Η παραγωγή υδρογόνου (σε ποσότητα 7.53 λίτρα/ημέρα) και μεθανίου (σε ποσότητα 75. λίτρα/ημέρα) μετά από αναερόβια επεξεργασία δύο φάσεων του ορού τυρογάλακτος αποδεικνύει πως το συγκεκριμένο απόβλητο αποτελεί άριστο υπόστρωμα (Antonopoulou et al., 2008).

Τέλος η μείωση των θρεπτικών (νιτρικά και φωσφορικά) από το συγκεκριμένο απόβλητο είναι επίσης αντικείμενο έρευνας και σε αυτή την περίπτωση η αναερόβια επεξεργασία γίνεται με τη βοήθεια φίλτρων (Arrido et al., 2001)

7.Τρόποι αξιοποίησης τυρογάλακτος

7.1.Βιοαέριο από τυρόγαλα

Ένας πολύ σημαντικός τρόπος αξιοποίησης του τυρογάλακτος είναι η παραγωγή καυσίμου από αυτό. Αυτή η διαδικασία γίνεται με την αναερόβια επεξεργασία των λυμάτων των τυροκομείων. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η διαδικασία αυτή (αναερόβια χώνευση) αποτελεί μια από τις παλαιότερες μεθόδους βιολογικής επεξεργασίας. Η χρονολογία της χρονολογείται από το 1630. Η διαδικασία σχηματισμού βιοαερίου λοιπόν, είναι αποτέλεσμα ενός συνδυασμού βημάτων στα οποία η αρχική ύλη- τα απόβλητα- διασπώνται συνεχώς σε μικρότερες μονάδες αποσυνθέτοντας διαδοχικά το οργανικό φορτίο. Για την επίτευξη αυτής της διαδικασίας πρέπει να τεθεί σε λειτουργία έναν αναερόβιο αντιδραστήρα υψηλής φόρτισης για την επεξεργασία των διαυγασμένων λυμάτων και τρεις ακόμη αναερόβιους αντιδραστήρες χαμηλής φόρτισης για την επεξεργασία λιπών/στερεών.

Έτσι από τη χώνευση της βιομάζας, παράγεται βιοαέριο, μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας φιλική προς το περιβάλλον που χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του εργοστασίου. Στο τελικό στάδιο της επεξεργασίας, αντιμετωπίζεται και το ζήτημα της παραγόμενης λυματολάσπης, με μονάδα ξήρανσης και καύσης η οποία δίνει ως υπόλειμμα εξουδετερωμένη ανόργανη τέφρα και κατ' επέκταση, μηδενικά οργανικά απόβλητα στο περιβάλλον.

7.2.Βιοαέριο

Το βιοαέριο αναφέρεται συνήθως σε ένα μείγμα διαφορετικών αερίων που παράγονται από την αποσύνθεση οργανικής ύλης απουσία οξυγόνου. Το βιοαέριο μπορεί να παραχθεί από ακατέργαστες πρώτες ύλες όπως τα αγροτικά απόβλητα, κοπριά, αστικά απόβλητα, φυτική ύλη, βοθρολύματα, πράσινα απόβλητα ή απορρίμματα τροφών και απόβλητα τυροκομείου.

Είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιεί ένα πολύ μικρό αποτύπωμα άνθρακα. Το βιοαέριο μπορεί να παραχθεί από αναερόβια πέψη με αναερόβια βακτήρια, που χωνεύει υλικά μέσα σε ένα κλειστό σύστημα, ή ζύμωση βιοδιασπάσιμων υλικών.

Το βιοαέριο είναι κυρίως μεθάνιο (CH₄) και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και μπορεί να έχει μικρές ποσότητες από υδρόθειο (H₂S), υγρασία και σιλοξάνια. Τα αέρια μεθάνιο, υδρογόνο και μονοξείδιο του άνθρακα (CO) μπορούν να καούν ή να οξειδωθούν με οξυγόνο. Αυτή η ενεργειακή απελευθέρωση επιτρέπει στο βιοαέριο να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιοδήποτε σκοπό θέρμανσης, όπως το μαγείρεμα. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε μια μηχανή αερίου για να μετατρέψει την ενέργεια στο αέριο σε ηλεκτρισμό και θερμότητα.

7.3.Χρήση των αποβλήτων τυροκομείου ως υπόστρωμα ζύμωσης.

Μια από τις κύριες οδούς αξιοποίησης του τυρογάλακτος σχετίζεται με τη ζύμωση αυτού προς παραγωγή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας (γαλακτικό οξύ, αιθυλική αλκοόλη, βιταμίνες, β-γαλακτοσιδάση, ξύδι, βιομάζα, μικροβιακό λίπος) (Αγγελής 2007). Ειδικότερα το τυρόγαλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως θρεπτικό μέσο για την ανάπτυξη μικροοργανισμών, (π.χ. γένη *Kluyveromyces*, *Candida*, *Trichosporum*, *Torula*), που δίδουν βιομάζα υψηλής βιολογικής αξίας. Μια ακόμα σημαντική χρήση του τυρογάλακτος είναι για την παραγωγή μικροβιακών πολυσακχαριτών όπως η ξανθάνη. Σε σύγκριση με τα φυτά οι μικροοργανισμοί εμφανίζουν σημαντικά υψηλότερους ειδικούς ρυθμούς ανάπτυξης και υψηλότερη συγκέντρωση πρωτεΐνης στην παραγόμενη βιομάζα που σε πολλές περιπτώσεις φτάνει το 80% (β/β) επί ξηρής μάζας (Αγγελής 2007).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον εστιάζεται στο γ-λινολενικό οξύ (LA, Δ6,9,12C18:3), ένα λιπαρό οξύ το οποίο παράγεται κατά κύριο λόγο ως μεταβολικό προϊόν από τους ελαιογόνους ζυμομύκητες (Agge s κ.λπ. 1987, 1988, 1990, Rat edge 1994, 2002, Fakas κ.λπ. 2006, 2007, 2008α, 2008β, Αγγελής 2007) και παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω των αντικαρκινικών και αντιφλεγμονωδών ιδιοτήτων

που έχει βρεθεί ότι περιέχει (Cert k a d h m u 1999, Ke y κ.λπ. 2000). Παρά το γεγονός ότι έχει αναφερθεί χρησιμοποίηση πληθώρας ανανεώσιμων υποστρωμάτων ή υποστρωμάτων τύπου «αποβλήτων» ως πηγών άνθρακα από ελαιογόνους ζυμομύκητες προκειμένου να παραχθεί λίπος και γ-λινολενικό οξύ (Certik and Shimizu 1999, Fakas κ.λπ. 2006, 2007, 2008α, 2008β, Αγγελής 2007), το τυρόγαλα μέχρι στιγμής δεν έχει χρησιμοποιηθεί από μικροοργανισμούς αυτής της κατηγορίας, πιθανώς λόγω της μη-ικανοποιητικής ανάπτυξης αυτών στη λακτόζη (Cert k a d h m u 1999). Αντίθετα, ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 είχε παραχθεί μικροβιακό λίπος που προσομοιάζε με αυτό του λίπους του κακάο (c c a- butter subst tute) σε βιομηχανική κλίμακα χρησιμοποιώντας ελαιοπαραγωγούς ζύμες του είδους *Ariotrichum curvatum* κατά την καλλιέργεια τους στο τυρόγαλα. (Υkema κλπ. 1988, 1990, Davies κλπ. 1990, Davies and Holdsworth 1992, Ratledge, 1994, Αγγελής 2007).

