



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ**

---

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΗ Μ1 ΚΑΙ Η ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΗΣ ΣΤΟ ΓΑΛΑ ΚΑΙ ΣΤΑ  
ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ – ΝΕΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ»**



**Των σπουδαστών:**

Λυρώνης Λάζαρος ΑΜ: 1940

Τσιλίκης Ευάγγελος ΑΜ: 2020

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

Λαπιδάκης Νικόλαος (Επιβλέπων καθηγητής)

Σπυριδάκη Ασπασία

Τσαγκαράκης Κωνσταντίνος



**HELLENIC MEDITERRANEAN UNIVERSITY**

**SCHOOL OF HEALTH SCIENCES**

**DEPARTMENT OF NUTRITION AND DIETETICS SCIENCE**

---

**THESIS**

**« AFLATOXIN M1 AND HER PRESENCE IN THE MILK AND DAIRY  
PRODUCTS- NEW DATA »**



Lironis Lazaros UD:1940

Tsilikis Evangelos UD: 2020

**Three-member Examination Committee**

Lapidakis Nikolaos (Supervisor)

Spyridaki Aspasia

Tsagarakis Konstantinos

Υπέθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.

Αποδέχομαι ότι η Βιβλιοθήκη μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από την ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο, καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

## “Ευχαριστίες”

Με την παρούσα εργασία κλείνει ένα μεγάλο κεφαλαίο στις ζωές μας. Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στον επιβλέπων καθηγητή μας κ. Λαπιδάκη Νικόλαο για την εμπιστοσύνη και για την ανάθεση ενός τόσο ενδιαφέροντος θέματος, καθώς και την πολύτιμη καθοδήγηση του καθ' όλη της διάρκειας της συγγραφής της πτυχιακής εργασίας.

Επιπλέον, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την οικογένεια μας για την στήριξη που μας παρείχαν καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μας.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το γάλα είναι ένα τρόφιμο που παρέχει μακροθρεπτικά και μικροθρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη του ανθρώπου και την διατήρηση της υγείας του. Μπορεί όμως να είναι και ένα μέσο περιβαλλοντικών και τροφικών ρύπων, προκαλώντας διάφορες αλλοιώσεις σε άτομα που το καταναλώνουν. Οι μικροοργανισμοί που υπάρχουν στο γάλα, καθώς και οι μεταβολίτες του, μπορούν να μεταβαίνουν στα υγρά και στους ιστούς των θηλαστικών και να βλάπτουν την υγεία των καταναλωτών. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται όλο και πιο συχνά ανησυχία σχετικά με την ύπαρξη των ύποπτων αφλατοξινών στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα.

Οι αφλατοξίνες είναι παρά-προϊόντα που παράγονται κυρίως από τους *Aspergillus flavus* και *Aspergillus parasiticus* και είναι μια από τις ευρέως μελετημένες ομάδες μυκοτοξινών. Εξαιτίας των γνωστών πλέον δράσεων της αφλατοξίνης και τα προβλήματα που μπορεί να δημιουργήσει στην υγιεινή των τροφίμων και κατά συνέπεια στον καταναλωτή αποφασίσαμε στην παρούσα εργασία να ελέγξουμε τα νέα δεδομένα σχετικά με την πρόσληψη της και πιο συγκεκριμένα για την αφλατοξίνη M1 σε γάλα και γαλακτοκομικά προϊόντα. Η αφλατοξίνη M1 αποτελεί έναν υδροξυλιωμένο μεταβολίτη της αφλατοξίνης B1.

Μία από τις γνωστές δράσεις των αφλατοξινών είναι δρουν ως παράγοντες που εμπλέκονται στην αιτιολογία του καρκίνου του ήπατος στον άνθρωπο. Η παρουσία της αφλατοξίνης B1 στην τροφή των θηλαστικών ζώων και η έκθεσή τους σε αυτή οδηγεί στη μόλυνση του γάλακτος από αφλατοξίνη. Στα ζώα, η κατανάλωση μολυσμένης τροφής με συγκεκριμένη ποσότητα αφλατοξινών επέφερε τερατογένεση και ιδιαίτερα κατά την πρώτη εμβρυϊκή φάση, εμφανίζεται η δυσπλασία των εμβρύων και η αναρρόφηση των εμβρύων.

Γενικά, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας συστήνει την μείωση των επιπέδων της M1 στο γάλα και στα γαλακτοκομικά στο ελάχιστο προκειμένου να μειωθεί ο πιθανός κίνδυνος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η αφλατοξίνη M1 περιλαμβάνεται στην πρώτη ομάδα περιβαλλοντικών παραγόντων που μπορούν να αυξήσουν τον κίνδυνο για καρκίνο στον άνθρωπο και ότι το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα καταναλώνονται καθημερινά, οι περισσότερες χώρες έχουν ορίσει ανώτατα όρια της αφλατοξίνης M1 στο γάλα με σκοπό να προστατέψουν τους καταναλωτές, τα οποία διαφέρουν μεταξύ των χωρών.

Οι λόγοι αυτοί μας ώθησαν στην ανάγκη στη παρούσα μελέτη να ερευνήσουμε πως επηρεάζει τα γαλακτοκομικά προϊόντα η ύπαρξη της συγκεκριμένης αφλατοξίνης και κατά συνέπεια τους καταναλωτές του.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα που έχουν επιμολυνθεί με αφλατοξίνη M1 αποτελούν ένα σημαντικό πρόβλημα παγκοσμίως, ειδικά για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Η αφλατοξίνη M1 στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα θα μπορούσε να αποτελέσει κίνδυνο για τον άνθρωπο καθώς και για την υγεία των ζώων.

Στην παρούσα εργασία θα παρουσιασθούν αποτελέσματα ερευνών που σχετίζονται με την παρουσία αφλατοξίνης M1 στα γαλακτοκομικά προϊόντα και το πώς η παρουσία της μπορεί να επηρεαστεί από τα διάφορα στάδια επεξεργασίας, τα οποία μπορούν να παρέχουν χρήσιμες και αξιόπιστες πληροφορίες για την ανάπτυξη μελετών, για την εκτίμηση του κινδύνου και στρατηγικές για την διαχείριση του κινδύνου.

Οι επιδράσεις που σχετίζονται με την πρόσληψη της αφλατοξίνης είναι πολύ σοβαρές και μπορούν να πυροδοτήσουν ποικίλο αριθμό επιπτώσεων στην υγεία, ειδικά αν ληφθούν υπόψιν μακροπρόθεσμα αποτελέσματα. Οπότε είναι πολύ σημαντικό να ελεγχθεί η ποιότητα της ζωοτροφής των θηλαστικών με σκοπό την αποφυγή της μετάλλαξης της αφλατοξίνης B1 σε M1 και για να υιοθετηθούν προληπτικά μέτρα για να αποφευχθούν οι ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης μυκοτοξίνης. Ακόμη, θα παρουσιασθούν αποτελέσματα από έρευνες που σχετίζονται με την εμφάνιση και την σταθερότητα των αφλατοξινών στα γαλακτοκομικά προϊόντα προκειμένου να αποφευχθούν οι τοξικολογικές επιδράσεις στον άνθρωπο και στα ζώα. Επιπλέον, οι μυκοτοξίνες στο γάλα μπορεί να αποτελούν κίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου και των ζώων. Η υψηλή μόλυνση στη ζωοτροφή μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά επίπεδα μυκοτοξίνης στο γάλα. Η μετάδοση των μυκοτοξινών στο γάλα είναι πιθανή και η παρουσία τους μπορεί να μειώσει την παραγωγή γάλακτος ή την σύστασή του.

Συμπερασματικά, υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση σχετικά με μεθόδους όπου θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην εξάλειψη ή στη σημαντική μείωση των αφλατοξινών στα γαλακτοκομικά προϊόντα και επιπλέον κρίνεται σημαντικό να θεσπίσουν όλα τα κράτη ασφαλή όρια για τη συγκέντρωση των αφλατοξινών.

**Λέξεις κλειδιά:** αφλατοξίνη M1, αφλατοξίνη B1, μυκοτοξίνη, γάλα, γαλακτοκομικά προϊόντα

## SUMMARY

Milk and dairy products contaminated with aflatoxin M1 are a major worldwide problem, especially in developing countries. Aflatoxin M1 in milk and dairy products could pose a risk to humans as well as to animal health.

In this study we would like to present the results of a research related to the presence of aflatoxin M1 in dairy products and how this fact can be affected by the various processing steps, which can provide useful and reliable information concerning the development of studies for the assessment of risk factor and risk management strategies.

