

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΚΑΙ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Κίνδυνοι στο λευκό τυρί και στρατηγικές πρόληψης ή
αντιμετώπισής τους»**

Κυριάκος Πεφτουλίδης

ΒΟΛΟΣ, 2025

UNIVERSITY OF THESSALY

DEPARTMENT OF ICHTHYOLOGY AND AQUATIC ENVIRONMENT AND
DEPARTMENT OF SPECIAL EDUCATION



JOINT POSTGRADUATE PROGRAMME
«EDUCATION FOR SUSTAINABILITY AND THE ENVIRONMENT»

JOINT POSTGRADUATE MASTER'S THESIS

**«Hazards and strategies for their prevention or control in white
cheese»**

Kyriakos Peftoulidis

VOLOS, 2025

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, 2025. Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία (Μ.Δ.Ε.), η οποία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών: Εκπαίδευση για την Αειφορία και το Περιβάλλον και τα λοιπά αποτελέσματα αυτής αποτελούν συνιδιοκτησία του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης και αναπαραγωγής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα και το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, όπου εκπονήθηκε η Μ.Δ.Ε. καθώς και τον Επιβλέποντα Καθηγητή και την Επιτροπή Αξιολόγησης.

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

- 1) Φωτεινή Φ. Παρλαπάνη**, Επίκουρος Καθηγήτρια, Μοριακή Μικροβιολογία και Ποιότητα Αλιευτικών Προϊόντων – Τροφίμων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπουσα**.
- 2) Ιωάννης Σ. Μποζιάρης**, Καθηγητής, Υγιεινή και Συντήρηση Ιχθυηρών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.
- 3) Μυρσίνη Κακαγιάννη**, Επίκουρος Καθηγήτρια, Τεχνολογίας, Ποιότητας και Ασφάλειας. Τροφίμων Ζωικής Προέλευσης, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στην επιβλέπουσα επίκουρο καθηγήτρια Dr. Παρλαπάνη Φωτεινή για τη πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση της στη περάτωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας.

Περιεχόμενα

Περίληψη	7
Abstract.....	8
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	9
1.1 Γενικά	9
1.2 Λευκό τυρί και στοιχεία παγκοσμίως.....	11
1.3 Παραγωγή λευκού τυριού	13
1.4 Κανόνες ορθής βιομηχανικής πρακτικής στην παραγωγή λευκού τυριού.....	17
1.5 Συνηθέστεροι μικροβιολογικοί κίνδυνοι στα τυροκομικά προϊόντα και βιολογία τους	19
1.6 Περιγραφή πιθανών κινδύνων κατά την παραγωγή λευκού τυριού.....	23
1.7 Σκοπός Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας.....	24
Κεφάλαιο 2. Κίνδυνοι στο λευκό τυρί.....	25
2.1 Μικροβιολογικοί κίνδυνοι στο λευκό τυρί	25
2.2 Χημικοί κίνδυνοι στο λευκό τυρί.....	51
2.2.1 Χημικοί κίνδυνοι στο γάλα προς τυροκόμηση- προερχόμενοι από ζωοτροφές.....	51
2.2.2 Μυκοτοξίνες προερχόμενες από μύκητες- Αφλατοξίνες	52
2.2.3 Ραδιολογικοί χημικοί κίνδυνοι	55
2.2.4 Χημικοί κίνδυνοι από μετανάστευση ουσιών-Υλικά συσκευασίας.....	55
2.2.5 Χημικοί κίνδυνοι από βαρέα μέταλλα	57
2.2.6 Χημικοί κίνδυνοι από υπολείμματα καθαριστικών στη βιομηχανία	59
2.3 Φυσικοί κίνδυνοι στο λευκό τυρί.....	60
Κεφάλαιο 3. Μέτρα προόληψης και αντιμετώπισης κινδύνων	61
Κεφάλαιο 4. Υλικά και Μέθοδοι	79
4.1 Συλλογή δεδομένων	79
Κεφάλαιο 5. Αποτελέσματα	79
Συζήτηση	112
4.1. Μικροβιολογικοί Κίνδυνοι.....	112
4.2. Χημικοί Κίνδυνοι: Βιογενείς Αμίνες και Βαρέα Μέταλλα	113
4.3. Φυσικοί Κίνδυνοι: Αλλοιώσεις από Ζύμες και Μύκητες.....	114
4.4. Ολοκληρωμένη Προσέγγιση για Ασφάλεια και Ποιότητα.....	115
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	117
Βιβλιογραφία.....	118

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία επικεντρώνεται στη μελέτη των κινδύνων που σχετίζονται με το λευκό τυρί και τις στρατηγικές πρόληψης ή αντιμετώπισής τους. Το λευκό τυρί, ένα παραδοσιακό προϊόν με ευρεία κατανάλωση κυρίως στις χώρες της Μεσογείου, παρουσιάζει ιδιαιτερότητες στη διαδικασία παραγωγής, ωρίμανσης και συντήρησής του, γεγονός που το καθιστά επιρρεπές σε μια σειρά μικροβιολογικών, χημικών και φυσικών κινδύνων. Αρχικά, παρουσιάζονται βασικές πληροφορίες για το τυρί και ειδικότερα για τα λευκά τυριά άλμης, όπως η φέτα, το χαλούμι και το ντομιάτι, με έμφαση στη διατροφική τους αξία, την παραδοσιακή τους παραγωγή και τη συμβολή τους στην τοπική οικονομία. Ακολουθεί η περιγραφή της παραγωγικής διαδικασίας, με αναφορά στους μικροοργανισμούς που συμμετέχουν στη ζύμωση και την ωρίμανση του τυριού, καθώς και στις παραμέτρους που επηρεάζουν την ασφάλεια και την ποιότητά του. Στη συνέχεια, αναλύονται οι κυριότεροι τύποι κινδύνων. Οι **μικροβιολογικοί κίνδυνοι**, όπως τα παθογόνα βακτήρια (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* κ.ά.), είναι από τους πιο σοβαρούς, καθώς μπορούν να προκληθούν σε οποιοδήποτε στάδιο της παραγωγής και να έχουν άμεσες επιπτώσεις στην υγεία των καταναλωτών. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στον σχηματισμό βιοφίλμ και στις πηγές διασταυρούμενης μόλυνσης. Οι **χημικοί κίνδυνοι**, όπως οι μυκοτοξίνες (κυρίως η αφλατοξίνη M1), βαρέα μέταλλα, υπολείμματα καθαριστικών και ουσίες που μεταναστεύουν από υλικά συσκευασίας, αποτελούν εξίσου σημαντικό πεδίο ανησυχίας. Τέλος, εξετάζονται και οι **φυσικοί κίνδυνοι**, όπως η πιθανή παρουσία ξένων σωμάτων στο προϊόν. Η εργασία εστιάζει επίσης στα προληπτικά μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν για την εξασφάλιση της υγιεινής και της ασφάλειας των λευκών τυριών. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται συστήματα διαχείρισης ποιότητας όπως το HACCP, η Ορθή Βιομηχανική και Υγιεινή Πρακτική (GMP & GHP) και το πρότυπο ISO 22000. Σκοπός της μεταπτυχιακής αυτής εργασίας ήταν η καταγραφή των μικροβιολογικών, χημικών και φυσικών κινδύνων από τη βιβλιογραφία σε διάφορους τύπους λευκού τυριού ανά τον κόσμο καθώς και η ανάδειξη της σημασίας της πρόληψης των κινδύνων, μέσα από μια ολιστική προσέγγιση συμβάλλοντας στη διασφάλιση της ποιότητας ενός προϊόντος που αποτελεί βασικό μέρος της καθημερινής διατροφής και της πολιτισμικής ταυτότητας πολλών λαών.

Λέξεις κλειδιά: Λευκό τυρί, μικροβιολογικοί κίνδυνοι, χημικοί κίνδυνοι, φυσικοί κίνδυνοι, τρόποι πρόληψης και αντιμετώπισης

Abstract

This thesis focuses on the study of potential hazards associated with white cheese, as well as the strategies for their prevention and management. White cheese, a traditional dairy product widely consumed in Mediterranean countries, presents specific challenges in its production, ripening, and storage processes, which increases its vulnerability to a range of microbiological, chemical, and physical hazards. The paper begins with an overview of cheese in general, and specifically of brined white cheeses such as feta, halloumi, and domiati. Emphasis is placed on their nutritional value, traditional production methods, and their importance to local economies. The production process is then described in detail, including the role of microorganisms in fermentation and ripening, as well as key factors that affect cheese safety and quality. The main types of hazards are thoroughly analyzed. **Microbiological hazards**, such as *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella*, are of major concern as they can occur at any stage of production and pose serious health risks to consumers. Special attention is given to biofilm formation and sources of cross-contamination. **Chemical hazards** include mycotoxins (notably aflatoxin M1), heavy metals, cleaning agent residues, and substances that may migrate from packaging materials. Lastly, **physical hazards**, such as foreign materials that may be introduced during processing or packaging, are also examined. The thesis also highlights prevention and control strategies aimed at ensuring the hygienic and safe production of white cheeses. These include the implementation of food safety management systems such as HACCP, Good Manufacturing Practices (GMP), Good Hygiene Practices (GHP), and the ISO 22000 standard. The importance of staff training, equipment maintenance, and quality control of raw materials is emphasized. The aim of this work was to underscore the significance of risk prevention through a holistic approach that combines scientific understanding with practical application. Ultimately, the goal is to contribute to the assurance of safety and quality in a product that plays a key role in daily nutrition and the cultural identity of many communities worldwide.

Key words: white cheese, microbiological hazards, chemical risks, physical hazards, preventive measures and control strategies.

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Η επισιτιστική ασφάλεια υπάρχει όταν όλοι οι άνθρωποι, ανά πάσα στιγμή, έχουν φυσική, κοινωνική και οικονομική πρόσβαση σε επαρκή, ασφαλή και θρεπτικά τρόφιμα που ανταποκρίνονται στις διατροφικές τους ανάγκες και στις προτιμήσεις τους για μια ενεργό και υγιή ζωή. Η ασφάλεια των τροφίμων αναφέρεται σε όλους αυτούς τους κινδύνους, είτε χρόνιους είτε οξείους, που μπορεί να κάνουν τα τρόφιμα επιβλαβή για την υγεία του καταναλωτή. Η ποιότητα περιλαμβάνει όλα τα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την αξία ενός προϊόντος για τον καταναλωτή, συμπεριλαμβανομένων αρνητικών χαρακτηριστικών όπως η αλλοίωση, η μόλυνση από βρωμιά, ο αποχρωματισμός, οι δυσάρεστες οσμές και θετικών χαρακτηριστικών όπως η προέλευση, το χρώμα, η γεύση, η υφή και η μέθοδος επεξεργασίας του τροφίμου (FAO, 2003).

Είναι γνωστό ότι η καλύτερη εναλλακτική λύση για την ελαχιστοποίηση της μικροβιακής ανάπτυξης και της απώλειας της ποιότητας των τροφίμων κατά την επεξεργασία και την αποθήκευση είναι η συνδυασμένη δράση περιοριστικών παραγόντων της μικροβιακής ανάπτυξης. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει την εναρμόνιση της καλύτερης αισθητηριακής ποιότητας των τροφίμων με την ασφάλεια και υποστηρίζει τις νέες τάσεις στην παραγωγή και την επεξεργασία τροφίμων (Gali et.al, 2016).

Το τυρί είναι ένα τρόφιμο που παράγεται εδώ και αιώνες ως μέθοδος συντήρησης του γάλακτος. Καταναλώνεται ευρέως λόγω της γεύσης και της ευελιξίας του. Σε όλο τον κόσμο, υπάρχει μια τεράστια ποικιλία τυριών, το καθένα με διαφορετική γεύση και σχήμα, ανάλογα με τις πολιτισμικές παραδόσεις και τους διαθέσιμους πόρους κάθε περιοχής. Το 2022, η παγκόσμια παραγωγή τυριού έφτασε

περίπου τους 22,17 εκατομμύρια μετρικούς τόνους. Η Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν μακράν ο μεγαλύτερος παραγωγός τυριού παγκοσμίως, με όγκο παραγωγής περίπου 10,55 εκατομμύρια μετρικούς τόνους εκείνο το έτος. Το τυρί θεωρείται ένα βιοσύνθετο οικοσύστημα που κατοικείται από μια ποικίλη σειρά μικροοργανισμών, συλλογικά γνωστών ως μικροβίωμα τυριού, οι οποίοι προέρχονται από το νωπό γάλα, τις καλλιέργειες εκκίνησης και τις καλλιέργειες πρόσθετων. Αυτοί οι μικροοργανισμοί παίζουν κρίσιμο ρόλο στη συμβολή στα αισθητηριακά χαρακτηριστικά διαφορετικών τυριών μέσω των σύνθετων αλληλεπιδράσεών τους με πρωτεΐνες γάλακτος, υδατάνθρακες και λίπη. Αυτή η αλληλεπίδραση συμβαίνει κυρίως κατά τη διάρκεια μιας βασικής τεχνολογικής διαδικασίας στην τυροπαραγωγή, γνωστής ως ωρίμανση (Ferraz, et al., 2024).

Το τυρί είναι ένα από τα παλαιότερα και πιο πολύτιμα τρόφιμα στην ανθρώπινη ιστορία. Για αιώνες, παράγεται και καταναλώνεται από διαφορετικούς πολιτισμούς παγκοσμίως. Το τυρί παίζει σημαντικό ρόλο όχι μόνο λόγω της γεύσης του αλλά και λόγω της θρεπτικής του αξίας. Πλούσιο σε πρωτεΐνες, ασβέστιο, φώσφορο, βιταμίνες και διάφορα μέταλλα, το τυρί αποτελεί ουσιαστικό μέρος μιας ισορροπημένης και υγιεινής διατροφής. Εκτός από τις θρεπτικές του ιδιότητες, η παραγωγή και η κατανάλωση τυριού έχουν πολιτιστική και κοινωνική σημασία. Από το Ροκφόρ στη Γαλλία μέχρι την Παρμεζάνα-Ρετζιάνο στην Ιταλία, τα τυριά αντανακλούν τα γεωγραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά των περιοχών παραγωγής τους, ενισχύοντας τις τοπικές ταυτότητες. Επιπλέον, η τυροκομία έχει αναπτυχθεί εδώ και αιώνες μέσω παραδοσιακών γνώσεων και τεχνικών που μεταδίδονται από γενιά σε γενιά. Αυτή η πλούσια κληρονομιά συμβάλλει στις τοπικές οικονομίες και υποστηρίζει τους μικρούς παραγωγούς. Ενώ η βιομηχανική παραγωγή τυριού πραγματοποιείται σε μεγάλη κλίμακα με σύγχρονες τεχνικές, η παραδοσιακή τυροκομία βοηθά στη

διατήρηση μοναδικών γεύσεων και υφών. Το τυρί δεν είναι απλώς ένα τρόφιμο. Είναι ένα προϊόν που ενσωματώνει την ιστορία, τον πολιτισμό και την τέχνη, έχοντας μεγάλη σημασία για την ανθρωπότητα (Keskin, 2025).

Οι μύκητες προκαλούν σημαντικές αλλαγές στα τρόφιμα κατά την αποθήκευσή τους, γεγονός που τα καθιστά ακατάλληλα για κατανάλωση λόγω μείωσης της θρεπτικής τους αξίας ή συσσώρευσης μυκοτοξινών. Η ανάπτυξη μούχλας στο τυρί είναι ένα κοινό πρόβλημα κατά την ωρίμανση στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας γαλακτοκομικών προϊόντων, αλλά και στα προϊόντα λιανικής πώλησης για τον τελικό χρήστη κατά την παρατεταμένη αποθήκευση στο ψυγείο. Οι μύκητες των γενών *Penicillium* και *Aspergillus* είναι οι πιο συνηθισμένοι ρύποι οι οποίοι θα μπορούσαν να είναι παθογόνοι για τον άνθρωπο και τα ζώα (Chipivel et al., 2015).

Για το σκοπό αυτό, απαιτείται μία καταγραφή των πιθανών κινδύνων για την ασφάλεια των τροφίμων, παράλληλα με τον εντοπισμό των πιο σημαντικών κινδύνων που θα συμπεριληφθούν στα προγράμματα παρακολούθησης. Η τρέχουσα κατάσταση για την αλυσίδα γαλακτοκομικών προϊόντων θα πρέπει να επαναξιολογηθεί και θα πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη τυχόν σχετικές τάσεις που μπορεί να επηρεάσουν την παρουσία κινδύνων (Asselt et.al,2017)

1.2 Λευκό τυρί και στοιχεία παγκοσμίως

Τα μαλακά τυριά είναι τυριά με μαλακή υφή, ενώ μερικά από αυτά είναι επαλειφόμενα. Πηκτώνονται είτε με πυτιά είτε με οξύ, καθώς το γάλα πήζει από το οξύ σε pH 4,6. Τα μαλακά τυριά έχουν περιεκτικότητα σε υγρασία υψηλότερη από 55%. Η οξίνιση προκαλείται είτε από τα τυχαία βακτήρια γαλακτικού οξέος είτε από την προσθήκη οξέος. Μερικά μαλακά τυριά καταναλώνονται φρέσκα. Μερικά ωριμάζουν για 5-60 ημέρες. Μια ξεχωριστή κατηγορία μαλακών τυριών είναι τα τυριά ορού

γάλακτος. Τα τυριά ορού γάλακτος χαρακτηρίζονται από το γεγονός ότι η πήξη του γάλακτος (ή του ορού γάλακτος) προκαλείται από τη θέρμανση στους 85–90 °C. Ο ορός γάλακτος από την παρασκευή σκληρών ή άλλων τυριών αναμειγνύεται με γάλα ή/και κρέμα γάλακτος και θερμαίνεται στους 88–90 °C για 40–45 λεπτά. Η θέρμανση προκαλεί συσσωμάτωση των πρωτεϊνών ορού γάλακτος και σχηματισμό του τυροπήγματος. Προστίθεται αλάτι και το τυρόπηγμα διαμορφώνεται, στραγγίζεται και ψύχεται. Η διαδικασία θέρμανσης προκαλεί τη θανάτωση της ζύμης που υπάρχει στο τυρόπηγμα και οι ζύμες εμφανίζονται μετά από μόλυνση μετά τη θέρμανση. Υπήρχε μεγάλη ποικιλία ειδών ζύμης, αλλά κυριαρχούσαν τα *D. hansenii* και *Pichia membranefasciens*. Άλλα στελέχη ζύμης που βρέθηκαν ήταν τα *T. delbrueckii*, *Pichia farinosa*, *Candida mogii*, *Candida intermedia*, *Zygosaccharomyces rouxii*, *S. cerevisiae* (Bintsis, 2021).

Τα τυριά ορού γάλακτος παράγονται σήμερα παγκοσμίως με διάφορες ονομασίες: Ricotta, Ricotta salata ή Ricottone και Ricotta fresca στην Ιταλία· Ανθότυρος, Μυζήθρα, Μανούρι, Ξυνομυζήθρα και Urda στην Ελλάδα, Urda στη Σερβία και τη Ρουμανία, καθώς και σε άλλες χώρες όπως το Ισραήλ, Lor στην Τουρκία, Anari στην Κύπρο, Skuta στην Κροατία και τη Σερβία, Gjetost και Brunost στη Νορβηγία, Mesost και Messmör στη Σουηδία, Mysuostur στην Ισλανδία, Myseost στη Δανία, Requeijão στην Πορτογαλία και Requesón στην Ισπανία και το Μεξικό. Μεταξύ των διαφόρων τυριών ορού γάλακτος, τα Ricotta di Bufala Campana και Ricotta Romana στην Ιταλία, Brocciu corse στη Γαλλία, Manouri και Xinomyzithra Kritis στην Ελλάδα, και τα Requeijão da Beira Baixa και Requeijão Serra da Estrela στην Πορτογαλία, όλα με αποδεδειγμένη σύνδεση με την τοπική ιστορία και τον πολιτισμό, έχουν χαρακτηριστεί ως προστατευόμενη ονομασία προέλευσης (ΠΟΠ) (Bintsis & Papademas, 2023).

1.3 Παραγωγή λευκού τυριού

Το γάλα είναι επίσης μια πλούσια πηγή θρεπτικών συστατικών για τα βακτήρια που μολύνουν το γάλα και αναπτύσσονται καλά σε συνθήκες περιβάλλοντος. Ορισμένα μολυσματικά βακτήρια χρησιμοποιούν τη ζάχαρη του γάλακτος, τη λακτόζη, ως πηγή ενέργειας, παράγοντας γαλακτικό οξύ ως υποπροϊόν. Αυτά τα βακτήρια, τώρα γνωστά ως βακτήρια γαλακτικού οξέος (LAB), περιλαμβάνουν τα γένη *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* και *Wiessla*. Τα LAB χρησιμοποιούνται στην παραγωγή μιας ευρείας γκάμας προϊόντων γάλακτος, κρέατος και λαχανικών που έχουν υποστεί ζύμωση. Γενικά θεωρούνται ωφέλιμα για την ανθρώπινη υγεία και έχουν μελετηθεί εκτενώς. Η βακτηριακή ανάπτυξη και η παραγωγή οξέος θα συνέβαιναν στο γάλα κατά την αποθήκευση ή κατά τις προσπάθειες ξήρανσης του γάλακτος στο επικρατούν ζεστό, ξηρό κλίμα για την παραγωγή ενός πιο σταθερού προϊόντος. Η ξήρανση στον αέρα του κρέατος, και πιθανώς των φρούτων και των λαχανικών, φαίνεται να εφαρμοζόταν ως μια πρωτόγονη μορφή συντήρησης τροφίμων σε αυτή την περίοδο της ανθρώπινης εξέλιξης. Όταν παράγεται επαρκές οξύ, οι κύριες πρωτεΐνες του γάλακτος, οι καζεΐνες, πήζουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (21 °C) στην περιοχή των ισοηλεκτρικών τους σημείων (~pH 4,6) για να σχηματίσουν ένα πήκτωμα στο οποίο παγιδεύονται η λιπαρή και η υδατική φάση του γάλακτος. Έτσι, τα πρώτα γαλακτοκομικά προϊόντα που έχουν υποστεί ζύμωση πιθανότατα παράχθηκαν τυχαία. Πολλά βασικά παρόμοια προϊόντα εξακολουθούν να παράγονται σε διάφορες περιοχές του κόσμου με χειροποίητες μεθόδους, οι οποίες πιθανώς δεν διαφέρουν πολύ από αυτές που χρησιμοποιούνταν πριν από αρκετές χιλιάδες χρόνια (Fox et.al, 2016).

Δεδομένου ότι το νωπό γάλα έχει πολύ μικρή διάρκεια ζωής, η μετατροπή του σε προϊόντα όπως το τυρί είναι μία από τις μεθόδους συντήρησης του νωπού γάλακτος. Το τυρί είναι ένα από τα γαλακτοκομικά προϊόντα που λαμβάνονται με την πήξη του γάλακτος ή των γαλακτοκομικών υποπροϊόντων όπως ο ορός γάλακτος, χρησιμοποιώντας κατάλληλα πρωτεολυτικά ένζυμα γνωστά ως τυτιά τυριού ή/και οργανικά οξέα, ακολουθούμενη από τον διαχωρισμό του ορού γάλακτος, τη διαμόρφωση και το αλάτισμα του τυροπήγματος, και στη συνέχεια καταναλώνεται είτε φρέσκο είτε μετά την ωρίμανση. Αν και είναι πολύ δύσκολο να ταξινομηθούν συστηματικά τα τυριά, μπορεί να γίνει μια ομαδοποίηση με βάση παράγοντες όπως τα βασικά χαρακτηριστικά των τυριών (ποσοστό λιπαρότητας, ποσοστό νερού, υφή κ.λπ.), η πήξη και η μέθοδος ωρίμανσης. Για να παρασκευαστεί τυρί, το γάλα πρέπει να πήξει. Αυτό γενικά γίνεται με την χυμοσίνη που δρα στο στερεοχημικό στρώμα αγκύρωσης κάππα-καζεΐνης του μικκυλίου καζεΐνης. Ένα από τα κύρια βήματα στην παρασκευή τυριού είναι η ξήρανση του γάλακτος. Ως αποτέλεσμα μικροβιακών και βιοχημικών αντιδράσεων, οι επιθυμητές ιδιότητες γεύσης, οσμής και υφής μπορούν να επιτευχθούν τοποθετώντας τα φρεσκοπαρασκευασμένα τυριά σε ελεγχόμενο περιβάλλον για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Έτσι, μπορεί να παραχθεί ώριμο τυρί (Gülhan, 2025).

Τα λευκά τυριά σε άλμη είναι οι πιο δημοφιλείς ποικιλίες τυριών που παρασκευάζονται στην περιοχή της Βορειοανατολικής Μεσογείου και στα Βαλκάνια. Παρασκευάζονται από γάλα προβάτου, βουβαλιού, βοοειδών ή/και αιγός ή από μείγματα αυτών των γαλακτοκομικών προϊόντων. Η φέτα (στην Ελλάδα), το ντομιάτι (Domiatι στην Αίγυπτο), το μπεγιάζ πείνιρ (Beyaz peynir στην Τουρκία) και το χαλούμι (στην Κύπρο) είναι τα πιο γνωστά τυριά, ενώ άλλες, λιγότερο γνωστές ποικιλίες περιλαμβάνουν τα μπάτζο από την Ελλάδα και την μπριντζά από τη Βουλγαρία. Είναι πιθανό αυτά τα τυριά να έχουν την ίδια προέλευση και να έχουν διαφοροποιηθεί με την

πάροδο του χρόνου ανάλογα με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του λαού και του κλίματος κάθε χώρας. Τα περισσότερα από αυτά τα τυριά αλατίζονται σε ξηρή μορφή και στη συνέχεια ωριμάζουν και αποθηκεύονται σε άλμη, και αυτό το αλάτισμα είναι η κύρια διαφορά από τις ποικιλίες τυριών που παράγονται στις χώρες της Βόρειας Ευρώπης. Παραδοσιακά, παρασκευάζονταν ως τυριά χειροτεχνίας χρησιμοποιώντας νωπό γάλα και ο τυροκόμος έπρεπε να βασίζεται στη φυσική μικροχλωρίδα του γάλακτος, κυρίως στα βακτήρια του γαλακτικού οξέος, για να οξινίσει το γάλα (Bintsis & Papademas, 2002).

Σήμερα, η ζήτηση για τυριά λευκής άλμης είναι τόσο μεγάλη που παράγονται ποσότητες σε μεγάλες γαλακτοκομικές μονάδες. Χρησιμοποιούνται γάλατα βοοειδών ή/και μικτά, συνήθως παστεριωμένα, και η προσθήκη καλλιιεργειών εκκίνησης είναι κοινή πρακτική. Τα τυριά λευκής άλμης μπορούν επίσης να παρασκευαστούν με επιτυχία από υπερφιλτραρισμένο γάλα (UF) σε βιομηχανική κλίμακα και έχουν χρησιμοποιηθεί τριπλάσιες και πενταπλάσιες συγκεντρώσεις για την παραγωγή τυριών με δομή UF και τυριών με χύτευση UF, αντίστοιχα. Η μικροβιολογική ποιότητα των λευκών τυριών σε άλμη μπορεί να επηρεαστεί από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της ποιότητας του γάλακτος, της χρήσης παστερίωσης ή θερμοποίησης, διαφόρων τεχνολογικών παραμέτρων και του επιπέδου και του τύπου/τύπων μικροβιακής μόλυνσης που εμφανίζονται καθ' όλη τη διάρκεια της παρασκευής και αποθήκευσης του τυριού. Τα λευκά τυριά σε άλμη ωριμάζουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε άλμη και έτσι οι κυρίαρχες μικροχλωρίδες συμβάλλουν σημαντικά στη διαδικασία ωρίμανσης και, σε κάποιο βαθμό, ρυθμίζουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Επιπλέον, η ασφάλεια και η διάρκεια ζωής του τελικού προϊόντος εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την υπάρχουσα μικροχλωρίδα (Geronikou et.al, 2023).

Η παρασκευή τυριών ορού γάλακτος έχει παραδοσιακά αναπτυχθεί ως ένας βιώσιμος τρόπος αξιοποίησης του κύριου υποπροϊόντος της πυτιάς και των πρακτικών τυροκομίας που έχουν πήξει με οξύ. Η παραδοσιακή παραγωγή τυριών έχει θετικές, κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις όσον αφορά τη διατήρηση της τοπικής απασχόλησης και τη διατήρηση των αγροτών και των οικογενειών τους στις αγροτικές περιοχές (Bintsis & Papademas, 2023).

Ανάλογα με την ποικιλία των τυριών σε άλμη, οι ζύμες μπορεί να αποτελούν μέρος της μικροχλωρίδας, π.χ. σε ένα επιφανειακό στρώμα που σχηματίζει επίχρισμα, το οποίο μπορεί να επηρεάσει θετικά τη γεύση και την υφή του τυριού χωρίς να οδηγήσει σε ποιοτικά ελαττώματα. Η εμφάνιση ειδών ζύμης σε τυριά σε άλμη εντός των γενών *Debaryomyces*, *Geotrichum*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces*, *Torulaspora*, *Trichosporon* spp. και *Yarrowia* έχει αναφερθεί συχνά, ωστόσο, οι λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με την ταξινόμηση, τις ιδιότητες και το δυναμικό αλλοίωσης των ζυμομυκήτων συχνά απουσιάζουν. Το είδος *D. hansenii* απομονώνεται συχνότερα από το περιβάλλον των τυριών, πιθανότατα λόγω της αλοφιλικής του φύσης και της σχέσης του με την άλμη τυριού. Ένας λόγος για την έλλειψη μιας επισκόπησης των ζυμομυκήτων αλλοίωσης στα λευκά τυριά άλμης έγκειται σε έναν μεγάλο αριθμό βιοτεχνικών προϊόντων, τα οποία παραδοσιακά παράγονται από τους κτηνοτρόφους με διαφορετικές τεχνολογίες παραγωγής σε όλο τον κόσμο. Η μόλυνση από ζυμομύκητες, ειδικά στα βιοτεχνικά προϊόντα, είναι δύσκολο να ελεγχθεί. Η ποικιλομορφία των κοινοπραξιών αλλοίωσης και ο πολλαπλασιασμός των ζυμομυκήτων συνήθως ποικίλλουν μεταξύ των γαλακτοκομείων λόγω των διαφορών στις πρώτες ύλες, τη χρήση παστερίωσης, τη θερμοκρασία προσθήκης πυτιάς (30–38°C) και τον χρόνο (40–180 λεπτά), τις συνθήκες άλμης και τη συγκέντρωση αλατιού (7–16% NaCl), τη θερμοκρασία

ωρίμανσης και την περίοδο αποθήκευσης, τα πρότυπα υγιεινής κατά την παρασκευή τυριού κ.λπ. (Geronikou et.al, 2020).

1.4 Κανόνες ορθής βιομηχανικής πρακτικής στην παραγωγή λευκού τυριού

Οι Ορθές Πρακτικές Παραγωγής (GMP), που ορίζονται ως οι ορθές πρακτικές παρασκευής που ακολουθούνται στις βιομηχανίες για την παραγωγή ασφαλών και ποιοτικών προϊόντων, θεσπίστηκαν το 1995 από τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA). Αρκετοί Κανόνες και Κανονισμοί τέθηκαν σε ισχύ υπό τον FDA ως νόμοι από το 1968 περίπου. Αυτό βοηθά στη ρύθμιση της καθαριότητας και της ποιότητας των προϊόντων στο βιομηχανικό περιβάλλον, καθώς είναι απαραίτητο να διατηρηθεί η ποιότητα των βρώσιμων προϊόντων που επηρεάζονται λόγω των περιβαλλοντικών συνθηκών. Ο νόμος εφαρμόστηκε στη βιομηχανία με δέκα αρχές που μπορούν να προωθήσουν την παραγωγή ποιοτικών προϊόντων, οι οποίες θα περιλαμβάνουν την υγιεινή των εγκαταστάσεων και του προσωπικού, την καθαριότητα του τμήματος πρώτων υλών, καθώς και των εγκαταστάσεων επεξεργασίας και αποθήκευσης. Καθώς οι γαλακτοβιομηχανίες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον παγκόσμιο πληθυσμό, είναι απαραίτητο οι βιομηχανίες και οι τεχνολόγοι να ακολουθούν τις αρχές της GMP (Rajendran & Muthuminal, 2023).