7.4. Παραγωγή βιοαιθανόλης από τυρόγαλα

Ειδικότερα το τυρόγαλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως θρεπτικό μέσο για την ανάπτυξη μικροοργανισμών, (π.χ. γένη *Kluyveromyces*, *Candida*, *Trichosporum*, *Torula*), που δίδουν βιομάζα υψηλής βιολογικής αξίας, με συγκέντρωση πρωτεΐνης που μπορεί να φτάσει μέχρι 80% επί της ξηρού βάρους της βιομάζας, έπειτα από μόλις λίγες ημέρες ζύμωσης. Η βιομάζα αυτή καλείται μονοκυτταρική πρωτεΐνη (single cell protein) (Αγγελής 2007).

Για παράδειγμα, στη Γαλλία η Εταιρεία «Fromageries Le Bel» παράγεται υψηλής αξίας μονοκυτταρική πρωτεΐνη από τη ζύμη *Kluyveromyces fragilis* έπειτα από ζύμωση τυρογάλακτος σε βιομηχανική κλίμακα, η οποία χρησιμοποιείται ως συμπλήρωμα (ανθρώπινης) διατροφής (Αγγελής 2007). Η μετατροπή της λακτόζης του τυρογάλακτος σε αιθανόλη μέσω μικροβιακής ζύμωσης εφαρμόζεται σε αρκετά μεγάλη κλίμακα όπως η Ιρλανδία, οι Η.Π.Α και ιδιαίτερα η Νέα Ζηλανδία, όπου το 50 % του παραγόμενου τυρογάλακτος οδηγείται στην παραγωγή αιθανόλης (Mawson, 1994). Οι ζύμες *Kluyveromyces fragilis* και *Kluyveromyces marxianus* είναι οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες στη βιομηχανία για αυτόν το σκοπό, καθώς διαθέτουν ένζυμα αποικοδόμησης της λακτόζης, και έχουν τη δυνατότητα βιοσύνθεσης αλκοόλης. Σε

βιοαντιδραστήρες ελεγχόμενης ζύμωσης (ασυνεχούς-batch, ή ασυνεχούς με τροφοδοσία-fed batch) ο *K. fragilis* αξιοποιεί πάνω από το 95 % της λακτόζης του τυρογάλακτος, με αποτελεσματικότητα μετατροπής 80 – 85 % της θεωρητικής δυνατής μετατροπής (0,538 Kg αιθανόλης / Kg λακτόζης) (Mawson, 1994, Barba et al, 2001). Η αλκοολική ζύμωση με ζύμες *Kluyveromyces* σε υψηλές σχετικά θερμοκρασίες έχει επιπλέον το πλεονέκτημα ότι δεν απαιτείται ψύξη κατά τη διάρκεια της ζύμωσης (Kourkoutas et al, 2002). Γενικά η παραγωγή αιθανόλης από μη συμπυκνωμένα διαλύματα τυρογάλακτος δεν είναι συνήθως οικονομικά συμφέρουσα, διότι τα επίπεδα της αιθανόλης που παράγονται αγγίζουν μόλις το 2-2,5 % (Tin and Mawson, 1993, Zafar and Owais, 2006), κυρίως λόγω της αναστολής του μικροοργανισμού εξ αιτίας της συσσώρευσης αιθανόλης στο υπόστρωμα ζύμωσης, και των μη βέλτιστων συνθηκών αλκοολικής ζύμωσης. Η αναστολή αυτή περιορίζεται μερικώς με τη χρήση υψηλού ποσοστού εμβολίου και κυττάρων προσαρμοσμένων σε υπόστρωμα λακτόζης και στις συνθήκες της επακολουθούμενης ζύμωσης. Υπάρχουν ωστόσο αρκετοί μικροοργανισμοί (και επιμέρους στελέχη αυτών) έχουν επιλεγεί ή μεταλλαχθεί εργαστηριακά, ώστε να μπορούν να μετατρέψουν πάνω από το 90 % της λακτόζης συμπυκνωμένων διαλυμάτων σε αιθανόλη (Castillo, 1990, Giunaraez et al, 2008, Sanom et al, 2008). Το κόστος της ζύμωσης μειώνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης της λακτόζης πάνω από 100 – 120 g/ l λακτόζης (υπερδιπλασιασμό της αρχικής συγκέντρωσης σακχάρων στο υπόστρωμα ζύμωσης), με άλλα λόγια έπειτα από συμπύκνωση του τυρογάλακτος.

Για τη συμπύκνωση αυτή (της λακτόζης) μπορεί να γίνει υπερδιήθηση στο τυρόγαλα, οπότε επιτυγχάνετε συμπύκνωση μέχρι και 5 φορές, αλλά αυξάνει το κόστος επεξεργασίας (περίπου 50 δολάρια/m³ αρχικού τυρογάλακτος). Εναλλακτικά το τυρόγαλα μπορεί να αποξηραθεί σε σκόνη με θερμική συμπύκνωση, εκ νέφωση, κλπ (το οποίο επίσης έχει ένα κόστος περίπου 200-400 δολάρια/τόνο αρχικού τυρογάλακτος) (Guadix et al, 2004). Ωστόσο αυτά τα επιπλέον κόστη ισοσκελίζονται από το κέρδος που προκύπτει κατά την απόσταξη και τον καθαρισμό της αιθανόλης από τα υπόλοιπα συστατικά της ζύμωσης, καθώς σε συμπυκνωμένα υποστρώματα αυξάνεται η συγκέντρωση της παραγόμενης αιθανόλης (μέχρι βέβαια κάποιο όριο συγκέντρωσης

διαλυτών στερεών πέρα από το οποία η υψηλή ωσμωτική πίεση δρα ανασταλτικά), δηλαδή όσο πυκνότερα τα διαλύματα αιθανόλης που παράγονται, τόσο μικρότερο το κόστος ανάκτησης.