The effects associated with aflatoxin's intake are profoundly serious and can trigger a wide range of health effects, especially if long-term effects are considered. Therefore, it is particularly important to control the quality of mammalian feed to avoid the mutation of aflatoxin B1 to M1 and to adopt preventive measures to avoid the ideal conditions for the development of mycotoxin. Furthermore, we'll present results from studies related to the occurrence and stability of aflatoxins in dairy products in order to avoid toxicological effects on humans and animals. In addition, mycotoxins in milk can pose a risk to human and animal health. High contamination in animal feed can lead to significant levels of mycotoxin in milk. The transmission of mycotoxins to milk is possible to happen, and their presence may reduce milk production or composition.

In conclusion, there is a need for further investigation into methods that could help eliminate or significantly reduce aflatoxins in dairy products and, in addition, it is important for all states to set safe limits for aflatoxin concentrations.

**Keywords:** aflatoxin M1, aflatoxin B1, mycotoxin, milk, dairy products



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

### ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>«ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΗ Μ1 ΚΑΙ Η ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΗΣ ΣΤΟ ΓΑΛΑ ΚΑΙ ΣΤΑ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ – ΝΕΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ».....</b> | <b>1</b>  |
| <b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>SUMMARY.....</b>   | <b>8</b>  |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ-ΓΑΛΑ.....</b>   | <b>11</b> |
| 1.1. ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ.....  | 11        |
| 1.2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ.....   | 12        |
| 1.3. ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ.....   | 13        |
| 1.4. ΕΙΔΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΟΥ.....   | 14        |
| 1.4.α. ΕΙΔΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ.....   | 14        |
| 1.4.β. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ.....   | 15        |
| 1.4.γ. ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ.....   | 17        |
| <b>2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ- ΕΠΙΜΟΛΥΝΤΕΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ.....</b>  | <b>19</b> |
| 2.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΠΙΜΟΛΥΝΤΩΝ.....   | 19        |
| 2.1.α. ΦΥΣΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ.....  | 19        |
| 2.1.β. ΧΗΜΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ.....  | 21        |
| 2.1.γ. ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ.....  | 23        |
| 2.1.γ.1. ΒΑΚΤΗΡΙΑ.....  | 24        |
| 2.1.γ.2. ΙΟΙ.....   | 25        |
| 2.1.γ.3. ΠΑΡΑΣΙΤΑ.....  | 25        |
| 2.1.δ. ΤΟΞΙΝΕΣ-ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΕΣ-ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΕΣ.....   | 25        |
| 2.1.ε. ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΗ Μ1.....   | 28        |
| 2.2. ΓΑΛΑ ΚΑΙ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΕΣ.....  | 29        |
| 2.3. ΓΑΛΑ ΚΑΙ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΗ Μ1.....  | 29        |
| 2.4. ΤΡΟΠΟΣ ΕΠΙΜΟΛΥΝΣΗΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΕΣ.....                            | 30        |
| <b>3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ-ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ.....</b>   | <b>35</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.1. ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ.....   | 35        |
| 3.2. ΠΡΟΛΗΨΗ ΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ.....                                     | 36        |
| 3.3. ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΩΝ Μ1.....                                    | 38        |
| <b>4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ-ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....</b>                                   | <b>41</b> |
| 4.1. ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....  | 41        |
| 4.2. ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....  | 43        |
| 4.3. ΕΠΙΤΡΕΠΤΑ ΟΡΙΑ.....   | 44        |
| 4.4. ΤΗΡΗΣΗ ΜΕΤΡΩΝ.....  | 47        |
| 4.5. ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΩΝ.....   | 49        |
| <b>5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ- ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.....</b>           | <b>50</b> |
| 5.1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΗ Μ1...50                 |           |
| 5.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ.....  | 51        |
| 5.3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ.....  | 52        |
| 5.4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ-ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΝΕΠΤΥΓΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ..... | 52        |
| 5.5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ AFLAB1 ΚΑΙ AFLAM1.....                              | 53        |
| 5.6. ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΩΝ.....  | 54        |
| <b>6<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>                                | <b>56</b> |
| 6.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....   | 56        |
| <b>7<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>                                | <b>58</b> |

## 1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ-ΓΑΛΑ

### 1.1. ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Σύμφωνα με τον ελληνικό Κώδικα Τροφίμων και Ποτών ως γάλα ορίζεται, το απαλλαγμένο από πρωτόγαλα προϊόν, που προέρχεται από την ολοσχερή και χωρίς διακοπή άμελης υγιούς γαλακτοφόρου ζώου, που διαβιώνει και διατρέφεται υπό υγιεινούς όρους, αλλά και που δεν ευρίσκεται σε κατάσταση υπερκόπωσης.

Με τον όρο γάλα χωρίς κάποιο επίθετο νοείται αποκλειστικά και μόνο το γάλα το οποίο: 1. προέρχεται από αγελάδα, 2. είναι νωπό, 3. είναι πλήρες, 4. δεν έχει υποστεί αφυδάτωση ή συμπύκνωση και 5. δεν περιέχει άλλες ύλες που έχουν προστεθεί από έξω [1].

Το γάλα δημιουργείται στο αδενικό επιθήλιο του μαστικού αδένα. Μεταφέρεται με το αίμα στο μαστό με τις απαραίτητες ουσίες, από τις οποίες τα επιθηλιακά κύτταρα του μαστού συνθέτουν τα σημαντικότερα συστατικά του γάλακτος, όπως λίπος και πρωτεΐνες [2]. Τα κύρια συστατικά του γάλακτος είναι: το νερό, το λίπος, οι πρωτεΐνες, η λακτόζη και τα άλατα, ενώ δευτερεύοντα μπορούν να θεωρηθούν τα ένζυμα, τα φωσφολιπίδια και οι βιταμίνες [3].

Η χημική σύνθεση του γάλακτος επηρεάζεται από διάφορους καθημερινούς παράγοντες, όπως είναι:

1. Η ηλικία του ζώου
2. Η γαλουχία (τα στάδια αρμέγματος)
3. Η αναπαραγωγή
4. Η εποχή του έτους
5. Η περιβαλλοντική θερμοκρασία
6. Η διατροφή
7. Η κατάσταση της υγείας
8. Η περίοδος κυοφορίας,
9. Οι ορμόνες και
10. Η νόσος του μαστού [4], [5].

Ουσιαστικά το γάλα είναι ένα γαλάκτωμα λίπους με πρωτεΐνες, λακτόζη, ανόργανα άλατα(ασβέστιο, μαγνήσιο, κάλιο), βιταμίνες(A, B, C, D)και άλλων στερεών. Τα στερεά συστατικά αντιπροσωπεύουν το 13% του γάλακτος με το λίπος στο 4%, τις πρωτεΐνες 3,5% και τη λακτόζη το 5% [6].

## 1.2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Διάφορα είδη ζώων χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του γάλακτος. Το αγελαδινό γάλα έχει την μεγαλύτερη κατανάλωση. Η συμμετοχή του στη παγκόσμια παραγωγή σημειώνεται στο 90%. Σειρά έχουν το βουβαλίσιο με ποσοστό 5%, το γίδινο με 3% και το πρόβειο με 2%.

Το γάλα που αρμέγεται στους στάβλους μεταφέρεται στο κεντρικό εργοστάσιο με βυτιοφόρα όπου, αφού υποστεί τους κατάλληλους ελέγχους χύνεται σε μία δεξαμενή. Το γάλα που δεν εκπληρώνει ορισμένες προδιαγραφές ποιότητας προορίζεται για παρασκευή ζωοτροφών. Η πρώτη επεξεργασία στην οποία υποβάλλεται το γάλα που προορίζεται για την απευθείας κατανάλωση είναι το φιλτράρισμα, που έχει σκοπό να αφαιρέσει από το γάλα τις μεγάλες σε μέγεθος ξένες ύλες. Σ' ένα δεύτερο χρόνο το γάλα ομογενοποιείται με μία μηχανική μέθοδο που προκαλεί κατακρεμάτιση των μεγαλύτερων σφαιριδίων του λίπους και σταθεροποίηση της λιπαρής φάσης του γάλακτος. Με αυτό το τρόπο το γάλα γίνεται πιο ομοιογενές και εύπεπτο, ενώ συγχρόνως αποφεύγεται η επίπλευση των λιποσφαιριδίων (κορύφωση λίπους) και η δυνατότητα αφαίρεσης τους. Η τελευταία επεξεργασία που υποβάλλεται το γάλα έχει σκοπό την θανάτωση των παθογόνων βακτηρίων και την ελάττωση ή την σχεδόν πλήρη καταστροφή των αλλοιωγόνων μικροβίων που περιέχει προκαλώντας ταυτόχρονα τις μικρότερες δυνατόν μεταβολές στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και τα θρεπτικά συστατικά του γάλακτος. Γι'αυτό το σκοπό χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι από τις οποίες η πιο διαδεδομένη είναι η παστερίωση. Οι συνθήκες παστερίωσης που επιτρέπει η νομοθεσία είναι:

1. Θέρμανση στους 63°C για 30min (παστερίωση χαμηλής θερμοκρασίας, μακρού χρόνου, Low temperature, long time, LTLT), ή
2. Θέρμανση στους 72°C για 15sec (παστερίωση υψηλής θερμοκρασίας, μικρού χρόνου, High temperature, short time HTST) και
3. Υψηλή παστερίωση ή Υπέρ-παστερίωση (Ultra-Pasteurization) π.χ. 120°C για 4sec.