Για να διασφαλιστεί η ποιότητα και η ασφάλεια των γαλακτοκομικών προϊόντων, μπορούν να εφαρμοστούν διάφορες προληπτικές και στρατηγικές ελέγχου κατά την επεξεργασία, την αποθήκευση και τον χειρισμό του τελικού προϊόντος. Αυτές οι στρατηγικές βασίζονται στα καθολικά συστήματα διαχείρισης, όπως το σύστημα Ανάλυσης Κινδύνων Κρίσιμων Σημείων Ελέγχου (HACCP), η Ορθή Πρακτική Παραγωγής (GMP), η Ορθή Υγιεινή Πρακτική (GHP) και ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) 22000. Οι προληπτικές στρατηγικές στοχεύουν στην αποφυγή της

διασταυρούμενης μόλυνσης από ζύμες κατά την παραγωγή, χρησιμοποιώντας τεχνολογίες όπως η παστερίωση του γάλακτος, το φιλτράρισμα του αέρα, η αποχέτευση, οι συνθήκες ασηπτικής συσκευασίας κ.λπ. Οι στρατηγικές ελέγχου βασίζονται στην αναστολή της ανάπτυξης ζυμομυκήτων μέσω χημικής συντήρησης, της προσθήκης προστατευτικών καλλιεργειών, της ψύξης ή της συσκευασίας σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Με βάση τις αρχές του HACCP και του GMP, τα γαλακτοκομεία έχουν αναπτύξει κανονισμούς και διαδικασίες υγιεινής ειδικά για κάθε τοποθεσία (Geronikou et.al, 2020).

Σύμφωνα με τον Codex Alimentarius, «τα τυριά ορού γάλακτος είναι στερεά, ημιστερεά ή μαλακά προϊόντα που λαμβάνονται κυρίως μέσω μίας από τις ακόλουθες διαδικασίες:

- (1) της συμπύκνωσης του ορού γάλακτος και της διαμόρφωσης του συμπυκνωμένου προϊόντος ή
- (2) της πήξης του ορού γάλακτος με θερμότητα με ή χωρίς την προσθήκη οξέος» (Bintsis & Papademas, 2023).

Η μόλυνση του νωπού γάλακτος με μούχλα και ζύμες θεωρείται αντανάκλαση των συνθηκών υγιεινής κατά τις διαδικασίες αρμέγματος και αποθήκευσης γάλακτος (Chipilev et.al, 2015).

Κανονικά, οι ζύμες δεν επιβιώνουν μέσω της παστερίωσης του γάλακτος, αλλά μπορούν να εισαχθούν στο τυρί από το περιβάλλον παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων μέσω διασταυρούμενης μόλυνσης από τον αέρα, την άλμη, τις επιφάνειες του εξοπλισμού, τις πρώτες ύλες και το προσωπικό. Οι μολυσματικές ζύμες είναι σε θέση να αναπτυχθούν σε λευκά τυριά άλμης, ακόμη και σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας αποθήκευσης. Επιπλέον, τα λευκά τυριά άλμης παρέχουν ένα πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά μέσο (υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, λιπίδια, λακτόζη

και οργανικά οξέα) που υποστηρίζει την ανάπτυξη ειδών ζύμης και καταστέλλει άλλους μικροοργανισμούς που δεν είναι σε θέση να αναπτυχθούν σε χαμηλό pH και υψηλές συγκεντρώσεις NaCl (Geronikou et.al, 2023).

1.5 Συνηθέστεροι μικροβιολογικοί κίνδυνοι στα τυροκομικά προϊόντα και βιολογία τους

Το γένος *Listeria* περιλαμβάνει μια ομάδα Gram-θετικών βακτηρίων του φύλου Firmicutes με χαμηλή περιεκτικότητα σε G+C, που περιλαμβάνει επίσης τα γένη *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterococcus*, *Streptococcus* και *Staphylococcus*. Τα *Listeria* spp. είναι προαιρετικά αναερόβια, μη σποριογόνα ραβδία που δεν έχουν κάψα και είναι κινητικά στους 10–25 °C. Το *Listeria* έχει απομονωθεί από ποικίλες πηγές, όπως έδαφος, νερό, φυτά, κόπρανα, λαχανικά σε σάπωση, κρέας, θαλασσινά, γαλακτοκομικά προϊόντα και ασυμπτωματικούς ανθρώπους και ζώα-φορείς. Το φυσικό περιβάλλον των *Listeria* είναι το φυτικό υλικό σε σάπωση, όπου ζουν ως σαπρόφυτα. Η λιστέρια είναι ικανή να πολλαπλασιάζεται σε υψηλές συγκεντρώσεις αλατιού (10% NaCl) και σε ένα ευρύ φάσμα pH (pH 4,5–9) και θερμοκρασίας (0–45 °C) (Hain et.al, 2007).

Το γένος *Salmonella* αντιπροσωπεύει μια ομάδα ραβδόμορφων, Gram-αρνητικών, προαιρετικά αναερόβιων βακτηρίων στην οικογένεια Enterobacteriaceae. Η σαλμονέλα είναι ένα εξαιρετικά προσαρμοσμένο στο περιβάλλον μικρόβιο και απολαμβάνει μια ευρεία κατανομή που είναι σε μεγάλο βαθμό πανταχού παρούσα σε γεωγραφικές και βιολογικές δεξαμενές. Το παθογόνο είναι γνωστό ότι επιμένει συχνά εκτός ζώων σε άλλα φυσικά περιβάλλοντα, συμπεριλαμβανομένων των γλυκών και θαλάσσιων επιφανειακών υδάτων, του εδάφους και της σκόνης, και ως επίφυτα πάνω και μέσα σε φυτικά υλικά. Από την απόκλιση της από το *Escherichia coli* πριν από περισσότερα από 100 εκατομμύρια χρόνια, η σαλμονέλα έχει υποστεί εκτεταμένη

εξελικτική διαφοροποίηση και προσαρμοστικές αλλαγές ειδικές για συγκεκριμένες περιοχές μέσω της απόκτησης πολυάριθμων νέων γονιδιωματικών αλλαγών, πολλές από τις οποίες έχουν αποκτηθεί ως αποτέλεσμα της οριζόντιας μεταφοράς γονιδίων (HGT) και άλλων δικτυωτών εξελικτικών δυνάμεων. Το *Salmonella enterica* ευθύνεται για 1,4 εκατομμύρια κρούσματα τροφιμογενούς σαλμονέλλωσης στις Ηνωμένες Πολιτείες ετησίως, καθιστώντας την τον νούμερο ένα αιτιολογικό παράγοντα βακτηριακών τροφιμογενών ασθενειών. Η μόλυνση μπορεί να συμβεί μετά την κατανάλωση μη καλά μαγειρεμένου κρέατος, πουλερικών και αυγών, καθώς και φρεσκοκομμένων προϊόντων που καταναλώνονται εύκολα ωμά και έχουν μολυνθεί με *Salmonella* (Brown et.al, 2021).

Ανάμεσα σε ένα ευρύ φάσμα βακτηρίων, ο *Staphylococcus aureus* είναι ένα πολύ γνωστό παθογόνο στη μικροβιολογία τροφίμων ως ένας από τους πιο συνηθισμένους παράγοντες τροφικής δηλητηρίασης. Εκτός από μια σειρά εντεροτοξινών που συμβάλλουν σε γαστρεντερικές παθήσεις, ο *S. aureus* προκαλεί ένα ευρύ φάσμα επιπλοκών, συμπεριλαμβανομένων λοιμώξεων του αναπνευστικού συστήματος, της κυκλοφορίας του αίματος, του δέρματος και των μαλακών ιστών. Η μόλυνση τροφίμων από *S. aureus* μπορεί να συμβεί σε διαφορετικά είδη διατροφικών πόρων, όπως κτηνοτροφικά και πουλερικά, γαλακτοκομικά προϊόντα, θαλασσινά, καθώς και αρτοσκευάσματα, τα οποία συχνά περιέχουν εντεροτοξινικά στελέχη. Οι σταφυλοκοκκικές εντεροτοξίνες (SEs) είναι μια οικογένεια πρωτεϊνών σταθερών στη θερμότητα, ανθεκτικών στην πρωτεολυτική δράση και χαμηλού μοριακού βάρους (Dehkordi et.al, 2019).

Ο *Staphylococcus aureus* είναι ένα πολύ γνωστό παθογόνο ικανό να παράγει εντεροτοξίνες κατά την βακτηριακή ανάπτυξη σε μολυσμένα τρόφιμα και η κατάποση τέτοιων προσχηματισμένων τοξινών είναι μια από τις κύριες αιτίες τροφικής

δηλητηρίασης σε όλο τον κόσμο. Σήμερα έχουν περιγραφεί 33 σταφυλοκοκκικές εντεροτοξίνες (SE) και τοξίνες τύπου SE, αλλά σχεδόν το 95% των επιβεβαιωμένων κρουσμάτων τροφιμογενών λοιμώξεων αποδίδονται στις κλασικές εντεροτοξίνες SEA, SEB, SEC, SED και SEE. Το φυσικό περιβάλλον του *S. aureus* περιλαμβάνει το δέρμα και τους βλεννογόνους τόσο των ανθρώπων όσο και των ζώων, επιτρέποντας τη μόλυνση του γάλακτος, των παραγώγων του και των εγκαταστάσεων επεξεργασίας. Ο *S. aureus* είναι γνωστός για την ικανότητά του να σχηματίζει βιοφίλμ σε περιβάλλοντα επεξεργασίας τροφίμων, γεγονός που συμβάλλει στην επιμονή του και στη διασταυρούμενη επιμόλυνσή του στα τρόφιμα. Ο βιολογικός έλεγχος του *S. aureus* στα τρόφιμα από βακτήρια γαλακτικού οξέος (LAB) και τις βακτηριοσίνες τους έχει μελετηθεί εδώ και πολλά χρόνια. Πρόσφατα, το LAB και οι μεταβολίτες του έχουν επίσης διερευνηθεί για τον έλεγχο των βιοφίλμ του *S. aureus*. Τα LAB χρησιμοποιούνται σε τρόφιμα που έχουν υποστεί ζύμωση από την αρχαιότητα και σήμερα τα χαρακτηρισμένα στελέχη (ή η καθαρισμένη βακτηριοσίνη τους) μπορούν να προστεθούν σκόπιμα για να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των τροφίμων και να ελέγξουν την ανάπτυξη δυνητικά παθογόνων βακτηρίων. Όσον αφορά τη χρήση αυτών των μικροοργανισμών και των μεταβολιτών τους (όπως οργανικά οξέα και βακτηριοσίνες) για την πρόληψη της ανάπτυξης βιοφίλμ ή για την αφαίρεση βιοφίλμ, είναι δυνατόν να συμπεράνουμε ότι ένα πολύπλοκο δίκτυο πίσω από την ανταγωνιστική δράση παραμένει ελάχιστα κατανοητό σε μοριακό επίπεδο. Η χρήση προσεγγίσεων που επιτρέπουν τον χαρακτηρισμό αυτών των αλληλεπιδράσεων είναι απαραίτητη για την ενίσχυση της κατανόησής μας σχετικά με τους μηχανισμούς που διέπουν την ανασταλτική δράση των LAB έναντι των βιοφίλμ του *S. aureus* σε περιβάλλοντα επεξεργασίας τροφίμων (Emiliano et.al, 2024).

Το *Escherichia coli* (*E. coli*), μέλος των Enterobacteriaceae, ανακαλύφθηκε από τον Escherich το 1885. Έχει μέγεθος $0,5 \times 1-3$ μm με περιτριχωτά μαστίγια. Το *E. coli* μπορεί επίσης να ζυμώνει μια ποικιλία σακχάρων για να παράγει οξύ και αέριο. Ορισμένοι ειδικοί ορότυποι του *E. coli* αναγνωρίστηκαν ως παθογόνοι και ικανοί να προκαλέσουν λοιμώξεις σε ανθρώπους και ζώα μέχρι τα μέσα του 20ού αιώνα. Το 1982, το *E. coli* ορίστηκε για πρώτη φορά ως εντερικό παθογόνο και σημαντική πηγή τροφιμογενών ασθενειών. Αυτά τα βακτήρια μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές ασθένειες, όπως αιμορραγική πρωκτίτιδα, αιμολυτικό ουραιμικό σύνδρομο και οξεία νεφρική ανεπάρκεια. Επιπλέον, το *E. coli* μπορεί εύκολα να σχηματίσει βιοφίλμ, κάτι που επηρεάζει επίσης την ανθρώπινη υγεία. Προς το παρόν, παρά την πληθώρα ερευνών για την ενίσχυση της πρόληψης και του ελέγχου της ρύπανσης από το *E. coli*, τα περιστατικά τροφικής δηλητηρίασης από τη μόλυνση του *E. coli* εξακολουθούν να είναι συνηθισμένα και έχουν προκαλέσει σοβαρές βλάβες στην ανθρώπινη υγεία, καθώς και τεράστιες απώλειες στη βιομηχανία τροφίμων και την οικονομία (Zhou et.al, 2022).

Οι ζύμες, οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή και την αλλοίωση πολλών γαλακτοκομικών προϊόντων, αποτελούν σημαντικό μέλος της μικροχλωρίδας. Οι ζύμες συμβάλλουν στον σχηματισμό αρώματος στα γαλακτοκομικά προϊόντα με τις αρωματικές ενώσεις και άλλους μεταβολίτες που έχουν. Το τυρί είναι το πιο συχνά απομονωμένο προϊόν ζύμης μεταξύ των γαλακτοκομικών προϊόντων. Ο λόγος για αυτό μπορεί να είναι επειδή οι γαλακτοκομικές επιχειρήσεις είναι κατάλληλες για την ανάπτυξη ζύμης. Επιπλέον, θεωρείται επίσης ότι η άλμη τυριού αποτελεί σημαντική πηγή μόλυνσης από ζύμες. Ο ρόλος των ζυμών στο τυρί ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο τυριού που παράγεται. Ορισμένοι τύποι ζύμης προκαλούν αλλοίωση στο τυρί, όπως αποχρωματισμό, φρουτώδη γεύση και σχηματισμό συγκολλητικής δομής. Ορισμένοι

άλλοι τύποι ζύμης συμβάλλουν στην ανάπτυξη ιστών και γευστικών ενώσεων συμμετέχοντας στη διαδικασία ωρίμανσης. Θεωρείται ότι οι ζύμες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βοηθητικές καλλιέργειες εκκίνησης κατά το στάδιο της παραγωγής λόγω της θετικής τους συμβολής στο τυρί. Τα *Kluyveromyces marxianus*, *Debaryomyces hansenii*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Yarrowia lipolytica*, *Trichosporon cutaneum* (*Trichosporon beigeli*), *Rhodotorula mucilaginosa*, *Torulaspora delbrueckii* είναι τα πιο συνηθισμένα είδη ζύμης (GELEN and CEYLA, 2021).

1.6 Περιγραφή πιθανών κινδύνων κατά την παραγωγή λευκού τυριού

Το λευκό τυρί σε άλμη πήζεται με πυτιά και καταναλώνεται φρέσκο ή μετά από αποθήκευση (συνήθως στο ψυγείο αλλά μερικές φορές σε θερμοκρασία δωματίου) σε άλμη που περιέχει 10% έως 24% NaCl. Το αλάτι στο τυρόπηγμα έχει πολλούς ρόλους. αναστέλλει ανεπιθύμητους μικροοργανισμούς, μειώνει την υγρασία του τυροπήγματος, τροποποιεί την υφή και τη γεύση και συμβάλλει στην ωρίμανση του τυριού. Οι συγκεντρώσεις αλατιού που χρησιμοποιούνται στο λευκό τυρί σε άλμη είναι σε θέση να αναστείλουν την ανάπτυξη των περισσότερων παθογόνων που μεταδίδονται μέσω των τροφίμων, αλλά όταν πρωτεΐνες και άλλες αζωτούχες ενώσεις εκπλένονται από το τυρί στην άλμη, η επιβίωση των παθογόνων στην άλμη μπορεί να βελτιωθεί. Οι κίνδυνοι όμως αυξάνονται όταν η άλμη χρησιμοποιείται επανειλημμένα χωρίς παστερίωση (Osaili et.al, 2014).

Παρόλο που το τυρί θεωρείται γενικά ασφαλές τρόφιμο λόγω των φυσικοχημικών και ανταγωνιστικών ιδιοτήτων των βακτηρίων του γαλακτικού οξέος, το 0,4% όλων των τροφιμογενών κρουσμάτων σχετίζονταν με μολυσμένο τυρί το 2006 στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Πολλά από αυτά τα τροφιμογενή κρούσματα ήταν αποτέλεσμα μόλυνσης με *Staphylococcus aureus*, και αυτό δεν ήταν έκπληξη, καθώς ο

S. aureus συχνά προκαλεί μαστίτιδα στις αγελάδες, οδηγώντας σε μόλυνση του γάλακτος (Choi et.al,2016). Αυτή η επίπτωση μπορεί να οφείλεται στις ιδιότητες του μαλακού τυριού, όπως η υψηλή ενεργότητα του νερού και η χαμηλή οξύτητα, καθώς και στην ακατάλληλη υγιεινή, η οποία είναι κοινή οδός για τα παθογόνα βακτήρια να μολύνουν το τυρί κατά τη διαδικασία παρασκευής του (Gould et.al, 2014).

1.11 Σκοπός Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής ήταν η σύνθεση (συνδυασμός, επεξεργασία δεδομένων, σύνοψη) δεδομένων ερευνητικών εργασιών που έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν σχετικά με τους μικροβιολογικούς, χημικούς και φυσικούς κινδύνους που έχουν αναφερθεί σε διάφορους τύπους λευκού τυριού ανά τον κόσμο καθώς και η ανάδειξη της σημασίας της πρόληψης των κινδύνων, μέσα από μια ολιστική προσέγγιση που συνδυάζει την επιστημονική γνώση με την πρακτική εφαρμογή, συμβάλλοντας στη διασφάλιση της ποιότητας ενός προϊόντος που αποτελεί βασικό μέρος της καθημερινής διατροφής και της πολιτισμικής ταυτότητας πολλών λαών.

Κεφάλαιο 2. Κίνδυνοι στο λευκό τυρί.

2.1 Μικροβιολογικοί κίνδυνοι στο λευκό τυρί

Η μόλυνση των τυριών μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε στάδιο της επεξεργασίας, από την παραγωγή γάλακτος έως τον χειρισμό και την αποθήκευση του τυριού. Οι πυκνότητες βακτηρίων όπως το *E. coli* και το *S. aureus* χρησιμοποιούνται ως μικροβιολογικοί δείκτες για τον προσδιορισμό της αποδοχής και της ασφάλειας του τυριού. Οι υψηλές βακτηριακές πυκνότητες δεικτών κοπράνων, όπως το *E. coli*, υποδηλώνουν επίσης την πιθανή μόλυνση του τροφίμου με εντερικά παθογόνα. Επιπλέον, τα προφίλ αντοχής στα αντιβιοτικά του *E. coli* έχουν χρησιμοποιηθεί ως δείκτες για την εμφάνιση και εξάπλωση της αντίστασης στα αντιμικροβιακά στα τρόφιμα (Hussein et.al, 2023). Η παρουσία του *Staphylococcus aureus* στα γαλακτοκομικά προϊόντα αποτελεί καλό δείκτη της προσωπικής υγιεινής των εργαζομένων στα εργοστάσια, η υψηλή περιεκτικότητα σε κολοβακτηρίδια σε αυτά τα προϊόντα προκαλεί ανεπιθύμητες αλλαγές που μειώνουν την ποιότητά τους, η παρουσία μούχλας και ζυμομυκήτων στα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι ανεπιθύμητη ακόμη και όταν βρίσκονται σε χαμηλό πληθυσμό, καθώς αναπτύσσονται γρήγορα στο προϊόν, καθιστώντας το κατώτερης ποιότητας (AIAD, 2013).

Δύο μικροβιακές ομάδες είναι σημαντικές στην παρασκευή και την ωρίμανση του τυριού. Η αρχική χλωρίδα είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη οξέος κατά την παρασκευή του τυριού. Τα κύρια είδη στην αρχική χλωρίδα, μόνα τους ή σε συνδυασμό, είναι οι *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus helveticus* και *Lactobacillus delbrueckii*. Η δευτερογενής χλωρίδα αποτελείται από σύνθετα μείγματα βακτηρίων, ζυμών και μούχλας, που είναι ειδικά για συγκεκριμένες ποικιλίες τυριού. Η δευτερογενής μικροχλωρίδα περιλαμβάνει μη αρχικά βακτήρια

γαλακτικού οξέος (NSLAB) που αναπτύσσονται εσωτερικά στις περισσότερες ποικιλίες τυριού, και άλλα βακτήρια, ζυμομύκητες ή/και μύκητες, που αναπτύσσονται εσωτερικά ή εξωτερικά. Τα NSLAB είναι μεσόφιλοι λακτοβάκιλλοι και πηιδόκοκκοι, οι οποίοι σχηματίζουν ένα σημαντικό μέρος της μικροβιακής χλωρίδας των περισσότερων ποικιλιών τυριού κατά την ωρίμανση. Δεν αποτελούν μέρος της κανονικής αρχικής χλωρίδας, γενικά δεν αναπτύσσονται καλά στο γάλα και δεν συμβάλλουν στην παραγωγή οξέος (Rantsiou et.al, 2008).

Τα βιοφίλμ έχουν περιγραφεί ως άμισχοι πληθυσμοί μικροβίων που περιβάλλονται από μήτρα και μπορούν να είναι μεταβολικά ενεργοί και να επιτρέπουν στα βακτήρια να επιβιώνουν σε ένα περιβάλλον. Κατά την παραγωγή και την επεξεργασία γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων, η συνήθης απολύμανση επιβάλλει έναν περαιτέρω περιορισμό στη δυναμική της ανάπτυξης βιοφίλμ. Προηγούμενες μελέτες έχουν διερευνήσει γνωστά βακτήρια που σχηματίζουν βιοφίλμ, όπως το *Escherichia coli*, το *Pseudomonas aeruginosa*, το *Bacillus subtilis* και το *Staphylococcus aureus*, στο πλαίσιο του περιβάλλοντος επεξεργασίας τροφίμων (Carrascosa et.al, 2021). Η πρόκληση σχηματισμού βιοφίλμ για πολλά βακτήρια καθορίζεται από το περιβάλλον και μπορεί να προκληθεί από μικροβιακή σηματοδότηση, διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών, χρήση αντιβακτηριακών παραγόντων κατά τον καθαρισμό, θερμοκρασία και pH. Όταν τα βακτήρια μπορούν να συσσωρευτούν μέσα στα συστήματα αρμέγματος και στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας, παράλληλα με επιλεκτικές πιέσεις όπως η θερμοκρασία και ο χρόνος, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μετατόπιση εντός της μικροχλωρίδας του γάλακτος, επηρεάζοντας έτσι την απόδοση και την ποιότητα της παραγωγής (La Pointe et.al, 2025).

Οι Yanai et al. ανέφεραν ότι βρέθηκαν κολοβακτηρίδια στο λευκό τυρί σε άλμη, παρόλο που απουσίαζαν από το παστεριωμένο γάλα και την αρχική καλλιέργεια, αλλά ο αριθμός τους μειώθηκε παράλληλα με τη μείωση του pH (Yanai et.al,1977). Στο τυρί μπάτζος—ένα τυρί από ωμό πρόβειο γάλα που παρασκευάζεται στη Βόρεια Ελλάδα—ο αριθμός των εντεροβακτηρίων και των κολοβακτηριδίων μειώθηκε σταδιακά και, μέχρι το τέλος της αποθήκευσης, οι μετρήσεις ήταν χαμηλότερες κατά 2-3 λογαριθμικές μονάδες σε σχέση με τις αρχικές. Το χαμηλότερο pH των τυριών που παρασκευάζονταν κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού είχε ως αποτέλεσμα χαμηλότερο αριθμό κολοβακτηριδίων στο τυρί. Έχει αναγνωρισθεί ότι οι μικροκόκκοι παράγουν πρωτεολυτικά, εστερολυτικά και λιπολυτικά ένζυμα που μπορούν να έχουν ευεργετικό ρόλο στην ανάπτυξη της γεύσης και του αρώματος του τυριού. Ωστόσο, στα τυριά λευκής άλμης, έχουν ανιχνευθεί μόνο χαμηλοί αριθμοί μικροκόκκων επειδή το χαμηλό pH του τυριού και η άλμη αναστέλλουν την ανάπτυξή τους (Bintsis & Papademas, 2002).

Ένα άλλο σχετικό παθογόνο σε μαλακά και ημίμαλακά τυριά είναι το *S. aureus*. Μπορεί να αναπτυχθεί, ειδικότερα, στην 1η φάση της διαδικασίας τυριού από τον εμβολιασμό έως το αλάτισμα. Τα αυξημένα επίπεδα *S. aureus* μπορούν, εν μέρει, να εξηγηθούν από την απώλεια νερού κατά την στράγγιση του τυριού, ανάλογα με τη θερμοκρασία ωρίμανσης και το pH των προϊόντων. Γενικά, οι διαδικασίες ζύμωσης που φτάνουν σε υψηλό αριθμό βακτηρίων γαλακτικού οξέος θα μειώσουν τον αριθμό του *S. aureus* και, ως εκ τούτου, θα αναστείλουν τον σχηματισμό εντεροτοξινών. Ωστόσο, οι εντεροτοξίνες μπορεί να παραχθούν όταν η ζύμωση επιβραδύνεται λόγω αποτυχίας της αρχικής καλλιέργειας ή όταν ο *S. aureus* υπάρχει ήδη σε μεγάλους αριθμούς στο γάλα ($>10^4$ έως 10^5 κύτταρα/mL). Οι τοξίνες που παράγονται από τον θετικό στην κοαγκουλάση *S. aureus* είναι σταθερές στη θερμότητα και παραμένουν

ενεργές μετά την παστερίωση, ενώ ο παράγοντας πληθυσμός έχει μειωθεί και μπορεί να μην είναι πλέον ανιχνεύσιμος. Η απουσία βιώσιμων κυττάρων *S. aureus* δεν αποτελεί, επομένως, εγγύηση για την απουσία των τοξινών του (Asselt et.al, 2017).

Τα είδη *Listeria* είναι προαιρετικά αναερόβια, Gram-θετικά βακτήρια που είναι ψυχοτρόπα, κινητικά στους 25 °C αλλά μη κινητικά στους 37 °C και δεν σχηματίζουν σπόρια. Τα είδη *Listeria* έχουν απομονωθεί από γλυκό νερό, λύματα, απόβλητα σφαγείων, γάλα φυσιολογικών και αγελάδων με μαστίδα, τα κόπρανα υγιών ανθρώπων, λάσπη και έδαφος, ειδικά όταν υπάρχει φυτικό υλικό σε αποσύνθεση. Τα είδη *Listeria* είναι συχνά παρόντα στη φύση και έχουν βρεθεί στο γάλα, σε γαλακτοκομικά εργοστάσια και σε τυριά. Η ευρεία κατανομή της *Listeria* στο περιβάλλον πιθανώς σχετίζεται με την ικανότητά της να αναπτύσσεται και να επιβιώνει σε ακραίες συνθήκες. Το *L. innocua*, ένα είδος στενά συγγενικό με το *L. monocytogenes*, δεν είναι αιμολυτικό και μη παθογόνο και μπορεί να απομονωθεί συχνά από παστεριωμένο γάλα, μαλακά τυριά, γαλακτοκομικά προϊόντα και άλλα τρόφιμα. Σε πολλά άρθρα, το *L. innocua* χρησιμοποιήθηκε ως δείκτης του *L. monocytogenes* (Ozturkoglu et.al, 2006).

Η παρουσία μούχλας και ζυμομυκήτων στα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι ανεπιθύμητη από διάφορες απόψεις, πρώτη μεταξύ των οποίων είναι οι αλλοιώσεις που προκαλούν στις αισθητηριακές παραμέτρους των προϊόντων. Η πρωτεολυτική δράση ορισμένων ειδών μούχλας και ζυμομυκήτων προκαλεί ατέλειες σε μια σειρά από γευστικά χαρακτηριστικά. Το είδος *Geotrichum candidum* είναι ένας από τους πιο ανεπιθύμητους μολυσματικούς παράγοντες του τυριού, παρόμοιος με τη *Listeria monocytogenes*. Η παρουσία μούχλας και ζυμομυκήτων στα έτοιμα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι ανεπιθύμητη λόγω της παραγωγής μεταβολιτών, λιπαρών οξέων βραχείας αλυσίδας και άλλων χημικών ενώσεων, που βλάπτουν την ωφέλιμη εντερική

μικροχλωρίδα στους ανθρώπους. Ένα σημαντικό ζήτημα στην ασφάλεια των τροφίμων είναι ότι ορισμένα είδη μούχλας παράγουν μυκοτοξίνες, οι οποίες είναι επιβλαβείς για την ανθρώπινη υγεία και μεταφέρονται μέσω της τροφικής αλυσίδας. Μεταξύ των πιο επικίνδυνων στο γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα, η AFM1 είναι το αποτέλεσμα της βιομετατροπής της AFM1 σε γαλακτοπαραγωγές αγελάδες, ενώ η στεριγματοκυστίνη παράγεται από *Aspergillus versicolor*, *A. nidulans*, κ.λπ. (Chipilev et.al, 2015).

Οι κύριοι πιθανοί κίνδυνοι στα περισσότερα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι οι μικροβιολογικοί κίνδυνοι και η γαλακτοκομική βιομηχανία έχει αυξήσει τις προσπάθειές της για διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας μέσω της ανάπτυξης και εφαρμογής προστατευτικών προγραμμάτων όπως το HACCP και το σύστημα διασφάλισης ποιότητας. Η επιτυχημένη εμπορική παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων απαιτεί έλεγχο της μικροβιολογικής παρουσίας και δραστηριότητας για την επίτευξη μέγιστης διάρκειας ζωής στο κέλυφος, σύμφωνα με την ασφάλεια του προϊόντος (AIAD, 2013).

Έτσι, υπάρχουν καταγραφές σε Τούρκικες μονάδες παραγωγής όπου το τουρκικό λευκό τυρί παράγεται συνήθως υπό «μη μηχανοποιημένες ή χειροτεχνικές συνθήκες» και υφίσταται χειρισμό σε διάφορα στάδια της παρασκευής. Έτσι, διάφοροι τύποι μικροοργανισμών μπορούν να εισέλθουν στο τυρί κατά την παρασκευή και τον επακόλουθο χειρισμό. Αυτοί οι συγγραφείς ανέφεραν την παρουσία μεγάλου αριθμού κολοβακτηριδίων και *Escherichia coli*, εξαιρετικά μεγάλους αριθμούς κοπρανωδών στρεπτόκοκκων και χαμηλούς αριθμούς *Staphylococcus aureus*. Τέλος, *Salmonella spp.* και *Clostridium perfringens* δεν υπήρχαν στα δείγματα τυριού (Hayaloglu et.al, 2002).