Η συγκέντρωση αιθανόλης έχει αναφερθεί ότι μπορεί να φτάσει το 10-12% με τη χρήση σκόνης τυρογάλακτος και συγκέντρωση λακτόζης 20%, έπειτα όμως από επαναλαμβανόμενες ζυμώσεις με σταδιακή τροφοδοσία υποστρώματος (fed-batch), που διαρκούν ωστόσο αρκετές μέρες αυξάνοντας τα λειτουργικά κόστη (Ozmichi and Kargi, 2007). Επίσης, μια άλλη προσέγγιση στην παραγωγή βιοαιθανόλης από τυρόγαλα είναι η παραγωγή από τη ζύμη *Saccharomyces cerevisiae* (την ζύμη του κρασιού) που παράγει σημαντικές ποσότητες αλκοόλης σε υπόστρωμα γλυκόζης (~15%), αλλά δεν μπορεί να αποικοδομήσει τη λακτόζη. Έτσι, στις περιπτώσεις αυτές γίνεται ακινητοποίηση κυττάρων του *Saccharomyces cerevisiae* μαζί με το ένζυμο β-γαλακτοσιδάση, το οποίο διασπάει τη λακτόζη σε γλυκόζη και γαλακτόζη, ανοίγοντας το δρόμο για τη αλκοολική ζύμωση από τον *S. cerevisiae*. Έτσι, μπορεί να παραχθεί αλκοόλη σε συγκέντρωση ~6%, αλλά το κόστος παραγωγής αυξάνεται λόγω της χρήσης ακινητοποιημένων ενζύμων και κυττάρων (Stanizcewski et al, 2007). Η ακινητοποίηση αυξάνει την αντοχή των μικροοργανισμών στην αιθανόλη που συσσωρεύεται στο υγρό της ζύμωσης, με αποτέλεσμα η ζύμωση να συνεχίζεται για περισσότερο χρόνο πριν τα κύτταρα μπουν σε φάση στασιμότητας και θανάτου, με αποτέλεσμα καλύτερη αξιοποίηση των σακχάρων και βελτιωμένη παραγωγή αιθανόλης. Επιπλέον τα ακινητοποιημένα κύτταρα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν.

Η ζύμωση ακινητοποιημένων κυττάρων *Kluyveromyces marxianus* και *Saccharomyces cerevisiae* (μαζί) είναι επίσης μια προσέγγιση για την αύξηση της παραγόμενης αλκοόλης κατά 40% σε σχέση με ελεύθερα κύτταρα *Kluyveromyces marxianus* (Gou et al, 2010). Η Αιθανόλη ως καύσιμο Την τελευταία δεκαετία η Ευρωπαϊκή Ένωση ενδιαφέρεται όλο και περισσότερο για την παραγωγή βιοαιθανόλης, δίνοντας σημαντικά κίνητρα (π.χ. φορολογικές απαλλαγές) για τη δημιουργία και την επέκταση των επενδύσεων στους τομείς παραγωγής και χρήσης της βιοαιθανόλης. Άλλωστε έχει θεσπιστεί η οδηγία 2003/30/EK της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σύμφωνα με την οποία όλα τα κράτη-μέλη πρέπει να αντικαταστήσουν σταδιακά τη βενζίνη και το πετρέλαιο κίνησης

με βιοκαύσιμα σε ποσοστό 5,7% έως το 2010 [Faaij, 2006]. Η παραγωγή και κατανάλωση αιθανόλης τις τελευταίες δεκαετίες, και κυρίως μετά την πετρελαϊκή κρίση του 1975, αυξάνεται συνεχώς, ενώ τα τελευταία χρόνια η κύρια χρήση της πλέον είναι ως καύσιμη ύλη σε αντίθεση με προηγούμενες δεκαετίες όπου χρησιμοποιούνταν κυρίως σε αλκοολούχα ποτά ή ως οργανικός διαλύτης σε βιομηχανικές εφαρμογές (βαφές, αρώματα, καλλυντικά, φάρμακα, κλπ. Μάλιστα η εταιρία Shell προβλέπει ότι το έτος 2060 η παραγωγή βιοαιθανόλης και βιοντίζελ θα έχει ξεπεράσει σε όγκο την παγκόσμια παραγωγή πετρελαίου (Lynd et al, 1999). Κύριος παραγωγός βιοαιθανόλης σε παγκόσμιο επίπεδο είναι η Βραζιλία, η οποία καταναλώνει ετησίως περίπου 4 δισεκατομμύρια γαλόνια αιθανόλης, ακολουθούμενη από τις Η.Π.Α. Για την παραγωγή της βιοαιθανόλης χρησιμοποιούνται καλλιέργειες φυτών πλούσιων σε σάκχαρα όπως ο σόργος, το καλαμπόκι, το σακχαροκάλαμο [<http://www.ethanolrfa.org>].

Η αιθανόλη ως καύσιμο έχει πολλά πλεονεκτήματα έναντι συμβατικών ορυκτών καυσίμων με κυριότερο ίσως την μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων και του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Πιο συγκεκριμένα τα πλεονεκτήματα της είναι τα εξής

-Είναι μη ορυκτό καύσιμο του οποίου η παρασκευή και η καύση δεν αυξάνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, ενώ μπορεί να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές CO₂ αλλά και CO από ορυκτά καύσιμα [Wyman, 1994].

- Είναι βιοαποικοδομήσιμη, μη τοξική και διαλυτή στο νερό, με αποτέλεσμα να μην προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον σε περίπτωση διαρροής (αντίστοιχο των πετρελαιοκηλίδων).

- Η υψηλή περιεκτικότητά της σε οξυγόνο, μειώνει τα επίπεδα του μονοξειδίου του άνθρακα και μάλιστα κατά 25 – 30 %. Εκτιμάται πως η μείωση των εκπομπών των οξειδίων του άνθρακα με τη χρήση βιοαιθανόλης σε ποσοστό 5 %, ισοδυναμεί με την απομάκρυνση από την κυκλοφορία 1000000 αυτοκινήτων [<http://www.britishsugar.co.uk>].

- Με την χρήση μιγμάτων αιθανόλης μειώνονται δραστικά οι εκπομπές υδρογονανθράκων, οι οποίοι αποτελούν μια από τις κύριες αιτίες για την

«τρύπα του όζοντος. Ομοίως, τα μίγματα υψηλής συγκέντρωσης αιθανόλης μειώνουν τις εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου σε ποσοστό μεγαλύτερο του 20%.