Τέλος, το γάλα συσκευάζεται είτε σε πλαστικές φιάλες μίας χρήσης κατασκευασμένες από πολυαιθυλένιο ή τύπου PET ή σε χάρτινα δοχεία καλυμμένα εσωτερικά με πλαστικό υλικό (πολυαιθυλένιο) είτε σε γυάλινες φιάλες. Οι μηχανές πλήρωσης των φιαλών γίνεται με την χρήση εμβόλου, όπου προωθείται προκαθορισμένη ποσότητα γάλακτος σε κάθε δοχείο. Οι φιάλες σφραγίζονται συνήθως με φύλλο αλουμινίου και στη συνέχεια με πόμα. [7].

### 1.3. ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ

Το γάλα είναι το μόνο φαγητό που είναι προσαρμοσμένο στις διατροφικές ανάγκες των νεογέννητων θηλαστικών, καθώς αποτελεί ένα συνδυασμό όλων των μακροθρεπτικών συστατικών σε σωστή αναλογία και έτσι προκύπτει ότι το γαλακτοκομικό γάλα είναι ένα θρεπτικό πυκνό ποτό που περιέχει όλα τα θρεπτικά συστατικά που απαιτούνται για την υποστήριξη της ανάπτυξης ενός νεογέννητου θηλαστικού [8].

Το γάλα αποτελείται από νερό, υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και λίπη. Επιπλέον, στο γάλα εντοπίζονται σχεδόν όλες οι υδατοδιαλυτές και λιποδιαλυτές βιταμίνες. Ακόμη, διαθέτει πολλές ιδιότητες που ενισχύουν την απορρόφηση και τη βιοδιαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών που παρέχει. Η λακτόζη έχει αποδειχθεί πως ενισχύει τη βιοδιαθεσιμότητα του ασβεστίου και άλλων μετάλλων, σε αντίθεση με άλλα σάκχαρα όπως η γλυκόζη, η σακχαρόζη, η μαλτόζη και το άμυλο που δε το ενισχύουν. Οι πρωτεΐνες καζεΐνης (υψηλά βιολογικής σημασίας πρωτεΐνη που εντοπίζεται στο γάλα) σταθεροποιούν το φωσφορικό Ca, το οποίο μεγιστοποιεί τη βιοδιαθεσιμότητα και έτσι επιτρέπει καλύτερη μεταφορά και εντερική απορρόφηση. Τα καζεϊνικά μικκύλια πήζουν και ηκτώνονται όταν εκτίθενται στο όξινο περιβάλλον του στομάχου, το οποίο επιβραδύνει την πέψη, παρέχοντας κορεσμό και αρκετό χρόνο για την αποτελεσματική πέψη των θρεπτικών ουσιών στο γάλα [8].

Το γαλακτοκομικό γάλα αποτελεί μια σημαντική πηγή ενέργειας, πρωτεΐνης, λίπους και ασβεστίου στη διατροφή των ατόμων σε διάφορες περιοχές του κόσμου. Βασισμένο σε δεδομένα που συλλέχθηκαν το 2009, το βόειο γάλα συμβάλλει σχεδόν στο 8% της διατροφικής ενέργειας, στο 12% του διαιτητικού λίπους και σχεδόν στο 16% της διαιτητικής πρωτεΐνης στη διατροφή της Βόρειας Αμερικής. Επιπλέον, τα γαλακτοκομικά προϊόντα συμβάλλουν μεταξύ 52-67% της πρόσληψης διατροφικής αναφοράς (DRI) ασβεστίου στην αμερικανική διατροφή. Η συμβολή των υδατανθράκων στη διατροφή που προέρχονται από

την κατανάλωση γάλακτος είναι λιγότερο έντονη καθώς οι υδατάνθρακες είναι συνήθως το πιο άφθονο μακροθρεπτικό συστατικό [8].

## 1.4. ΕΙΔΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΟΥ

Γάλα το οποίο παράγεται από διαφορετικά είδη ζώων ή ακόμη και φυλών έχουν διαφορετική σύσταση μεταξύ τους.

### 1.4.α. ΕΙΔΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Ως νωπό γάλα ορίζεται το γάλα που εκκρίνεται από τους μαστικούς αδένες μιας ή περισσότερων αγελάδων, προβατίνων, αιγών, ή βουβαλιών το οποίο δεν έχει θερμανθεί πέραν των 40°C, ούτε έχει υποβληθεί σε επεξεργασία με ισοδύναμο αποτέλεσμα.

Στην αγορά διατίθενται πολλοί και διαφορετικοί τύποι γάλακτος. Υπάρχει το πρόβειο, το κατσικίσιο και το αγελαδινό γάλα το οποίο κατέχει και το μεγαλύτερο ποσοστό της αγοράς όπως προαναφέρθηκε. Επίσης, υπάρχουν διάφορες κατηγορίες στις οποίες χωρίζεται και έχει ως εξής:

1. Τα λιπαρά που περιέχει το γάλα και
2. Τα πρόσθετα που περιλαμβάνει το τελικό προϊόν (π.χ ασβέστιο).

Το φρέσκο αγελαδινό γάλα χωρίζεται σε δύο κατηγορίες οι οποίες είναι μικρής διάρκειας και μεγάλης διάρκειας. Όσον αφορά το γάλα μικρής διάρκειας τυποποιείται σε

- α) πλήρες (με όλα τα λιπαρά τουλάχιστον 3,25%),
- β) χαμηλά λιπαρά (με -2% ή λιγότερο) και
- γ) χωρίς λιπαρά.

Παράλληλα, υπάρχει και αγελαδινό γάλα με προσθήκη ασβεστίου, Ω-3 ή βιταμίνης D και E. Το φρέσκο αγελαδινό γάλα μικρής διάρκειας έχει διάρκεια ζωής (Ημ. Λήξεως) έως επτά (7) ημέρες από την ημερομηνία εμφιάλωσης και παστεριώνεται στους 71,7°C για 15 δευτερόλεπτα τουλάχιστον. Η δεύτερη κατηγορία της μεγάλης διάρκειας του γάλακτος έχει περάσει από υψηλή παστερίωση και συντηρείται στο ψυγείο μέχρι και τρεις εβδομάδες μετά την εμφιάλωση [1], [9].

#### 1.4.β. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Οι τυποποιήσεις του γάλακτος είναι οι εξής:

1. **Γάλα κατάψυξης:** το νωπό γάλα που έχει γίνει διατηρήσιμο, με κάποια μέθοδο ταχείας κατάψυξης, που διατηρείται στη συνέχεια σε θερμοκρασία κατώτερη από  $-15^{\circ}\text{C}$  και το οποίο πρέπει να διατίθεται στην κατανάλωση μετά από πλήρη απόψυξη.
2. **Θερμικά επεξεργασμένο γάλα:** χαρακτηρίζεται γάλα κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση που παράγεται με θερμική επεξεργασία άμεσα και αποκλειστικά από νωπό γάλα και το οποίο έχει μορφή γάλακτος, παστεριωμένου και UHT και αποστειρωμένου.
  - a. **Παστεριωμένο γάλα:** πρέπει να υποβληθεί σε επεξεργασία που περιλαμβάνει την έκθεση σε πολύ υψηλή θερμοκρασία για μικρό χρονικό διάστημα ή σε διαδικασία παστερίωσης που χρησιμοποιεί διαφορετικούς συνδυασμούς χρόνου και θερμοκρασίας για την επίτευξη ισοδύναμου αποτελέσματος.
  - b. **Το γάλα UHT:** Το γάλα UHT (Ultra High Temperature) παστεριώνεται σε πολύ ψηλή θερμοκρασία ( $135,0^{\circ}\text{C}$  για 1 δευτερόλεπτο τουλάχιστον) έχοντας ως αποτέλεσμα την σχεδόν πλήρη θανάτωση όλων των υπολειπόμενων μικροοργανισμών και των σπορίων τους με τρόπο τέτοιο ώστε να μειώνονται στο ελάχιστο οι φυσικές, χημικές και οργανοληπτικές μεταβολές. Το τυποποιημένο με αυτόν τον τρόπο γάλα μπορεί να διατηρηθεί έως και ένα χρόνο μετά την εμφιάλωση σε θερμοκρασία δωματίου, αλλά με το που θα ανοιχτεί η συσκευασία θα πρέπει να φυλάσσεται εντός ψυγείου.
  - c. **Αποστειρωμένο γάλα:** Πρέπει να έχει αποστειρωθεί και θερμανθεί (Μέθοδος Ασηπτικής Συσκευασίας) σε ερμητικά κλειστές συσκευασίες ή λευκοσίδηρά δοχεία, των οποίων το σύστημα σφραγίσματος πρέπει να παραμένει άθικτο.
3. **Το συμπυκνωμένο γάλα:** Υπάρχει και σε κονσέρβα με συμπυκνωμένη μορφή (η οποία δέχεται προσθήκη νερού) με ημερομηνίες λήξης που φτάνουν έως και τα δύο χρόνια από την ημέρα παραγωγής. Μπορεί να περιέχουν και ζάχαρη ενώ λόγω της αφαίρεσης μεγάλου τμήματος υγρασίας του γάλακτος μειώνεται η επικινδυνότητα ανάπτυξης παθογόνων και αλλοιωγόνων μικροοργανισμών.