Τα τυριά ειδικά εκείνα που προέρχονται από παραδοσιακά και ημι-σύγχρονα γαλακτοκομεία συνήθως παρέχουν το τυρί σε δοχεία (κουβάδες) γεμάτα με διάλυμα

άλμης, και οι χειριστές τροφίμων πρέπει να χωρίζουν το τυρί ανάλογα με τις ανάγκες των πελατών στο κατάστημα λιανικής. Κατά τη δειγματοληψία, παρατηρήθηκε στον Λίβανο ότι οι χειριστές τροφίμων φορούσαν γάντια, αλλά ότι τα γάντια χρησιμοποιούνταν για μεγάλα χρονικά διαστήματα και δεν άλλαζαν τακτικά. Επιπλέον, οι ίδιες σανίδες κοπής και μαχαίρια χρησιμοποιούνταν για την κοπή διαφορετικών τύπων τυριών και δεν καθαρίζονταν τακτικά, γεγονός που αυξάνει τον κίνδυνο διασταυρούμενης μόλυνσης. Ωστόσο, διαπιστώθηκε ότι ακόμη και δείγματα τυριού που είχαν σφραγιστεί κενού αέρος ήταν μολυσμένα με υψηλές πυκνότητες *E. coli* και *S. aureus*, γεγονός που υποδηλώνει επίσης ότι η μόλυνση μπορεί να είχε συμβεί στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας πριν φτάσουν στην αγορά. Πέρα από αυτό, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η περιβαλλοντική ρύπανση (π.χ. μολυσμένες πηγές νερού και βοσκοτόπια) μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην ασφάλεια και την ποιότητα των γαλακτοκομικών προϊόντων (Hussein et.al, 2023).

Η μικροβιακή ποιότητα και ασφάλεια των τυριών αποτελεί τον κύριο τομέα ανησυχίας για τους παραγωγούς, τις αρχές δημόσιας υγείας και τους καταναλωτές. Εξαρτάται από τους τύπους μικροοργανισμών που εισάγονται από το νωπό γάλα, την αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας και την υγιεινή πρακτική που εφαρμόζεται σε μικρές ή μεγάλες γαλακτοκομικές μονάδες ή σε άτυπους παραγωγούς. Ο χειρισμός του γάλακτος κατά την παρασκευή τυριού παίζει σημαντικό ρόλο στον πολλαπλασιασμό της μικροβιακής χλωρίδας και κατά συνέπεια μειώνει τη χρησιμότητά της και καθιστά το προϊόν ακατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση. Η μικροβιακή ποιότητα του χρησιμοποιημένου νωπού γάλακτος στο μαλακό τυρί παίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του παραγόμενου τυριού. Οι τροφιμογενείς ασθένειες είναι ένα κοινό και διαδεδομένο παγκόσμιο πρόβλημα. Έχουν αναφερθεί αρκετές επιδημίες ως αποτέλεσμα της κατανάλωσης μολυσμένων γαλακτοκομικών προϊόντων που μπορεί να

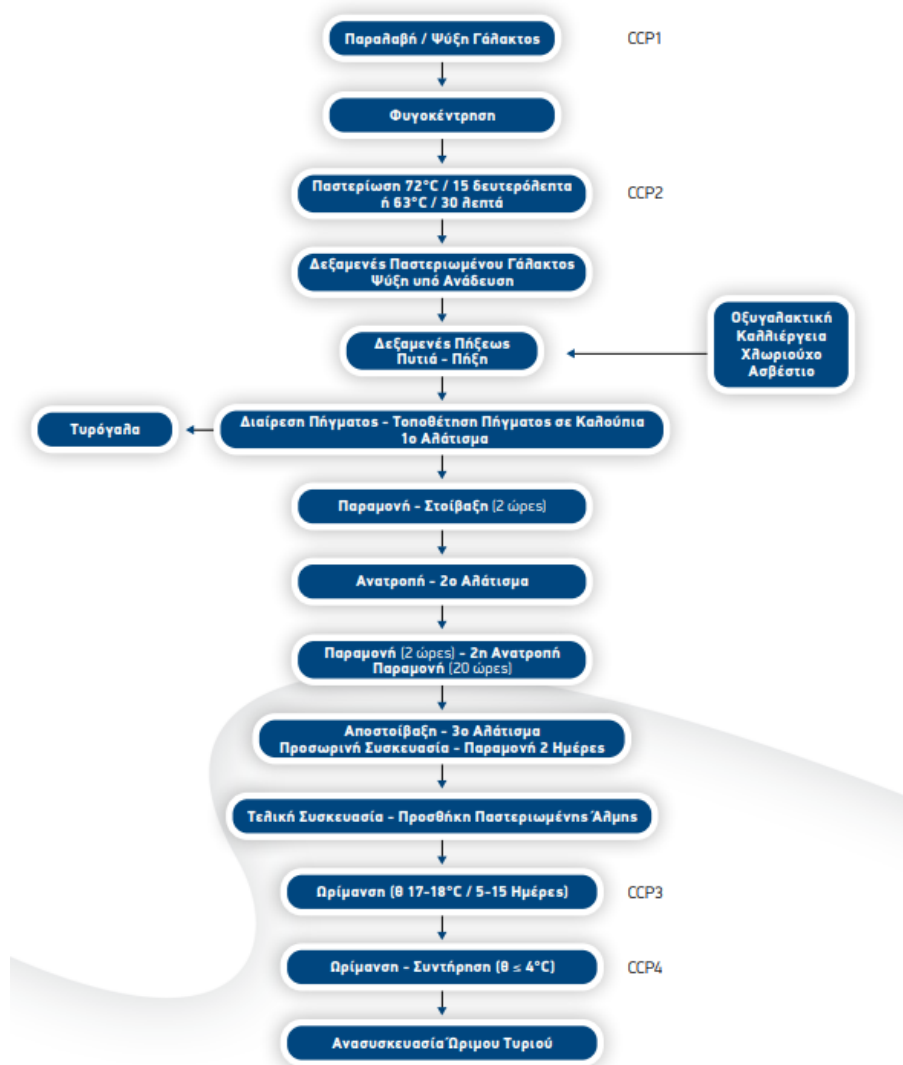
έχουν φυσιολογική εμφάνιση, γεύση και μυρωδιά, αλλά στην πραγματικότητα είναι μολυσμένα με μεγάλο αριθμό επιβλαβών βακτηρίων (AIAD, 2013).

Έχει αναφερθεί η εφαρμογή αναλύσεων HACCP στην παραγωγή τυριών τύπου φέτας, για την οποία πραγματοποιήθηκε μια συστηματική ανάλυση των κινδύνων, των αιτιών τους, των συνεπειών τους και των προληπτικών μέτρων σε όλη τη γραμμή παραγωγής του λευκού τυριού τύπου χαλούμι και εντοπίστηκαν 10 παράγοντες κινδύνου και τα Κρίσιμα Σημεία Ελέγχου (Critical Control Points CCPs) στο κάθε βήμα παραγωγής (εξοπλισμός, νωπό γάλα, παστερίωση, εφαρμογή ενζύμων, επεξεργασία τυροπήγματος, χύτευση, αλάτισμα και συσκευασία) (Geronikou et.al, 2020).

Στη γαλακτοκομική βιομηχανία, τα βιοφίλμ μπορούν να σχηματιστούν σε μια ποικιλία επιφανειών, συμπεριλαμβανομένων αβιοτικών υλικών όπως ανοξείδωτο χάλυβα, καουτσούκ, γυαλί, πλαστικών όπως πολυτετραφθοροαιθυλένιο (PTFE) και πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), καθώς και βιοτικών επιφανειών όπως το γαστρεντερικό επιθήλιο και οι θηλές. Αυτές οι διεπαφές μπορούν να είναι αέρας-υγρός, αέρας-στερεό ή στερεό-υγρό, καθεμία από τις οποίες παρέχει μια θέση για μικρόβια ανάλογα με την ανοχή τους στο οξυγόνο (LaPointe et.al, 2025).

Στην εικόνα που ακολουθεί (Σχήμα 1) φαίνεται το διάγραμμα ροής της παραγωγής φέτας, στο οποίο οι κύριες διαδικασίες με πιθανούς κρίσιμους κινδύνους (μικροβιολογικούς, χημικούς και φυσικούς) υποδεικνύονται ως CCP. Οι μικροβιολογικοί κίνδυνοι μπορεί να προκληθούν από την ανάπτυξη ψυχρότροφων μικροοργανισμών και παθογόνων (νωπό γάλα), την παρουσία βακτηριοφάγων (από καλλιέργειες εκκίνησης ή/και περιβάλλον) και τη διασταυρούμενη μόλυνση με μικροοργανισμούς αλλοίωσης μετά την παστερίωση του γάλακτος. Οι χημικοί κίνδυνοι μπορεί να προκύψουν από την παρουσία τοξινών, υπολειμμάτων απορρυπαντικών,

απολυμαντικών και άλλων χημικών ουσιών, ενώ οι φυσικοί κίνδυνοι συνήθως σχετίζονται με τη διείσδυση εξωγενών υλικών από το περιβάλλον, π.χ. μέρη του εξοπλισμού και υλικό συσκευασίας (ΕΦΕΤ, 2012).



Σχήμα 1: Διάγραμμα ροής παραγωγής φέτας (ΕΦΕΤ, 2012).

Πιο συγκεκριμένα για τα λευκά τυριά έχουν γίνει πολλές μελέτες που αναλύονται παρακάτω.

Η φέτα είναι ένα ελληνικό τυρί που παραδοσιακά παράγεται από ωμό πρόβειο γάλα, μερικές φορές από παστεριωμένο γάλα. Το κύριο σημείο της παρασκευής αυτού

του τυριού είναι η ωρίμανση, η οποία πραγματοποιείται πάντα με άλμη ή αλατισμένο ορό γάλακτος. Μετά το αλάτισμα, αυτά τα τυριά συσκευάζονται σε τενεκέδες ή βαρέλια και γεμίζονται με συμπλήρωμα ορού γάλακτος, το οποίο συνήθως περιέχει 6-8% (w/w) NaCl. Τα βαρέλια αποθηκεύονται στους 16-18°C για 10 ημέρες ή στους 8-10°C για 30 ημέρες και στη συνέχεια αποθηκεύονται στους 2-5°C για τουλάχιστον 2 μήνες. Οι συνθήκες ωρίμανσης προφανώς διαφέρουν ανάλογα με τις χώρες και τους κατασκευαστές. Οι ζύμες είναι συχνά παρούσες κατά την ωρίμανση της φέτας και πιθανώς επηρεάζουν τη γεύση του τυριού. Τα τυριά μερικές φορές διατίθενται στην αγορά πριν από το τέλος της ζύμωσης, προκαλώντας φούσκωμα της συσκευασίας. Αυτό το φαινόμενο είναι ανεπιθύμητο, αν και δεν μπορεί να θεωρηθεί ως ποιοτικό ελάττωμα του τυριού (Vivier et.al, 1994).

Έπειτα, σε αντίστοιχη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Τουρκία για το τοπικό λευκό τυρί, ένα παραδοσιακό ημίσκληρο τυρί, βρέθηκε ότι γενικά, ο αριθμός των κοπρανωδών στρεπτόκοκκων ήταν υψηλός σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν, με την λογαριθμική τιμή να κυμαίνεται από 2,81 έως 7,14 με μέση τιμή 5,83 για αυτόν τον οργανισμό. Όλα τα δείγματα βρέθηκαν θετικά για κοπρανώδεις στρεπτόκοκκους, ενώ το 26% των δειγμάτων ήταν αρνητικά για τα συνολικά κολοβακτηρίδια, τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια και το *E. coli*, αντίστοιχα. Οι ζύμες ανακτήθηκαν από περίπου το 90% των δειγμάτων σε επίπεδα συνήθως >104/g. Ωστόσο, η συχνότητα απομόνωσης των μούχλας ήταν πολύ χαμηλότερη. Μούχλες ανακτήθηκαν από περίπου το 8% των δειγμάτων σε χαμηλά επίπεδα, με το υψηλότερο να είναι >2,5 x 102/g. Οι ζύμες και οι μύκητες θεωρούνται ένα κοινό πρόβλημα κατά την ωρίμανση και την αποθήκευση σε ψυγείο του τυριού και η σημασία αυτών των οργανισμών στο τυρί κυρίως ως οργανισμοί αλλοίωσης είναι καλά εδραιωμένη. Ωστόσο, επειδή το τυρί

ταξινομείται κυρίως οργανοληπτικά, δεν υπάρχει ένα καλά εδραιωμένο πρότυπο για τους οργανισμούς αλλοίωσης (Turanta et.al, 1989).

Σε πειραματική μελέτη που έγινε στην Αίγυπτο για το τοπικό λευκό τυρί Domiati βρέθηκε ότι υπήρξαν πολλά κρούσματα λοιμώξεων που σχετίζονται με την κατανάλωση τυριού. Οι κυρίαρχοι οργανισμοί που εντοπίστηκαν ήταν η *Salmonella sp.*, η *Listeria monocytogenes*, η *Escherichia coli* και ο *Staphylococcus aureus*. Τέτοιες πηγές μπορεί να είναι κατά την παραγωγή τυριού, η αποθήκευση ή η ανθρώπινη μόλυνση, ο αέρας, ο εξοπλισμός αρμέγματος, οι ζωοτροφές, το έδαφος, τα περιττώματα και το γρασίδι. Υπάρχουν πολλές έρευνες που σχετίζονται με τον προσδιορισμό της φυσικοχημικής ποιότητας του τυριού, αλλά μόνο λίγες έρευνες έχουν διεξαχθεί για την ανίχνευση μικροοργανισμών που προκαλούν προβλήματα ποιότητας στο ωμό μαλακό λευκό τυρί στην Αίγυπτο και μικροβιολογικών κινδύνων. Τα δείγματα τυριού ήταν ιδιαίτερα μολυσμένα, με μικροβιακό φορτίο που υπερέβαινε τα αποδεκτά όρια, όπως: συνολικός αριθμός βακτηρίων, συνολικά κολοβακτηρίδια, κοπρανώδη *E. coli* και ζυμομύκητες και μούχλα. Παθογόνα βακτήρια (*Staphylococcus aureus*, *E. coli*, *Salmonella sp.*, *Shigella sp.*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* και *Campylobacter jejuni*) ανιχνεύθηκαν σε τρία δείγματα τυριού (Lotfy et.al, 2018).

Σε άλλη πειραματική μελέτη που έγινε στην Τουρκία το 2006 αναφέρθηκε ότι τα λευκά τυριά παρασκευάζονται από ωμό πρόβειο γάλα, ωμό αγελαδινό γάλα ή μείγμα των δύο και ωριμάζει σε άλμη. Δεν προστίθεται αρχική καλλιέργεια στο λευκό τυρί κατά την τυροκόμηση. Η μικροβιακή σύνθεση του τυριού αλλάζει κατά την ωρίμανση. Τα γαλακτικά βακτήρια υπερισχύουν των άλλων μικροβιακών ομάδων κατά την ωρίμανση και, ως εκ τούτου, μπορούν να ρυθμίσουν τα χαρακτηριστικά ωρίμανσης. Το γευστικό προφίλ ενός δεδομένου τροφίμου είναι γενικά το πιο σημαντικό κριτήριο για την προτίμηση των καταναλωτών. Η ανάπτυξη μοναδικών αρωμάτων στα τυριά είναι

το αποτέλεσμα ενός πολύπλοκου συνόλου αλληλεξαρτώμενων αντιδράσεων. Οι μικροοργανισμοί στο γάλα παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό αρωμάτων στο τυρί. Ωστόσο, καταμετρήθηκε αριθμός μικροοργανισμών που υποδεικνύει την υγιεινή ποιότητα, όπως κολοβακτηρίδια, εντερόκοκκοι και σταφυλόκοκκοι και ήταν παρόντα στο τυρί σε σχετικά υψηλά επίπεδα. Αυτές οι μετρήσεις υποδηλώνουν ότι η μόλυνση ήταν πολύ υψηλή στο νωπό γάλα. Ο αριθμός των κολοβακτηριδίων και των εντερόκοκκων δεν μειώθηκε σημαντικά, ενώ ο αριθμός των σταφυλόκοκκων μειώθηκε επίσης σημαντικά ανάλογα με τον χρόνο ωρίμανσης, αλλά παρέμειναν ζωντανοί. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από τα επίπεδα pH και την ποσότητα γαλακτικού οξέος. Η παρουσία ζυμομυκήτων σχετιζόταν στενά με την αξιοποίηση του γαλακτικού οξέος, ενώ η συμβολή τους στη διαδικασία ωρίμανσης οφειλόταν στις πρωτεολυτικές και λιπολυτικές τους δράσεις (Oner et.al, 2006).

Στην Αίγυπτο, το μαλακό λευκό τυρί παρασκευάζεται από αγελαδινό ή βουβαλίσιο γάλα ή από μείγμα αυτών σύμφωνα με την αιγυπτιακή τεχνολογία τυροκόμησης. Η παραγωγή μπορεί να είναι βιοτεχνική ή βιομηχανική, ανάλογα με το αν τα τυριά παρασκευάζονται με ωμό θερμισμένο (θερμασμένο κάτω από το επίπεδο παστερίωσης) ή παστεριωμένο γάλα. Η μικροβιολογική ποιότητα του τυριού επηρεάζεται από τον εξοπλισμό και την περιβαλλοντική υγιεινή κατά την παρασκευή, τη συσκευασία και τον χειρισμό. Ορισμένοι μικροοργανισμοί, συμπεριλαμβανομένων των γαλακτοβακτηρίων, των ζυμών, των μούχλας και των κολοβακτηριδίων, έχουν απομονωθεί από γαλακτοκομικά προϊόντα. Γενικά, ο συνολικός αριθμός μικροβίων στα παστεριωμένα μαλακά τυριά ήταν χαμηλότερος από αυτόν των θερμισμένων μαλακών τυριών. Ο αριθμός των LAB στα δείγματα τυριών ήταν υψηλότερος στα θερμισμένα τυριά από αυτόν στα παστεριωμένα τυριά. Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι στα θερμισμένα και μη συσκευασμένα τυριά, ο υψηλότερος συνολικός αριθμός βακτηρίων

μπορεί να σχετίζεται με την ύπαρξη λίγων πρακτικών υγιεινής, όπως ο χειρισμός και η κοπή κατά παραγγελία σε θερμοκρασία δωματίου. Τα θερμισμένα τυριά είχαν υψηλότερο αριθμό ζυμών και μούχλας από αυτά στα παστεριωμένα τυριά. Σε αυτή τη μελέτη, είναι προφανές ότι εκτός από τη χαμηλή θερμική επεξεργασία, οι χαμηλές τιμές pH (4,09 έως 4,97), η περιεκτικότητα σε υγρασία, η θερμοκρασία αποθήκευσης και το υψηλό επίπεδο αλατιού κατά την ωρίμανση αυτών των τυριών συμβάλλουν στην ανάπτυξη ζυμών στο θερμισμένο τυρί. Οι αριθμοί των σταφυλόκοκκων, των εντεροβακτηριδίων και της ομάδας κολοβακτηριδίων ήταν χαμηλότεροι στα δείγματα παστεριωμένου τυριού από ό,τι στα δείγματα θερμισμένου τυριού. Οι χαμηλοί αριθμοί κολοβακτηριδίων πιθανώς οφείλονταν στην υψηλή περιεκτικότητα σε αλάτι (8 έως 14,08%), ενώ οι αριθμοί σταφυλόκοκκων και ζυμομυκήτων ήταν προφανώς υψηλοί, κάτι που θα μπορούσε να οφείλεται στην εγγενή ανοχή τους στο αλάτι και στην επιβίωσή τους σε χαμηλές τιμές Ph. Τέλος, για τις ζύμες η φαινοτυπική ταυτοποίηση είχε ως αποτέλεσμα τρία απομονωμένα στελέχη που αναγνωρίστηκαν ως *Candida zeylanoides*, εννέα ως *Debaryomyces hansenii*, έξι ως *Kluyveromyces marxianus*, εννέα ως *Pichia anomala*, 13 ως *Saccharomyces cerevisiae*, έξι ως *Candida inconspicua* και έξι ως *Issatchenkia orientalis* (Hegazy & Mahgoub, 2013).

Στην Αίγυπτο έγινε μελέτη για τα λευκά μαλακά τυριά που παράγουν και τους κινδύνους που εγκυμονούν. Το λευκό μαλακό τυρί καταναλώνεται ευρέως από τον αιγυπτιακό πληθυσμό. Ωστόσο, το νοπό γάλα και το τυρί συχνά εμπλέκονται ως φορείς μετάδοσης παθογόνων βακτηρίων και με επιδημίες που έχουν αναφερθεί σε όλο τον κόσμο. Επιπλέον, τα παθογόνα βακτήρια στα τυριά αποτελούν απειλή για την ανθρώπινη υγεία λόγω του αυξημένου αριθμού κρουσμάτων και της σοβαρότητας των συμπτωμάτων. Ο μέσος όρος των κολοβακτηριδίων ήταν υψηλότερος στο Kareish από ό,τι στο Damietta, ενώ τα κολοβακτηρίδια δεν ανιχνεύθηκαν σε δείγματα τυριού φέτας.

Η υψηλή μόλυνση του τυριού Kareish μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι το τυρί Kareish πωλείται ακάλυπτο και χωρίς δοχείο, γεγονός που το καθιστά καλό μέσο για την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό διαφόρων τύπων αλλοιώσεων και παθογόνων μικροοργανισμών. Ο αριθμός των κολοβακτηριδίων ανά γραμμάριο τυριού σε αυτή τη μελέτη δίνει ένδειξη κακών συνθηκών υγιεινής κατά την παραγωγή, τον χειρισμό και τη διανομή, και χρησιμοποιείται επίσης ως δείκτης για την περιττωματική μόλυνση στα τρόφιμα. Οι διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων μπορεί να βασίζονται στις διαφορές στις τεχνικές παραγωγής τυριού, στις συνθήκες αποθήκευσης, στον τύπο του τυριού και στο αν το γάλα που χρησιμοποιήθηκε ήταν ωμό ή παστεριωμένο. Θα μπορούσε επίσης να σχετίζεται με τις ακάθαρτες συνθήκες όπου παράγεται το τυρί και το προσωπικό που εμπλέκεται στην παραγωγή. Ο *S. aureus* είναι ικανός να παράγει αρκετές εντεροτοξίνες που όταν καταποθούν μέσω μολυσμένων τροφίμων θα μπορούσαν να προκαλέσουν τροφική δηλητηρίαση στον άνθρωπο με ποικίλη ένταση. Τα δεδομένα που καταγράφηκαν έδειξαν ότι η συχνότητα εμφάνισης της εντεροτοξίνης A,C ανιχνεύθηκε μόνο στο 15 και 25% των δειγμάτων τυριών Kareish, φέτα και Damietta, αντίστοιχα. Δεν ανιχνεύθηκε σαλμονέλα σε όλα τα δείγματα τυριών που εξετάστηκαν. Η συχνότητα εμφάνισης μούχλας (*Aspergillus niger*) ήταν 35, 46,67 και 10% στα δείγματα τυριών Kareish, Damietta και Φέτα, αντίστοιχα. Τέλος, η μελέτη έδειξε ότι η συχνότητα εμφάνισης της Αφλατοξίνης M1 ανιχνεύθηκε στο 40% και 53,33% των δειγμάτων τυριών Kareish και Damietta, αντίστοιχα, ενώ η συχνότητα εμφάνισης της Αφλατοξίνης M2 ανιχνεύθηκε μόνο στο 20% των εξεταζόμενων δειγμάτων Kareish, αλλά δεν ανιχνεύθηκε στα δείγματα τυριού Damietta. Ούτε η M1 ούτε η M2 ανιχνεύθηκαν στα δείγματα τυριού φέτας (Ammar et.al, 2017).

Σε άλλη πειραματική μελέτη που πραγματοποιήθηκε με σκοπό να εκτιμήσει την επιβίωση της *E.coli* κατά την παραγωγή και αποθήκευση λευκών τυριών άλμης

βρέθηκε ότι παρόλο που οι αριθμοί του *E. coli* μειώθηκαν κατά 3,4 log₁₀ CFU/g με άλμη 15% συν αρχικό LAB στους 10 °C, το παθογόνο ήταν σε θέση να επιβιώσει σε λευκό τυρί σε άλμη που είχε ωριμάσει 28 ημέρες σε άλμη 10% ή 15% στους 10 ή 21 °C. Είναι προφανές ότι το LAB αρχικής καλλιέργειας και η χαμηλή ενεργότητα νερού *a_w* είχαν ανασταλτικές επιδράσεις έναντι του *E. coli*, αλλά στα μέτρια επίπεδα αλατιού στο τυρί (8%), η χαμηλότερη θερμοκρασία που χρησιμοποιήθηκε (10 °C) ήταν πιο θανατηφόρα για το παθογόνο από τους 21 °C. Οι αριθμοί των αρχικών και μη αρχικών LAB παρέμειναν σταθεροί ή μειώθηκαν ελαφρώς στο τυρί που αποθηκεύτηκε και στις δύο άλμες για 28 ημέρες στους 10 °C. Ωστόσο, οι αριθμοί των μη αρχικών LAB μειώθηκαν κατά 4,7 log₁₀ CFU/g σε δείγματα τυριού που αποθηκεύτηκαν σε άλμη 15% στους 21 °C. Δεδομένου ότι αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το *E. coli* μπορεί να επιβιώσει κατά την ωρίμανση λευκού τυριού σε άλμη, είναι απαραίτητα μέτρα ελέγχου, συμπεριλαμβανομένων των ορθών πρακτικών παρασκευής και των προγραμμάτων ελέγχου κρίσιμων σημείων ανάλυσης κινδύνου κατά την επεξεργασία του, για τη μείωση του κινδύνου μόλυνσης από *E. coli* (Osaili et.al, 2014). Παράλληλα, το στέλεχος *Escherichia coli* O157:H7, δείχνει να επιβιώνει κατά την διάρκεια ωρίμανσης των λευκών τυριών, όμως ο πληθυσμός του μειώνεται με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε αλάτι της άλμης (Osaili et.al, 2014).

Αναφορικά με το Jibna-beida, το λευκό τυρί του Σουδάν, έχει πραγματοποιηθεί μελέτη στην οποία βρέθηκε ότι υπήρχαν σημαντικές διαφορές ($P < 0,05$) στον συνολικό αριθμό βακτηρίων των διαφορετικών δειγμάτων τυριού. Ο υψηλός συνολικός αριθμός βακτηρίων σε αυτή τη μελέτη θα μπορούσε να οφείλεται στην χαμηλή ποιότητα του γάλακτος που χρησιμοποιείται στην τυροκομία ή σε ανθυγιεινές συνθήκες κατά την επεξεργασία και τον χειρισμό του τυριού. Επίσης ο υψηλός αριθμός βακτηρίων LAB στα δείγματα τυριού θα μπορούσε να οφείλεται στο υψηλότερο αρχικό μικροβιακό

φορτίο του φρέσκου γάλακτος. Κολοβακτηρίδια δεν βρέθηκαν σε όλα τα δείγματα τυριού και επομένως ο αριθμός των κολοβακτηριδίων σε ορισμένα δείγματα τυριού πιθανώς οφειλόταν στην παραγωγή γάλακτος και τυριού υπό κακές συνθήκες. Το ίδιο βρέθηκε και σχετικά με την *Salmonella* της οποίας η παρουσία σε ορισμένα δείγματα αποδόθηκε στις χαμηλές συνθήκες υγιεινής. Αντίστοιχα σε σταφυλόκοκκο και ζύμες και μούχλες η εμφάνιση τους δεν ήταν σε όλα τα δείγματα, αλλά σε αυτά που βρέθηκε ο αριθμός ήταν μεγάλος. Γενικά, η παρουσία διαφορετικών μικροβιακών ομάδων, ειδικά των παθογόνων στο jibna-beida, θα μπορούσε να αποδοθεί στη χρήση νωπού γάλακτος στην παρασκευή του. Είναι γνωστό ότι η μικροβιολογία του νωπού γάλακτος είναι ζωτικής σημασίας για την παραγωγή οποιουδήποτε γαλακτοκομικού προϊόντος υψηλής ποιότητας. Τα περισσότερα μαλακά, μη ώριμα τυριά είναι μικροβιολογικά ασταθή λόγω της μεταβολικής δραστηριότητας των βακτηρίων, των ζυμών ή των μολυσματικών παραγόντων μούχλας (Salih et.al,2012).

Αντίστοιχη έρευνα που έγινε για το ίδιο τυρί, έφερε ως αποτέλεσμα ότι ο αριθμός του *S. aureus* υπερέβηκε το Log 3,5 cfu/gm, υποδεικνύοντας ότι το τυρί παρασκευάστηκε είτε από γάλα μαστιτικών αγελάδων είτε από μόλυνση που προκλήθηκε κατά την επεξεργασία. Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας έως την παράδοση στην αγορά, όλοι οι μικροοργανισμοί που εξετάστηκαν αυξήθηκαν μετά την έκθλιψη και στη συνέχεια μειώθηκαν σε πληθυσμό όταν το τυρί παραδόθηκε στην αγορά. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε ανθυγιεινές συνθήκες που επέτρεψαν στα βακτήρια να αναπτυχθούν, ενώ η μείωση του τυριού που παραδόθηκε στην αγορά μπορεί να οφείλεται στην ανταγωνιστική επίδραση του αλατιού και του γαλακτικού οξέος που παράγονται από τη φυσική μικροχλωρίδα. Ωστόσο, ο αριθμός των γαλακτοβακίλλων αυξήθηκε σε αριθμό μέχρι την παράδοση στην αγορά. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στις ευνοϊκές συνθήκες για τον πολλαπλασιασμό και την αύξηση του

αριθμού της φυσικής χλωρίδας. Ο αριθμός των ζυμών και των μούχλας έφτασε στο μέγιστο στο τυρόπηγμα μετά την έκθλιψη και στη συνέχεια μειώθηκε στο τυρί που παραδόθηκε στην αγορά (Abdalla & Omer, 2017).