- Τα υψηλής συγκέντρωσης αιθανόλης μίγματα μπορούν να μειώσουν κατά 30 % τις εκπομπές των πτητικών οργανικών συστατικών.

- Σαν ενισχυτής των αριθμών οκτανίων, μπορεί να μειώσει κατά 50% ή και περισσότερο, τις εκπομπές του βενζενίου και του βουταδιενίου, τα οποία είναι καρκινογόνα ενώ αντικαθιστά άλλα επιβλαβή πρόσθετα, όπως τον μόλυβδο.

- Μειώνει επίσης σημαντικά τις εκπομπές του διοξειδίου του θείου αλλά και της σωματιδιακής ουσίας (Particulate matter). - Σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα των οποίων τα αποθέματα είναι πεπερασμένα, η αιθανόλη είναι ανανεώσιμη.

- Αυξάνει τον αριθμό των οκτανίων της βενζίνης με μικρό κόστος.

- Μειώνεται η εξάρτηση των κρατών από το πετρέλαιο

- Παράγεται εύκολα ακόμα και σε οικογενειακή κλίμακα και αποδίδει 34% περισσότερη ενέργεια από αυτή που απαιτείται για την παραγωγή της.

Ωστόσο, η βιοαιθανόλη έχει και ορισμένα σημαντικά **μειονεκτήματα**:

- Η παραγωγή της με τη χρήση ενεργειακών φυτών μειώνει τα αποθέματα σε σιτηρά, και σακχαρούχα φυτά, με αποτέλεσμα την αύξηση της διαθεσιμότητας και της τιμής των τροφίμων και την επιδείνωση του υποσιτισμού σε ορισμένες χώρες του κόσμου.

- Η απόδοση της αιθανόλης σαν καύσιμο είναι χαμηλότερη από αυτή του πετρελαίου ή της βενζίνης (Το ενεργειακό περιεχόμενο της αιθανόλης, ισοδυναμεί με τα 2/3 του αντίστοιχου της βενζίνης [Lynd, 1996]), άρα απαιτείται περισσότερο καύσιμο για την ίδια ενεργειακή απαίτηση.

- Η παραγωγή της βιοαιθανόλης έχει μεγαλύτερο κόστος από το αντίστοιχο της βενζίνης (ωστόσο, η παραγωγή βιοαιθανόλης, τουλάχιστον για την ώρα, επιδοτείται στην Ευρωπαϊκή Ένωση)

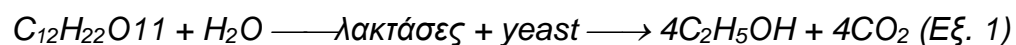
Τα μειονεκτήματα αυτά θα μπορούσαν να ξεπεραστούν με τη χρήση οργανικών αποβλήτων όπως το τυρόγαλα, αντί των ενεργειακών φυτών, ώστε να μην μειώνεται η παραγωγή τροφίμων και να αντίθετα να μειώνεται το κόστος παραγωγής καθώς τα γεωργικά απόβλητα έχουν πρακτικά μηδενικό κόστος ως α΄ ύλη για την μικροβιακή ζύμωση.

Βέβαια, λόγω της εποχικής διαθεσιμότητας του τυρογάλακτος και της διασποράς των τυροκομείων, ιδίως σε χώρες όπως η Ελλάδα, η δημιουργία μεγάλων μονάδων παραγωγής βιοαιθανόλης σε εθνική κλίμακα έχει κάποιες δυσκολίες, ωστόσο η δημιουργία μικρών τοπικών μονάδων σε περιοχές με έντονη κτηνοτροφική και τυροκομική δραστηριότητα (όπως η Θεσσαλία) αποκτά ιδιαίτερη σημασία, καθώς θα μπορούσε να προσφέρει μια λύση στο ενεργειακό κόστος αυτών παραγωγικών μονάδων και ταυτόχρονα να βελτιώσει τις περιβαλλοντικές επιδόσεις αυτών των βιομηχανιών σε σχέση με τα απόβλητά τους

8. Ζύμωση της λακτόζης του τυρογάλακτος προς αιθανόλη

8.1. Γενικές πληροφορίες

Η ζύμωση της λακτόζης του τυρογάλακτος σε αιθανόλη με τη χρήση ζυμομυκήτων είναι μια γνωστή διαδικασία. Η αντίδραση της ζύμωσης της λακτόζης ($C_{12}H_{22}O_{11}$) προς αιθανόλη (C_2H_5OH) περιγράφεται στην Εξίσωση 1.



Συνοπτικά, κατά την αλκοολική ζύμωση, η προσθήκη του ζυμομύκητα στη λακτόζη έχει ως αποτέλεσμα τις δύο ακόλουθες αντιδράσεις: αρχικά η λακτόζη διασπάται σε δύο σάκχαρα (γαλακτόζη και γλυκόζη), από τα οποία και αποτελείται (Εξ. 2), και έπειτα τα δύο αυτά σάκχαρα ζυμώνονται προς αιθανόλη

(Εξ. 3). Επομένως, η ολική αντίδραση έχει ως αποτέλεσμα την μετατροπή 1 mol λακτόζης σε 4 mol αιθανόλης, με αποτέλεσμα η θεωρητική απόδοση της αντίδρασης να είναι 0,538 g αιθανόλης για κάθε g λακτόζης που καταναλώνεται (Sansonetti et al., 2010).

λακτόζη + H₂O --- Λακτάσες → γαλακτόζη + γλυκόζη (Εξ. 2)

γαλακτόζη + γλυκόζη ---yeast→ 4 αιθανόλη + 4CO₂ (Εξ. 3)

Η μετατροπή της λακτόζης του τυρογάλακτος σε αιθανόλη δεν είναι το ίδιο ανταγωνιστική από οικονομικής άποψης, σε σχέση με τη χρήση ζαχαροκάλαμου ή άμυλου καλαμποκιού. Η αιθανόλη, όμως, που προκύπτει από το τυρόγαλο, είναι πόσιμη και για αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή τροφίμων, αναψυκτικών, καθώς και στην φαρμακοβιομηχανία και την βιομηχανία καλλυντικών. Επιπλέον, η χρήση της λακτόζης του τυρογάλακτος για παραγωγή αιθανόλης είναι πλεονεκτική από την άποψη ότι για τη ζύμωση χρησιμοποιείται/αξιοποιείται ένα παραπροϊόν (απόβλητο) και όχι ένα προϊόν το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τροφή (Guimarães et al., 2010).