4. Αποβουτυρωμένο, ημιαποβουτυρωμένο ή μερικώς αποβουτυρωμένο: αποβουτυρωμένο χαρακτηρίζεται το γάλα που απομένει από το νωπό γάλα, μετά από πλήρη αφαίρεση του λίπους από αυτό με μηχανική επεξεργασία και χωρίς καμία προσθήκη. Πρέπει να περιέχει λίπος σε ποσοστό 0,5% κατ' ανώτατο όριο. Στο ημιαποβουτυρωμένο γάλα εντοπίζουμε λίπος σε ποσοστό 1,5-1,8% ενώ στο μερικώς αποβουτυρωμένο η περιεκτικότητα σε λίπος κυμαίνεται από 1,8-3,5%.
5. Γάλα για αλλεργικά άτομα: Με μεγάλη εξειδίκευση διατίθεται και γάλα με *acidophilus*, ένα βακτήριο το οποίο συμβάλλει θετικά στον οργανισμό των αλλεργικών ατόμων που έχουν πρόβλημα στη λακτόζη και έτσι μπορούν να το καταναλώσουν άφοβα. Για τον ίδιο ακριβώς σκοπό υπάρχει και γάλα με μειωμένη ή και καθόλου λακτόζη.
6. Το ξινόγαλα: Το ξινόγαλα είναι ένα είδος γάλακτος που έχει εμφανιστεί τα τελευταία χρόνια στην αγορά. Αρχικά ήταν υποπροϊόν για την παραγωγή βουτύρου αλλά τα τελευταία χρόνια παράγεται με την προσθήκη λακτικού οξέος σε γάλα με χαμηλά λιπαρά. Μερικές φορές οι εταιρείες προσθέτουν στο ξινόγαλα βούτυρο ή αλάτι.
7. Το κεφίρ: Παρόμοιο σε γεύση είναι και το γαλακτοκομικό προϊόν «κεφίρ» το οποίο περιέχει λακτικό οξύ σε ποσοστωση 1% και αλκοόλ κατά 1%. Το κεφίρ είναι προϊόν ζύμωσης με βάση τους σπόρους κεφίρ.
8. Γάλα με πρόσθετη γεύση: Οι ανάγκες της αγοράς οδήγησαν στη δημιουργία σειρών γαλάτων με γεύσεις όπως σοκολάτα ή βανίλια που καταναλωτές συνήθως είναι τα παιδιά μικρής ηλικίας. Σ' αυτή τη κατηγορία γάλακτος τα λιπαρά και τα πρόσθετα συνήθως είναι αυξημένα.
9. Η κρέμα γάλακτος: Πρέπει να αναφερθούμε και στην κρέμα γάλακτος η οποία τυποποιείται ανάλογα με τα λιπαρά και το βούτυρο που περιέχει. Η κλασική (heavy cream) περιέχει λιπαρά που υπερβαίνουν το 35% ενώ στην αγορά κυκλοφορούν και με χαμηλά λιπαρά που φτάνουν μέχρι το 10%. Στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης υπάρχουν κρέμες «διπλές» (double cream) με περισσότερο από 42% λιπαρά ή και κρέμες «δεμένες» που χρησιμοποιούνται όπως το βούτυρο.
10. Για vegetarian και όχι μόνο: Τα τελευταία χρόνια οι vegetarian και οι αλλεργικοί στα γαλακτοκομικά προϊόντα χρησιμοποιούν είδη γάλακτος μη ζωϊκής προέλευσης όπως είναι το γάλα σόγιας, ρυζιού, αμυγδάλου και βρώμης τα οποία διατίθενται στα Super Market και σε όλα τα καταστήματα υγιεινών τροφών.



- a. Από σόγια. Το γάλα σόγιας είναι γνωστό παγκοσμίως και είναι παρόμοιο με το αγελαδινό. Έχει λιγότερη χοληστερόλη και ασβέστιο από το αγελαδινό και γι' αυτό το λόγο ενισχύεται πάντα με ασβέστιο. Συνήθως κυκλοφορεί με γεύση βανίλιας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ζαχαροπλαστική ως υποκατάστατο του αγελαδινού.
- b. Από ρύζι: Το γάλα ρυζιού περιέχει μικρότερη ποσότητα πρωτεΐνης και είναι πιο γλυκό από το γάλα σόγιας και του αμυγδάλου. Επίσης, η υφή του είναι πιο «νερουλή» και πολύ καλό υποκατάστατο του αγελαδινού γάλακτος στην ζαχαροπλαστική.
- c. Από αμύγδαλο: Το γάλα του αμυγδάλου παράγεται από την συμπίεση αμυγδάλων ή άλλων καρπών και με την προσθήκη νερού. Είναι περισσότερο κρεμώδες από τα υπόλοιπα και έχει έντονη γεύση των ξηρών καρπών.
- d. Από καρύδα: Το γάλα καρύδας είναι ένα ακόμα παράδειγμα vegetarian γάλακτος και μάλιστα με την ευρύτερη χρήση παγκοσμίως, ιδιαίτερα στην Ασία. Χρησιμοποιείται τόσο στη μαγειρική όσο και στην ζαχαροπλαστική. Μάλιστα, σε πολλές χώρες της Νοτιοανατολικής Ασίας αποτελεί βασικό στοιχείο της εθνικής τους κουζίνας [1], [9].

#### 1.4.γ. ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Προϊόντα με βάση το γάλα, νοούνται τα προϊόντα εκείνα που προέρχονται αποκλειστικά και μόνο από γάλα στο οποίο είναι δυνατόν να προστίθενται ουσίες που είναι απαραίτητες για την παρασκευή τους, εφόσον οι ουσίες αυτές δεν χρησιμοποιούνται για να αντικαταστήσουν όλο ή εν μέρει κάποιο συστατικό του γάλακτος [10].

Η επεξεργασία των γαλακτοκομικών προϊόντων αναφέρεται στην μετατροπή του ακατέργαστου γάλακτος σε προϊόντα γάλακτος σε ρευστή μορφή, καθώς και σε γαλακτοκομικά προϊόντα όπως το τυρί, το γιαούρτι, το βούτυρο, το παγωτό και κατεψυγμένα προϊόντα [11].

Τα κυριότερα προϊόντα της γαλακτοβιομηχανίας είναι:

- α) Το τυρί
- β) Το γιαούρτι
- γ) Το βούτυρο
- δ) Το ανθόγαλο

ε) Το παγωτό

Η βιομηχανία γάλακτος είναι σημαντικός τομέας στην οικονομική ανάπτυξη μιας χώρας και ουσιαστικός παράγοντας στην τροφική αλυσίδα, λόγω της μεγάλης ποικιλίας βασικών ειδών διατροφής που παράγει με βάση το γάλα, τη νούμερο ένα διατροφική ουσία για τον άνθρωπο. Η εξέλιξη της παραγωγής γάλακτος σημειώνει συνεχή πρόοδο. Σήμερα οι γαλακτοβιομηχανίες σ' όλο τον κόσμο συγκροτούν τεράστιες επιχειρήσεις. Οι πρόοδοι στη τεχνολογία, η ποιότητα των βοσκοτόπων, οι καλλιέργειες, οι κλιματικές και υδρολογικές συνθήκες, αυξάνουν την παραγωγή γάλακτος κάθε χρόνο και ευρύνουν το φάσμα των προϊόντων που διατίθενται στον καταναλωτή [12].