Το κύριο είδος τυριού που παράγεται στην Ιορδανία είναι το μαλακό λευκό τυρί (juben balady). Η υψηλή μικροβιακή περιεκτικότητα των δειγμάτων τυριού, όπως φαίνεται στην SPC (Standard plate count) και στο LABC (lactic acid bacteria count), αντικατοπτρίζει τις γενικές συνθήκες υγιεινής που χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγή και αποθήκευση, την έλλειψη ψύξης και την απουσία βημάτων, όπως η θερμική επεξεργασία για την εξάλειψη των μικροοργανισμών στα περισσότερα από τα δείγματα που εξετάστηκαν. Θα μπορούσε να υποτεθεί ότι η βακτηριακή ανάπτυξη έχει λάβει χώρα κυρίως στο γάλα και κατά τη διάρκεια των βημάτων παραγωγής πριν από την τοποθέτηση των κομματιών τυριού σε άλμη. Ευτυχώς, οι κυρίαρχοι μικροοργανισμοί ήταν οι LABC, οι οποίοι αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της μικροβιακής χλωρίδας των φρέσκων γαλακτοκομικών προϊόντων και οι οποίοι δεν έχουν αρνητική επίδραση στην ασφάλεια των προϊόντων. Ο αριθμός των εντεροβακτηρίων ήταν γενικά υψηλός και στα περισσότερα δείγματα ήταν απαράδεκτος. Η παρουσία εντεροβακτηρίων σε δείγματα τροφίμων υποδηλώνει γενικά άμεση ή έμμεση κοπρανώδη μόλυνση του γάλακτος ή του προϊόντος κατά την επεξεργασία και, ως εκ τούτου, την πιθανότητα ύπαρξης παθογόνων βακτηρίων, ιών ή πρωτόζωων κοπρανώδους προέλευσης στο τρόφιμο. Οι σχετικά χαμηλές τιμές ζυμομυκήτων δεν επηρεάζουν την ποιότητα ή την ασφάλεια του τυριού. Η ανάπτυξη ζυμομυκήτων σε αυτόν τον τύπο τυριού δεν ενθαρρύνεται από την παρουσία LAB και την ύπαρξη εγγενών συνθηκών σε αυτό το τυρί, οι οποίες ενθαρρύνουν την ανάπτυξη βακτηρίων και όχι μυκήτων. Η κατανάλωση μαλακού λευκού τυριού έχει συσχετιστεί με τροφιμογενείς ασθένειες στην Ιορδανία και τις γειτονικές χώρες. Ορισμένες από

αυτές τις ασθένειες είναι πολύ σοβαρές, όπως ο πυρετός της Μάλτας που προκαλείται από *Brucella* spp. Η παρουσία σαλμονέλας σε ορισμένα δείγματα τυριών και η υψηλή περιεκτικότητα *S. aureus* (μερικά με θετική κοαγκουλάση) στο μαλακό λευκό τυρί θα πρέπει να θεωρούνται ως πιθανός κίνδυνος για την ασφάλεια. Αυτό οφείλεται στην απουσία παστερίωσης σε περίπου 50% των δειγμάτων και στις κακές συνθήκες υγιεινής κατά την παραγωγή (όπως υποδεικνύεται επίσης από το υψηλό SPC και το LABC, καθώς και από τον σχετικά υψηλό αριθμό εντεροβακτηρίων). Η διατήρηση του παραδοσιακού μαλακού λευκού τυριού σε άλμη με συγκέντρωση 7% αλατιού (NaCl) αποδείχθηκε η πιο κατάλληλη, καθώς σε αυτή τη συγκέντρωση η γεύση του τυριού δεν επηρεάστηκε αρνητικά (Haddad & Yamani, 2017).

Έπειτα, μελέτη που έγινε στην Τουρκία στα τοπικά λευκά τυριά, οι μικροβιολογικές αναλύσεις αποκάλυψαν ότι οι συνθήκες υγιεινής ήταν απαραίτητες για τη διατήρηση της ποιότητας των δειγμάτων τυριού καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους. Μικροοργανισμοί όπως το κολοβακτηρίδιο, η σαλμονέλα και οι σταφυλόκοκκοι ήταν άφθονοι στα δείγματα του εργοστασίου σε υψηλότερες θερμοκρασίες, αλλά στους 5 °C, δεν υπήρχαν εξαιρετικά σημάδια τέτοιας ανάπτυξης. Επιπλέον, οι υψηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης αύξησαν τον συνολικό αριθμό βακτηρίων, εκτός από τις αλλαγές στα αισθητηριακά χαρακτηριστικά (εμφάνιση, υφή, άρωμα και γεύση) του τυριού (Eljagmani & Altuner, 2020).

Τα τυριά ορού γάλακτος υποβάλλονται σε θερμική επεξεργασία υψηλής θερμοκρασίας στους 88–92 °C για την αποδιάταξη των πρωτεϊνών ορού γάλακτος, και αυτή η επεξεργασία έχει σοβαρό αντίκτυπο στο μικροβίωμα του ορού γάλακτος ή του γάλακτος ή/και της κρέμας γάλακτος που προστίθεται στον ορό γάλακτος. Το αυτόχθονο μικροβίωμα απενεργοποιείται και δεν εφαρμόζονται καλλιέργειες εκκίνησης μετά τη θέρμανση. Το βακτήριο *Escherichia coli* αναφέρθηκε ότι

αναπτύσσεται σε τυριά ορού γάλακτος μυζήθρα, ανθότυρο και μανούρι στους 12 °C και επιβιώνει σε αποθήκευση στους 2 °C. Η ανάπτυξη του *L. monocytogenes* στα ίδια τυριά ορού γάλακτος αναφέρθηκε ότι είναι πολύ γρήγορη. Οι μέγιστοι πληθυσμοί ήταν σημαντικά χαμηλότεροι στη μυζήθρα στους 5 και 12 °C από τους μέγιστους πληθυσμούς στον ανθότυρο και το μανούρι στις ίδιες θερμοκρασίες ανεξάρτητα από το εμβολιασμένο στέλεχος. Επιπλέον, το *Aeromonas hydrophila* ανακτήθηκε σε 4 (10,2%) και 3 (8,3%) από τα δείγματα τυριού ανθότυρος και μανούρι που αναλύθηκαν, αντίστοιχα, αλλά δεν παρατηρήθηκαν μετρήσιμοι πληθυσμοί. Το *A. hydrophila* αναπτύχθηκε στη μυζήθρα και τον ανθότυρο, αλλά δεν παρατηρήθηκε ανάπτυξη στο μανούρι. Ο ανθότυρος έδειξε υψηλό αριθμό κολοβακτηριδίων, μικροκόκκων και σταφυλόκοκκων, ζυμομυκήτων και εντερόκοκκων (Bintsis & Papademas, 2023).

Ωστόσο, η μικροβιακή μόλυνση των επιφανειών του τυριού κατά την επεξεργασία μέσω του χειρισμού και από τις επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα θεωρούνται οι κύριοι λόγοι για την πρόωρη λήξη της διάρκειας ζωής του χαλλουμιού. Μια ποικιλία μικροβιακών ειδών έχει απομονωθεί από το χαλλούμι, συμπεριλαμβανομένων θερμοφίλων αναερόβιων οργανισμών που σχηματίζουν σπόρια, όπως ο *Bacillus* και το *Clostridium*, προαιρετικών μικροοργανισμών όπως ο LAB (*Lactobacillus spp.* και ο *Enterococcus faecium*) και παθογόνων που μεταδίδονται από τα τρόφιμα, όπως η *Listeria monocytogenes*. Ζύμες όπως τα είδη *Candida*, *Pichia membranifaciens* και *Debaromyces hansenii* απομονώθηκαν επίσης σε συγκέντρωση 2,3–2,8 3 10⁵ cfu/g από το χαλλούμι ή τα διαλύματα άλμης του (Mehyar et.al,2017).

Μελέτη για *Listeria spp.* που πραγματοποιήθηκε στην Τουρκία εστίασε στην επιβίωση του *L. innocua* ως δείκτης του *L. monocytogenes* στο τουρκικό λευκό τυρί. Συμπερασματικά, η πτώση του pH λόγω της αρχικής δραστηριότητας προκάλεσε ελαφρά μείωση στον αριθμό των κυττάρων *Listeria* μετά την προσθήκη της αρχικής

καλλιέργειας. Ωστόσο, τα κύτταρα μειώνονται πιο αποτελεσματικά μετά την επεξεργασία με αλάτι. Κατά συνέπεια, ο αριθμός των *Listeria* μπορεί να μειωθεί δραστικά τόσο με τη συγκέντρωση αλατιού όσο και με τη δραστηριότητα της αρχικής καλλιέργειας με την επίδραση της ωρίμανσης (αποθήκευσης) σε θερμοκρασία ψύξης. Η παρουσία ειδών *Listeria* στη γραμμή παραγωγής υποδηλώνει ότι μπορεί να συμβεί μόλυνση μετά την επεξεργασία (Ozturkoglu et.al, 2006).

Οι τύποι ζύμης ποικίλλουν στο περιβάλλον, ανάλογα με τους τύπους τυριών, τις τεχνικές παραγωγής και τις τοποθεσίες παραγωγής. Οι ζύμες μπορούν να έχουν τόσο θετικές όσο και αρνητικές επιπτώσεις στο τυρί με τις πρωτεολυτικές και λιπολυτικές τους δραστηριότητες. Ενώ συμβάλλουν στην ωρίμανση ορισμένων τυριών, προκαλούν επίσης αλλοίωση σε ορισμένα. Για το λόγο αυτό, είναι σημαντικό να προσδιοριστεί το προφίλ ζύμης στο τυρί που παράγεται με παραδοσιακές μεθόδους (GELEN and CEYLA, 2021).

Σύμφωνα με δεδομένα από μελέτες που έγιναν στην Βουλγαρία, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η μόλυνση με μούχλα και ζύμες στο νωπό γάλα είναι πολύ υψηλή, φτάνοντας έως και 76,6% σε μούχλες και 93,3% σε ζύμες. Παρόλο που οι μονάδες επεξεργασίας παστεριώνουν το νωπό γάλα πριν το μεταποιήσουν σε λευκό τυρί σε άλμη, παρατηρήθηκε παρόμοια τάση στη μόλυνση του τελικού προϊόντος, αντίστοιχα σε 70,0% για μούχλες και 63,3% για ζύμες. Τα πιο συχνά απομονωμένα είδη μούχλας από το νωπό γάλα ήταν από το γένος *Aspergillus* (37,9%), και από το λευκό τυρί σε άλμη - από το γένος *Geotrichum* (32,8%). Μεταξύ των απομονωμένων ζυμών από νωπό γάλα και λευκό τυρί σε άλμη, το γένος *Candida* είχε το υψηλότερο ποσοστό απομονωμένων στελεχών, αντίστοιχα 70,0% και 50,0%. Η ευρεία εξάπλωση μούχλας και ζυμών με υψηλή λιπολυτική δράση θα πρέπει να θεωρείται κίνδυνος για τη διαδικασία παραγωγής, με ανάγκη για επαρκείς διορθωτικές ενέργειες σε επίπεδο

τεχνολογικής επεξεργασίας μετά την παστερίωση. Τέτοιες ενέργειες προτείνονται επίσης όσον αφορά την εξάπλωση μούχλας από το είδος *A. flavus*, εντοπίζοντας τον κίνδυνο μόνο σε περίπτωση παρουσίας στελεχών με σαφή φαινοτυπική έκφραση για την παραγωγή αφλατοξίνης (Chipilev et.al,2015).

Αντίστοιχα, σε ανάλογη πειραματική μελέτη που έγινε στην Βουλγαρία, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση του αριθμού των βακτηρίων μετά τα στάδια της τυροκόμησης και μείωση στο τέλος της περιόδου ωρίμανσης. Η *Listeria monocytogenes* δεν ανιχνεύθηκε σε κανένα από τα δείγματα τυριού. Το τυρί από νοπό γάλα ήταν μη ικανοποιητικής ποιότητας, γεγονός που υπογραμμίζει την ανάγκη εφαρμογής και διατήρησης καλών πρακτικών υγιεινής κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας για την πρόληψη της μικροβιακής μόλυνσης και ανάπτυξης (BANGIEVA, 2020).

Από τις πρώτες έρευνες που έγιναν για λευκό τυρί-φέτα στον Ελληνικό χώρο βρέθηκαν ζύμες σε υψηλά ποσοστά στην άλμη συντήρησης των τυριών και στα έξι (6) από τα εργοστάσια παραγωγής που μελετήθηκαν. Συγκεκριμένα κυρίαρχα είδη που βρέθηκαν ήταν το *Saccharomyces cerevisiae* και το *Candida famata* (Kaminarides & Laskos, 1992). Βασισμένοι σε αυτήν την έρευνα, αργότερα άλλοι ερευνητές στην Σαρδηνία, εντόπισαν το *Kluyveromyces lactis*, που ήταν το κυρίαρχο είδος στη φέτα του πρώτου τυροκομείου (95,2% των δειγμάτων), ακολουθούμενο από τα *Debaryomyces hansenii* (76,2%), *Dekkera anomala* (28,6%) και *Dekkera bruxellensis* (19%). Το *D. hansenii* ήταν κυρίαρχο στα δείγματα του δεύτερου τυροκομείου (93%), ακολουθούμενο από τα *K. lactis* (23,3%), *Geotrichum candidum* (23,3%) και *Dek. anomala* (18,6%). Τέλος, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ της εμφάνισης ειδών ζύμης σε φέτα καλής ποιότητας και σε φέτα με γλοιώδη επιφανειακά ελαττώματα, επιβεβαιώνοντας έτσι ότι η παραγωγή γλοιώδους υλικού δεν σχετίζεται

με μολύνσεις από ζύμη. Η διόγκωση των δειγμάτων που παρατηρήθηκε στο δεύτερο τυροκομείο φαίνεται να προκαλείται από το *Dekkera anomala*. Στην πραγματικότητα, αυτό το ισχυρό είδος ζύμωσης ήταν παρόν σε όλα τα διογκωμένα δείγματα σε αριθμούς που ξεπερνούσαν τα 10⁶ CFU g⁻¹, ενώ απομονώθηκε σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση μόνο στο 5,4% των καλών δειγμάτων (Fadda et.al, 2001).

Παρά την οξύτητα που αποκτά η φέτα κατά την ωρίμανση και μετά από αυτήν, βρέθηκε ότι ο αριθμός του *L. monocytogenes* στο τυρί αυξήθηκε κατά περίπου 1,5 Log₁₀ cfu/g κατά τη διάρκεια των πρώτων 2 ημερών ωρίμανσης, με τον πληθυσμό να είναι 2,33 Log₁₀ cfu/g μεγαλύτερος στο τυρί από ό,τι στο εμβολιασμένο γάλα. Η τιμή pH του τυριού 2 ημερών μειώθηκε στο 4,6 και στη συνέχεια η ανάπτυξη του *L. monocytogenes* σταμάτησε. Και τα δύο στελέχη του *L. monocytogenes* επιβίωσαν στη φέτα για περισσότερο από 90 ημέρες, ακόμη και στο χαμηλό pH 4,30 που είχε η φέτα μετά την ωρίμανση (Papageorgiou & Marth, 1989). Το αποτέλεσμα του μακρινού 1989 επιβεβαιώνεται και από πιο πρόσφατη μελέτη αναφορικά με την επιβίωση του *Listeria* στο λευκό τυρί κατά την παρασκευή και ως την ωρίμανση και αποθήκευση. Παρατηρήθηκε αύξηση στον αριθμό των *L. monocytogenes* κατά την παρασκευή. Μετά το αλάτισμα και καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου αποθήκευσης, ο αριθμός των *L. monocytogenes* μειώθηκε με ρυθμό που εξαρτιόταν από τη συγκέντρωση αλατιού, την αρχική δραστηριότητα και τον χρόνο αποθήκευσης (Erkmen, 2001).

Ως αποτέλεσμα, σε πιο πρόσφατη μελέτη για τις ζύμες στα λευκά τυριά διαπιστώθηκε ότι το *Candida spp.* αποτελούσε την κυρίαρχη χλωρίδα των ζυμομυκήτων. Οι ζυμομύκητες έχουν επιπτώσεις τόσο στην ωρίμανση όσο και στην αλλοίωση του τυριού. Για αυτόν τον λόγο, πρώτα πρέπει να προσδιοριστεί το προφίλ της ζύμης στο τυρί και στη συνέχεια θα πρέπει να προσδιοριστεί ποια είδη ζύμης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βοηθητικοί εκκινητές σε διαφορετικούς τύπους

τυριών. Με αυτόν τον τρόπο, τόσο ο χρόνος ωρίμανσης θα μειωθεί όσο και τα προϊόντα θα είναι πιο αρωματικά (GELEN and CEYLA, 2021).

Οι πιο συχνές αμίνες που βρίσκονται στα τρόφιμα είναι η ισταμίνη, η πουτρεσκίνη, η καδαβερίνη, η τυραμίνη, η τρυπταμίνη, η φαινυλαιθυλαμίνη, η σπερμίνη και η σπερμιδίνη. Μία από τις πιο επιρρεπείς σε κίνδυνο τροφές είναι τα τυριά, κυρίως τα ώριμα, τα οποία θα μπορούσαν εύκολα να συσσωρεύσουν αμίνες λόγω της ιδιόμορφης διαδικασίας παρασκευής και ωρίμανσής τους. Ο λόγος για τον οποίο οι μικροοργανισμοί συνθέτουν BAs (βιοαμίνες) οφείλεται κυρίως σε έναν φυσιολογικό σκοπό ως απόκριση στο όξινο στρες και την απόκτηση συμπληρωματικής ενέργειας, αντανakλώντας μεταβολικά πλεονεκτήματα σε δυσμενείς συνθήκες οικοσυστήματος που χαρακτηρίζουν τη μήτρα. Κατά τη διάρκεια συνθηκών όξινου στρες, τα ασθενή οξέα και τα ελεύθερα αμινοξέα (FAA) διέρχονται από την κυτταρική μεμβράνη των βακτηρίων και τον αντιμεταφορέα της μεμβράνης, αντίστοιχα, και στη συνέχεια η αμινοξική δεκαρβοξυλάση μετατρέπει τα H^+ και FAA σε BAs και CO_2 , χρήσιμα στην αποκατάσταση του εσωτερικού pH (Natrella et.al, 2024).

Οι βιογενείς αμίνες (BA) και οι πολυαμίνες (PA) στα τρόφιμα προκύπτουν επίσης, ως συνέπεια της δράσης της δεκαρβοξυλάσης από ορισμένους μικροοργανισμούς. Οι κύριοι πρόδρομοι της BA είναι ελεύθερα αμινοξέα που υπάρχουν λόγω της δράσης ορισμένων πρωτεολυτικών ενζύμων. Πολλά μολυσματικά βακτήρια συγκαταλέγονται στους μικροοργανισμούς που διαθέτουν δεκαρβοξυλάσες. Σε αυτά περιλαμβάνονται τα Enterobacteriaceae (π.χ. ορισμένα στελέχη των γενών *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia*, *Proteus*, *Serratia*, *Yersinia*, *Morganella*) και, για παράδειγμα, τα γένη *Pseudomonas*, *Aeromonas* και *Acinetobacter*. Εκτός από αυτά τα Gram-αρνητικά βακτήρια, οι BA παράγονται επίσης από ορισμένα βακτήρια γαλακτικού οξέος (π.χ. εκπροσώπους των γενών *Lactococcus*, *Lactobacillus*,

Enterococcus και άλλων). Η εμφάνιση σχετικών δεκαρβοξυλασών δεν είναι ειδική για κάθε είδος και εμφανίζονται μόνο σε έναν ορισμένο αριθμό στελεχών κάθε δεδομένου είδους. Η μικροχλωρίδα που υπάρχει στο λευκό τυρί που ωριμάζει σε άλμη μπορεί να είναι ποικίλη και παίζει ρόλο στις αλλαγές. Εκτός από τα NSLAB, οι μικροοργανισμοί που απομονώνονται από τα λευκά τυριά περιλαμβάνουν κολοβακτηρίδια, σταφυλόκοκκους και ζύμες (Pachlova et.al, 2016).

Υψηλή περιεκτικότητα σε BA και/ή PA σε τρόφιμα ή συνδυασμούς τροφίμων (γενικά, οποιαδήποτε ποσότητα άνω των 100 mg/kg) με την παρουσία BA μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητες ψυχοδραστικές και αγγειοδραστικές επιδράσεις, όπως διακυμάνσεις της αρτηριακής πίεσης, πονοκεφάλους/ημικρανίες, έμετο και δυσκολίες στην αναπνοή. Από τα προϊόντα γάλακτος που έχουν υποστεί ζύμωση, τα φυσικά τυριά παρακολουθούνται ευρύτερα για την παρουσία βιογενών αμινών. Αυξημένα επίπεδα τυραμίνης, ισταμίνης, και πουτρεσκίνης και καδαβερίνης έχουν παρατηρηθεί κυρίως σε τυριά μακράς ωρίμανσης, αλλά και σε ορισμένα μαλακά τυριά μετά από μικρότερο χρόνο ωρίμανσης. Η παραγωγή βιογενών αμινών έχει παρατηρηθεί σε λευκά τυριά παρά την πιθανώς μειωμένη μικροβιακή δραστηριότητα που προκαλείται από την αυξημένη περιεκτικότητά τους σε αλάτι (Pachlova et.al, 2016).

Έχει παρατηρηθεί επιβίωση του *Staphylococcus aureus* σε λευκά τυριά άλμης, ακόμη και σε χαμηλό pH και υψηλά επίπεδα αλατιού. Ορισμένα είδη *Clostridium*, συμπεριλαμβανομένων των *Cl. tyrobutyricum*, *Cl. sporogenes*, *Cl. beijerinckii* και *Cl. butyricum*, πιστεύεται ότι προκαλούν όψιμο φούσκωμα στα τυριά. Τα σπόρια *Clostridium* είναι σε θέση να επιβιώσουν από τη διαδικασία παστερίωσης. Το υπερφιλτραρισμένο λευκό τυρί, λόγω του χαμηλού pH και της υψηλής περιεκτικότητάς του σε υγρασία, είναι ευαίσθητο σε μόλυνση από νηματώδεις μύκητες και ζύμες. Το *Penicillium*, συμπεριλαμβανομένων των μυκοτοξιγονικών στελεχών, είναι το γένος

μούχλας που απομονώνεται συχνότερα από δείγματα τυριού. Οι μύκητες και οι ζύμες περιλαμβάνουν στελέχη με ψυχροτροφικά χαρακτηριστικά που μπορούν να αναπτυχθούν κατά την ψυχρή αποθήκευση (Jalilzadeh et.al, 2018).

Τα μπλε και λευκά τυριά με μούχλα ωριμάζουν κυρίως με *P. roqueforti* και *P. camemberti* αντίστοιχα, και συχνά μαζί με *Geotrichum candidum*. Παρόλο που η επιφάνεια καλύπτεται από επιθυμητή μούχλα, μπορεί να υπάρχουν και μούχλες αλλοίωσης. Επίσης, σε αυτούς τους τύπους τυριών απομονώνονται διαφορετικά είδη *Penicillium*. Άλλα γένη που απομονώθηκαν από τυριά που ωρίμασαν με μούχλα περιλαμβάνουν τα *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucor* και *Rhizopus*. Οι Bekada et al. απομόνωσαν το *Mucor racemosus* από το τυρί Camemberti και το *Mucor* έχει παρατηρηθεί ως το λεγόμενο ελάττωμα «τρίχας γάτας» σε μαλακά τυριά. Τουλάχιστον έξι διαφορετικά είδη *Mucor* έχουν απομονωθεί από τυρί, συμπεριλαμβανομένων των *Mucor circinelloides*, *Mucor racemosus*, *Mucor hiemalis* και *Mucor plumbeus* (Bekada et al. ,2008). Ο αέρας στο εργοστάσιο παραγωγής είναι μολυσμένος με σπόρια μούχλας σε διαφορετικά επίπεδα και ο αέρας αποτελεί μία από τις κύριες πηγές μόλυνσης. Τα αερομεταφερόμενα σπόρια μπορούν να μολύνουν το τυρόπηγμα στα δοχεία και τις δεξαμενές. Τα σπόρια μούχλας που εισέρχονται στην επιφάνεια του τυριού μπορούν να αφεθούν να αναπτυχθούν στο τυρί αργότερα στη διαδικασία, εάν οι συνθήκες ανάπτυξης είναι κατάλληλες. Το τυρί κανονικά θα βυθίζεται σε άλμη για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Καθώς η άλμη μπορεί να είναι μια δεξαμενή μούχλας όπως η *P. commune*, πρέπει να ξεπλένεται τακτικά για την απομάκρυνση των σπόρων μούχλας (Kure & Skaar, 2019). Σε ορισμένα γαλακτοκομεία, χρησιμοποιείται πεπιεσμένος αέρας για την εξαγωγή του τυριού από τις δεξαμενές. Η λεγόμενη «γαλακτοκομική μούχλα» *G. candidum* απομονώθηκε από

πεπιεσμένο αέρα και αναφέρθηκε ότι είναι η κύρια πηγή μόλυνσης στο εν λόγω γαλακτοκομείο (Kure et.al, 2004).

Διαπιστώθηκε ότι το μαλακό τυρί εκτίθεται στην επιφανειακή ανάπτυξη ζυμών και μούχλας, ιδιαίτερα εάν εκτίθεται σε ατμοσφαιρικό οξυγόνο. Ήταν ιδιαίτερα μολυσμένο με διάφορα είδη *Candida* που έχουν την ικανότητα να ζυμώνουν διαφορετικά είδη σακχάρων εκτός από ορισμένους τοξικογόνους μύκητες, όπως οι *Aspergillus*, *Penicillium* και *Fusarium*. Η ανάπτυξη μούχλας στο τυρί μπορεί περιοδικά να αποτελεί πρόβλημα ποιότητας και μπορεί να παρατηρηθεί στο τυρί κατά την ωρίμανση, την αποθήκευση στο εργοστάσιο ή κατά τη λιανική διανομή. Το τυρί αλλοιώνεται λόγω των ορατών αποικιών μούχλας στην επιφάνεια και των γεύσεων που παράγουν. Το τυρί μπορεί να αποτελέσει καλό υπόστρωμα για την ανάπτυξη διαφορετικών τύπων τοξικογόνων μυκήτων και την παραγωγή των τοξινών τους, οι οποίες θέτουν σε κίνδυνο την υγεία. Αρκετά από τα στελέχη *Penicillium* που μολύνουν το τυρί θα μπορούσαν να σχετίζονται με τον αέρα στο δωμάτιο συσκευασίας, ο οποίος πρέπει να θεωρείται κρίσιμο σημείο για τη μυκητιασική μόλυνση του τυριού. Έρευνα που έγινε στην Αίγυπτο διαπίστωσε ότι περίπου 19 μύκητες απομονώθηκαν από τις έξι μάρκες που εξετάστηκαν. Οι τοξικογόνοι μύκητες παρήγαγαν τις ακόλουθες μυκοτοξίνες: κοζικό οξύ, στεριγματοκυστίνη, πενικιλικό οξύ και άγνωστους τοξικούς μεταβολίτες (Aly et.al, 2010).

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν και τα Αιγυπτιακά λευκά τυριά, που όπως βρέθηκε, οι ζυμομύκητες ταυτοποιήθηκαν ως *Issatchenkia orientalis*, *Candida albicans*, *Clavispora lusitaniae*, *Kodamaea ohmeri*, *Kluyveromyces marxianus* και *Candida catenulata*. Το τυρί Kariesh βρέθηκε να είναι το πιο ποικιλόμορφο στις χλωρίδες ζύμης και περιείχε τον υψηλότερο συνολικό αριθμό ζύμης σε σύγκριση με άλλα εξεταζόμενα γαλακτοκομικά προϊόντα. Αυτό συνδέθηκε με το όξινο pH και τη χαμηλότερη

περιεκτικότητα σε αλάτι αυτού του τυριού, τα οποία ευνοούν την ανάπτυξη και την επιβίωση των ζυμών στα τρόφιμα. Το αποθηκευμένο τυρί Domiati περιείχε επίσης ποικίλα είδη ζύμης που περιελάμβαναν απομονωμένα στελέχη του παθογόνου ζυμομύκητα *C. albicans*. Αυτό αυξάνει την πιθανότητα τα γαλακτοκομικά προϊόντα να αποτελούν φορείς μετάδοσης παθογόνων ζυμομυκήτων (El-Sharoud et.al,2009).

Σε λιγότερο καθετοποιημένες δομές παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων διαπιστώθηκε και πάλι η υψηλή μικροβιακή περιεκτικότητα των δειγμάτων τυριού, ιδιαίτερα του *S. aureus*, και η παρουσία *Salmonella* σε λίγα δείγματα. Έτσι αντανακλώνται γενικά οι κακές συνθήκες υγιεινής κατά την παραγωγή και αποθήκευση, η έλλειψη ψύξης και η απουσία θερμικής επεξεργασίας για την εξάλειψη των μικροοργανισμών. Από τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων θα μπορούσε επίσης να συναχθεί το συμπέρασμα ότι υπάρχει έλλειψη τυποποιημένης μεθόδου για την παραγωγή και τη διατήρηση μαλακού λευκού τυριού στην Ιορδανία (Haddad & Yamani, 2017). Αντίστοιχα, η ανάπτυξη μικροβίων του γένους *Listeria* φάνηκε απειλυστική όταν μελετήθηκε λευκό τυρί που παράχθηκε σε οικοτεχνία στην Τουρκία (Arslan & Özdemir, 2008).

Συνολικά, κατά την παραγωγή λευκού τυριού είναι πολλές οι πηγές μικροβιακής μόλυνσης του προϊόντος όπως από την αρχική καλλιέργεια ως πιθανή πηγή μόλυνσης από σταφυλόκοκκους θετικούς στην κοαγκουλάση, εντερόκοκκους και ψυχρόφιλα βακτήρια, την άλμη και την άνω πλάκα πίεσης ως πηγή μόλυνσης για σταφυλόκοκκους, το δάπεδο και το υλικό συσκευασίας ως πηγή μόλυνσης από ψυχρόφιλα βακτήρια, τον κάδο τυριού, το τουλπάνι και το μαχαίρι κοπής τυροπήγματος ως πηγή μόλυνσης από συνολικά αερόβια μεσόφιλα βακτήρια, τον αέρα του ψυκτικού θαλάμου και του χώρου παραγωγής ως πηγές μόλυνσης για ζύμες και μούχλες (Temelli et.al, 2006).

Τέλος, αναφορικά με τους μικροβιολογικούς κινδύνους, ελέγχθηκε λευκό τυρί άλμης στην Βόρεια Μακεδονία και βρέθηκε σε πολύ καλή κατάσταση. Πιο συγκεκριμένα η μελέτη αφορούσε τα μικρόβια *Salmonella spp.* και *Listeria spp.* Τα οποία τελικά δεν βρέθηκαν στα δείγματα (Alija, 2021). Αντίστοιχα, στην ίδια γεωγραφικά περιοχή μελετήθηκε η μικροβιακή κατάσταση σε παραδοσιακό πρόβειο λευκό τυρί και βρέθηκε υψηλός πληθυσμός μικροβίων της οικογένειας Enterobacteriaceae, καθώς και το *Escherichia coli* στο 50% των εξεταζόμενων δειγμάτων τυριού. Μετά από δύο μήνες ωρίμανσης του τυριού, δεν προσδιορίστηκε η παρουσία σταφυλόκοκκων θετικών στην κοαγκουλάση, *Salmonella spp* και *Listeria monocytogenes* (Talevski, 2023).

2.2 Χημικοί κίνδυνοι στο λευκό τυρί

2.2.1 Χημικοί κίνδυνοι στο γάλα προς τυροκόμηση- προερχόμενοι από ζωοτροφές

Οι περισσότεροι χημικοί κίνδυνοι εισάγονται σε επίπεδο αγροκτήματος, όπου το γάλα μπορεί να μολυνθεί λόγω της πρόσληψης μολυσμένων σύνθετων ζωοτροφών ή ενσίρωματος, λόγω βόσκησης σε μολυσμένη γη, λόγω της χορήγησης κτηνιατρικών φαρμάκων ή λόγω της ανεπαρκούς χρήσης απορρυπαντικών και απολυμαντικών. Οι χημικοί κίνδυνοι που μπορεί να προκύψουν στο ενσίρωμα είναι φυσικές τοξίνες όπως μυκοτοξίνες και φυτικές τοξίνες, ενώ οι σύνθετες ζωοτροφές μπορεί να μολυνθούν με μυκοτοξίνες, φυτοφάρμακα, έμμονους οργανικούς ρύπους και βαρέα μέταλλα ανάλογα με την προέλευσή τους και τη διαδικασία παραγωγής των συστατικών. Οι ρύποι που υπάρχουν ήδη στο γάλα συνήθως δεν επηρεάζονται από περαιτέρω επεξεργασία στο αγρόκτημα ή στο γαλακτοκομείο. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις οι ρύποι μπορεί να είναι συγκεντρωμένοι, για παράδειγμα στην παραγωγή γάλακτος σε σκόνη, η οποία προκαλεί υψηλότερο επίπεδο ρύπων στο τελικό προϊόν. Οι οργανικοί ρύποι όπως οι

διοξίνες και τα PCB είναι λιπόφιλοι και συσσωρεύονται στο βούτυρο, το οποίο συνήθως περιέχει 80% λίπος. Επιπλέον, κίνδυνοι μπορούν να εισαχθούν μέσω της χρήσης συστατικών ή μέσω καθαρισμού και απολύμανσης (Asselt et.al, 2016).