Παράδειγμα επιτυχούς και εκτεταμένης παραγωγής αιθανόλης από τη λακτόζη του τυρογάλακτος αποτελεί η Νέα Ζηλανδία. Με παραγωγή περίπου 17.000.000 L αιθανόλης από τη ζύμωση της λακτόζης του τυρογάλακτος ετησίως, καλύπτει τις ανάγκες της σε αιθανόλη και προβαίνει και σε εξαγωγή περισσότερης της μισής παραγωγής σε ποικίλες αγορές, όπως η Σρι Λάνκα και η Ιαπωνία, με την κύρια ποσότητα του παραγόμενου προϊόντος να χρησιμοποιείται στη βιομηχανία αναψυκτικών.

8.2. Άλλες χρήσεις ενδεικτικά αναφέρονται:

βιομηχανικοί διαλύτες, λευκό ξύδι, φάρμακα, χειρουργικό οινόπνευμα, χρωστικές και αρωματικά τροφίμων, υψηλής ποιότητας αποσμητικά και αρώματα, αεροζόλ-ειδικά για προϊόντα μαλλιών, μπογιές, μελάνι εκτύπωσης, κ.α. (NZIC, 2010).

Άλλες χώρες με ανεπτυγμένη βιομηχανική παραγωγή αιθανόλης από τη λακτόζη του τυρογάλακτος είναι η Ιρλανδία, οι ΗΠΑ και η Δανία. Η ζύμωση της λακτόζης του τυρογάλακτος, συνήθως δεν λαμβάνει χώρα απευθείας στο τυρόγαλο που προκύπτει από την παρασκευή τυριού (π.χ. φέτας), αλλά μετά την απομάκρυνση των πρωτεϊνών από το τυρόγαλο, ή μετά από επαναχρησιμοποίηση του τυρογάλακτος για παραγωγή άλλων τύπων τυριών, π.χ. μυζήθρας. Η ανάκτηση των πρωτεϊνών του τυρογάλακτος γίνεται συνήθως με υπερδιήθηση και παράγονται συμπυκνώματα πρωτεϊνών τα οποία χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων και φαρμάκων. Παραπροϊόν της διαδικασίας αυτής αποτελεί το πλούσιο σε λακτόζη διήθημα, (με περισσότερο από το 70% ολικά στερεά του τυρογάλακτος) το οποίο χρησιμοποιείται στην ζύμωση για παραγωγή αιθανόλης. Από το τυρόγαλο παρασκευάζονται επίσης ορισμένα είδη τυριών. Στην Ελλάδα, από το τυρόγαλο παρασκευάζονται η μυζήθρα, το ανθότυρο και το μανούρι (Ανυφαντάκης 1993; Μάντης, 2000). Η μυζήθρα παρασκευάζεται από τυρόγαλα, που προέρχεται από γάλα πρόβειο, ή γίδινο, ή αγελαδινό, ή μίγματα αυτών (Μάντης, 2000). Η παραγωγή των τυριών αυτών από το τυρόγαλο έχει σαν αποτέλεσμα την «κατακράτηση» των πρωτεϊνών στη μυζήθρα, αλλά και κάποιου ποσοστού της λακτόζης, ενώ το διήθημα που παράγεται ως παραπροϊόν της διαδικασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ζύμωση προς αιθανόλη.

Συνοψίζοντας να πούμε ότι τα τυροκομεία παράγουν απόβλητα των οποίων το τυρόγαλο (cheese whey) είναι το κύριο απόβλητο με υψηλό οργανικό φορτίο (μέχρι και 70 g COD/L) το οποίο ωστόσο είναι βιοαποικοδομήσιμο, πλούσιο σε πρωτεΐνη, λακτόζη, άλατα, κλπ. Γι' αυτό το λόγο η χρήση ή η διάθεση του είναι σημαντική. Αν διατεθεί ακατέργαστο σε υδροφόρους ορίζοντες μπορεί να προκαλέσει σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις (φαινόμενα υπερτροφισμού,

εξάντληση οξυγόνου σε λίμνες, ποτάμια, εξόντωση της υδρόβιας ζωής). Επίσης διαθέτει σημαντική φυτοτοξικότητα (μείωση της σοδειάς αν χρησιμοποιηθεί ως υγρό λίπασμα), ενώ αλλοιώνει και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του εδάφους. Ωστόσο, το τυρόγαλο μπορεί να επεξεργασθεί και να αξιοποιηθεί κατάλληλα, ώστε να μειωθούν αφενός τα προβλήματα αποικοδόμησης του αποβλήτου (σε βιολογικούς καθαρισμούς) και διάθεσης στο περιβάλλον, και αφετέρου να παραχθούν αρκετά προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας που μπορούν να αποβούν εις όφελος των γαλακτοπαραγωγικών μονάδων.

Τα κύρια αυτά προϊόντα είναι τα εξής:

- ✓ Πρωτεΐνη ορού γάλακτος (τυρογάλακτος), έπειτα από θέρμανση (μετουσίωση-καθίζηση πρωτεΐνης, μαζί με ελάχιστο λίπος και άλατα)
- ✓ Καθαρή πρωτεΐνη τυρογάλακτος έπειτα από υπερδιήθηση
- ✓ Γαλακτικό οξύ ως προϊόν ζύμωσης τους τυρογάλακτος
- ✓ Μονοκυτταρική πρωτεΐνη (μικροβιακή βιομάζα) ως προϊόν ζύμωσης τους τυρογάλακτος

9.Κέικ από τυρόγαλα

Μέσα στα μόλις 80 γραμμάρια του βάρους του το «θαυματουργό» κέικ περιέχει πρωτεΐνες και θερμίδες ενός πλήρους γεύματος! Βασικό συστατικό του, το τυρόγαλα!

Με βασικό συστατικό το τυρόγαλα!

Το σούπερ κέικ το παρασκεύασε ο Έλληνας καθηγητής Βιοχημείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας Δημήτρης Κουρέτας και είναι σούπερ γιατί μπορεί να αποτελέσει ιδανική τροφή για έναν καταπονημένο οργανισμό, να προάγει την λειτουργία του μεταβολισμού, να βοηθήσει στην αντιμετώπιση παθήσεων όπως καρκινοπαθών στη φάση της χημειοθεραπείας, καθώς δημιουργεί στο αίμα τις καλύτερες προϋποθέσεις απορρόφησης των πρωτεϊνών και των σακχάρων.

Η σούπερ τροφή που έφτιαξε στο εργαστήριό του, είναι μια πατέντα μοναδική. Η φήμη του έφτασε γρήγορα στην αγορά του εξωτερικού, την Κίνα, την Αμερική, την Ινδία, την Αφρική και ξεκίνησε η διαδικασία εξαγωγής του, ενώ παράλληλα προτάθηκε προς το υπουργείο Εξωτερικών, προκειμένου να αποτελέσει μέρος της επισιτιστικής βοήθειας της Ελλάδας προς τις χώρες του Τρίτου Κόσμου, όπως αναφέρει το thebest.gr.