## 2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ- ΕΠΙΜΟΛΥΝΤΕΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

### 2.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΠΙΜΟΛΥΝΤΩΝ

Οι κίνδυνοι επιμόλυνσης των τροφίμων είναι μικροβιολογικής, χημικής και φυσικής προέλευσης όπως:

1. Παθογόνα βακτήρια και άλλοι μικροοργανισμοί, καθώς και τοξίνες μικροοργανισμών
2. Υπολείμματα φυτοφαρμάκων και διάφορες άλλες τοξικές ουσίες και χημικοί επιμολυντές.
3. Ξένα σώματα, έντομα κτλ.

Οι κίνδυνοι της παραγωγικής αλυσίδας των τροφίμων παρουσιάζονται είτε στις α' και β' ύλες ή επιμολύνουν τα τρόφιμα κατά τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, ή κατά τις διενέργειες όπως στη μεταφορά, στη παραλαβή, στην αποθήκευση των α' και β' υλών, στη προετοιμασία, στην επεξεργασία, στην αποθήκευση αλλά και στη διανομή των τελικών προϊόντων. Η επιμόλυνση προέρχεται από το περιβάλλον, τον εξοπλισμό και το προσωπικό λόγω κακών χειρισμών [12].

#### 2.1.α. ΦΥΣΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ

Ως φυσικοί κίνδυνοι περιγράφονται συχνά τα ξένα αντικείμενα. Περιλαμβάνουν οποιαδήποτε φυσικά υλικά, τα οποία δεν βρίσκονται υπό φυσιολογικές συνθήκες στα τρόφιμα και μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες ή τραύματα στον καταναλωτή.

Οι πιο σημαντικοί φυσικοί κίνδυνοι, οι επιπτώσεις τους στην υγεία του καταναλωτή και οι πηγές προέλευσής τους είναι:

- a. Το γυαλί, μπορεί να προκαλέσει τομές και αιματώματα για τα οποία μπορεί να απαιτηθεί χειρουργική επέμβαση για την απομάκρυνσή του και προέρχεται από τις φιάλες και διάφορα σκεύη.
- b. Το ξύλο, μπορεί να προκαλέσει τομές, μόλυνση, πνιγμό και προέρχεται από τα χωράφια, τις παλέτες, τα κουτιά, τα κτίρια γενικά.
- c. Οι πέτρες, προκαλούν είτε πνιγμό είτε σπάσιμο των δοντιών και προέρχονται από τα χωράφια και τα κτίρια.
- d. Τα μέταλλα, προκαλούν τομές και μολύνσεις και προέρχονται από μηχανήματα και σύρματα.

- e. Τα έντομα, προκαλούν αρρώστιες και πνιγμούς και προέρχονται από τα χωράφια και τις εγκαταστάσεις.
- f. Τα κοκάλια, προκαλούν τραύματα και προέρχονται από την λανθασμένη επεξεργασία.
- g. Τα διάφορα πλαστικά, προκαλούν μολύνσεις και τομές και για αυτά ευθύνονται τα χωράφια, τα υλικά συσκευασίας, οι παλέτες και οι εργαζόμενοι.
- h. Οι ρύποι του προσωπικού που προκαλούν τομές, σπάσιμο των δοντιών, πνιγμό και ευθύνονται οι εργαζόμενοι.
- i. Άλλοι φυσικοί κίνδυνοι είναι το μαλλί, το χαρτί, η σκόνη, το χρώμα, το γράσο και η σκουριά.

Οι πηγές των φυσικών κινδύνων περιλαμβάνουν:

- τις ακατέργαστες πρώτες ύλες,
- το νερό,
- το δάπεδο της εγκατάστασης,
- τα μηχανήματα,
- τα υλικά κατασκευής του κτιρίου και
- το εργατικό προσωπικό. [12]

Οι μέθοδοι για τον έλεγχο των φυσικών κινδύνων περιλαμβάνουν την ικανοποίηση των προδιαγραφών για τις πρώτες ύλες και των έλεγχου αυτών, σε συνδυασμό με τις εγγυήσεις και τις πιστοποιήσεις των προμηθευτών.

Επίσης, είναι διαθέσιμα πολυάριθμα προληπτικά μέτρα για την ανίχνευση και απομάκρυνση συγκεκριμένων φυσικών κινδύνων:

- Ανιχνευτές μετάλλων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό και την αφαίρεση μεταλλικών αντικειμένων από τα τρόφιμα, με σωστή τοποθέτησή τους σε κατάλληλο σημείο της γραμμής παραγωγής. Πιο σύγχρονοι είναι οι ανιχνευτές με την χρήση ακτινών Χ. Αυτοί μπορούν να σπάσουν όχι μόνο μεταλλικά αντικείμενα, αλλά και πέτρες, γυαλιά, θραύσματα από κοκάλια και άλλα ξένα υλικά. Το βασικό μειονέκτημά τους είναι το σχετικά υψηλό κόστος αγοράς.

- Ο αποτελεσματικός έλεγχος για έντομα και τρωκτικά και η απομάκρυνση ξένων αντικειμένων από το περιβάλλον καλλιέργειας είναι επίσης ουσιώδη μέτρα.
- Τέλος, η εκπαίδευση και οι πρακτικές υγιεινής των εργαζομένων πρέπει να περιλαμβάνουν την γνώση για την αποφυγή εισόδου φυσικών κινδύνων στα τρόφιμα.

Από τις 3 κατηγορίες κινδύνων, οι φυσικοί κίνδυνοι ανιχνεύονται πιο συχνά κατά την παραγωγή των τροφίμων, εξαιτίας των πολλών ευκαιριών που εμφανίζονται για μόλυνση από ξένα αντικείμενα. Παρόλα αυτά, οι βιολογικοί κίνδυνοι τυγχάνουν μεγαλύτερης προσοχής, λόγω της δυνατότητας πολλαπλασιασμού των μικροοργανισμών στο τρόφιμο και της επίδρασής τους σε μεγαλύτερο αριθμό καταναλωτών. Για παράδειγμα, μια πέτρα ή ένα κομμάτι γυαλί σε ένα πακέτο λαχανικών μπορεί να προκαλέσει τραύμα σε έναν καταναλωτή, αλλά επηρεάζει μόνο ένα άτομο και το τραύμα είναι σχετικά μικρό. Αντίθετα, η μόλυνση με σαλμονέλλα μίας διεργασίας παστερίωσης γάλακτος μπορεί να επηρεάσει πολλές χιλιάδες καταναλωτών, ενώ επίσης ορισμένες ασθένειες που θα προκληθούν μπορούν να οδηγήσουν ακόμα και στον θάνατο [13]

## 2.1.β. ΧΗΜΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ

Όλα τα τρόφιμα αποτελούνται από χημικές ουσίες, μερικές από τις οποίες μπορεί να είναι τοξικές. Από την άλλη πλευρά, σε διάφορα τρόφιμα προστίθενται χημικές ουσίες που δεν επιτρέπεται να βρεθούν στα τρόφιμα, ενώ για ορισμένες χημικές ουσίες έχουν θεσπιστεί ανώτατα επιτρεπτά όρια.

Οι δύο κύριες κατηγορίες χημικών κινδύνων για τα τρόφιμα είναι:

- a. οι φυσικά απαντώμενες χημικές ουσίες και
- b. οι πρόσθετες χημικές ουσίες.

Και οι δύο αυτές κατηγορίες μπορούν να προκαλέσουν χημικές δηλητηριάσεις, εάν η παρουσία τους στα τρόφιμα υπερβεί το επιτρεπτό όριο.

Οι φυσικά απαντώμενες τοξικά ουσίες περιλαμβάνουν μια ποικιλία χημικών ουσιών φυτικής, ζωικής ή μικροβιακής προέλευσης. [12].

Οι πρόσθετες χημικές ουσίες, είναι μία κατηγορία χημικών κινδύνων που περιλαμβάνει τις ουσίες που προστίθενται στα τρόφιμα σε κάποιο σημείο μεταξύ της καλλιέργειας, της συγκομιδής, της παραγωγής, της αποθήκευσης και της διανομής. Αυτές οι ουσίες γενικά δεν

θεωρούνται επικίνδυνες, εάν έχουν ακολουθηθεί οι κατάλληλες συνθήκες χρήσης τους. Πιθανός κίνδυνος εμφανίζεται μόνο στην περίπτωση κακής εφαρμογής τους ή στην περίπτωση που έχουν ξεπεραστεί τα ανώτατα επιτρεπτά όρια χρήσης στα τρόφιμα.