2.2.2 Μυκοτοξίνες προερχόμενες από μύκητες- Αφλατοξίνες

Οι μυκοτοξίνες είναι μια από τις κύριες φυσικές χημικές συνθέσεις που μπορεί να προκαλέσει σοβαρή ανησυχία σε όλο τον κόσμο, ειδικά στο διεθνές εμπόριο. Μεταξύ 300 διαφορετικών μυκοτοξινών, οι αφλατοξίνες (AFs) είναι δηλητηριώδεις, καρκινικές και πρωτογενείς κατηγορίες μυκοτοξινών. Είναι δευτερογενείς μεταβολίτες μυκήτων που παράγονται συχνά από ορισμένα είδη *Aspergillus*, ειδικά *A. nomius*, *A. flavus* και *A. parasiticus*. Μπορούν να βρεθούν σε γεωργικές καλλιέργειες, γάλα (μητρικό και ζωικό) και γαλακτοκομικά προϊόντα υπό κατάλληλες συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας (Nejad et.al, 2020).

Η εμφάνιση της Αφλατοξίνης M1 στο τυρί μπορεί να οφείλεται σε μόλυνση από AFM1 του νωπού γάλακτος που χρησιμοποιείται στην παρασκευή τυριού, στη σύνθεση αφλατοξινών από *A. flavus* και *A. parasiticus* που αναπτύσσονται στο τυρί ή στην εμφάνιση AFM1 στο γάλα σε σκόνη που χρησιμοποιείται στην παρασκευή τυριού (Elkak et.al, 2012). Το τυρί είναι η κύρια πηγή αφλατοξινών μεταξύ των γαλακτοκομικών προϊόντων, λόγω του γεγονότος ότι η AFM1 σχετίζεται με το κλάσμα καζεΐνης στο γάλα, το οποίο είναι σχεδόν συγκεντρωμένο στο τυρί. Οι ερευνητές έχουν δείξει ότι η συγκέντρωση της AFM1 είναι περίπου τρεις φορές μεγαλύτερη σε διάφορα μαλακά τυριά και περίπου πέντε φορές μεγαλύτερη στα σκληρά τυριά από ό,τι στο γάλα από το οποίο παρασκευάζεται το τυρί (Nejad et.al, 2020).

Συνεπώς, το AFM1 μπορεί επίσης να υπάρχει σε όλα τα γαλακτοκομικά προϊόντα που παρασκευάζονται με μολυσμένο γάλα σε ποσότητα μεγαλύτερη από αυτή

στο γάλα. Η εμφάνιση αφλατοξίνης M1 στο γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι ένα σημαντικό ζήτημα, επειδή πολλοί άνθρωποι καταναλώνουν αυτά τα προϊόντα σε καθημερινή βάση, ειδικά για τον αυξανόμενο πληθυσμό βρεφών που εξαρτάται από το γάλα ως κύριο θρεπτικό συστατικό. Αρκετές μελέτες σε διαφορετικές χώρες έχουν αναφέρει υψηλά ή χαμηλά επίπεδα μόλυνσης με AFM1 σε διαφορετικές κατηγορίες δειγμάτων τυριού. Αυτά τα σημαντικά μεταβλητά επίπεδα AFM1 μπορεί να οφείλονται σε διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν, όπως οι διαδικασίες παρασκευής και αποθήκευσης του τυριού τα είδη τυριού, οι συνθήκες ωρίμανσης του τυριού, οι αναλυτικές μέθοδοι και τέλος οι γεωγραφικές και εποχιακές επιδράσεις (Elkak et.al,2012).

Συγκεκριμένα, για την εποχική και γεωγραφική επίδραση, σε έρευνα που έγινε σε λευκά τυριά στο Ιράν βρέθηκε ότι το εύρος των επιπέδων μόλυνσης διέφερε μεταξύ των μηνών. Η υψηλότερη μέση συγκέντρωση AFM1 καταγράφηκε στα δείγματα του Φεβρουαρίου ($0,52 \mu\text{g kg}^{-1}$). Η χαμηλότερη συγκέντρωση παρατηρήθηκε στα δείγματα του Αυγούστου ($0,32 \mu\text{g kg}^{-1}$). Σχεδόν το 60,6% των μολυσμένων δειγμάτων υπερέβη το μέγιστο αποδεκτό επίπεδο ($0,25 \mu\text{g kg}^{-1}$) (Kamkar et.al, 2008). Αφλατοξίνη M1 εντοπίστηκε επίσης, σε λευκό τυρί του Ιράν, με την μέθοδο ELISA. Σε αυτή μελέτη επιβεβαιώθηκε και η εποχική παρουσία της τοξίνης στο τυρί. Η αφλατοξίνη M1 βρέθηκε στο 60% των δειγμάτων τυριού, κυμαινόμενη από 40,9 έως 374 ng/kg . Τα επίπεδα τοξίνης στο 6% των δειγμάτων υπερέβαιναν το ιρανικό εθνικό πρότυπο ορίου, δηλαδή 200 ng/kg . Λαμβάνοντας υπόψη την εποχιακή μεταβλητότητα, η μέση συγκέντρωση AFM1 στα δείγματα που συλλέχθηκαν τον χειμώνα ήταν σημαντικά ($P < 0,03$) υψηλότερη από αυτά που συλλέχθηκαν το καλοκαίρι (Tavakoli et.al, 2012).

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Τούρκικο λευκό τυρί Urfa, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε ανιχνεύσιμα επίπεδα (≥ 50 ng/kg), το 28,3% των δειγμάτων ήταν μολυσμένα με AFM1 που κυμαίνονταν από 70,61 έως 770,97 ng/kg. Τυριά σε ποσοστό 10,2% βρέθηκαν να έχουν επίπεδα που υπερέβαιναν τα νόμιμα όρια των 250 ng/kg που ορίζονται από τον Τουρκικό Κώδικα Τροφίμων. Συνεπώς, τα επίπεδα μόλυνσης AFM1 που προσδιορίστηκαν δεν θεωρήθηκαν σοβαρός κίνδυνος για τη δημόσια υγεία (Kav et.al, 2011).

Η αφλατοξίνη M1 φαίνεται να εμφανίζεται κυρίως με την καζεΐνη, έτσι ώστε το τυρόπηγμα να περιέχει υψηλότερη συγκέντρωση από τον ορό γάλακτος. Η συσχέτιση της AFM1 με την καζεΐνη εκδηλώνεται συχνότερα στο τυρί παρά στο γάλα από το οποίο παρασκευάζεται το τυρί (Elkak et.al, 2012).

Σε μελέτες που έγιναν αναφέρθηκε ότι το επίπεδο της AFM1 από το αγελαδινό γάλα είναι υψηλότερο από εκείνο των προβάτων και των αιγών, και αυτό μπορεί να οφείλεται στις διαφορές στις πεπτικές τους συσκευές και στον μηχανισμό αφομοίωσης της αφλατοξίνης B1 (AFB1) στα ζώα, καθώς και στα διαφορετικά πρότυπα διατροφής (Nejad et.al, 2020). Σε Τούρκικο λευκό τυρί βρέθηκε σε ανιχνεύσιμο επίπεδο (50 ng/kg) στο 82,4% των δειγμάτων. Το συμπέρασμα ήταν ότι η εκτεταμένη εμφάνιση AFM1 σε δείγματα λευκού τυριού σε άλμη της Τουρκίας θεωρήθηκε πιθανός κίνδυνος για τη δημόσια υγεία, ιδίως για τα παιδιά (Ardic et.al, 2009).

Στη μελέτη που έγινε στον Λίβανο παρατηρήθηκε ότι συγκεκριμένες ποικιλίες τοπικών τυριών όπως το χαλούμι, το μπαλάντι, το ναμπουλσί, η φέτα και το χαμηλό σε σαλτακάουι, περιέχουν την υψηλότερη ποσότητα AFM1. Η υψηλή μόλυνση από AFM1 μπορεί να ερμηνευτεί από την αφλατοξίνη που έχει μεταφερθεί από τις ζωοτροφές που καταναλώνονται από τα γαλακτοπαραγωγά βοοειδή, την τεχνολογία παραγωγής τυριού

που χρησιμοποιείται και τα υψηλά επίπεδα μόλυνσης από AFM1 στο νωπό γάλα που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τυριού (Elkak et.al, 2012).

2.2.3 Ραδιολογικοί χημικοί κίνδυνοι

Το πυρηνικό ατύχημα στο Τσερνομπίλ της Ουκρανίας το 1986 προκάλεσε εναπόθεση ραδιονουκλιδίων στο χορτάρι, τα οποία απορροφήθηκαν από τις αγελάδες κατά τη βόσκηση και στη συνέχεια μεταφέρθηκαν στο γάλα τους. Το γάλα αποδείχθηκε ότι είναι η κυρίαρχη πηγή έκθεσης στο ιώδιο-131 (^{131}I) για τον τοπικό πληθυσμό μετά το ατύχημα. Το ^{131}I έχει σύντομο χρόνο ημιζωής, περίπου 8 ημέρες, και η πρόσληψή του από τις αγελάδες είναι, επομένως, πρωταρχικά σημαντική αμέσως μετά από ένα ατύχημα. Άλλα ραδιονουκλίδια, όπως το καίσιο-137 (^{137}Cs), έχουν πολύ μεγαλύτερο χρόνο ημιζωής, περίπου 30 ετών. Αυτό το ραδιονουκλίδιο μπορεί, επομένως, να παραμείνει στο περιβάλλον πολύ μετά από ένα ατύχημα. Ακόμα και χρόνια μετά το ατύχημα του Τσερνομπίλ, το γάλα παρέμεινε η κύρια οδός πρόσληψης του ^{137}Cs και συνέβαλε περισσότερο από το 50% στη μέση πρόσληψη. Πρόσφατα δεδομένα από την πληγείσα περιοχή εξακολουθούν να δείχνουν αυξημένα επίπεδα ^{137}Cs στο γάλα, αλλά είναι κάτω από τα όρια της ΕΕ (Steinhauser et.al, 2014).

2.2.4 Χημικοί κίνδυνοι από μετανάστευση ουσιών-Υλικά συσκευασίας

Ακόμα ένας χημικός κίνδυνος που εμφανίζεται σε συσκευασμένο προϊόν προέρχεται από τις ενώσεις που μπορούν να μεταναστεύσουν από το υλικό συσκευασίας ή τον εξοπλισμό στα γαλακτοκομικά προϊόντα και είναι οι φθαλικές ενώσεις. Οι φθαλικές ενώσεις είναι οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι πλαστικοποιητές και προστίθενται σε πλαστικά πολυμερή (όπως το PVC) για την ενίσχυση της ευκαμψίας. Οι φθαλικές ενώσεις είναι μια ομάδα πλαστικοποιητών. Υπάρχουν αρκετές φθαλικές ενώσεις όπως ο φθαλικός διμεθυλεστεράς (DMP), ο φθαλικός διαιθυλεστεράς

(DEP), ο φθαλικός διισοβουτυλεστέρας (DIBP), ο φθαλικός δι-n-βουτυλεστέρας (DBP), ο φθαλικός βενζυλοβουτυλεστέρας (BBP), ο φθαλικός δι(2-αιθυλεξυλεστέρας) (DEHP), ο φθαλικός δικυκλοεξυλεστέρας (DCHP) και ο φθαλικός δι-n-οκτυλεστέρας (DNOP). Διάφοροι φθαλικοί εστέρες έχουν βρεθεί σε γαλακτοκομικά προϊόντα, πιθανώς από σωλήνες PVC που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία αρμέγματος ή μεταφοράς από γάλα χύμα σε δεξαμενές αποθήκευσης, αλλά και από υλικά συσκευασίας όπως χαρτόκουτα και φιάλες. Η μετανάστευση ορισμένων πλαστικοποιητών μπορεί να προκαλεί ανησυχία λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε λιπίδια των γαλακτοκομικών προϊόντων (Asselt et.al, 2016).

Το μελάνι εκτύπωσης, όπως η 2-ισοπροπυλοθειοξανθόνη (ITX) και το 2-αιθυλεξυλ-4-διμεθυλαμινοβενζοϊκό (EHDAB), μπορούν επίσης να μεταναστεύσουν από το υλικό συσκευασίας στο τελικό προϊόν σε περίπτωση που το υλικό συσκευασίας τυλιχτεί με τέτοιο τρόπο ώστε το εσωτερικό και το εξωτερικό της συσκευασίας να έρχονται σε επαφή μεταξύ τους (Asselt et.al, 2016).

Πράγματι, η σύνθεση των ιχνοστοιχείων τροποποιείται κατά τη διάρκεια του αλατίσματος με τη συμβολή του αλατιού και άλλων συστατικών που προστίθενται για την πήξη της καζεΐνης. Επίσης, τα οσμωτικά φαινόμενα λόγω της υψηλής συγκέντρωσης NaCl έχουν ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση στοιχείων που υπάρχουν μερικώς στο τυρόπηγμα με τη μορφή απλών ιόντων (Al, Cd, Co και Sr). Η πήξη (η κατανομή των ιχνοστοιχείων μεταξύ του τυροπήγματος και του ορού γάλακτος) οδηγεί σε αύξηση των στοιχείων που συνδέονται με την καζεΐνη και το λίπος (π.χ. Cd, Cu, Fe, Zn) και σε μείωση εκείνων που συνδέονται με ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους (π.χ. Ni συνδεδεμένο με κιτρικό άλας ή Mg συνδεδεμένο με λακτόζη). Η φυσική οξύτητα των μέσων επεξεργασίας είναι γνωστό ότι προκαλεί την απομετάλλωση των μικκυλίων καζεΐνης και ότι υποστηρίζει την έκπλυση μετάλλων από τα δοχεία που

χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση τυροπήγματος και τυριού. Ιδίως το λευκό τυρί είναι γνωστό ότι προσλαμβάνει στοιχεία από μεταλλικά δοχεία (Ayar et.al, 2009).

Δεν βρέθηκαν διαφορές στις μέσες συγκεντρώσεις λόγω του τύπου τυριού για Co, Cr, Li, Mo, Ni, Se, Si και V. Για τα τοξικά στοιχεία Cd, Pb, As και Hg, η επίδραση του τύπου τυριού στο επίπεδο των τοξικών στοιχείων ήταν πολύ λιγότερο έντονη. Αξίζει να σημειωθεί ότι το λευκό τυρί με χαμηλότερο επίπεδο λιπαρών τείνει να προσλαμβάνει μέταλλα από δοχεία Sn και από το φυσικά μολυσμένο αλάτι που χρησιμοποιείται στην παραγωγή του. Έτσι, οι ελεγχόμενες συνθήκες βιομηχανικής παραγωγής τυριού ή η χρήση υλικών που δεν περιέχουν Al για την παραγωγή και συσκευασία, συντήρηση και αποθήκευση τυριών σε γυάλινα βάζα σίγουρα βοηθούν στη διατήρηση πολύ χαμηλότερου κινδύνου μόλυνσης από μέταλλα (Khozam et.al, 2012).

2.2.5 Χημικοί κίνδυνοι από βαρέα μέταλλα

Δεδομένου ότι αναγνωρίστηκε η σημασία των βαρέων μετάλλων όσον αφορά την ανθρώπινη υγεία, η ιδέα ότι ένα άτομο μπορεί να μολυνθεί με μέταλλα μέσω της αναπνοής και από όλα τα είδη τροφίμων και ποτών έχει γίνει ευρέως αποδεκτή. Επομένως, καθώς το τυρί κατέχει σημαντική θέση στην ανθρώπινη διατροφή, διερευνούνται τα επίπεδα μολύβδου, καδμίου, αρσενικού και υδραργύρου που υπάρχουν κατά τα στάδια παραγωγής του λευκού τυριού. Το λευκό τυρί, εκτός από το ότι είναι σημαντικό για εξαγωγή, είναι ένα από τα πιο δημοφιλή γαλακτοκομικά προϊόντα στην Τουρκία. Από τεχνολογικής και διατροφικής άποψης, είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε τα επίπεδα βαρέων μετάλλων στο λευκό τυρί και τη διακύμανσή τους κατά τη μετάβαση από τις πρώτες ύλες στο τελικό προϊόν (DEMİRÖZÜ-ERDİNÇ & Saldamli, 2000).

Με την αύξηση του πληθυσμού και της εκβιομηχάνισης, η περιβαλλοντική ρύπανση αυξάνεται ραγδαία. Διάφορες μελέτες διεξάγονται για τη μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης σε όλο τον κόσμο. Πολλά βιομηχανικά απόβλητα απειλούν σοβαρά την υγεία των ζωντανών οργανισμών. Πρόσφατα, η ρύπανση από βαρέα μέταλλα, η οποία έχει προσελκύσει την προσοχή, συμβαίνει γενικά με αυτόν τον τρόπο. Επομένως, είναι αναπόφευκτο η αυξανόμενη συγκέντρωση βαρέων μετάλλων να περάσει στα τρόφιμα μέσω διαφορετικών πηγών. Η κατανάλωση τροφίμων χωρίς ρύπανση, ποιοτικών και τυποποιημένων τροφίμων είναι πολύ σημαντική για την υγεία μας. Με τα τρόφιμα, η πρόσληψη βαρέων μετάλλων στον οργανισμό προκαλεί πολλές ασθένειες, όπως διάφορους τύπους καρκίνου, αναιμία, καρδιαγγειακές παθήσεις, νεφρικές ανεπάρκειες, διαταραχές του πεπτικού και του νευρικού συστήματος. Το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα, τα οποία έχουν σημαντική θέση στη διατροφή μας, ενέχουν τον κίνδυνο μόλυνσης από βαρέα μέταλλα. Το λευκό τυρί, το οποίο καταναλώνεται πολύ στη χώρα μας, είναι ένα από τα γαλακτοκομικά προϊόντα με ρύπανση από βαρέα μέταλλα. Στο λευκό τυρί, τα εργαλεία και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή, τα υλικά συσκευασίας και οι γαλακτοκομικές μονάδες σε περιοχές κοντά σε βιομηχανικές περιοχές αποτελούν τις σημαντικές αιτίες μόλυνσης από βαρέα μέταλλα (Kucuk et.al, 2022).

Τα αποτελέσματα αντίστοιχης μελέτης δείχνουν ότι σημειώθηκε αύξηση στα επίπεδα μολύβδου, καδμίου και αρσενικού κατά την επεξεργασία του γάλακτος σε λευκό τυρί. Αυτή η αύξηση θα μπορούσε να είναι σημαντική εάν αυτά τα προϊόντα συμπεριληφθούν στην καθημερινή διατροφή (DEMİRÖZÜ-ERDİNÇ & Saldamlı, 2000). Βαρέα μέταλλα βρέθηκε ότι επιμολύνουν τα τυριά και στην Νιγηρία. Τα βαρέα μέταλλα που ανιχνεύθηκαν σε όλα τα δείγματα warankasi και ήταν γενικά κάτω από τα μέγιστα αποδεκτά όρια που έχει ορίσει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας για Pb (0,3

ppm), Cd (0,2 ppm), Hg (0,2 ppm) και Cr (0,5 ppm), με εξαίρεση δείγματα από δύο γαλακτοκομεία, τα οποία ήταν υψηλότερα από άλλα (Adeyeye, 2017).

2.2.6 Χημικοί κίνδυνοι από υπολείμματα καθαριστικών στη βιομηχανία

Τόσο στην πρωτογενή παραγωγή όσο και στην επακόλουθη επεξεργασία, ο εξοπλισμός χρειάζεται καθαρισμό και απολύμανση. Σήμερα, στην επεξεργασία γαλακτοκομικών προϊόντων χρησιμοποιείται ένα ευρύ φάσμα χημικών ουσιών: όξινες ενώσεις, βιοκτόνα με βάση τις αλδεΐδες, καυστικά προϊόντα, χλώριο (για παράδειγμα, ως υποχλωριώδες νάτριο), υπεροξειδίο του υδρογόνου, ιώδιο, ισοθειαζολινόνες, όζον, υπεροξικό οξύ, φαινολικές ενώσεις, διγουανιδίνες και επιφανειοδραστικές ουσίες. Το υποχλωριώδες νάτριο είναι μια ένωση που χρησιμοποιείται ως απολυμαντικό. Μπορεί να οδηγήσει σε υποπροϊόντα απολύμανσης στα τρόφιμα όταν το χλώριο σχηματίζει τριχλωρομεθάνιο (TCM), που ονομάζεται επίσης χλωροφόρμιο. Όπως είναι αναμενόμενο, οι αυξημένες συγκεντρώσεις χλωρίου και οι μειωμένες ποσότητες νερού έκπλυσης θα αυξήσουν το επίπεδο TCM στο γάλα (Asselt et.al, 2017).

Τα απολυμαντικά έχουν εμφανιστεί ως υπόλειμμα στο γάλα τα τελευταία χρόνια. Πρόσφατα, το διοξειδίο του χλωρίου έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτερα στη γαλακτοκομική βιομηχανία. Μπορεί να παράγει χλωριωμένα υποπροϊόντα (χλωριώδες και χλωρικό) που θα μπορούσαν να είναι τοξικά. Μια πρόσφατη γνώμη του BfR έδειξε ότι υπολείμματα υπερχλωρικού οξέος βρίσκονται σε μια σειρά τροφίμων, ιδίως σε τρόφιμα φυτικής προέλευσης, ως αποτέλεσμα της χρήσης λιπασμάτων, αλλά αυτά τα υπολείμματα μπορούν επίσης να προκύψουν από τη χρήση απολυμαντικών. Η πρόσληψη υπερχλωρικού οξέος μπορεί να έχει επιπτώσεις στην υγεία, καθώς αναστέλλει την πρόσληψη ιωδίου. Εάν δεν εφαρμοστεί σωστό ξέπλυμα μετά τον

καθαρισμό και την απολύμανση, υπολείμματα απορρυπαντικών και απολυμαντικών ενδέχεται να καταλήξουν στο γαλακτοκομικό προϊόν (Asselt et.al, 2017).

2.3 Φυσικοί κίνδυνοι στο λευκό τυρί

Εκτός από τους χημικούς κινδύνους, υπάρχουν και φυσικοί κίνδυνοι που μπορούν να επηρεάσουν την ασφάλεια των γαλακτοκομικών προϊόντων. Οι φυσικοί κίνδυνοι περιλαμβάνουν μεταλλικά μέρη (σύρμα, βελόνες κ.λπ.), άμμο/χώμα, πέτρες, ξύλο, πλαστικό, ελαστικά ή γυάλινα μέρη και τρίχες. Μπορούν να εισαχθούν κατά την παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων μέσω της χρήσης κοσμημάτων, ως μέρη μηχανημάτων (π.χ. μεταλλικά μέρη από μηχανές ανάδευσης ή ελαστικό από σφραγίδες) ή εξοπλισμού, λόγω υλικών συσκευασίας ή μέσω της παρουσίας σε πρώτες ύλες ή στο περιβάλλον. Στο αγρόκτημα, φυσικοί κίνδυνοι μπορούν να εισαχθούν κατά το άρμεγμα (π.χ. μέρη μηχανών). Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις, οι φυσικοί κίνδυνοι εισάγονται κατά τα επόμενα βήματα της παραγωγικής διαδικασίας των γαλακτοκομικών προϊόντων. Τρίχες μπορεί να υπάρχουν στα γαλακτοκομικά προϊόντα λόγω κακής υγιεινής. Αυτό μπορεί να αποτελέσει πηγή μικροβιακής μόλυνσης. Ο κακός καθαρισμός και η απολύμανση μπορεί να οδηγήσουν στην παρουσία χώματος. Το λιανικό εμπόριο δεν επιθυμεί ανακλήσεις λόγω της παρουσίας φυσικών κινδύνων· επομένως, υπάρχει ένα αυστηρό πρόγραμμα παρακολούθησης για την πρόληψη αυτών των κινδύνων (ως μέρος του συστήματος HACCP του εργοστασίου) (Asselt et.al, 2017).

Κεφάλαιο 3. Μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης κινδύνων

Οι κύριοι πιθανοί κίνδυνοι στα περισσότερα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι μικροβιολογικοί και η γαλακτοβιομηχανία έχει αυξήσει τις προσπάθειές της για διασφάλιση ποιότητας και ασφάλειας μέσω της ανάπτυξης και εφαρμογής προληπτικών προγραμματιστών όπως το HACCP (Ammar et.al, 2017).

Προκειμένου να διατηρηθεί υψηλό επίπεδο ασφάλειας τροφίμων, τα συστήματα διασφάλισης ποιότητας πρέπει να ανταποκρίνονται στις μελλοντικές εξελίξεις. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την ασφάλεια των τροφίμων είναι η παγκόσμια οικονομία και το εμπόριο και η κλιματική αλλαγή. Η περαιτέρω παγκοσμιοποίηση μπορεί να παρεμποδίσει τη διαφάνεια στην γαλακτοκομική αλυσίδα, ιδίως στον τομέα των ζωοτροφών. Αυτό μπορεί να αυξήσει τις πιθανότητες απάτης στα τρόφιμα. Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να επηρεάσει την παρουσία αφλατοξίνης M1 στο γάλα, αλλά μπορεί επίσης να έχει αντίκτυπο στις ασθένειες των ζώων και των φυτών (και στην επακόλουθη χρήση κτηνιατρικών φαρμάκων και φυτοφαρμάκων κ.λπ.) και στην παρουσία φυτικών τοξινών (Asselt et.al, 2017).

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν δείγματα (swab tests) από καθαρισμένες επιφάνειες, χέρια εργαζομένων στον τομέα των τροφίμων και επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα για τη δειγματοληψία του περιβάλλοντος. Η έγκαιρη ανίχνευση παθογόνων επιτρέπει τη λήψη κατάλληλων μέτρων για την απομάκρυνση του παθογόνου, αυξάνοντας τον βαθμό ασφάλειας του χειριστή. Η περιβαλλοντική δειγματοληψία είναι μια μέθοδος διασφάλισης ότι τα προϊόντα συμμορφώνονται με τους κανονισμούς ασφάλειας τροφίμων. Έτσι διασφαλίζεται προληπτικά ότι τηρείται η ορθή υγιεινή στον χώρο παραγωγής και συσκευασίας. Παρά το ότι λόγω της περιεκτικότητάς τους σε θρεπτικά συστατικά και του μεγάλου χρόνου αποθήκευσης,

το τυρί μπορεί να θεωρηθεί ως εξαιρετικό υπόστρωμα για την ανάπτυξη βακτηρίων. Αρκετές διεργασίες στη διαδικασία παρασκευής μπορούν να οδηγήσουν σε βακτηριακή μόλυνση. Τα ευρήματα έρευνας εφαρμογής HACCP που έγινε στην Αίγυπτο, αποκαλύπτουν ανθυγιεινές συνθήκες που υπήρχαν κατά την παραγωγή, τη διανομή, την πώληση ή την αποθήκευση (Salama et.al, 2021).

Κατά μήκος αυτής της αλυσίδας εφοδιασμού γαλακτοκομικών προϊόντων, οι κίνδυνοι για την ασφάλεια των τροφίμων ενδέχεται να εισέλθουν σε διάφορα στάδια. Λαμβάνονται μέτρα παρέμβασης, όπως η εφαρμογή συστημάτων GLOBAL Good Agricultural Practices (GLOBALG.A.P.) ή Analysis Hazard Critical Control Points (HACCP), προκειμένου να ελεγχθεί η παρουσία αυτών των κινδύνων. Παρά τα προγράμματα ποιοτικού ελέγχου, οι κίνδυνοι για την ασφάλεια των τροφίμων ενδέχεται να εξακολουθούν να υπάρχουν και, ως εκ τούτου, έχουν καθιερωθεί προγράμματα παρακολούθησης για την ανίχνευση της πιθανής παρουσίας κινδύνων για την ασφάλεια των τροφίμων. Αυτά τα προγράμματα θα πρέπει να βασίζονται στον κίνδυνο και να επικεντρώνονται στους πιο σχετικούς κινδύνους για την ασφάλεια των τροφίμων (Κανονισμός (ΕΚ) 882/2004), γεγονός που θα ενισχύσει την πιθανότητα ανίχνευσης (Asselt et.al, 2017).

Τα τελευταία χρόνια, η έννοια της ανάλυσης κινδύνου κρίσιμων σημείων ελέγχου (HACCP) έχει προταθεί ως η καλύτερη προσέγγιση για τη διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων. Η συμπερίληψη του *L. monocytogenes* στον κατάλογο των οργανισμών που υπόκεινται σε HACCP έχει πρόσφατα οδηγήσει στην αναζήτηση μεθόδων ανίχνευσης κατάλληλων για διαδικτυακή παρακολούθηση. Η έννοια του HACCP είναι μια προληπτική, δομημένη, συστηματική και τεκμηριωμένη προσέγγιση για τη διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων. Είναι γενικά αναγνωρισμένο ότι η παραγωγή τυριών με επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και ασφαλή για

κατανάλωση μπορεί να διασφαλιστεί μόνο όταν ορισμένοι παράγοντες ελέγχονται και ελέγχονται συνεχώς: η μικροβιολογική ποιότητα του νωπού γάλακτος, η παστερίωση του νωπού γάλακτος πριν από την παραγωγή τυριού, η πρόληψη της επαναμόλυνσης μετά την παστερίωση του γάλακτος και η επικράτηση της επιθυμητής μικροβιακής χλωρίδας κατά την αποθήκευση (Silva et.al, 2003).

Τα βήματα που εμπλέκονται στην εφαρμογή ενός συστήματος ασφάλειας τροφίμων περιλαμβάνουν τη διάγνωση των προαπαιτούμενων, την εφαρμογή των ορθών πρακτικών παρασκευής (GMPs), τις πρότυπες διαδικασίες υγιεινής (SSOPs), την εκπαίδευση των χειριστών τροφίμων και την ανάλυση κινδύνων και τα κρίσιμα σημεία ελέγχου (HACCP). Σε πειραματική εφαρμογή που πραγματοποιήθηκε σε βιομηχανία τυροκομικών βρέθηκε ότι μετά την εφαρμογή του συστήματος ασφάλειας τροφίμων, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στον αριθμό των ζυμών και των μούχλας ($p<0,05$). Οι κύριες δυσκολίες που αντιμετωπίστηκαν για την εφαρμογή του συστήματος ασφάλειας τροφίμων σχετίζονταν με την εφαρμογή των ενεργειών που ορίζονται στο διάγραμμα ροής και με την ανάγκη για συνεχή εκπαίδευση/προσήλωση των εργαζομένων στο σύστημα. Παρά ταύτα, η εφαρμογή του συστήματος ασφάλειας τροφίμων αποδείχθηκε δύσκολη, αλλά εφικτή για τις μεγάλες όσο και για τις μικρές βιομηχανίες τροφίμων (Cusato et.al, 2013).

Είναι προφανές ότι η ανάπτυξη και η χρήση των Ορθών Πρακτικών Παραγωγής (GMP) και των κανόνων υγιεινής, καθώς και του HACCP κατά τον χειρισμό και την επεξεργασία τυριού, είναι απαραίτητες για όλες τις μονάδες επεξεργασίας. Αυτή η μελέτη, η οποία δίνει το αποτέλεσμα της συμπεριφοράς χαμηλής και υψηλής δόσης *L. monocytogenes* κατά την αποθήκευση ως CCP, μπορεί ακόμη και να καθοδηγήσει τις

Test	Before HACCP	After HACCP	Remarks
I. Sensory evaluation			
Taste	accepted	accepted	ES (1008/1970)
Color	natural	natural	(155/1974)
Flavor	accepted	accepted	V1/1991
II. Chemical analysis			
pH	4.41	4.22	
Acidity, %	0.76	0.67	
SNF, %	22.1	23.6	
TS, %	39.0	39.2	
Fat, %	16.9	15.6	
Fat/TS, %	41.02	43.38	> 45%
Moisture, %	62.2	60.8	> 60%
III. Microbiological analysis			
TVCs	6.95	6.14	
Mold and yeast	105	63	
Coliforms	43	23	
<i>Staphylococci</i>	2·10 ²	-ve	
<i>Salmonella</i> spp.	-ve	-ve	

ES – Egyptian standarization, SNF – solid not fat, TS – total solids, TVCs – total viable count (Log₁₀ CFU/ml).