Το κέικ του Κουρέτα έχει κεντρίσει ακόμη και το ενδιαφέρον ποδοσφαιρικών ομάδων από την Ισπανία και την Ιταλία, ενώ ενδιαφέρον έχει εκφράσει ενδιαφέρον ακόμη και ο αμερικανικός στρατός.

Όλα ξεκίνησαν από μια μελέτη για τα απόβλητα

Ο καθηγητής Δημήτρης Κουρέτας, παρασκεύασε το μικρό κέικ Feed Back με βασικό συστατικό παράγωγο του ορού γάλακτος (τυρόγαλα), όταν η Νομαρχία Λάρισας ανέθεσε στο Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας την εκπόνηση ειδικής μελέτης για την αντιμετώπιση των αποβλήτων των τυροκομείων τα οποία μόλυναν τον Πηνειό και δηλητηρίαζαν τα ψάρια.

Μετά από μια μακρά θητεία στη Βοστώνη, όπου εργαζόταν ως μεταδιδακτορικός ερευνητής στο Harvard στο τμήμα Ιατρικής, ερεύνησε τους τρόπους επεξεργασίας του τυρογάλακτος για να δοθεί λύση στα ρυπογόνα απόβλητα. Τότε ανακάλυψε τον τρόπο απομόνωσης της πρωτεΐνης, με αποτέλεσμα αυτό που μένει να είναι καθαρό και περιβαλλοντικά αθώο.

Έμεινε, όμως, αναξιοποίητη η πρωτεΐνη του ορού γάλακτος. Έτσι, ο Δημήτρης Κουρέτας ξαναμπήκε στο εργαστήριο.

Ανέμιξε την πρωτεΐνη με ένα μείγμα πολυμερισμένων και ελεύθερων σακχάρων, προσέθεσε αρωματικά στοιχεία και έφτιαξε το κέικ... τούρμπο.

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Ένας από τους σημαντικότερους τομείς της ελληνικής βιομηχανίας τροφίμων, τα τυροκομεία προκαλούν αυξημένα περιβαλλοντικά προβλήματα, κυρίως λόγω της ανεξέλεγκτης διάθεσης των υγρών αποβλήτων τους στα υδάτινα οικοσυστήματα. Από τα απόβλητα αυτά το πιο επιβαρυντικό για το περιβάλλον είναι το τυρόγαλα λόγω του υψηλού του οργανικού φορτίου. Οι ρύποι αυτοί είτε αλλάζοντας τις φυσικοχημικές ιδιότητες των οικοσυστημάτων είτε επιδρώντας άμεσα τοξικά στους βιοτικούς παράγοντες αυτών, έχουν ιδιαίτερα σοβαρές επιπτώσεις στον έμβιο κόσμο και υποβαθμίζουν σημαντικά το περιβάλλον.

Αυτός είναι και ο λόγος που για την επεξεργασία και διάθεση των αποβλήτων των τυροκομείων έχουν εκπονηθεί πλήθος ερευνητικών προγραμμάτων στην Ελλάδα και στο εξωτερικό και διάφορες βιολογικές ή φυσικοχημικές μέθοδοι έχουν δοκιμαστεί σε εργαστηριακή και πραγματική κλίμακα. Τα αποτελέσματα των ερευνών έδειξαν ότι πολλές από αυτές επεξεργάζονται τα απόβλητα σε τέτοιο βαθμό που οι τελικές εκροές μπορούν να διατεθούν με ασφάλεια ακόμη και σε υδάτινους αποδέκτες χωρίς να διαταράξουν την ισορροπία τους. Μερικές από αυτές μάλιστα οδηγούν στην παραγωγή προϊόντων με αυξημένη εμπορική αξία καθώς και στην παραγωγή καθαρών πηγών ενέργειας (βιοαέριο).

Όστόσο από τη στιγμή που τα περισσότερα τυροκομεία είναι μικρές οικογενειακές επιχειρήσεις χωρίς μεγάλες οικονομικές δυνατότητες, φαίνεται ότι δεν είναι διαθέσιμες να εφαρμόσουν περιβαλλοντική πολιτική και να εκσυγχρονίσουν τα αντιρρυπαντικά τους συστήματα αν δεν τους χορηγηθούν επαρκείς οικονομικές ενισχύσεις ή άλλα κίνητρα από το κράτος (π.χ. φορολογικά).

Είναι χαρακτηριστικό ότι ακόμη και σήμερα, υπάρχουν περιπτώσεις τυροκομείων, που διαθέτουν τα απόβλητά τους ανεξέλεγκτα στη φύση με την ανοχή μάλιστα του κράτους αλλά και της κοινωνίας.

Όσο δεν υπάρχει εθνικός σχεδιασμός για τα εν θέματι απόβλητα και δεν εφαρμόζονται οι σχετικές ευρωπαϊκές οδηγίες τα προβλήματα που περιεγράφηκαν πιο πάνω θα διαιωνίζονται και οι σύγχρονες περιβαλλοντικές τεχνολογίες και τακτικές θα εφαρμόζονται σποραδικά και κυρίως στις μεγάλες γαλακτοκομικές μονάδες.

Παρατηρήθηκε ότι στις περιπτώσεις τυροκομείων που αναγκάστηκαν να εφαρμόσουν κάποια μέτρα διαχείρισης αποβλήτων, λόγω καταγγελιών, τα μέτρα που πήραν ήταν κατασταλτικά και όχι προληπτικά.

Ωστόσο θα μπορούσαν να σχεδιαστούν και να εφαρμοστούν σχέδια ολοκληρωμένης διαχείρισης των συγκεκριμένων αποβλήτων όχι μεμονωμένα για κάθε τυροκομείο, ούτε σε επίπεδο κράτους αλλά σε επίπεδο Νομού ή Περιφέρειας. Μία τέτοια πρόταση έγινε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Κατά τη διαμόρφωσή της φάνηκε ότι για την επιλογή του βέλτιστου σχεδιασμού διαχείρισης των αποβλήτων των τυροκομείων πολύ σπουδαίο ρόλο παίζει η χωροθετηση τους.

Βεβαίως ο κυριότερος στόχος θα πρέπει να είναι η προστασία του περιβάλλοντος, αλλά για να είναι εφαρμόσιμο ένα σχέδιο διαχείρισης, θα πρέπει να είναι και πρακτικό. Με άλλα λόγια θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τόσο τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και η φυσιογνωμία της περιοχής που βρίσκεται η κάθε μονάδα όσο και η δυνατότητα της τελευταίας να ανταπεξέλθει στο επιπλέον κόστος.

Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια για μία νέα προσέγγιση στο πεδίο της διαχείρισης των τυροκομικών αποβλήτων. Συγκεκριμένα προτάθηκε η ομαδοποίησή των τυροκομείων σε Διαχειριστικές Γεωγραφικές Ενότητες και η εφαρμογή ενός ενιαίου σχεδίου διαχείρισης για κάθε μία από αυτές προωθώντας το μοντέλο της συγκεντρωτική διαχείρισης έναντι αυτού της μεμονωμένης για κάθε τυροκομείο ξεχωριστά.

Με άλλα λόγια προτείνεται η προώθηση της συνεργασίας των επιχειρήσεων τόσο μεταξύ αυτών του ίδιου κλάδου αλλά και μεταξύ γενικά των αγροτοβιομηχανικών δραστηριοτήτων καθώς η βιβλιογραφία έδειξε ότι οι λύσεις συν επεξεργασίας των αποβλήτων τους συχνά είναι πιο αποδοτικές για το περιβάλλον, αλλά και πιο συμφέρουσες για τις ίδιες. Οι ξεχωριστές δράσεις για κάθε ΔΓΕ αναφέρονται στα κατασταλτικά μέτρα, σε αποφάσεις δηλαδή που αφορούν τις μεθόδους επεξεργασίας και αξιοποίησης των αποβλήτων. Τα προληπτικά μέτρα αντίθετα, δηλαδή οι τεχνικές και οι επεμβάσεις με τι οποίες πετυχαίνετε μείωση της παραγωγής των αποβλήτων και του ρυπαντικού τους φορτίου, θα πρέπει να λαμβάνονται μεμονωμένα σε κάθε επιχείρηση. Τα προληπτικά μέτρα είναι απλά και δεν επιβαρύνουν την επιχείρηση με δυσβάσταχτα οικονομικά βάρη.

Επίσης προτείνονται ενέργειες που θα πρέπει να γίνονται από αρμόδιους φορείς ίσως σε επίπεδο νομού και θα πρέπει να περιλαμβάνουν όλα τα τυροκομεία της ευθύνης τους. Η πιο σημαντική τέτοιου είδους ενέργεια είναι η ενημέρωση των τυροκόμων, πρώτον για τα μέτρα διαχείρισης με τα οποία πετυχαίνουν πρόληψη της ρύπανσης και δεύτερον για τα αντισταθμιστικά οφέλη που θα έχουν αν ενταχθούν στο πλαίσιο διαχείρισης των αποβλήτων τους που προτείνεται.

Ειδικά υπό το βάρος των τελευταίων παγκόσμιων, δυσάρεστων οικονομικών εξελίξεων για να γίνει αποδεκτό ένα σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων που στην ουσία έχει σαν κύριο σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος και σίγουρα θα επιβαρύνει οικονομικά τους επιχειρηματίες, θα πρέπει να τους προσφέρει και κάποια ανταποδοτικά οφέλη. Τέτοιου είδους αντισταθμιστικά οφέλη, εκτός από οικονομικά κίνητρα που θα πρέπει να προσφέρει το ίδιο το κράτος, είναι τα ακόλουθα :

- Βελτίωση της οργάνωσης, της εικόνας και της ανταγωνιστικότητάς τους. Με άλλα λόγια αποκτούν ένα επιπρόσθετο «εργαλείο marketing», το οποίο μπορεί να συμβάλει καταλυτικά στην προώθηση εξαγωγών και ιδιαίτερα στην προσέγγιση πελατών με υψηλή περιβαλλοντική ευαισθησία (π.χ. πελάτες από την Β. Ευρώπη).
- Μείωση του κόστους επεξεργασίας των αποβλήτων, που μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην προσπάθεια για ενίσχυση της ανταγωνιστικότητάς τους
- Εκσυγχρονίζονται και επομένως αποκτούν πρόσβαση σε νέες αγορές
- Βελτιώνουν την εικόνα τους στην αγορά μέσω της υιοθέτησης ενός περιβαλλοντικού προφίλ
- Προωθούν ευκολότερα τα προϊόντα τους στην αγορά έναντι των παραγωγών που δεν εφαρμόζουν περιβαλλοντική πολιτική
- Έχουν καλύτερη αποδοχή από τις τοπικές Κοινωνίες

Η οργάνωση ελεγκτικών μηχανισμών είναι επίσης μία ενέργεια που θα επιτρέψει τον εντοπισμό των σημαντικών προβλημάτων, την εφαρμογή της ισχύουσας περιβαλλοντικής νομοθεσίας αλλά και την εκτίμηση και αξιολόγηση του διαχειριστικού σχεδίου που εφαρμόζεται.

Θα πρέπει να τονίσουμε επίσης ότι ένα σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων ενός βιομηχανικού κλάδου ισχύει μόνο για ένα συγκεκριμένο χωρόχρονο καθώς η υπάρχουσα οικονομική και αναπτυξιακή κατάσταση μιας περιοχής μπορεί να αλλάξει στο μέλλον.

Τέλος προτείνεται ένα βασικό πλαίσιο με βάση το οποίο πρέπει να αντιμετωπίζεται και να σχεδιάζεται η ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων των τυροκομικών εγκαταστάσεων και αναλύεται το κάθε στάδιο ξεχωριστά.

Ο εντοπισμός των προβλημάτων στην πραγματική τους διάσταση πρέπει να γίνεται με προσωπικούς επιτόπιους ελέγχους εξειδικευμένων επιστημόνων και όχι εξετάζοντας τις διοικητικές αποφάσεις (άδειες λειτουργίας, εγκεκριμένες μελέτες, κλπ.) που συνήθως δεν περιέχουν όλα τα πραγματικά στοιχεία λειτουργίας των τυροκομείων.

Ο σχεδιασμός της διαχείρισης των αποβλήτων και τα μέτρα που θα προταθούν θα λαμβάνουν υπόψη τους τη χωροθετηση των μονάδων και θα έχουν τόσο κατασταλτικό χαρακτήρα όσο και προληπτικό. Επίσης θα πρέπει να φροντίζεται ώστε να είναι πρακτικά και εφαρμόσιμα, όχι στείρα και θεωρητικά. Η εφαρμογή των μέτρων θα πρέπει να γίνεται κάτω από καθεστώς συνεχούς υποστήριξης, κυρίως με προσφορά τεχνογνωσίας προς τους τυροκόμους από την αρμόδια ομάδα επιστημόνων που τα σχεδίασε. Ο σχεδιασμός και η εφαρμογή ενός προγράμματος παρακολούθησης της διαχείρισης και ελέγχου της αποτελεσματικότητάς της, θεωρείται από τα πιο βασικά στάδια καθώς θα δείχνει και τις αλλαγές και τα νέα δεδομένα που πιθανό να προκύψουν. Σε αυτή τη περίπτωση θα πρέπει να υπάρξει επαναπροσαρμογή του σχεδίου διαχείρισης ώστε να είναι αποτελεσματικό και εφαρμόσιμο.