Οι κυριότερες προσθετές χημικές ουσίες που είναι δυνατόν να αποβούν επικίνδυνες:

- Γεωργικά χημικά: εντομοκτόνα, παρασιτοκτόνα, μυκητοκτόνα, λιπάσματα, αντιβιοτικά και οι ορμόνες ανάπτυξης. Οι ουσίες αυτές μπορεί να προκαλέσουν δηλητηριάσεις.
- Απαγορευμένες ουσίες: Η άμεση ή έμμεση χρήση των ουσιών αυτών είναι απαγορευμένη από κώδικες και κανονισμούς, επειδή αποτελούν πιθανό υψηλό κίνδυνο για την δημόσια υγεία (πχ αντιβιοτικά) ή επειδή δεν έχει ακόμα εξακριβωθεί επιστημονικά, εάν είναι ασφαλής η χρήση τους στα τρόφιμα.
- Τοξικά στοιχεία και ενώσεις: αυτές οι ενώσεις είτε απαγορεύεται εντελώς η παρουσία τους στα τρόφιμα, είτε έχουν θεσπιστεί μέγιστες ανοχές. Οι πιο επικίνδυνοι εκπρόσωποι της κατηγορίας αυτής είναι ο μόλυβδος (ως αντιπαρασιτικό φυτοφάρμακο), ο υδράργυρος και το κάδμιο.
- Πρόσθετα τροφίμων: Προστίθενται στα τρόφιμα για την συντήρηση, την βελτίωση της γεύσης και του χρώματος και την αύξηση της θρεπτικής αξίας αυτών (π.χ βιταμίνες, μέταλλα). Για τα άμεσα αυτά πρόσθετα καθώς και για τα έμμεσα προστιθέμενα χημικά, όπως λιπαντικά, καθοριστικά, απολυμαντικά, έχουν θεσπιστεί ανώτατα επιτρεπτά όρια.
- Υλικά συσκευασίας: Τα υλικά συσκευασίας πρέπει να εξετάζονται από άποψη χημικής σύστασης για να διαπιστώνεται εάν είναι ασφαλή καθώς και να λαμβάνεται υπόψη η περίπτωση διάχυσης ορισμένων συστατικών από το μέσο συσκευασίας προς το τρόφιμο, καθώς και η επίδραση της θερμοκρασίας, του φωτός, του ψύχους και άλλων παραγόντων πάνω στο υλικό συσκευασίας. Μερικές φορές παράγονται μέσα συσκευασίας που έχουν καρκινογόνες ουσίες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το παραφινωμένο χαρτί και το PVC [13].

Παρόλα αυτά, οι διεργασίες της παραγωγής έχουν πολύ μικρά αποτελέσματα στην απομάκρυνση των υπολειμμάτων των αντιβιοτικών, που χορηγούνται στα ζώα. Απαιτείται εφαρμογή καλών συνθηκών επεξεργασίας και αποθήκευσης, ώστε να αποφεύγονται οι ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης ορισμένων τοξινών(αφλατοξίνες, σκομβροτοξίνες) [12].

### 2.1.γ. ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ

Οι χημικοί και οι φυσικοί κίνδυνοι γίνονται εύκολα αντιληπτοί και μπορούν να ελεγχθούν άμεσα. Αντίθετα οι μικροβιακοί κίνδυνοι δεν είναι άμεσα ελέγξιμοι και απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή. Οι μικροοργανισμοί που αποτελούν μικροβιολογικούς κινδύνους για τα τρόφιμα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Βακτήρια
2. Ιοί
3. Παράσιτα

Μικροβιολογικός κίνδυνος υψηλής επικινδυνότητας και σοβαρότητας ορίζεται ως ο κίνδυνος που σχετίζεται με την παρουσία παθογόνου μικροοργανισμού ή τοξίνης σε τρόφιμο, το οποίο, όταν καταναλωθεί, προκαλεί σοβαρές ασθένειες σε υγιή άτομα ή σε άτομα υψηλής επικινδυνότητας.

Μικροβιολογικός κίνδυνος μέτριας επικινδυνότητας και σοβαρότητας ορίζεται ως ο κίνδυνος, η παρουσία του οποίου σε ένα τρόφιμο και η κατανάλωση αυτού οδηγούν σε παροδικές- και με μη σοβαρά συμπτώματα- ασθένειες σε υγιή άτομα [14].

Οι κύριες πηγές παθογόνων μικροοργανισμών στα τρόφιμα είναι:

- οι ακατέργαστες ζωικές πρώτες ύλες,
- το έδαφος,
- ο αέρας,
- η σκόνη,
- το νερό,
- τα ακάθαρτα μηχανήματα επεξεργασίας,
- οι επιφάνειες εργασίας,
- το προσωπικό παραγωγής και
- η πιθανή παρουσία εντόμων ή τρωκτικών στο χώρο του εργοστασίου.

Οι παράγοντες στους οποίους οφείλεται η παρουσία μικροοργανισμών στα τρόφιμα μπορούν να διακριθούν σε εσωτερικούς (περιεκτικότητα των τροφίμων σε νερό, σε θρεπτικά συστατικά για τους μικροοργανισμούς, σε αντιμικροβιακά συστατικά και η βιολογική κατασκευή των τροφίμων) που εξαρτώνται από τα τρόφιμα και σε εξωτερικούς που εξαρτώνται από τις συνθήκες περιβάλλοντος, στο οποίο διατηρούνται τα συγκεκριμένα

τρόφιμα (θερμοκρασία, σχετική υγρασία και η σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα στο χώρο όπου διατηρούνται τα τρόφιμα).

Οι μικροοργανισμοί μπορούν να καταστραφούν με θερμική επεξεργασία ή ξήρανση. Μετά την εξαφάνιση των μικροοργανισμών πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την αποφυγή της επαναμόλυνσης του τροφίμου. Εάν δεν είναι δυνατόν να εξαφανιστεί τελείως ο κίνδυνος από το τρόφιμο, πρέπει τουλάχιστον να ανασταλεί η μικροβιακή ανάπτυξη και η παραγωγή τοξινών.

Οι συνθήκες υπό τις οποίες γίνεται η συσκευασία του τροφίμου (αερόβιες ή αναερόβιες) και η θερμοκρασία αποθήκευσης (ψύξη ή κατάψυξη) επιδρούν επίσης στην αναστολή της ανάπτυξης των μικροοργανισμών. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί κατατάσσονται γενικά σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τη διεργασία που απαιτείται για την καταστροφή τους :

1. στην κατηγορία των μικροοργανισμών μολυσματικού τύπου, οι οποίοι μπορούν να απενεργοποιηθούν με εφαρμογή σωστής παστερίωσης, και
2. στην κατηγορία των μικροοργανισμών τοξικού τύπου, οι οποίοι δεν μπορούν να απενεργοποιηθούν με τη συνήθη παστερίωση [15].

### **2.1.γ.1. ΒΑΚΤΗΡΙΑ**

Οι κίνδυνοι από βακτήρια μπορούν να προκαλέσουν στον άνθρωπο μολύνσεις ή δηλητηριάσεις. Η τροφική μόλυνση προκαλείται με πρόσληψη ενός σημαντικού αριθμού παθογόνων μικροοργανισμών που έχουν πολλαπλασιαστεί στο τρόφιμο, ενώ η τροφική δηλητηρίαση προκαλείται με πρόσληψη τοξινών που παράγονται και εκκρίνονται από συγκεκριμένα βακτήρια, όταν αυτά έχουν πολλαπλασιαστεί σε επαρκή αριθμό στο τρόφιμο. Οι περισσότερες τοξίνες είναι πρωτεϊνικής φύσης ή περιέχουν πρωτεϊνικά συστατικά. Διακρίνονται σε ενδοτοξίνες που αποτελούν τα συστατικά του βακτηριακού κυττάρου και ελευθερώνονται μόνο με την καταστροφή του, και σε εξωτοξίνες που παράγονται μέσα στο βακτηριακό κύτταρο, αλλά εξέρχονται γρήγορα από αυτό και διέρχονται στο τρόφιμο. Οι εξωτοξίνες είναι πολύ πιο τοξικές από τις ενδοτοξίνες, είναι θερμοευαίσθητες και μπορούν να καταστραφούν με θέρμανση στους 60-80 °C για 1 ώρα. Οι ενδοτοξίνες είναι λιγότερο τοξικές, περισσότερο θερμοάντοχες και συνήθως προκαλούν ήπια μορφή τοξίνωσης πχ με συμπτώματα διάρροιας [15].