Εικόνα 2: Σύγκριση παραμέτρων (φυσικών, χημικών, μικροβιολογικών) πριν και μετά την εφαρμογή HACCP σε βιομηχανική μονάδα παραγωγής λευκού τυριού στην Αίγυπτο (El-Hofi, et al., 2010).

μελλοντικές μελέτες αξιολόγησης κινδύνου για τη *Listeria* στο τουρκικό λευκό τυρί (Ozturkoglu et.al, 2006).

Συνολικά, η ενίσχυση των γνώσεων για την ασφάλεια των τροφίμων, η υποστήριξη της εφαρμογής καλής προσωπικής υγιεινής, η διασφάλιση της διαθεσιμότητας των απαραίτητων παραγόντων (ενέργεια, καθαρό νερό και περιβάλλον,

και πρώτες ύλες καλής ποιότητας, μεταξύ άλλων), η καθιέρωση βιώσιμων προγραμμάτων παρακολούθησης των ρύπων και η τήρηση των προτύπων ασφάλειας των τροφίμων είναι απαραίτητα για τη διατήρηση της ασφάλειας του τυριού και τη μείωση του φορτίου των τροφιμογενών ασθενειών (Hussein et.al, 2023). Το σύστημα HACCP είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για τη διασφάλιση της ασφάλειας και της ικανοποίησης των τροφίμων για τους καταναλωτές. Προτείνεται η εφαρμογή των Ορθών Πρακτικών Παραγωγής (GMP), των Ορθών Υγιεινών Πρακτικών (GHP) και του συστήματος Ανάλυσης Κινδύνων και Κρίσιμων Σημείων Ελέγχου (HACCP), το οποίο επιδιώκει να δώσει κατευθυντήριες γραμμές HACCP, να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της ποιότητας και της ασφάλειας των προϊόντων (Salama et.al, 2021).

Καθώς οι περισσότεροι χημικοί κίνδυνοι εισάγονται μέσω των ζωοτροφών και καθώς οι μελλοντικές εξελίξεις ενδέχεται να έχουν συνέπειες στην προμήθεια προϊόντων ζωοτροφών υψηλής ποιότητας, συνιστάται η εστίαση της παρακολούθησης σε επίπεδο αγροκτήματος και πιο συγκεκριμένα στον τομέα των ζωοτροφών. Σε επίπεδο αγροκτήματος, οι αλλαγές στα συστήματα παραγωγής ως αποτέλεσμα της αυξημένης ευαισθητοποίησης για τη βιωσιμότητα και την καλή διαβίωση των ζώων θα πρέπει να παρακολουθούνται στενά, προκειμένου να αξιολογούνται οι συνέπειές τους στην ασφάλεια των τροφίμων (Asselt et.al, 2017).

Αναφορικά με τον περιορισμό της εμφάνισης βιοαμινών όλες οι παράμετροι που εξετάζονται σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με τη μικροβιακή δραστηριότητα. Όσον αφορά το επίπεδο αλατιού στο προϊόν, το οποίο μειώνει σαφώς την περιεκτικότητα σε αμίνες, η συνέπειά του είναι η επίδραση στην εξέλιξη των μικροβιακών πληθυσμών. Φυσικά, η χρήση μεγάλων ποσοτήτων αλατιού για την επίλυση του προβλήματος της συσσώρευσης αμινών δεν είναι εφικτή, λόγω γνωστών προβλημάτων για την ανθρώπινη υγεία, όπως οι καρδιαγγειακές παθήσεις. Η χρήση τεχνολογιών εμποδίων

θα μπορούσε να μετριάσει τον σχηματισμό αλάτων αμινών ή ακόμη και να μειώσει άμεσα την περιεκτικότητά τους στο προϊόν. Ωστόσο, η σκοπιμότητα της εφαρμοζόμενης τεχνολογίας και το κόστος πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά. Επίσης, η χρήση στέμφυλων ως συμπληρώματος ζωοτροφών θα πρέπει να επεκταθεί, επειδή προβλέπει (i) τη χρήση υποπροϊόντων σε μια κυκλική οικονομία και (ii) τη μείωση του προφίλ αμινών. Ένας άλλος καθοριστικός παράγοντας που επηρεάζει τον σχηματισμό αμινών στο τυρί είναι το περιβάλλον ωρίμανσης, καθώς οι ανεξέλεγκτες συνθήκες ευνοούν τη μόλυνση και την ανάπτυξη συγκεκριμένων μικροοργανισμών που μπορούν εύκολα να παράγουν BAs. Λαμβάνοντας υπόψη τον μικροβιακό πληθυσμό του τυριού, η επίδραση των γαλακτοκομικών ειδών και η ποιότητα του γάλακτος θα μπορούσαν να ευνοήσουν ή να περιορίσουν την παραγωγή αμινών. Από την άλλη πλευρά, η απόλυτη βεβαιότητα της θερμικής επεξεργασίας του γάλακτος ως στρατηγικής μείωσης αμινών αμφισβητείται, καθώς τα αποτελέσματα που αναφέρονται στη βιβλιογραφία είναι αντιφατικά (Natrella et.al, 2024).

Η χημική συντήρηση λειτουργεί είτε ως άμεσο μικροβιακό δηλητήριο είτε ως εξουδετερωτής οξέος για να αποτρέψει την ανάπτυξη μικροβίων. Η φορμαλδεΰδη και το διοξείδιο του θείου προστίθενται στα τρόφιμα λόγω των αντισηπτικών και συντηρητικών τους ιδιοτήτων, βελτιώνοντας την εμφάνιση του προϊόντος και διατηρώντας το υγρό και άοσμο. Η μικροβιολογική ποιότητα του μαλακού λευκού τυριού σε αυτή τη μελέτη υποδηλώνει ανεπαρκή υγιεινή κατά την παραγωγή, τον χειρισμό και την αποθήκευση αυτού του τύπου τυριού. Τα αποτελέσματα που ελήφθησαν από αυτή τη μελέτη επιτρέπουν να συμπεράνουμε ότι σε ορισμένα δείγματα τυριού που εξετάστηκαν ανιχνεύθηκαν φορμόλη, υπεροξείδιο του υδρογόνου, διοξείδιο του θείου και υπολείμματα αντιβιοτικών β-λακτάμης (τετρακυκλίνες), ενώ σε όλα τα δείγματα τυριού που εξετάστηκαν ανιχνεύθηκαν σορβικό κάλιο, βενζοϊκό κάλιο,

νιτρικό, νισίνη και ναταμυκίνη με μεταβλητή συγκέντρωση, γεγονός που εξηγεί τη μείωση των μικροοργανισμών που παρουσιάζονται σε αυτό το είδος δειγμάτων. Επομένως, για να διασφαλιστεί η ασφάλεια στις γαλακτοβιομηχανίες, θα πρέπει να τηρηθούν οι ακόλουθες προτάσεις:

1) Θα πρέπει να λαμβάνονται αυστηρά μέτρα υγιεινής στις γαλακτοκομικές μονάδες, ώστε να διασφαλίζεται η παραγωγή γάλακτος υψηλής ποιότητας.

2) Θα πρέπει να εφαρμόζονται καλές συνθήκες υγιεινής κατά την παραγωγή και την επεξεργασία του γάλακτος. Θα πρέπει να επιβάλλονται εκπαιδευτικά προγράμματα στους παραγωγούς, τους μεταποιητές και τους χειριστές για τη βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος και τη διασφάλιση της μέγιστης ασφάλειας στους καταναλωτές

3) Εφαρμογή αποτελεσματικών τεχνολογικών μέτρων (παστερίωση, αποστείρωση, οξίνιση και φυσικά πρόσθετα στις τεχνολογικές διαδικασίες για την παράταση της διάρκειας ζωής του προϊόντος και τη μείωση ή την εξάλειψη παθογόνων στα τυριά και τα γαλακτοκομικά προϊόντα.

4) Εφαρμογή επαρκών μέτρων ελέγχου μέσω περιοδικού ελέγχου των τυριών και των γαλακτοκομικών προϊόντων της αγοράς από ειδικούς για τη διασφάλιση της μέγιστης ασφάλειας των καταναλωτών.

5) Θα πρέπει να τηρούνται σε όλη τη διάρκεια οι ορθές πρακτικές παραγωγής και να εφαρμόζεται το HACCP για την εξασφάλιση της ασφάλειας των τελικών προϊόντων (Hassan, 2023).

Πολύ σημαντικό προληπτικό στάδιο είναι επίσης η αναγνώριση όλων των εισερχόμενων στο εργοστάσιο συστατικών και η πιθανή μικροβιολογική (M), χημική (C) και φυσική (P) μόλυνση ή κίνδυνοι στην πρώτη ύλη (El-Hofi et.al, 2010).

Ingredient and material	Hazards	Preventative measure
Milk	MCP	store <4°C proper transfer equipments sanitize equipment proper personal hygiene and handling
Rennet	M	qualified product supply, store <4°C
Salt	MP	qualified product supply, store at room temperature proper personal hygiene and handling
Water	MCP	supply quality water
Cans and plastic box	MCP	qualified product supply

M – microbiological, C – chemical, P – physical.

Εικόνα 3: Αναγνώριση εισερχόμενων υλών σε εργοστάσιο παραγωγής λευκών τυριών (El-Hofi et.al, 2010).

Το επίπεδο των σπορίων μούχλας στους χώρους επεξεργασίας, στους χώρους αποθήκευσης, στον αέρα - και σε άλλα συστήματα φιλτραρίσματος συνιστάται να παρακολουθείται, προκειμένου να είναι γνωστό το φυσιολογικό επίπεδο των σπορίων και, κατά συνέπεια, να είναι σε θέση να ανακαλύπτει αλλαγές που θα μπορούσαν να προβλέψουν προβλήματα μόλυνσης από μούχλα στο τυρί, εάν το επίπεδο είναι υψηλότερο από το φυσιολογικό (El-Hofi et.al, 2010).

Έχει βρεθεί ότι το *L. plantarum* είναι ένα από τα κύρια είδη μη αρχικών λακτοβάκιλλων που απομονώθηκαν κατά την ωρίμανση της φέτας. Είναι καλά τεκμηριωμένο ότι οι ωφέλιμοι μικροοργανισμοί ή οι μεταβολίτες τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιοσυντηρητικά για την αύξηση της διάρκειας ζωής και της ασφάλειας των τροφίμων. Τέτοιοι μικροοργανισμοί είναι οι LAB, οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως GRAS και χρησιμοποιούνται ως καλλιέργειες εκκίνησης σε τυριά. Πολλές μελέτες αναφέρουν ότι τα στελέχη LAB παράγουν αντιμικροβιακές ουσίες για τη συντήρηση προϊόντων, όπως οργανικά οξέα και βακτηριοσίνες. Τα οργανικά οξέα

βρίσκονται σε ζυμωμένα γαλακτοκομικά προϊόντα λόγω της βακτηριακής ανάπτυξης κατά τη διάρκεια των διεργασιών ζύμωσης και του φυσιολογικού βιοχημικού μεταβολισμού. Από μελέτες, λοιπόν, αποδεικνύεται ότι η εφαρμογή βιοπροστατευτικών στελεχών LAB μπορεί να οδηγήσει σε παράταση της διάρκειας ζωής της φέτας και να προσφέρει ήπια αντιμικροβιακή δράση έναντι του *L. monocytogenes* και της μικροχλωρίδας που προκαλεί αλλοίωση (Doukaki et.al, 2024).

Η αυξημένη αντιπροσώπευση των LAB στο χαλλούμι, συμπεριλαμβανομένων των *Lactobacillus sp.*, *Leuconostoc sp.*, *Pediococcus sp.* και *Weissella sp.*, των οποίων τα μέλη διαθέτουν αντιμικροβιακές ιδιότητες, μειώνει τον κίνδυνο αποικισμού από βακτήρια που προκαλούν τροφιμογενείς ασθένειες, όπως η *Listeria monocytogenes*, ο *Staphylococcus aureus*, η *Salmonella spp.* και το παθογόνο *Escherichia coli*, παρέχοντας μια ένδειξη βελτιωμένης ασφάλειας του προϊόντος για τους καταναλωτές. Είναι ενδιαφέρον ότι το είδος *Marinilactibacillus psychrotolerans* είναι επίσης γνωστό ότι διαθέτει δράση κατά της *Listeria* (Kamilari et.al, 2020).

Έχει επίσης αναφερθεί ότι ορισμένα είδη ζυμομυκήτων μπορεί να έχουν ανασταλτικά χαρακτηριστικά έναντι αλλοίωσης ή παθογόνων μικροοργανισμών στα τυριά. Το *D. hansenii* μπορεί να έχει αντιβακτηριακή δράση έναντι του *Clostridium butyricum* και του *C. tyrobutyricum* σε άλμη τυριού. Η αντιμικροβιακή δράση των ζυμομυκήτων είναι γνωστή εδώ και χρόνια. Πιστεύεται ότι οι ανταγωνιστικές επιδράσεις των ζυμομυκήτων επιτυγχάνονται μέσω του ανταγωνισμού για θρεπτικά συστατικά, της παραγωγής αιθανόλης και οργανικού οξέος, αντιμικροβιακών ενώσεων όπως εξωκυτταρικές πρωτεΐνες ή γλυκοπρωτεΐνες που ονομάζονται μυκοκίνες. Ορισμένα γένη ζυμομυκήτων, όπως οι *Saccharomyces*, *Debaryomyces*, *Cryptococcus*, *Candida*, *Hanseniaspora*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, *Torulopsis*, *Williopsis* και *Zygosaccharomyces*, ενδέχεται να παράγουν μυκοκίνες (Togay et.al, 2020).

Η αντιμικροβιακή αποτελεσματικότητα διαφορετικών επικαλύψεων έναντι μολυσματικών μικροοργανισμών ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο των μικροοργανισμών και τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Η επικάλυψη με χιτοζάνη ήταν αποτελεσματική στη μείωση των *P. fluorescens* και *L. Monocytogenes* σε πειραματικές δοκιμές στην επιφάνεια του τυριού Mozzarella και η προσθήκη λυσοζύμης στην επικάλυψη χιτοζάνης βελτίωσε σημαντικά την αντιμικροβιακή της αποτελεσματικότητα έναντι και των δύο μικροοργανισμών. Επιπλέον η επικάλυψη χιτοζάνης ήταν η πιο αποτελεσματική επικάλυψη έναντι ψυχρότροφων βακτηρίων στους 25°C και 3°C, αλλά ήταν πιο αποτελεσματική στους 3°C από ό,τι στους 25°C έναντι αναερόβιων βακτηρίων κατά τη διάρκεια 20-35 ημερών αποθήκευσης. Η χαμηλότερη θερμοκρασία αποθήκευσης αποτελεί ένα επιπλέον εμπόδιο για την μικροβιακή ανάπτυξη και αυτό το φαινόμενο αυξάνεται καθώς απομακρύνεται από το βέλτιστο εύρος ανάπτυξης/πολλαπλασιασμού (G/M) του μικροοργανισμού-στόχου. Η αποθήκευση στους 3°C αναμένεται να έχει μεγαλύτερη ανασταλτική επίδραση στα αναερόβια βακτήρια παρά στα ψυχρότροφα βακτήρια, καθώς η βέλτιστη θερμοκρασία για τα τελευταία είναι περίπου 7°C. Αναφέρθηκε ότι η αποθήκευση στους 4°C ενίσχυσε την αντιμικροβιακή δράση της λυσοζύμης έναντι θερμόφιλων μικροοργανισμών (Mehyar et.al, 2017).

Σε πειραματική μελέτη που είχε σκοπό να εκτιμήσει την ικανότητα της χιτοζάνης να μειώσει την μικροβιακή κοινότητα του *E.coli* βρέθηκε ότι τα νανοσωματίδια ZnO μείωσαν τον αριθμό όλων των στελεχών *E. coli* O157:H7 που εξετάστηκαν σε στους 37 °C μετά από 8 ώρες ή στους 10 °C μετά από 48 ώρες. Το *E. coli* O157:H7 επιβίωσε σε μη επικαλυμμένο (έλεγχο) λευκό τυρί σε άλμη που αποθηκεύτηκε στους 4 ή 10 °C. Τόσο η χιτοζάνη όσο και οι επικαλύψεις νανοσωματιδίων χιτοζάνης-ZnO μείωσαν σημαντικά ($p < 0,05$) τους αρχικούς

αριθμούς του *E. coli* O157:H7 σε λευκό τυρί σε άλμη καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου αποθήκευσης των 28 ημερών στους 4 °C και 10 °C. Μια ομοιόμορφη κατανομή των νανοσωματιδίων εντός της πολυμερούς μήτρας χιτοζάνης ήταν εμφανής από τις μικρογραφίες SEM. Επιπλέον, τα αποτελέσματα της XRD συμφωνούσαν σε μεγάλο βαθμό με τα αποτελέσματα της SEM και τα νανοσωματίδια στην πολυμερική μήτρα βρέθηκαν ομοιόμορφα κατανεμημένα εντός της μήτρας χιτοζάνης. Αυτά τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το νέο βιονανοσύνθετο υλικό επικάλυψης νανοσωματιδίων χιτοζάνης-ZnO μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία ως ενεργό, έξυπνο υλικό συσκευασίας για λευκό τυρί σε άλμη (Al- Nabulsi et.al, 2020). Αντίστοιχα αποτελέσματα σχετικά με την χρήση της χιτοζάνης σε λευκό τυρί άλμης για αναχαίτηση ανάπτυξης μικροβίων έχει βρεθεί και για την *Listeria monocytogenes* (Olaimat et.al, 2022).

Αναφέρεται ότι μόνο η επικάλυψη με χιτοζάνη με υψηλό μοριακό βάρος (> 440 kDa) έχει αντιμυκητιακή αποτελεσματικότητα αποικοδομώντας το κυτταρικό τοίχωμα του μύκητα και παρεμβαίνοντας στην ενζυμική δραστηριότητα. Η νатаμυκίνη δρα μόνο κατά των μυκήτων, αν και η αποτελεσματικότητά της εξαρτάται από το στέλεχος. Η νатаμυκίνη αναστέλλει την ανάπτυξη των ζυμομυκήτων και σκοτώνει τα κύτταρα συνδεδεμένη με την εργοστερόλη που υπάρχει στα φυλλάδια των μεμβρανών χωρίς να επηρεάζει τη διαπερατότητα της πλασματικής μεμβράνης (Mehyar et.al, 2017). Η προσθήκη νатаμυκίνης στην επικάλυψη χιτοζάνης δημιούργησε ένα επιπλέον εμπόδιο για ζύμες και μούχλα στο τυρί και πιθανώς παρέτεινε τη διάρκεια ζωής μέσω της ελεγχόμενης απελευθέρωσης νатаμυκίνης από την επικάλυψη C με την πάροδο του χρόνου (Fajardo et.al, 2010).

Μεγάλη ποικιλία ειδών ζύμης εντοπίστηκε στην παραγωγή τυριού λευκής άλμης σε ένα γαλακτοκομείο της Δανίας. Τα περισσότερα είδη ζύμης (π.χ., *C.*

intermedia, *K. marxianus*, *P. kudriavzevii*) έχουν χαρακτηριστεί ως τυπικοί αλλοιωτές γαλακτοκομικών προϊόντων, ενώ τα άλλα (π.χ., *C. auris*, *C. parapsilosis*, *Cutaneotrichosporon spp.*, *P. flavescens*, *V. humicola*) προέρχονται από διαφορετικές πηγές, όπως φυτά, ανθρώπους και άλλα περιβάλλοντα. Η μόλυνση των λευκών τυριών άλμης και ο επακόλουθος πολλαπλασιασμός των ζυμών μπορεί να οδηγήσει σε ποιοτικά ελαττώματα, όπως δυσάρεστες γεύσεις, αποχρωματισμό, φούσκωμα κ.λπ. Παρ' όλα αυτά, μπορεί να προβλεφθεί ότι δεν θα είναι όλα τα είδη ζύμης σε θέση να πολλαπλασιαστούν κατά την ωρίμανση και την αποθήκευση των τυριών λευκής άλμης. Η χαρτογράφηση των περιοχών με θερμά σημεία ζύμης στην παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων, καθώς και η ταυτοποίηση των ειδών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν επωφελώς από τα γαλακτοκομεία για την εξάλειψη της διασταυρούμενης μόλυνσης και την πρόληψη της αλλοίωσης των προϊόντων (Geronikou et.al, 2022).

Η HPP (high pressure processing) είναι μια μη θερμική τεχνική απενεργοποίησης μικροβίων και ενζύμων σε τρόφιμα χρησιμοποιώντας υψηλή πίεση. Η HPP είναι μια μη θερμική τεχνική για την απενεργοποίηση μικροβίων και ενζύμων σε τρόφιμα χρησιμοποιώντας υψηλή πίεση. Είναι ένα ιδανικό υποκατάστατο της συμβατικής θερμικής επεξεργασίας, επειδή δεν έχει καμία επίδραση στις θρεπτικές ή αισθητηριακές ιδιότητες των τροφίμων (Nurye & Berhe, 2023).

Η επεξεργασία τροφίμων υπό υψηλή πίεση (HPP) παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον για τη βιομηχανία τροφίμων, ειδικά για την απενεργοποίηση μικροοργανισμών και την παράταση της διάρκειας ζωής των τροφίμων, προκαλώντας παράλληλα ελάχιστες αλλαγές στην ποιότητα των τροφίμων. Στην τεχνολογία τυριού, τα κύρια ερευνητικά θέματα είναι η χρήση της HPP για την απενεργοποίηση μικροοργανισμών και την επιτάχυνση της ωρίμανσης του τυριού. Η HPP έχει επίσης

βρει άλλες εφαρμογές στην τεχνολογία τυριού, όπως η επιτάχυνση της απορρόφησης, η αύξηση της απόδοσης σε τυρί, η αύξηση της διάρκειας ζωής του φρέσκου τυριού, η αύξηση της ενζυματικής δραστηριότητας των βακτηρίων του γαλακτικού οξέος, η βελτίωση της υφής του τυριού με χαμηλά λιπαρά και η βελτίωση της ικανότητας τεμαχισμού του τυριού (Koca et.al, 2011).

Η πλειονότητα των ερευνητικών μελετών για το γάλα που έχει υποστεί επεξεργασία με HPP επικεντρώθηκε στον προσδιορισμό του κατά πόσον είχαν εξαλειφθεί επιβλαβείς και αλλοιωτικοί μικροοργανισμοί. Λόγω της αντοχής των σπορίων στην υψηλή πίεση, η διαδικασία στα 400-600 MPa ήταν συγκρίσιμη με τη θερμική παστερίωση (72,8°C, 15 s). Η διαδικασία HPP στα 400 έως 600 MPa για 7 λεπτά έχει αποδειχθεί ότι εξαλείφει τα μεσόφιλα και αερόβια βακτήρια, τα εντεροβακτήρια, τα γαλακτικά βακτήρια και τα *Listeria* spp. και δεν έχουν καμία επίδραση στην υφή του τυριού (Nurye & Berhe, 2023). Έχει πραγματοποιηθεί έρευνα σε Τούρκικο λευκό τυρί για τον προσδιορισμό της μικροβιακής απενεργοποίησης μέσω HPP σε λευκό τυρί από τους Akdemir-Evrendilek και άλλους (2008), οι οποίοι ανέφεραν ότι πιέσεις από 300 έως 600 MPa στους 25°C οδήγησαν σε μείωση κατά 2 έως 5 log CFU/g στο σύνολο των Enterobacteriaceae και *Listeria monocytogenes* (Akdemir-Evrendilek et.al, 2008). Δεν είναι μόνο σημαντική η επιτυχία του HPP στην μικροβιακή απενεργοποίηση, αλλά και ο βαθμός των αλλαγών στις ιδιότητες του τυριού, όπως η υφή, η εμφάνιση και η γεύση του, είναι σημαντικός για τον καταναλωτή (Koca et.al, 2011).

Αρκετοί ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει με επιτυχία την HPP για να αυξήσουν τη διάρκεια ζωής του γάλακτος και των γαλακτοκομικών προϊόντων, συμπεριλαμβανομένου του τυριού τσένταρ, του τυριού γκοργκοντζόλα και του τυριού queso fresco (Nurye & Berhe, 2023). Η επεξεργασία υψηλής υδροστατικής πίεσης έχει

ήδη αποδειχθεί ότι αποτελεί μια αποτελεσματική επιλογή για τη μείωση ή την απενεργοποίηση του *L. monocytogenes* και των μικροοργανισμών που προκαλούν αλλοιώσεις από το τυρί, αλλά έχουν διεξαχθεί λίγες μελέτες για να εξεταστεί η αποτελεσματικότητα της HPP για την εξάλειψη του *L. monocytogenes* και άλλης μικροχλωρίδας σε τυριά υψηλής υγρασίας όπως το Queso Fresco. Η έκταση της μικροβιακής απενεργοποίησης με χρήση HPP επηρεάζεται από την εφαρμοζόμενη πίεση, την αρχική θερμοκρασία του υποστρώματος, τον χρόνο διατήρησης, το υπόστρωμα και τη σύνθεση του τροφίμου, την παρουσία αντιμικροβιακών ενώσεων και την αντοχή των μικροοργανισμών στην πίεση (Tomasula et.al, 2014).

Εναλλακτικά, οι μικροβιολογικοί κίνδυνοι μπορούν να ελεγχθούν με την εφαρμογή μικροφιλτραρίσματος. Η μικροδιήθηση είναι ένας τύπος διήθησης μεμβράνης που χρησιμοποιεί ανοιχτή δομή μεμβράνης και λειτουργεί σε χαμηλή πίεση στο υλικό του φίλτρου. Χρησιμοποιεί πορώδεις μεμβράνες με τυπικά μεγέθη πόρων μεταξύ 0,1 και 10 m. Οι μεμβράνες MF μπορούν να συγκρατήσουν σωματίδια, κύτταρα και μεγάλα μακρομόρια (π.χ. πολυμερή). Η γαλακτοβιομηχανία χρησιμοποιεί μεμβράνες MF για διάφορους σκοπούς, όπως η απομάκρυνση βακτηρίων, η απολίπανση ορού γάλακτος και η παραγωγή συμπυκνωμάτων εμπλουτισμένων με μικκύλια καζεΐνης. Παρατείνει τη διάρκεια ζωής αποθήκευσης του γάλακτος μειώνοντας το μικροβιακό φορτίο και εξαλείφοντας τα σπόρια, διατηρώντας παράλληλα την οργανοληπτική του ποιότητα. Το χαμηλό κόστος και η ρύπανση των μεμβρανών οξικής κυτταρίνης τις καθιστούν πολύ δημοφιλείς. Ο διαχωρισμός μεμβράνης χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά για τον διαχωρισμό των συστατικών του γάλακτος στα τέλη της δεκαετίας του 1960 και τώρα χρησιμοποιείται συστηματικά στην επεξεργασία ορού γάλακτος και τυριού (Nurye & Berhe, 2023).

Ακόμα μια μέθοδος μικροβιολογικού ελέγχου της πρώτης ύλης των τυροκομικών, δηλαδή του γάλακτος είναι τα παλμικά ηλεκτρικά πεδία είναι μια μη θερμική τεχνική επεξεργασίας που περιλαμβάνει τη διέλευση σύντομων εκρήξεων ισχυρού ηλεκτρικού πεδίου μέσω ρευστών ή ημιρευστών γευμάτων. Αυτό διασπά τη μικροβιακή κυτταρική μεμβράνη, οδηγώντας σε ρήξη των κυττάρων και, τελικά, σε θάνατο των μικροβιακών κυττάρων. Το γάλα είναι ένα κατάλληλο προϊόν που μπορεί να λάβει επεξεργασία PEF επειδή είναι μια ρευστή τροφή. Σύμφωνα με τους Sharma et al., το γάλα που έχει υποστεί επεξεργασία PEF έχει μικροβιολογική σταθερότητα συγκρίσιμη με το θερμικά επεξεργασμένο παστεριωμένο γάλα, αλλά χωρίς καμία θερμικά προκληθείσα βλάβη (Sharma et.al, 2014).

Παράλληλα η εφαρμογή υπεριώδους ακτινοβολίας είναι μία μέθοδος που μπορεί να εφαρμοστεί για την καταπολέμηση μικροβιακών φορτίων στα γαλακτοκομικά. Το μήκος κύματος της υπεριώδους (UV) ακτινοβολίας που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία τροφίμων κυμαίνεται από 100 έως 400 nm. Πρόσφατες μελέτες έχουν διερευνήσει τις αντιμικροβιακές επιδράσεις της ακτινοβολίας UV-A στο επεξεργασμένο τυρί, αποδεικνύοντας τις δυνατότητές της ως μέθοδος επιφανειακής απολύμανσης. Ο πρωταρχικός στόχος της επεξεργασίας γάλακτος και άλλων γαλακτοκομικών προϊόντων με υπεριώδη ακτινοβολία είναι η εξάλειψη των επιβλαβών και αλλοιωτικών βακτηρίων. Σύμφωνα με τους Krishnamurthy et al., η αποτελεσματικότητα του παλμικού υπεριώδους φωτός στα 5, 8 ή 11 cm από ένα φλας υπεριώδους φωτός με ρυθμό ροής 20, 30 ή 40ml min⁻¹ έως τρεις φορές μέσω ανακυκλοφορίας για συνεχή επεξεργασία γάλακτος είχε ως αποτέλεσμα μείωση του αριθμού των *S. aureus* κατά 0,55 έως 7,26 log cfu ml⁻¹ (Krishnamurthy et al, 2007). Επιπλέον, η φασματοσκοπία υπερύθρου δεν έδειξε σημαντικές αλλαγές στην επιφανειακή χημεία του επεξεργασμένου τυριού μετά από

έκθεση σε UV-A, εκτός από τη μείωση της περιεκτικότητας σε υγρασία και την αύξηση της συγκέντρωσης λιπιδίων. Η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το φως UV-A θα μπορούσε να αποτελέσει κατάλληλη εναλλακτική λύση για την απολύμανση της επιφάνειας των γαλακτοκομικών προϊόντων, συμπεριλαμβανομένου του επεξεργασμένου τυριού. Γενικά, το υπεριώδες (UV) φως έχει αναδειχθεί ως μια μη θερμική μέθοδος για την απενεργοποίηση μικροβίων σε διάφορα τρόφιμα και πρόσφατες μελέτες έχουν διερευνήσει την αποτελεσματικότητά του στο επεξεργασμένο τυρί. Η υπεριώδης ακτινοβολία φαίνεται πολλά υποσχόμενη ως μη θερμική μέθοδος για την απενεργοποίηση μικροβίων σε γαλακτοκομικά προϊόντα. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητά της μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τον μικροοργανισμό-στόχο και τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του προϊόντος (Nurye & Berhe, 2023).