Η υλοποίηση του προγράμματος διαχείρισης θα πρέπει να γίνεται επίσης υπό την επίβλεψη ομάδας εξειδικευμένων επιστημόνων για να μη καταλήξει να αποτελεί ένα τυπικό εργαλείο χωρίς πρακτική χρήση.

11.Βιβλιογραφία

Αγγελής, Γ., (2007). Μικροβιολογία και Μικροβιακή Τεχνολογία. Εκδόσεις Σταμούλη, Α., 1η Έκδοση.

Ανυφαντάκης, Ε., 1982. Η αξιοποίηση του αιγοπρόβειου γάλακτος της χώρας μας. ΔΕΤΡΟΠ 1982.

Ανυφαντάκης, Ε., 2004. Τυροκομία Χημεία-Φυσικοχημεία. Μικροβιολογία, Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.

Αρβανίτης, Π., 2009. Διερεύνηση της ποιοτικής κατάστασης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα της λεκάνης του Σπερχειού Ποταμού με χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. **Διπλωματική εργασία. ΕΑΠ.**

Βαβουράκη, Α., 2010. Προκαταρκτική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων. LIFE08 ENV/GR/000578 «Ανάπτυξη ολοκληρωμένης πολιτικής για τη διαχείριση αγροτοβιομηχανικών αποβλήτων με στόχο τη μεγιστοποίηση της ανάκτησης υλικών και ενέργειας». Πανεπιστήμιο Πατρών.

Βλυσίδης, Α., Λοϊζίδης, Μ., Λουκάκης, Χ., Μάη, Σ., Μπαραμπούτη, Ε. Μ. Αξιοποίηση υγρών και στερεών αποβλήτων γεωργικών και βιομηχανικών τροφίμων με τη μέθοδο της συγκομποστοποίησης. Ε.Μ.Π. 2005.

Γεωργακάκης, Δ., 2003. «Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Τόμος Γ΄, Στερεά Γεωργικά Απόβλητα», Πάτρα, Ε.Α.Π.

Γεωργακίδης, Κ., 2010. Παραγωγή βιοαερίου από απόβλητα γαλακτοβιομηχανίας. Διπλωματική εργασία. ΕΑΠ.

Γεωργιοπούλου, Μ. Γ., 2007. Ανάπτυξη μεθόδων για την επιλογή της

καλύτερης διαθέσιμης τεχνολογίας για την επεξεργασία υγρών βιομηχανικών αποβλήτων. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών.

Γούλα, Α. Διαχωρισμός με μεμβράνες. Αρχές μηχανολογίας τροφίμων. Διεργασίες μηχανικού – φυσικού διαχωρισμού. Γεωπονική Σχολή ΑΠΘ.

Δαλέζιος, Γ. 1986. Κτηνοτροφικά Απόβλητα. Σημειώσεις σεμιναρίου ΕΛΚΕΠΑ. Αθήνα.

Ζαλίδης, Γ., 2008. Σημειώσεις μαθήματος: Ρύπανση εδάφους. Προστατευόμενες περιοχές, Διαχειριστικές μελέτες. Σχετική Νομοθεσία. Α.Π.Θ. Τμήμα Γεωπονίας. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο : <http://web.auth.gr/agroppsepeaek/iliko/circle2/ripansi/zalidis.pdf>

Ζαμπετάκης, Α.Α., Μανιός, Β.Θ., Καρατζάς, Γ. ,2005. Καινοτομικές μέθοδοι εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών και υπόγειων υδάτων. Η τεχνολογία της φυτοεξυγίανσης. Heleco '05, ΤΕΕ, Αθήνα. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο :

Ζερφυρίδης Γ. & Λιτοπούλου – Τζανετάκη Ε., 1988. Υγιεινή Γαλακτοβιομηχανιών. Εκδόσεις Γιαχούδη –Γιαπούδη.

Ζερφυρίδης, Γ. (1983). Αξιοποίηση του τυρογάλακτος. Επιμορφωτικά σεμινάρια στη γαλακτοκομία. Εθνική Επιτροπή Γάλακτος, 3-7 Οκτωβρίου, Αθήνα, 10-14 Οκτωβρίου Θεσσαλονίκη, σελ. 296-304.

Κακούρος, Α., 2009. Πειραματική μελέτη βελτιστοποίησης της παραγωγής βιοαερίου με προσθήκη τυρογάλακτος σε υγρά μηχανικού διχωρισμού αποβλήτων χοιροστασιών στη μεσόφιλη περιοχή. Μεταπτυχιακή διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής.

Καμιναρίδης, Σ., 2007. Αξιοποίηση τυρογάλακτος. Συνέδριο «Η προστασία της ελληνικής παραγωγής γαλακτοκομικών και τυροκομικών προϊόντων και η ενίσχυση της ανταγωνιστικότητάς τους στην ελληνική και διεθνή αγορά». Φεστιβάλ Ελληνικού Γάλακτος και Τυριού. Πειραιάς.

Καραδήμα Κ., 2009. Εκτίμηση της τοξικότητας διαφόρων σταδίων επεξεργασίας αποβλήτων τυροκομικών μονάδων με χρήση βιοδεικτών. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Βιολογίας ζώων.

Καττή, Π., 2010. Πειραματική διερεύνηση παραγωγής βιοαερίου από μίγματα τυρογάλακτος με υγρά μηχανικού διαχωρισμού αποβλήτων χοιροστασίου διαφορετικής πυκνότητας στη μεσόφιλη περιοχή. Μεταπτυχιακή διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Κούκουρας, Α. & Βουλτσιάδου-Κούκουρα, Ε. , 1993. Ασκήσεις Θαλάσσιας Βιολογίας. Εκδόσεις Art of Text, Θεσσαλονίκη, 118 Σελ.

Κουτρώτσιος, Γ., 2009. Διερεύνηση καταλληλότητας χρήσης πυρηνόξυλου και τυρογάλακτος στην παρασκευή υποστρωμάτων καλλιέργειας μανιταριών *Pleurotus ostreatus*. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Αιγαίου. Μυτιλήνη.