### **2.1.γ.2. ΙΟΙ**

Οι ιοί έχουν κυτταρική οργάνωση, αποτελούνται από ένα μόριο DNA ή ένα μόριο RNA, που εγκλείεται σε περίβλημα αποτελούμενο από σάκχαρα πρωτεΐνες και λίπη. Αναπτύσσονται σε κύτταρο ξενιστή, και ως εκ τούτου είναι αδρανή στα τρόφιμα, όπου δεν μπορούν να πολλαπλασιαστούν. Μερικοί ιοί μπορούν να αδρανοποιηθούν με καλό μαγείρεμα του τροφίμου και άλλοι με ζήρανση. Απευθείας μόλυνση του τροφίμου μπορεί να γίνει από εργαζόμενο που έχει μολυνθεί από τον ιό, ενώ έμμεση μόλυνση πραγματοποιείται, όταν το τρόφιμο έρθει σε επαφή με ανεπεξέργαστα απόβλητα [15].

### **2.1.γ.3. ΠΑΡΑΣΙΤΑ**

Τα παράσιτα είναι οργανισμοί που αντλούν την τροφή τους από τον ξενιστή. Ενδιαφέρον για την βιομηχανία τροφίμων εμφανίζουν τα πρωτόζωα, οι νηματώδεις σκώληκες και οι κεστώδεις σκώληκες. Μερικά παράσιτα περνούν ένα μεγάλο μέρος του κύκλου ζωής τους στα ζώα και έτσι λαμβάνονται μαζί με το τρόφιμο. Οι κυριότερες μέθοδοι για την αποφυγή μετάδοσής τους στα τρόφιμα είναι: ορθή πρακτική προσωπικής υγιεινής από τους εργαζόμενους στη διάθεση και επεξεργασία των αποβλήτων, ενώ το καλό μαγείρεμα και η κατάψυξη βοηθούν στην καταστροφή των υπαρχόντων παράσιτων [15].

### **2.1.δ. ΤΟΞΙΝΕΣ – ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΕΣ – ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΕΣ**

Ένας αριθμός μυκήτων παράγει τοξικές για τον άνθρωπο ενώσεις (μυκοτοξίνες). Μερικές από τις πιο γνωστές και μελετηθείς μυκοτοξίνες είναι οι αφλατοξίνες, οι οποίες περιλαμβάνουν μια ομάδα δομικά παρομοίων τοξικών ενώσεων που παράγονται από ορισμένα γένη μυκήτων του *Aspergillus flavus* και του *A. parasiticus*. Κάτω από ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας, οι μύκητες αυτοί αναπτύσσονται και παράγουν αφλατοξίνες σε διάφορα τρόφιμα, όπως σε φιστίκια και άλλους ελαιούχους σπόρους, καθώς και σε καλαμπόκι και βαμβακόσπορους [12].



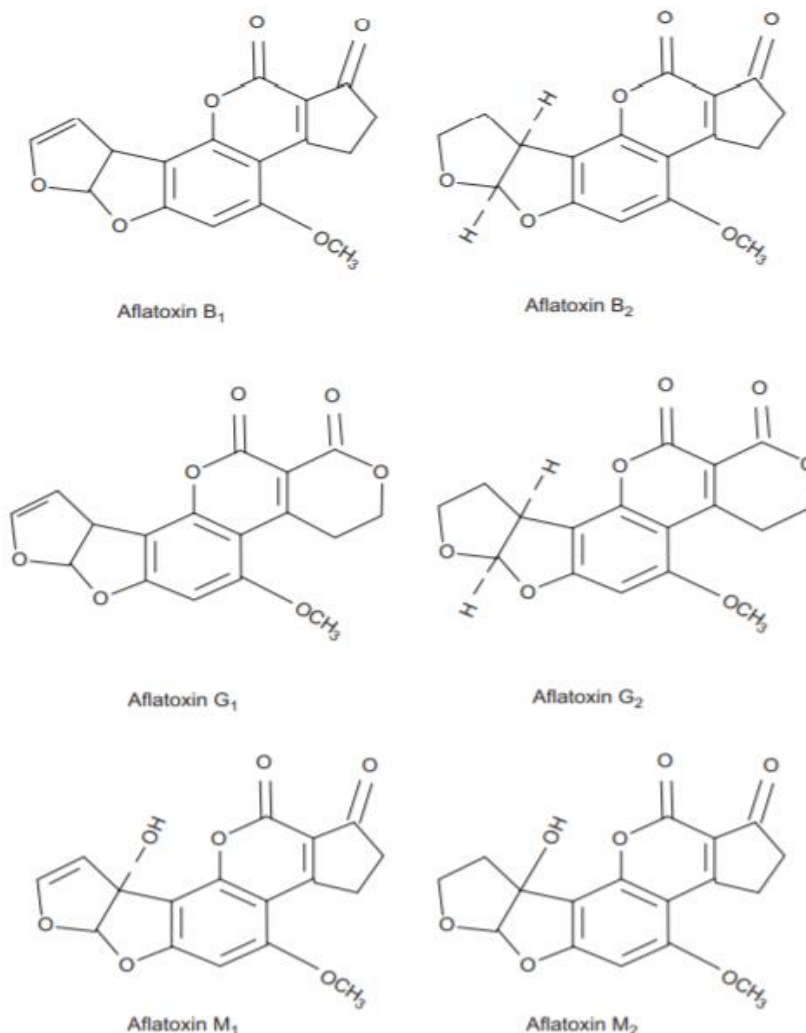
**Εικόνα 1:** φιστίκια που έχουν μολυνθεί από αφλατοξίνες  
(πηγή: <https://www.foodsafety-experts.com>)



**Εικόνα 2:** καλαμπόκι που έχει μολυνθεί από αφλατοξίνες  
(πηγή: <https://geneticliteracyproject.org>)

Αυτές οι τοξίνες μολύνουν τα γεωργικά προϊόντα και παράγουν ειδικές αφλατοξίνες B1 (AFLAB1), B2 (AFLAB2), G1 (AFLAG1) και G2 (AFLAG2). Τα ζώα που καταναλώνουν τρόφιμα μολυσμένα με AFLAB1 και AFLAB2 μπορούν να υδροξυλιώσουν αυτές τις αφλατοξίνες και να αποδώσουν γαλακτοκομικά προϊόντα μολυσμένα με αφλατοξίνες M1 (AFLAM1) και M2 (AFLAM2). Οι τοξίνες αυτές είναι υπεύθυνες για βλάβες στο 25% των καλλιεργειών τροφίμων στον κόσμο. Οι μύκητες παράγουν τις μολυσματικές τοξίνες τόσο πριν όσο και μετά τη συγκομιδή. Οι βέλτιστες θερμικές συνθήκες για ανάπτυξη μυκήτων είναι 36 έως 38°C, ενώ η μέγιστη παραγωγή τοξινών συμβαίνει στους 25 έως 27°C. Η αύξηση στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης ευνοείται από την υγρασία άνω του 85%. Οι

αφλατοξίνες είναι υπεύθυνες για μεγάλες οικονομικές απώλειες στη γεωργία στις Ηνωμένες Πολιτείες και άλλες ανεπτυγμένες χώρες, αλλά και στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η χρήση μολυσμένων σιτηρών δεν μπορεί να αποφεύγεται πάντα [17].



**Εικόνα 3:** χημική δομή των αφλατοξινών B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>

Οι αφλατοξίνες είναι γνωστό ότι προκαλούν ασθένειες ανθρώπων και ζώων. Η έκθεση σε αφλατοξίνες συμβάλλει στην ανάπτυξη καρκίνου του ήπατος καθιστώντας τις έτσι, σημαντικό παράγοντα σε ένα σημαντικό πρόβλημα δημόσιας υγείας. Η παρουσία άλλων μυκοτοξινών, ιδιαίτερα φουμονισινών, μαζί με αφλατοξίνη δημιουργούν πρόσθετες ανησυχίες για την ασφάλεια τροφίμων και ζωοτροφών [18]. Στα ζώα, η κατάποση των μολυσμένων τροφίμων με μια ορισμένη συγκέντρωση αφλατοξινών ακολουθήθηκε από τερατογένεση και ειδικά κατά τη διάρκεια της πρώτης εμβρυϊκής φάσης, εμφανίστηκαν σφάλματα διαμόρφωσης και αναρρόφηση των εμβρύων [17].

Η προφύλαξη από τις αφλατοξίνες γίνεται κυρίως με διατήρηση των συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας στους σπόρους, που εμποδίζουν την ανάπτυξη των ευρωτομυκήτων.