Προκειμένου να διατηρηθεί το τρέχον επίπεδο ασφάλειας τροφίμων στον γαλακτοκομικό τομέα, τα βήματα της αλυσίδας μετά την γαλακτοκομική εκμετάλλευση δεν θα πρέπει να αγνοούνται και θα πρέπει επίσης να προβλέπεται κάποιο επίπεδο επιθεώρησης για τα βήματα που ακολουθούν την γαλακτοκομική αλυσίδα. Επιπλέον, τα εισαγόμενα προϊόντα από χώρες εκτός ΕΕ ενδέχεται να χρειάζονται αυξημένα προγράμματα παρακολούθησης, ειδικά για κτηνιατρικά φάρμακα και αφλατοξίνη M1, καθώς αυτές οι ενώσεις έχουν αναφερθεί πάνω από το νόμιμο όριο στη βάση δεδομένων RASFF (Asselt et.al, 2016).

Οι φυσικοί κίνδυνοι ελέγχονται από τις Ορθές Πρακτικές Παραγωγής και προλαμβάνονται στα τελικά προϊόντα μέσω οπτικών παρατηρήσεων ή μεθόδων όπως η ανίχνευση μετάλλων στο πλαίσιο ενός συστήματος HACCP (Asselt et.al, 2017).

Καταλήγοντας διαπιστώνουμε ότι σε επίπεδο ορθής βιομηχανικής πρακτικής μπορούν προληπτικά να εφαρμοστούν κάποιες ενέργειες ώστε να διασφαλιστεί το

επίπεδο υγιεινής. Πιο συγκεκριμένα, τα κτίρια και οι εγκαταστάσεις πρέπει να είναι άρτιας κατασκευής και καλής κατάστασης και να έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε: να επιτρέπουν τον εύκολο και επαρκή καθαρισμό και την κατάλληλη υγιεινή, να ελαχιστοποιούν την μόλυνση από παράσιτα και το περιβάλλον, να ελαχιστοποιούν τη διασταυρούμενη μόλυνση, να παρέχουν επαρκή φωτισμό στις περιοχές επιθεώρησης, να παρέχουν πόσιμο νερό, να παρέχουν ατομικές πρακτικές υγιεινής, να ελέγχουν τις γύρω περιοχές για τη μείωση της εισόδου σκόνης, απορροής, παρασίτων και άλλων πιθανών ρύπων στο εργοστάσιο. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται στις διαδικασίες πρέπει να σχεδιάζεται, να κατασκευάζεται, να συντηρείται και να λειτουργεί ώστε να επιτρέπει: αποτελεσματικό καθαρισμό επιφανειών, έλεγχο μόλυνσης, βαθμονόμηση και συντήρηση για να διασφαλίζεται η ορθή λειτουργία. Τα άτομα που επεξεργάζονται το προϊόν θα πρέπει να καθιερώνουν πρακτικές υγιεινής για να διασφαλίζουν: πλύσιμο των χεριών πριν από την επαφή με το προϊόν, παρέχεται εκπαίδευση σχετικά με κρίσιμα σημεία ελέγχου, επιτρεπόμενες ανοχές. Όλοι οι εργαζόμενοι πρέπει: να έχουν παροχή τεκμηριωμένων διαδικασιών για να διασφαλίζεται ότι οι ενέργειες τους δεν θέτουν σε κίνδυνο την υγεία, να τηρούν τεκμηριωμένες διαδικασίες, να συμμετέχουν στην προετοιμασία ενός συστήματος HACCP. Πρέπει να υπάρχει ένα τεκμηριωμένο πρόγραμμα υγιεινής που να περιλαμβάνει: καθαρισμό εξοπλισμού, ελέγχους καθαριότητας και σχετικές διορθωτικές ενέργειες, ενέργειες για καταπολέμηση παρασίτων, απόρριψη αποβλήτων, επιθεωρήσεις κάδων. Στην υπάρχουσα τεκμηρίωση πρέπει να ενσωματώνονται: διαγράμματα ροής διεργασιών και κρίσιμα σημεία ελέγχου, μηχανισμός παρακολούθησης για αυτά τα σημεία ελέγχου, διαδικασία διορθωτικών ενεργειών, ιχνηλασιμότητα (Ammar et.al, 2017).

Αναφορικά με το κόστος των παραπάνω μεθόδων, η οικονομική αποδοτικότητα της επεξεργασίας υψηλής πίεσης, του παλμικού ηλεκτρικού πεδίου, της

μικροδιήθησης, του ψυχρού πλάσματος και της επεξεργασίας με υπεριώδες φως στις γαλακτοβιομηχανίες εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Το αρχικό κόστος του εξοπλισμού, το κόστος συντήρησης και το κόστος ενέργειας και υλικών είναι σημαντικοί παράγοντες. Ωστόσο, αυτές οι τεχνολογίες θεωρούνται γενικά οικονομικά αποδοτικές επειδή βελτιώνουν την ασφάλεια και την ποιότητα των γαλακτοκομικών προϊόντων, μειώνουν τα απόβλητα και παρατείνουν τη διάρκεια ζωής. Επιπλέον, οι ερευνητές ανέφεραν ότι οι μη θερμικές επεξεργασίες είναι ενεργειακά αποδοτικές και έχουν χαμηλότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο σε σύγκριση με την παραδοσιακή θερμική επεξεργασία, κάτι που συνάδει με τους στόχους βιωσιμότητας της γαλακτοβιομηχανίας. Γενικά, η μη θερμική επεξεργασία στη γαλακτοβιομηχανία δεν είναι μόνο αποτελεσματική στη διατήρηση της ποιότητας και της ασφάλειας των προϊόντων με την αφαίρεση ή την αδρανοποίηση μικροοργανισμών, αλλά μπορεί επίσης να είναι οικονομικά αποδοτική μακροπρόθεσμα, καθιστώντας την μια πολύτιμη επιλογή για τους γαλακτοπαραγωγούς. Επομένως, η έρευνα και η ανάπτυξη αυτών των μη θερμικών διεργασιών για την επεξεργασία τροφίμων θα πρέπει να επικεντρωθεί στην οικονομική αποδοτικότητα, την ασφάλεια των τροφίμων, ιδίως την αδρανοποίηση των σπορίων, και την ελκυστικότητα των πελατών (Nurye & Berhe, 2023).

Κεφάλαιο 4. Υλικά και Μέθοδοι

4.1 Συλλογή δεδομένων

Η έρευνα βασίστηκε σε βιβλιογραφική ανασκόπηση άρθρων που δημοσιεύτηκαν στις βάσεις Scopus, PubMed και Google Scholar μεταξύ 2002–2025. Για την εύρεση των 50 άρθρων, χρησιμοποιήθηκαν λέξεις κλειδιά όπως: white cheese and hazards, pathogens, chemicals, mycotoxins, preventive measures and coping strategies. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν αφορούν τους κινδύνους στο λευκό τυρί και στους τρόπους αντιμετώπισής τους.

Κεφάλαιο 5. Αποτελέσματα

Οι σημαντικότεροι μικροβιολογικοί, χημικοί και φυσικοί κίνδυνοι σε διάφορους τύπους λευκού τυριού ανά τον κόσμο παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίν. 3).

Η ανάλυση των δεδομένων του Πίνακα 3 καταδεικνύει ότι τα λευκά τυριά, ανεξαρτήτως χώρας προέλευσης, εκτίθενται σε ποικιλία μικροβιολογικών, χημικών και φυσικών κινδύνων που επηρεάζουν την ασφάλεια και την ποιότητά τους. Οι κίνδυνοι αυτοί αποτυπώνονται σε μελέτες από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, γεγονός που επισημαίνει τη διεθνή διάσταση του προβλήματος.

Στην Αίγυπτο, τα παραδοσιακά τυριά τύπου *Domati* παρουσίασαν υψηλές συγκεντρώσεις κολοβακτηριδίων, *Staphylococcus aureus*, ζυμομυκήτων και μυκήτων, ενώ μετρήθηκαν και αυξημένα φορτία ψυχρότροφων και μεσόφιλων βακτηρίων. Επιπλέον, εντοπίστηκαν σοβαρά παθογόνα, όπως *E. coli O157:H7*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* και *Campylobacter jejuni*, γεγονός που αποκαλύπτει πολυεπίπεδο μικροβιολογικό κίνδυνο.

Στη Σαουδική Αραβία, εκτός από μικροβιολογικούς κινδύνους (ζύμες και μύκητες), καταγράφηκαν και σημαντικοί χημικοί ρύποι. Συγκεκριμένα, ανιχνεύθηκαν

βαρέα μέταλλα όπως Pb, Zn, Mn, Cu, Fe και Cd, καθώς και αφλατοξίνη G1, μία ισχυρά καρκινογόνος μυκοτοξίνη. Τα ευρήματα αυτά υποδεικνύουν ότι η ασφάλεια των προϊόντων απειλείται τόσο βραχυπρόθεσμα (λόγω μικροβιολογικής μόλυνσης) όσο και μακροπρόθεσμα (λόγω χημικής επιβάρυνσης).

Η Ελλάδα παρουσιάζει ποικιλία μικροβιολογικών κινδύνων στη φέτα και άλλα παραδοσιακά τυριά. Ζύμες όπως *Candida sphaerica*, *Candida zeylanoides*, *Debaryomyces hansenii*, *Kluyveromyces lactis*, *Pichia membranifaciens*, *Saccharomyces cerevisiae* κ.ά. έχουν απομονωθεί, επηρεάζοντας την ποιότητα και τη διάρκεια ζωής. Παράλληλα, σε τυριά όπως το μπάτζο καταγράφεται μείωση εντεροβακτηρίων λόγω χαμηλού pH και αλατότητας, στοιχείο που αποδεικνύει τον ρόλο των τεχνολογικών παραμέτρων στην ασφάλεια.

Στην Τουρκία, το τυρί *Mihaliç* παρουσίασε μεγάλο εύρος ζυμών, όπως *Candida tropicalis*, *Candida krusei*, *Geotrichum candidum*, *Kodamaea ohmeri* και *Trichosporon asahii*. Επίσης, μελέτες καταγράφουν την παρουσία βαρέων μετάλλων, γεγονός που δείχνει ότι οι κίνδυνοι δεν περιορίζονται στη μικροχλωρίδα, αλλά αφορούν και χημικούς παράγοντες.

Στη Δανία, σε λευκά τυριά άλμης ανιχνεύθηκαν ποικίλα είδη ζυμών (*Candida intermedia*, *Kluyveromyces marxianus*, *Pichia kudriavzevii*, *Rhodotorula mucilaginosa* κ.ά.), τα οποία αποτελούν ενδεικτικό παράγοντα επιμόλυνσης από το περιβάλλον παραγωγής.

Η Κύπρος εμφανίζει παρόμοια ευρήματα με την παρουσία *E. coli* στο χαλούμι, ενώ στην Ελλάδα και πάλι, μελέτες σε φέτα καταγράφουν ποικιλία ειδών *Candida* και *Saccharomyces*, τα οποία προκαλούν φυσικές αλλοιώσεις (υφή, γεύση, χρωματισμός).

Στο Ιράν, έχει καταγραφεί παρουσία αφλατοξίνης M1 σε λευκά τυριά, η οποία προέρχεται από μολυσμένες ζωοτροφές και αποτελεί σοβαρό κίνδυνο για τη δημόσια

υγεία. Στον Λίβανο, βρέθηκαν τοξικά μεταλλικά στοιχεία (Ag, Al, As, Cd, Hg, Pb, Sb, Sn), ενώ στην Τουρκία αναφέρθηκαν αντίστοιχα ευρήματα βαρέων μετάλλων σε τυριά.

Συνολικά, οι μελέτες αναδεικνύουν ότι τα λευκά τυριά διεθνώς δεν είναι απαλλαγμένα κινδύνων. Οι μικροβιολογικές απειλές περιλαμβάνουν παθογόνα βακτήρια και επιμολύνσεις από ζύμες και μύκητες, ενώ οι χημικοί κίνδυνοι περιλαμβάνουν βαρέα μέταλλα, αφλατοξίνες και άλλες τοξικές ουσίες. Οι φυσικοί κίνδυνοι, κυρίως μέσω της δράσης ζυμών, οδηγούν σε αλλοιώσεις του προϊόντος και μείωση της διάρκειας ζωής του. Η ανάλυση αυτή υπογραμμίζει την ανάγκη εφαρμογής σύγχρονων μεθόδων ελέγχου, όπως το HACCP, καθώς και την ενίσχυση των ελέγχων σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλεια των προϊόντων για τον καταναλωτή.

Ο σημαντικότερος μικροβιολογικός κίνδυνος που εισάγεται στο γαλακτοκομείο είναι ο *S. aureus*, ο οποίος υπάρχει σε ζώα που πάσχουν από μαστίτιδα και στη συνέχεια μεταφέρεται στο γάλα. Το τυρί συνδέεται συχνότερα με *L. monocytogenes*, ακολουθούμενο από *Salmonella* spp. και *E. coli* που παράγει τοξίνες Shiga. Τα μαλακά και ημιμαλακά τυριά αποτελούν υψηλότερο κίνδυνο για την παρουσία *L. monocytogenes*, αλλά οι εντεροτοξίνες του *S. aureus* μπορεί επίσης να υπάρχουν σε μαλακά και ημιμαλακά τυριά, ειδικά όταν η διαδικασία ζύμωσης επιβραδύνεται ή ο αρχικός αριθμός κυττάρων στο γάλα είναι υψηλός.

Με βάση τα δεδομένα παρακολούθησης και την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, οι σημαντικότεροι χημικοί κίνδυνοι για τα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι η αφλατοξίνη M1, οι περιβαλλοντικοί ρύποι (κυρίως διοξίνη και παρόμοιες με διοξίνες ενώσεις) και τα κτηνιατρικά φάρμακα.

Οι σημαντικότεροι φυσικοί κίνδυνοι στα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι τα μεταλλικά, γυάλινα και πλαστικά σωματίδια, αλλά και τρίχες, νύχια κλπ. Ωστόσο,

αυτοί οι κίνδυνοι μπορούν εύκολα να ανιχνευθούν και οι γαλακτοπαραγωγοί έχουν κίνητρο να τους αποτρέψουν, καθώς οι ανακλήσεις είναι δαπανηρές. Επομένως, οι φυσικοί κίνδυνοι είναι λιγότερο σημαντικοί για τα γαλακτοκομικά προϊόντα από τους μικροβιολογικούς και χημικούς κινδύνους.

Οι ειδικές διαδικασίες τυροκόμησης και η σύνθεση επηρεάζουν τον τύπο των μικροοργανισμών που υπάρχουν στο τελικό προϊόν. Επειδή τα τυριά ορού γάλακτος έχουν ουδέτερο pH και υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, ενδέχεται να εκτεθούν σε μόλυνση και θα πρέπει να καταναλώνονται σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά την παραγωγή. Αρχικά, μετά την πήξη των πρωτεϊνών ορού γάλακτος και λόγω της θέρμανσης του ορού γάλακτος, το φυσικό μικροβίωμα του γάλακτος και του ορού γάλακτος απενεργοποιείται, οι καλλιέργειες εκκίνησης δεν εφαρμόζονται και ως εκ τούτου τα τυριά ορού γάλακτος παρουσιάζουν πολύ χαμηλό αριθμό μικροοργανισμών μετά την παρασκευή. Ωστόσο, ο χειρισμός του φρέσκου τυροπήγματος μετά τη θέρμανση οδηγεί σε διασταυρούμενη μόλυνση με μεγάλη ποικιλία αλλοιώσεων, κυρίως ζυμομύκητες, μούχλα, κολοβακτηρίδια, ψευδομονάδες και δυνητικά παθογόνα βακτήρια. Επομένως, οι πρακτικές υγιεινής σε όλο τον χειρισμό, τη συσκευασία και την αποθήκευση είναι υψηλής σημασίας.

Πίνακας 3. Μικροβιολογικοί, χημικοί και φυσικοί κίνδυνοι σε διάφορους τύπους λευκού τυριού ανά τον κόσμο.

Τύπος τυριού	Είδος κινδύνου	Κίνδυνος	Χώρα	Αναφορά
Παραδοσιακά λευκά τυριά	Μικροβιολογικός	<i>Coliforms,</i> <i>Staphylococcus aureus,</i> <i>Total Yeasts and Moulds,</i> <i>Total Enterococci,</i> <i>Total psychrotrophic,</i> <i>Total mesophillic bacterial count</i>	Αίγυπτος	AIAD, 2013
Παραδοσιακά λευκά τυριά	Χημικός	Βαρέα μέταλλα, συμπεριλαμβανομένων των Pb, Zn, Mn, Cu, Fe και Cd, Αφλατοξίνη G1,	Σαουδική Αραβία	Aly et. al, 2010

	Μικροβιολογικός	Ζύμες και Μύκητες		
Φέτα, Ντοματί, beyaz peynir, χαλούμι	Μικροβιολογικός	<i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Enterococcus durans</i> , <i>Pediococcus pentosaceus</i> , <i>Pediococcus acidilactici</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Ελλάδα, Αίγυπτος, Τουρκία, Κύπρος	Bintsis & Papademas, 2002
Λευκά τυριά άλμης	Ζύμες και μούχλες	<i>Geotrichum spp.</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Penicillium spp.</i>	Βουλγαρία	Chipilev et. al, 2015

		<i>Mucor spp.</i> , <i>Candida genera</i> , <i>Rhodotorula spp.</i> ,		
Gibna bayda	Μικροβιολογικός	<i>Coliform</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Lactobacilli</i> , <i>Yeasts</i> and moulds	Σουδάν	Abdalla & Omer, 2017
Λευκό τυρί άλμης	Χημικός	Βαρέα Μέταλλα (μόλυβδος, κάδμιο, αρσενικό και υδράργυρος)	Τουρκία	DEMİRÖZÜ-ERDİNÇ & Saldamli, 2000
Φέτα	Μικροβιολογικός	<i>Listeria monocytogenes</i> , Ζύμες (Yeasts), Μύκητες/μούχλες (Molds),	Ελλάδα	Doukaki et.al, 2024

		Enterococci (εντερόκοκκοι), NSLAB (Non-starter LAB)		
	Χημικός	Αύξηση του pH (>5), Παραγωγή NH ₃ (από αμινοξέα) (αποτέλεσμα παρουσίας ζυμών)		
	Φυσικός	Αλλοίωση γεύσης και εμφάνισης (αποτέλεσμα παρουσίας ζυμών)		
Χαλούμι, μπαλαντί, σελάλ, ναμπουλσί, φέτα και ακκάουι	Χημικός	Αφλατοξίνη M1	Λίβανος	Elkak et.al, 2012
Φέτα	Μικροβιολογικός- Ζύμες	<i>Debaryomyces hansenii</i> , <i>Dekkera anomala</i> ,	Σαρδηνία	Fadda et.al, 2001

		<i>Dek. bruxellensis</i> <i>Geotrichum candidum</i>		
Φέτα	Μικροβιολογικός- Ζύμες	<i>Candida sake</i> , <i>Candida zeylanoides</i> , <i>Candida sphaerica</i> , <i>Candida famata</i> , <i>Candida kefyr</i> , <i>Candida krusei</i> , <i>Candida lusitaniae</i> , <i>Cryptococcus laurentii</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Candida boidinii</i> , <i>Candida colliculasa</i> , <i>Candida parapsilosis</i>	Τουρκία	GELEN and CEYLA, 2021

Δανέζικο λευκό τυρί άλμης	Μικροβιολογικός- Ζύμες	<i>Candida parapsilosis</i> , <i>Candida zeylanoides</i> , <i>Debaryomyces hansenii</i> , <i>Kluyveromyces lactis</i> , <i>Kazachstania bulderi</i> , <i>Pichia fermentans</i> , <i>Pichia kudriavzevii</i> , <i>Rhodotorula mucilaginosa</i> , <i>Torulaspora delbrueckii</i> , <i>Wickerhamomyces anomalus</i>	Δανία	Geronikou et.al, 2023
Δανέζικο λευκό τυρί άλμης	Μικροβιολογικός- Ζύμες	<i>Candida intermedia</i> , <i>Kluyveromyces marxianus</i> , <i>Pichia kudriavzevii</i> ,	Δανία	Geronikou et. al, 2022

		<i>Candida auris</i> , <i>Candida parapsilosis</i> , <i>Candida pseudoglaebosa</i> , <i>Candida sojae</i> , <i>Cutaneotrichosporon</i> <i>curvatus</i> , <i>Cutaneotrichosporon</i> <i>moniliiforme</i> , <i>Papiliotrema flavescens</i> , <i>Rhodotorula mucilaginosa</i> , <i>Vanrija humicola</i> , <i>Wickerhamiella sorbophila</i>		
Φέτα	Μικροβιολογικός- Ζύμες	<i>Candida sphaerica</i> , <i>Candida zeylanoides</i>	Ελλάδα	Litopoulou-Tzanetaki & Tzanetakis, 2011

		<i>,Debaryomyces hansenii,</i> <i>Kluyveromyces lactis</i> <i>,Lachancea thermotolerans,</i> <i>Pichia fermentans,Pichia</i> <i>membranifaciens,</i> <i>Tetrapisispora</i> <i>blattae,Saccharomyces</i> <i>cerevisiae</i>		
Mihaliç	Μικροβιολογικός- Ζύμες	<i>Candida berate,</i> <i>Candida catenulate,</i> <i>Candida cylindracea,</i> <i>Candida famata,</i> <i>Candida inconspicua,</i> <i>Candida krusei,</i>	Τουρκία	Capece et.al, 2020

		<i>Candida paludigena</i> , <i>Candida robusta</i> , <i>Candida tropicalis</i> , <i>Candida zeylanoides</i> , <i>Clavispora lusitaniae</i> , <i>Geotrichum candidum</i> , <i>Kodamaea ohmeri</i> , <i>Trichosporon asahii</i>		
Λευκά τυριά	Μικροβιολογικός- Ζύμες	<i>Debaryomyces hansenii</i> , <i>Geotrichum candidum</i> , <i>Kluyveromyces marxianus</i> , <i>Kluyveromyces lactis</i> , <i>Rhodotorula mucilaginosa</i> , <i>Trichosporon spp.</i>	Δανία	Geronikou et.al, 2020

Λευκό μαλακό τυρί (φέτα, κρέμα γάλακτος, τυριά baramely και τυριά Κωνσταντινούπολης)	Μικροβιολογικός	Lactic acid bacteria, coliform group, <i>Staphylococcus aureus</i>	Αίγυπτος	Hassan, 2023
	Χημικός	Φορμαλίνη, υπεροξείδιο του υδρογόνου, διοξείδιο του θείου, υπολείμματα αντιβιοτικών β-λακτάμης (τετρακυκλίνες), σορβικό κάλιο, βενζοϊκό κάλιο, νιτρικό, νισίνη		

Beyaz Peynir	Χημικός	Βιογενείς αμίνες, τρυπαμίνη, φαινυλαιθυλαμίνη, πουτρεσκίνη, καδαβερίνη, ισταμίνη και τυραμίνη	Τουρκία	Hayaloglu et. al, 2002
	Μικροβιολογικός	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella spp.</i> , <i>Clostridium perfringens</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Campylobacter Jejuni</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> ,		

		<i>Candida</i> spp., <i>Kluyveromyces lactis</i> , <i>Pichia amethionina</i> var. <i>amethionina</i> , <i>Debaryomyces</i> <i>Hansenii</i>		
		<i>Lc. lactis</i> subsp. <i>Lactis</i> , Enterococci (<i>E. faecalis</i> and <i>E faecium</i>), <i>Lb. casei</i> , <i>Lb. plantarum</i> , <i>Lb.</i>		

		<i>fermentum</i> , <i>Lb. brevis</i> , <i>Leuconostoc lactis</i> , <i>Leu.</i> <i>mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i>		
Λευκό μαλακό τυρί	Μικροβιολογικός	<i>Candida zeylanoides</i> , <i>Debaryomyces hansenii</i> , <i>Kluyveromyces</i> <i>marxianus</i> , <i>Pichia anomala</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Candida inconspicua</i> ,	Αίγυπτος	Hegazy & Mahgoub, 2013

		<i>Issatchenkia orientalis</i> <i>Salmonella</i> spp., <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι		
Akkawi	Μικροβιολογικός	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Λίβανος	Hussein et. al, 2023
Χαλούμι	Μικροβιολογικός	<i>L. manihotivorans</i> , <i>L. alimentarius</i> , <i>L. brevis</i> , <i>L. parakefiri</i> <i>M. psychrotolerans</i> ,	Κύπρος	Kamilari et.al, 2020

		<i>Streptococcus</i> <i>thermophilus</i> , <i>Lactococcus</i> <i>lactis</i> , <i>Lactobacillus</i> <i>delbrueckii</i> , <i>Lactobacillus</i> <i>helveticus</i> , <i>Lactobacillus</i> <i>kefiranoformis</i> , <i>Lactobacillus fermentum</i> , <i>Lactobacillus</i> <i>delbrueckii</i> , <i>Lactobacillus</i> <i>helveticus</i> <i>S. thermophilus</i> , <i>Pediococcus</i> sp., <i>Weissella</i> sp, <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella</i> spp.,		
--	--	--	--	--

		<i>Escherichia coli</i> ,		
Φέτα	Μικροβιολογικός	<i>Candida famata</i> <i>Candida sphaerica</i> <i>Candida intermedia</i> <i>Candida valida</i> <i>Saccharomyces dairensis</i> <i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Rhodotorula glutinis</i>	Ελλάδα	Kaminarides & Laskos, 1992

		<i>Torulopsis inconspicua</i> (σήμερα: <i>Candida</i> <i>inconspicua</i>) <i>Debaryomyces hansenii</i>		
	Φυσικός	Αποτέλεσμα των ειδών Candia είναι: Διευκόλυνση στην ανάπτυξη αλλοιογόνων βακτηρίων, αλλοιώσεις, όπως αλλαγές στην υφή, γεύση και χρωματισμό του τυριού.		

Λευκό τυρί	Χημικός	Αφλατοξίνη M1	Ιράν	Kamkar et.al, 2008
Τοπικά λευκά τυριά	Χημικός	Τοξικά μεταλλικά στοιχεία: Ag, Al, As, Cd, Hg, Pb, Sb, Sn	Λίβανος	Khozam et.al, 2012
Λευκό τυρί	Χημικός	Βαρέα μέταλλα	Τουρκία	Küçük et.al, 2022
Domati	Μικροβιολογικός	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>E. coli</i> O157:H7, <i>Salmonella</i> sp., <i>Shigella</i> sp., <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Campylobacter jejuni</i>	Αίγυπτος	Lotfy et.al, 2018

Τοπικό λευκό τυρί	Χημικός	Αφλατοξίνη M1	Ιράν	Nejad et.al, 2020
Λευκό τυρί	Χημικός	Βιογενείς αμίνες : τυραμίνη, ισταμίνη φαινyleτυλαμίνη, τρυπαμίνη	Τουρκία	Öner et.al, 2006
Λευκό τυρί	Μικροβιολογικός	<i>Listeria innocua</i> , Συνολική αερόβια χλωρίδα (TAC), Γαλακτικά βακτήρια (LAB)	Τουρκία	Osaili et.al, 2014
Λευκό τυρί	Μικροβιολογικός	<i>Listeria innocua</i> , Συνολική αερόβια χλωρίδα (TAC), Γαλακτικά βακτήρια (LAB)	Τουρκία	Öztürkoğlu et.al, 2006

Akawi	Χημικός	Βιογενείς αμίνες: ισταμίνη, τυραμίνη, φαινυλαιθυλαμίνη, πουτρεσκίνη, καδαβερίνη	Τσεχία	Pachlová et. al, 2016
	Μικροβιολογικός	<i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Debaryomyces hansenii</i> , <i>Staphylococcus equorum</i> , <i>Serratia marcescens</i> (αιτίες παραγωγής βιογενών αμινών)		
Φέτα	Μικροβιολογικός	LAB (<i>Lactobacillus</i> <i>plantarum</i> , <i>Lactobacillus</i> <i>brevis</i> , <i>Lactobacillus</i>	Ιταλία	Rantsiou et.al, 2008

		<i>coryniformis</i> , <i>Lactobacillus fermentum</i>), <i>Kluyveromyces lactis</i> , <i>Pichia fermentans</i> , <i>C. zeylanoides</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactococcus spp</i> <i>Staphylococcus aureus</i>		
Jibna-beida	Μικροβιολογικός	TBC (total bacterial count), αριθμός γαλακτικών βακτηρίων (LAB), Κολοβακτηρίδια, <i>Salmonella</i> , <i>Staplylococcus aureus</i> ,	Σουδάν	Salih et.al, 2012

		Ζύμες και μύκητες		
Minas Frescal	Μικροβιολογικός	<i>L. monocytogenes</i> , <i>L. innocua</i> , <i>L. grayi</i>	Βραζιλία	Silva et.al, 2003
Λευκό τυρί	Μικροβιολογικός	<i>Debaryomyces hansenii</i> , <i>Torulaspora delbrueckii</i> , <i>Kluyveromyces lactis</i> , <i>Candida parapsilosis</i> , <i>Clavispora lusitaniae</i> (πρώην <i>Candida lusitaniae</i>), <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Kluyveromyces marxianus</i> ,	Τουρκία	Togay et. al, 2020

		<i>Rhodotorula mucilaginosa</i> , <i>Meyerozyma guilliermondii</i> (πρώην <i>Pichia</i> <i>guilliermondii</i>), <i>Candida zeylanoides</i> , <i>Candida albicans</i>		
Λευκό τυρί	Μικροβιολογικός	Κολοβακτηριδίων, κοπρανωδών κολοβακτηριδίων, <i>Escherichia coli</i> , κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι	Τουρκία	Turanta et.al, 1989
Φέτα	Μικροβιολογικός	<i>Candida sphaerica</i> , <i>Kluyveromyces blattae</i> ,	Γαλλία	Vivier et.al, 1994

		<i>Kluyteromyces thermotolerans</i>		
Λευκό τυρί	Μικροβιολογικός	<i>Salmonella spp.</i> , <i>Listeria monocytogenes</i>	Βόρεια Μακεδονία	Alija, 2021
Λευκό τυρί	Μικροβιολογικός	<i>Salmonella spp.</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>E. coli</i> , <i>Staphylococcus spp.</i>	Βόρεια Μακεδονία	Talevski, 2023
Λευκό τυρί άλμης	Μικροβιολογικός	<i>E. coli</i>	Ηνωμένο Βασίλειο	Osaili et.al, 2014
Λευκό τυρί άλμης	Χημικός	Αφλατοξίνη M1	Τουρκία	Ardic et.al, 2009
Λευκό τυρί	Μικροβιολογικός	Συνολικά αερόβια μεσόφιλα βακτήρια, σταφυλόκοκκοι,	Τουρκία	Temelli et.al. 2006

		θετικοί στην κοαγκουλάση σταφυλόκοκκοι, εντεροβακτηρίδια, εντερόκοκκοι, κολοβακτηρίδια, <i>Escherichia coli</i> , ψυχρόφιλα βακτήρια, ζύμες και μύκητες.		
Λευκό τυρί άλμης	Μικροβιολογικός	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Listeria spp.</i> , <i>Escherichia coli</i>	Βουλγαρία	Bangieva, 2020
Φέτα	Μικροβιολογικός	<i>Listeria spp.</i>	Ελλάδα	Papageorgiou & Marth, 1989
Λευκό τυρί	Μικροβιολογικός	Τυπική καταμέτρηση μικροοργανισμών (SPC),	Ιορδανία	Haddad & Yamani, 2017

		Αριθμός γαλακτοβακτηρίων (LABC), Αριθμός εντεροβακτηρίων (EntC), Αριθμός ζυμομυκήτων και μούχλας (Y&MC)		
Λευκό τυρί	Μικροβιολογικός	<i>Listeria monocytogenes</i>	Τουρκία	Erkmen, 2001
Λευκό τυρί Urfa	Μικροβιολογικός	Αφλατοξίνη M1	Τουρκία	Kav et.al, 2011
Λευκό τυρί	Μικροβιολογικός	<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Listeria innocua</i> , <i>Listeria seeligeri</i> , <i>Listeria grayi</i> , <i>Listeria ivanovii</i> ,	Τουρκίαyz	Arslan & Özdemir, 2008

		<i>Listeria welshimeri</i>		
Domati Kariesh	Μικροβιολογικός	<i>Issatchenkia orientalis</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Clavispora</i> <i>lusitaniae</i> (<i>Candida</i> <i>lusitaniae</i>), <i>Kodamaea ohmeri</i> (<i>Pichia</i> <i>ohmeri</i>), <i>Kluyveromyces marxianus</i> , <i>Candida catenulata</i>	Αίγυπτος	El-Sharoud et.al, 2009
Warankasi	Μικροβιολογικός	<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Mycobacterium</i> <i>tuberculosis</i> ,	Νιγηρία	Adeyeye, 2017

		<i>Salmonella</i> spp., <i>Escherichia coli</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i>		
	Χημικός	Βαρέα μέταλλα: (συγκέντρωση μολύβδου (Pb), καδμίου (Cd), υδραργύρου (Hg) και χρωμίου (Cr))		
Λευκό τυρί	Χημικός	Αφλατοξίνη M1	Ιράν	Tavakoli et.al, 2012

Συζήτηση

Η παραγωγή παραδοσιακών λευκών τυριών, όπως η φέτα στην Ελλάδα, το beyaz peynir στην Τουρκία, το ντομιάτι στην Αίγυπτο και το χαλούμι στην Κύπρο, αποτελεί θεμέλιο λίθο της τοπικής διατροφής και του πολιτισμού. Αυτά τα τυριά όχι μόνο συμβάλλουν στη γαστρονομική ταυτότητα των περιοχών τους, αλλά και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην οικονομία και την κοινωνική συνοχή των κοινοτήτων τους (Bintsis & Papademas, 2002; Dimopoulos et al., 2023). Παρά τη μακρά παράδοση και την ευρεία κατανάλωση, η ασφάλεια αυτών των προϊόντων παραμένει μια πρόκληση λόγω της σύνθετης μικροβιολογικής, χημικής και φυσικής τους σύστασης, καθώς και των ποικίλων περιβαλλοντικών και τεχνολογικών παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητά τους.

4.1. Μικροβιολογικοί Κίνδυνοι

Η ύπαρξη παθογόνων μικροοργανισμών στα παραδοσιακά λευκά τυριά αποτελεί έναν από τους κυριότερους κινδύνους για τη δημόσια υγεία. Πολλές μελέτες έχουν επιβεβαιώσει την παρουσία επικίνδυνων βακτηρίων όπως *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. και *Enterococcus faecalis* σε αυτά τα προϊόντα (Bintsis & Papademas, 2002; Hassan, 2023; Lotfy et al., 2018).

Ιδιαίτερα ανησυχητική είναι η παρουσία του *S. aureus*, το οποίο παράγει εξωτοξίνες ικανές να προκαλέσουν σοβαρές τροφικές δηλητηριάσεις με συμπτώματα όπως έμετος, διάρροια και κοιλιακοί πόνοι. Η εμφάνιση αυτού του μικροβίου, συχνά σε φέτα και beyaz peynir, αποκαλύπτει πιθανά κενά στις υγιεινές πρακτικές κατά την παραγωγή ή την αποθήκευση (Demiröz-Ürdiç & Saldamli, 2000). Επιπλέον, το *L.*

monocytogenes αποτελεί έναν ιδιαίτερα επικίνδυνο παθογόνο, με σοβαρές επιπτώσεις κυρίως σε ευπαθείς πληθυσμιακές ομάδες, όπως έγκυες γυναίκες και ανοσοκατεσταλμένους, γεγονός που καθιστά την ανίχνευσή του κρίσιμη (Hassan, 2023).

Τα βακτήρια του γένους *Enterococcus*, παρότι φυσιολογικά μέλη της μικροχλωρίδας των τυριών, μπορούν να αποτελέσουν πηγή ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικά ή να παράγουν τοξίνες, αυξάνοντας τους κινδύνους (Lotfy et al., 2018). Η παρουσία τους υπογραμμίζει την ανάγκη αυστηρότερης παρακολούθησης και βελτίωσης των παραγωγικών διαδικασιών ώστε να περιορίζεται η ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η παρατηρούμενη διαφοροποίηση της μικροβιολογικής σύστασης ανάλογα με το είδος και την προέλευση του τυριού (El-Nawawy et al., 2022). Η μικροχλωρίδα επηρεάζεται από παράγοντες όπως η ποιότητα του γάλακτος, οι παραδοσιακές μέθοδοι ωρίμανσης, το μικροκλίμα του τόπου παραγωγής και οι συνθήκες αποθήκευσης, δημιουργώντας μια πολυπλοκότητα που μπορεί να ενσωματώνει τόσο ωφέλιμα όσο και παθογόνα μικρόβια.

4.2. Χημικοί Κίνδυνοι: Βιογενείς Αμίνες και Βαρέα Μέταλλα

Η χημική ασφάλεια των παραδοσιακών λευκών τυριών αποτελεί εξίσου κρίσιμο ζήτημα. Οι βιογενείς αμίνες, όπως η τυραμίνη, η ισταμίνη και η φαινυλαιθυλαμίνη, παράγονται κατά την ωρίμανση μέσω μικροβιακής αποικοδόμησης των αμινοξέων (Aly et al., 2010). Αυτές οι ουσίες μπορούν να προκαλέσουν αλλεργικές αντιδράσεις, υπερτασικά επεισόδια και άλλες τοξικές επιδράσεις, ειδικά σε ευαίσθητα άτομα. Η μείωση του κινδύνου απαιτεί στενή μικροβιακή διαχείριση ώστε να περιορίζεται η ανάπτυξη βακτηρίων που μετατρέπουν αμινοξέα σε βιογενείς αμίνες.

Επιπλέον, η συσσώρευση βαρέων μετάλλων όπως μόλυβδος (Pb), κάδμιο (Cd), υδράργυρος (Hg) και αρσενικό (As) έχει καταγραφεί σε παραδοσιακά τυριά, ιδιαίτερα εκείνα που προέρχονται από περιοχές με βιομηχανική ρύπανση (DEMİRÖZÜ-ERDİNÇ & Saldamli, 2000; Khozam et al., 2012; Küçük et al., 2022). Η ρύπανση αυτή προέρχεται κυρίως από το μολυσμένο γάλα, το οποίο με τη σειρά του επηρεάζεται από το περιβάλλον, τη διατροφή των ζώων, καθώς και από πιθανούς ρύπους κατά την επεξεργασία (π.χ. εξοπλισμός, νερό). Τα βαρέα μέταλλα είναι γνωστά για τις τοξικές τους επιδράσεις, όπως νεφρική βλάβη, νευροτοξικότητα και καρκινογένεση, γεγονός που καθιστά αναγκαία τη συστηματική παρακολούθηση και τη λήψη μέτρων για τον περιορισμό τους.

Παράλληλα, η παρουσία μυκοτοξινών, ιδιαίτερα των αφλατοξινών G1 και M1, προκαλεί μεγάλη ανησυχία (Elkak et al., 2012; Kamkar et al., 2008). Οι τοξίνες αυτές παράγονται από μύκητες που μπορούν να αναπτυχθούν στο γάλα ή κατά την ωρίμανση του τυριού και είναι ισχυρές καρκινογόνες ουσίες με σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία, όπως ηπατική βλάβη και ανοσοκαταστολή.

Η διαχείριση αυτών των χημικών κινδύνων απαιτεί αυστηρούς και τακτικούς ποιοτικούς ελέγχους σε όλα τα στάδια παραγωγής και διακίνησης των τυριών.

4.3. Φυσικοί Κίνδυνοι: Αλλοιώσεις από Ζύμες και Μύκητες

Η μικροχλωρίδα των ζυμών και μυκήτων στα παραδοσιακά λευκά τυριά έχει διττή φύση. Από τη μια πλευρά, ορισμένες ζύμες όπως ο *Debaryomyces hansenii* και μύκητες όπως ο *Geotrichum candidum* συμβάλλουν θετικά στην ανάπτυξη της γεύσης, της υφής και του αρώματος, ενισχύοντας την ιδιαίτερη ταυτότητα των τυριών (Fadda et al., 2001; Gelén & Ceyla, 2021). Από την άλλη, η ανεξέλεγκτη ανάπτυξη ζυμών και μυκήτων μπορεί να προκαλέσει αλλοιώσεις, όπως ανάπτυξη μυκηλίου, δυσάρεστες

οσμές και αλλαγές χρώματος, που υποβαθμίζουν την ποιότητα και την εμπορική αξία των προϊόντων (Doukaki et al., 2024).

Η διατήρηση της ισορροπίας αυτής της μικροχλωρίδας είναι ιδιαίτερα κρίσιμη, δεδομένου ότι στα παραδοσιακά τυριά συχνά δεν εφαρμόζονται σύγχρονες τεχνικές ελέγχου, και η κατανόηση αυτών των παραγόντων μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα και την ασφάλεια των προϊόντων (Geronikou et al., 2020).

4.4. Ολοκληρωμένη Προσέγγιση για Ασφάλεια και Ποιότητα

Η παραγωγή παραδοσιακών λευκών τυριών, ενώ αποτελεί μια πηγή περηφάνιας και πολιτισμικής ταυτότητας, συνοδεύεται από προκλήσεις που απαιτούν ολιστική αντιμετώπιση. Η διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας επιτυγχάνεται με συνδυασμό μέτρων:

- Εκπαίδευση των παραγωγών σε καλές πρακτικές παραγωγής (GAP) και υγιεινής (GHP), ώστε να περιοριστούν οι μικροβιολογικοί κίνδυνοι.
- Τακτικοί μικροβιολογικοί και χημικοί έλεγχοι σε όλα τα στάδια παραγωγής, ώστε να εντοπίζονται έγκαιρα παθογόνοι μικροοργανισμοί και ρυπαντές.
- Αυστηρός ποιοτικός έλεγχος της πρώτης ύλης, ιδιαίτερα του γάλακτος, που αποτελεί τη βάση για την παραγωγή.
- Εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών ωρίμανσης και συνθηκών αποθήκευσης που μειώνουν την ανάπτυξη ανεπιθύμητων μικροοργανισμών και αλλοιώσεων.
- Τήρηση και συμμόρφωση με εθνικά και διεθνή πρότυπα ασφαλείας και ποιότητας.

Μόνο με αυτόν τον συνδυασμό μπορεί να διατηρηθεί η παραδοσιακή ταυτότητα και γεύση των λευκών τυριών, ενώ παράλληλα προστατεύεται η υγεία των καταναλωτών και η φήμη των προϊόντων στην παγκόσμια αγορά.

Η πλειονότητα των χημικών και φυσικών κινδύνων ελέγχονται με την εφαρμογή συστημάτων διασφάλισης ποιότητας στο αγρόκτημα και στο γαλακτοκομικό εργοστάσιο. Τόσο η βιομηχανία όσο και η κυβέρνηση πρέπει να καταβάλουν προσπάθειες προκειμένου να διασφαλίσουν ότι η ασφάλεια των τροφίμων παραμένει σε υψηλό επίπεδο. Η κυβέρνηση θα πρέπει να επενδύσει στην ενίσχυση γνώσης σχετικά με μελλοντικές τάσεις που ενδέχεται να επηρεάσουν την ασφάλεια των τροφίμων (π.χ. η εφαρμογή νανοσωματιδίων ή οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ασφάλεια των τροφίμων).

Προκειμένου να διατηρηθεί το τρέχον επίπεδο ασφάλειας τροφίμων στον γαλακτοκομικό τομέα, δεν θα πρέπει να αγνοηθούν τα άλλα στάδια της αλυσίδας και θα πρέπει επίσης να προβλεφθεί κάποιο επίπεδο επιθεώρησης για τα επόμενα στάδια της γαλακτοκομικής αλυσίδας. Επιπλέον, τα εισαγόμενα προϊόντα από χώρες εκτός ΕΕ ενδέχεται να χρειάζονται αυξημένα προγράμματα παρακολούθησης, ειδικά για τα κτηνιατρικά φάρμακα και την AFM1, καθώς αυτές οι ενώσεις έχουν αναφερθεί πάνω από το νόμιμο όριο στη βάση δεδομένων RASFF.

Συμπερασματικά, η παραγωγή παραδοσιακών λευκών τυριών εμπεριέχει πολλαπλούς κινδύνους από μικροβιολογική μόλυνση, χημική ρύπανση και φυσικούς παράγοντες αλλοίωσης. Η βιβλιογραφία τονίζει την ανάγκη για συνεχή παρακολούθηση, αυστηρούς ελέγχους και βελτίωση των μεθόδων παραγωγής, αποθήκευσης και διανομής, ώστε να διασφαλιστεί η υγιεινή και η ασφάλεια αυτών των πολύτιμων προϊόντων. Η προσοχή στους μικροβιολογικούς παράγοντες, η μείωση των βιογενών αμινών και των βαρέων μετάλλων, καθώς και ο έλεγχος των φυσικών αλλοιώσεων είναι κρίσιμα στοιχεία για τη βιωσιμότητα και την αποδοχή των παραδοσιακών λευκών τυριών σε παγκόσμιο επίπεδο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Τα παραδοσιακά λευκά τυριά (φέτα, beyaz peynir, χαλούμι κλπ.) είναι σημαντικά για τη διατροφή και τον πολιτισμό, αλλά έχουν κινδύνους ασφάλειας.
- **Μικροβιολογικοί κίνδυνοι:** Παρουσία παθογόνων βακτηρίων (π.χ. *S. aureus*, *L. monocytogenes*) που προκαλούν τροφικές δηλητηριάσεις και σοβαρές λοιμώξεις.
- **Χημικοί κίνδυνοι:** Βιογενείς αμίνες (τυραμίνη, ισταμίνη) και βαρέα μέταλλα (μόλυβδος, κάδμιο κλπ.) που προκαλούν αλλεργίες, τοξικότητα και χρόνια προβλήματα υγείας.
- **Φυσικοί κίνδυνοι:** Ζύμες και μύκητες που μπορεί να βελτιώσουν ή να χαλάσουν το προϊόν, προκαλώντας αλλοιώσεις.
- Απαραίτητη είναι η ολιστική διαχείριση με εκπαίδευση παραγωγών, αυστηρούς ελέγχους, ποιοτική πρώτη ύλη, σύγχρονες μεθόδους και τήρηση προτύπων.

Βιβλιογραφία

- Abdalla, M. O. M. & Omer, H., 2017. Microbiological characteristics of white cheese (Gibna bayda) manufactured under traditional conditions.. *Journal of Advances in Microbiology*.
- Adeyeye, S. A. O., 2017. A preliminary study on the quality and safety of street-vended warankasi (a Nigerian soft white cheese) from Ibadan, Oyo state, Nigeria. *British Food Journal*.
- AIAD, A. S., 2013. MICROBIAL HAZARDS ASSESSMENT DURING WHITE CHEESE PRODUCTION IN A TRADITIONAL DAIRY PLANT. *Assiut Veterinary Medical Journal*, pp. 57-63.
- Akdemir-Evrendilek, G., Koca, N., Harper, J. & Balasubraniam, V., 2008. High-pressure processing of Turkish white cheese for microbial inactivation. *J Food Protect*, pp. 102-108.
- Alija, D., 2021. ASSESSMENT OF SOME PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIAL PROPERTIES OF WHITE BRINE CHEESE. *International Journal of Food Technology and Nutrition*.
- Al-Nabulsi, A. και συν., 2020. Antimicrobial activity of chitosan coating containing ZnO nanoparticles against E. coli O157:H7 on the surface of white brined cheese. *International Journal of Food Microbiology*.
- Aly, M., Al-Seen, M., Qusti, S. & El-Sawi, N., 2010. Mineral content and microbiological examination of some white cheese in Jeddah, Saudi Arabia during summer 2008. *Food and Chemical Toxicology*.
- Ammar, E., Reyad, M., Abdel-Kader, Y. & Farag, A., 2017. Implementation of the Hazard Analysis Critical Control Point (haccp) System for Processed Cheese Production Line. *Journal of Food and Dairy Sciences*, pp. 121-125.
- Ardic, M., Karakaya, Y., Atasever, M. & Adiguzel, G., 2009. Aflatoxin M1 levels of Turkish white brined cheese. *Food Control*, pp. 196-199.
- Arslan, S. & Özdemir, F., 2008. Prevalence and antimicrobial resistance of Listeria spp. in homemade white cheese. *Food Control*, pp. 360-363.
- Asselt, E. v. και συν., 2017. Overview of food safety hazards in the European dairy supply chain. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, pp. 59-75.
- Asselt, E. V. και συν., 2016. Chemical and physical hazards in the dairy chain. *RIKILT*.
- Ayar, A., Sert, D. & Akm, N., 2009. The trace metals levels in milk and dairy products consumed in middle Anatolia-Turkey. *Environ Monit Assess*.
- BANGIEVA, D. R., 2020. Microbiological and physicochemical changes during ripening in Bulgarian white brined cheese made from raw cow milk. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*.

- Bekada, A., Benakriche, B., Hamadi, K. & Bensoltane, A., 2008. Modelling of effect of water activity, pH and temperature on the growth rate of *Mucor racemosus* isolated from soft camembert cheese. *World J Agric Sci*.
- Bintsis, T., 2021. Yeasts in different types of cheese. *AIMS Microbiol.*, p. 447–470.
- Bintsis, T. & Papademas, P., 2002. Microbiological quality of white-brined cheeses: a review. *International Journal of Dairy Technology*.
- Bintsis, T. & Papademas, P., 2023. Sustainable Approaches in Whey Cheese Production: A Review. *Dairy*.
- Brown, E. W. και συν., 2021. Salmonella Genomics in Public Health and Food Safety. *EcoSal Plus.*
- Chipilev, N., Daskalov, H. & Stoyanchev, T. T., 2015. Study on the prevalence of lipolytic yeasts and moulds in raw cow milk and white brined cheese. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*.
- Choi, K. και συν., 2016. Cheese Microbial Risk Assessments — A Review. *Asian-Australas J Anim Sci.*, pp. 307-314.
- Cusato, S. και συν., 2013. Food safety systems in a small dairy factory: implementation, major challenges, and assessment of systems' performances. *Foodborne Pathog Dis*.
- Dehkordi, M. K., Shamsabadi, M. G. & Banimehdi, P., 2019. The occurrence of *Staphylococcus aureus*, enterotoxigenic and methicillin-resistant strains in Iranian food resources: a systematic review and meta-analysis. *Ann Ig*, pp. 263-278.
- DEMİRÖZÜ-ERDİNÇ, B. & Saldamli, I., 2000. Variation in some heavy metals during the production of white cheese. *International journal of dairy technology*, pp. 96-99.
- Doukaki, A. και συν., 2024. Effect of the Bioprotective Properties of Lactic Acid Bacteria Strains on Quality and Safety of Feta Cheese Stored under Different Conditions. *Microorganisms*.
- El-Hofi, M., El-Tanboly, E. & Ismail, A., 2010. Implementation of the Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) system to UF white cheese production line. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, pp. 331-342.
- Eljagmani, S. & Altuner, E., 2020. Effect of storage temperature on the chemical and microbiological properties of white cheese from Kastamonu, Turkey. *Cogent Food & Agriculture*.
- Elkak, A., Atat, O. E., Habib, J. & Abbas, M., 2012. Occurrence of aflatoxin M1 in cheese processed and marketed in Lebanon. *Food Control*, pp. 140-143.
- El-Sharoud, W., Belloch, C., Peris, D. & Querol, A., 2009. Molecular Identification of Yeasts Associated with Traditional Egyptian Dairy Products. *Journal of food science*, pp. M341-M346.
- Emiliano, J. V. D. S. και συν., 2024. *Staphylococcus aureus* in Dairy Industry: Enterotoxin Production, Biofilm Formation, and Use of Lactic Acid Bacteria for Its Biocontrol. *Foodborne Pathog Dis*, pp. 601-616.

- Erkmen, O., 2001. Survival of *Listeria monocytogenes* during the manufacture and ripening of Turkish White cheese. *Food/Nahrung*, pp. 55-58.
- Fadda, M. E., Cosentino, S., Deplano, M. & Palmas, F., 2001. Yeast populations in Sardinian feta cheese. *Int J Food Microbiol*, pp. 153-156.
- Fajardo, P. και συν., 2010. Evaluation of a chitosan-based edible film as carrier of natamycin to improve the storability of Saloio cheese. *Journal of Food Engineering*, pp. 349-356.
- FAO, 2003. *Assuring Food Safety and Quality: Guidelines for Strengthening National Food Control Systems*. ROME: FAO.
- Ferraz, A. R., Pintado, C. S. & Serralheiro, M. L., 2024. A Global Review of Cheese Colour: Microbial Discolouration and Innovation Opportunities. *Dairy*, pp. 768-785.
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M. & P. L. H. McSweeney, 2016. Cheese: Historical Aspects. Στο: *Fundamentals of Cheese Science*. s.l.:s.n., pp. 1-10.
- Galli, L. και συν., 2016. *Escherichia coli* in Food Products. Στο: *Escherichia coli in the Americas*. s.l.:Springer, Cham, p. 173-203.
- GELEN, S. U. & CEYLA, Z., 2021. Isolation and identification of yeasts in white cheese. *Journal of Advances in VetBio Science and Techniques*.
- Geronikou, A., Larsen, N., Lillevang, S. & Jespersen, L., 2022. Occurrence and Identification of Yeasts in Production of White-Brined Cheese. *Microorganisms*.
- Geronikou, A., Larsen, N., Lillevang, S. K. & Jespersen, L., 2023. Diversity and succession of contaminating yeasts in white-brined cheese during cold storage. *Food Microbiology*.
- Geronikou, A. και συν., 2020. Occurrence of Yeasts in White-Brined Cheeses: Methodologies for Identification, Spoilage Potential and Good Manufacturing Practices. *Front. Microbiol*.
- Gould, L., Mungai, E. & Behravesh, C., 2014. Outbreaks attributed to cheese: Differences between outbreaks caused by unpasteurized and pasteurized dairy products, United States, 1998-2011. *Foodborne Pathog Dis.*, p. 545-551.
- Gülhan, A., 2025. The Health Benefits of the Cheese. Στο: *Global Perspectives on Cheese Tourism*. s.l.:s.n., pp. 149-160.
- H.SALAMA, AL-SAID, A. & MS, E., 2021. THE EFFECT OF HACCP SYSTEM ON VARIOUS MICROBIOLOGICAL HAZARDS IN CHEESE FACTORIES. *Assiut Veterinary Medical Journal*, pp. 158-173.
- Haddad, M. & Yamani, M., 2017. Microbiological quality of soft white cheese produced traditionally in Jordan. *J Food Process Technol*, pp. 706-712.
- Haddad, M. & Yamani, M., 2017. Microbiological Quality of Soft White Cheese Produced Traditionally in Jordan. *Journal of Food*.
- Hain, T. και συν., 2007. Pathogenomics of *Listeria* spp. *Int J Med Microbiol*, pp. 541-57.

- Hassan, E., 2023. Microbiological and Chemical Quality Assessment of Soft White Cheese Produced by Large Egyptian Dairy Plants. *Egyptian Journal of Chemistry*, pp. 449-457.
- Hayaloglu, A., Guven, M. & Fox, P. F., 2002. Microbiological, biochemical and technological properties of Turkish White cheese 'Beyaz Peynir'. *International Dairy Journal*, pp. 635-648.
- Hegazy, M. & Mahgoub, S., 2013. Microbiological characterization of the Egyptian soft white cheese and identification of its dominant yeasts. *African J. Microbi. Res.*
- Hussein, N. D. και συν., 2023. Assessment of the Microbiological Acceptability of White Cheese (Akkawi) in Lebanon and the Antimicrobial Resistance Profiles of Associated *Escherichia coli*. *Antibiotics (Basel)*.
- Jalilzadeh, A., Hesari, J., Peighambaroust, S. & Javidipour, I., 2018. The effect of ultrasound treatment on microbial and physicochemical properties of Iranian ultrafiltered feta-type cheese. *Journal of Dairy Science*, pp. 5809-5820.
- Kamilari, E. και συν., 2020. Characterizing Halloumi cheese's bacterial communities through metagenomic analysis. *LWT*.
- Kaminarides, S. & Laskos, N., 1992. Yeasts in factory brine of Feta cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*.
- Kamkar, A., Karim, G., Aliabadi, F. S. & Khaksar, R., 2008. Fate of aflatoxin M1 in Iranian white cheese processing. *Food Chem Toxicol*, pp. 2236-8.
- Kav, K., Col, R. & Tekinsen, K. K., 2011. Detection of aflatoxin M1 levels by ELISA in white-brined Urfa cheese consumed in Turkey. *Food Control*, pp. 1883-1886.
- Keskin, H., 2025. History of Cheese and Cheese Making . Στο: *Global Perspectives on Cheese Tourism*. s.l.:s.n., pp. 1-10.
- Khozam, R. και συν., 2012. Toxic and essential elements in Lebanese cheese. *Additives and Contaminants: Part B*, pp. 172-181.
- Koca, N., Balasubramaniam, V. M. & Harper, W. J., 2011. High-pressure effects on the microstructure, texture, and color of white-brined cheese. *J Food Sci.*
- Krishnamurthy, K., Demirci, A. & Irudayaraj, J., 2007. Inactivation of *Staphylococcus aureus* in milk using flow-through pulsed UV-light treatment system. *Journal of Food Science*, pp. M233-M239.
- Küçük, N. Y., Terzioğlu, M., Küçük, I. & Bakırcı, I., 2022. *Heavy metal contamination in white cheese*. Bayburt, Türkiye, 4th International Conference on Advanced Engineering Technologies.
- Kure, C. & Skaar, I., 2019. The fungal problem in cheese industry. *Current Opinion in Food Science*, pp. 14-19.
- Kure, C., Skaar, I. & Brendehaug, J., 2004. Mould contamination in production of semi-hard cheese. *Int J Food Microbiol.*, pp. 41-49.

- LaPointe, G. και συν., 2025. BIOFILM DAIRY FOODS REVIEW: Microbial Community Tracking from Dairy Farm to Factory: Insights on Biofilm Management for Enhanced Food Safety and Quality. *J Dairy Sci*, pp. 1451-6.
- Lotfy, M., Aita, O., Hassan, E. & Elsayed, A., 2018. Applied study of microbiological hazards in raw milk soft white cheese in Egypt. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, pp. 657-666.
- Mehyar, G. F. και συν., 2017. Effects of chitosan coating containing lysozyme or natamycin on shelf-life, microbial quality, and sensory properties of Halloumi cheese brined in normal and reduced salt solutions. *Journal of Processing and Preservation*.
- Natrella, G. και συν., 2024. A comprehensive review on the biogenic amines in cheeses: Their origin, chemical characteristics, hazard and reduction strategies. *Foods*.
- Nejad, A. S. M., Heshmati, A. & Ghiasvand, T., 2020. The Occurrence and Risk Assessment of Aflatoxin M1 in Cheeses Samples from Hamadan, Iran. *Iran J Pharm Res*, pp. 44-50.
- Nurye, M. & Berhe, T., 2023. Application of Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) and Recent Technologies for Microbial Inactivation in Mozzarella Production. *Food Safety-New Insights*.
- Olaimat, A. N. και συν., 2022. Chitosan–ZnO nanocomposite coating for inhibition of *Listeria monocytogenes* on the surface and within white brined cheese. *J Food Sci*.
- Öner, Z., Karahan, A. & Aloğlu, H., 2006. Changes in the microbiological and chemical characteristics of an artisanal Turkish white cheese during ripening. *LWT-Food Science and Technology*, pp. 449-454.
- Osaili, T. M. και συν., 2014. Survival of *Escherichia coli* O157:H7 during Manufacture and Storage of White Brined Cheese. *J Food Sci*.
- Osaili, T. M. και συν., 2014. Survival of *Escherichia coli* O157:H7 during Manufacture and Storage of White Brined Cheese. *Journal of Food Science*, pp. M1750-M1755.
- Öztürkoglu, S., Gürakan, G. & Alpas, H., 2006. Behavior and control of *Listeria innocua* during manufacture and storage of Turkish White Cheese. *European Food Research and Technology*, pp. 614-621.
- Pachlová, V. και συν., 2016. Biogenic amines and their producers in Akawi white cheese. *International Journal of Dairy Technology*.
- Papageorgiou, D. K. & Marth, E. H., 1989. Fate of *Listeria monocytogenes* during the Manufacture, Ripening and Storage of Feta Cheese. *Journal of Food Protection*, pp. 82-87.
- Rajendran, M. & Muthuminal, R., 2023. An Outlook on Good Manufacturing Practices in the Dairy Industry. Στο: *Cases on Managing Dairy Productive Chains*. s.l.:IGI Global, pp. 71-90.
- Rantsiou, K. και συν., 2008. Microflora of Feta cheese from four Greek manufacturers. *International Journal of Food Microbiology*, pp. 36-42.

- Salih, Z., Sulieman, A., Elkhaila, E. & Ali, A., 2012. Chemical and microbiological characteristics of white cheese (Jibna-beida) produced in Sudan. *Food and Public Health*, pp. 259-264.
- Sharma, P., Bremer, P., Oey, I. & Everett, D., 2014. Bacterial inactivation in whole milk using pulsed electric field processing. *International Dairy Journal*, pp. 49-56.
- Silva, I. M., Almeida, R., Alves, M. & Almeida, P., 2003. Occurrence of *Listeria* spp. in critical control points and the environment of Minas Frescal cheese processing. *International Journal of Food Microbiology*, pp. 241-248.
- Steinhauser, G., Brandl, A. & Johnson, T., 2014. Comparison of the Chernobyl and Fukushima nuclear accidents: a review of the environmental impacts. *Sci Total Environ*, pp. 470-471.
- Talevski, G., 2023. MICROBIOLOGICAL RISKS IN THE TRADITIONAL PRODUCTION OF WHITE BRINED SHEEP'S CHEESE.. *Journal of Food Technology & Nutrition*, pp. 22-31.
- Tavakoli, H. R. και συν., 2012. Occurrence of aflatoxin M1 in white cheese samples from Tehran, Iran. *Food Control*, pp. 293-295.
- Temelli, S., Anar, Ş., Sen, C. & Akyuva, P., 2006. Determination of microbiological contamination sources during Turkish white cheese production. *Food Control*, pp. 856-861.
- Togay, S. O., CAPECE, A., Siesto, G. & Aksu, H., 2020. Molecular characterization of yeasts isolated from traditional Turkish cheeses. *Food Science and Technology*.
- Tomasula, P. και συν., 2014. Effect of high-pressure processing on reduction of *Listeria monocytogenes* in packaged Queso Fresco. *Journal of Dairy Science*, pp. 1281-1295.
- Turanta, F., Ünlütürk, A. & Göktan, D., 1989. Microbiological and compositional status of Turkish white cheese. *International Journal of Food Microbiology*, pp. 19-24.
- Vivier, D. και συν., 1994. Study of the growth of yeasts from feta cheese. *International Journal of Food Microbiology*, pp. 207-214.
- Yanai, Y., Rosen, B., Pinsky, A. & Sklan, D., 1977. The microbiology of pickled cheese during manufacture and maturation. *Journal of Dairy Research*, p. 149-153.
- Zhou, F. και συν., 2022. Control Measurements of *Escherichia coli* Biofilm: A Review. *Foods*.
- ΕΦΕΤ, 2012. Γενικός Οδηγός για την Εφαρμογή Συστήματος Βάσει των Αρχών του HACCP σε Μικρές Γαλακτοκομικές Επιχειρήσεις, s.l.: s.n.