Άλλες τοξίνες που μπορεί να είναι επιβλαβείς για τα τρόφιμα παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Σκομβροτοξίνη (ισταμίνη)
2. Τοξίνες μανιταριών
3. Ιχθυοτοξίνες
4. Φυτοαιμαγλουτινίνες [12].

### **2.1.ε. ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΗ M1**

Η αφλατοξίνη M1 (AFM1) είναι ένας υδροξυλιωμένος μεταβολίτης της αφλατοξίνης B1 (AFB1), που απεκκρίνεται στο γάλα από τους μαστικούς αδένες τόσο των ανθρώπων όσο και των θηλαζόντων ζώων. Περίπου 0,3-6,2% της αφλατοξίνης B1 μεταβολίζεται σε αφλατοξίνη M1 και απεκκρίνεται στο γάλα.

Παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση της είναι:

- η γενετική των ζώων,
- η εποχιακή διακύμανση,
- η διαδικασία αρμέγματος και
- οι περιβαλλοντικές συνθήκες.

Ο Διεθνής Οργανισμός Έρευνας για τον Καρκίνο (IARC) έχει ταξινομήσει τις αφλατοξίνες B1 στη καρκινογόνο ομάδα [17]. Έρευνες έχουν δείξει ότι η παρουσία αφλατοξίνης M1 στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι ένα σημαντικό ζήτημα υγείας γιατί στις περισσότερες χώρες, όλες οι ηλικιακές ομάδες καταναλώνουν τακτικά αυτά τα προϊόντα στην καθημερινή τους διατροφή. Επιπλέον, το γάλα με υψηλή συγκέντρωση αφλατοξίνης M1 μπορεί στη συνέχεια να μολύνει άλλα γαλακτοκομικά προϊόντα, όπως το τυρί, το γιαούρτι και να προκαλέσει ανησυχίες σχετικά με την υγεία των καταναλωτών [19].

## 2.2. ΓΑΛΑ ΚΑΙ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΕΣ

Το γάλα είναι ένα τρόφιμο που παρέχει μακρομόρια και μικροθρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη και διατήρηση της ανθρώπινης υγείας. Ωστόσο, μπορεί επίσης να είναι ένα όχημα περιβαλλοντικών και τροφικών ρύπων, προκαλώντας διάφορες φυσιολογικές αλλοιώσεις σε άτομα που το καταναλώνουν. Οι μικροοργανισμοί που υπάρχουν στο γάλα, καθώς και οι μεταβολίτες τους, είναι σε θέση να μεταναστεύσουν στα υγρά και τους ιστούς των θηλαστικών αναπαραγωγής και στη συνέχεια να βλάψουν την υγεία τους. Υπάρχει ιδιαίτερη ανησυχία για τα παιδιά και τα βρέφη, τα οποία είναι περισσότερο ευαίσθητα από τους ενήλικες στις τοξικές επιδράσεις των μολυσματικών ουσιών όπως οι αφλατοξίνες που υπάρχουν στο γάλα [17].

## 2.3. ΓΑΛΑ ΚΑΙ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΗ M1

Το γάλα μπορεί να είναι πηγή φυσικών μολυσματικών που μπορεί να προκαλέσει ασθένειες. Η παρουσία της αφλατοξίνης M1 (AFM1) στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα σε όλο τον κόσμο είναι γνωστή από είκοσι έως τριάντα χρόνια πριν. Γάλα και γαλακτοκομικά προϊόντα που έχουν επιμολυνθεί με αφλατοξίνη M1 αποτελούν ένα σημαντικό πρόβλημα παγκοσμίως, ειδικά για τις αναπτυσσόμενες χώρες τα τελευταία δέκα έως είκοσι χρόνια. Η αφλατοξίνη M1 στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα θα μπορούσε να αποτελέσει κίνδυνο για τον άνθρωπο καθώς και την υγεία των ζώων. Η υψηλή μόλυνση στις ζωοτροφές μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά αυξημένο επίπεδο αφλατοξίνης M1 στο γάλα όταν τα ζώα τρέφονται με πολύ μολυσμένα τρόφιμα. Η αφλατοξίνη M1 φαίνεται να αποτελεί φυσική ρύπανση στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα. Τα υψηλότερα επίπεδα αφλατοξίνης M1 βρέθηκαν σε δείγματα γάλακτος σε χώρες από τη Νότια Ασία, αλλά και από Αφρικανικές χώρες. Υπάρχει ανάγκη για συνεχή παρακολούθηση των επιπέδων αφλατοξίνης στις ζωοτροφές και η ανάγκη εφαρμογής αυστηρών κανονισμών για τις μυκοτοξίνες σε αυτές τις χώρες [19].

Σημαντικό ρόλο φαίνεται να παίζει το είδος του γάλακτος για τη συγκέντρωση της αφλατοξίνης M1 στο γάλα, αφού με βάση κάποιες έρευνες φαίνεται πως η μόλυνση του δείγματος νωπού αγελαδινού γάλακτος με αφλατοξίνη M1 ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με τα δείγματα αιγών και προβάτων. Στην ίδια έρευνα τα ποσοστά αγελαδινού,

αιγείου και πρόβειου γάλακτος που υπερβαίνουν το ανώτατο όριο της ΕΕ ήταν 35,9% (23/64), 11,1% (6/56) και 26,9% (14/52), αντίστοιχα [23].

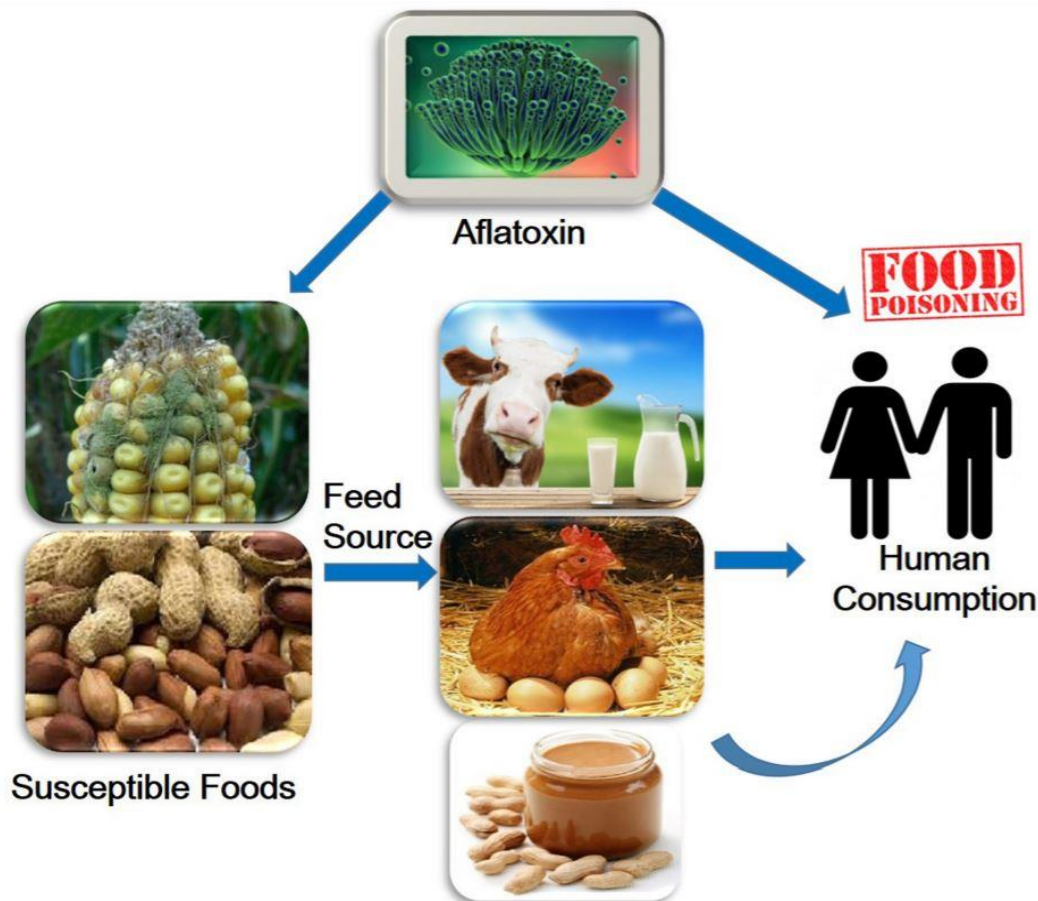
Επιπλέον, σε μια άλλη μελέτη, αναφέρθηκε ότι το επίπεδο συγκέντρωσης της αφλατοξίνης M1 στο γάλα από βουβάλια και αγελάδες ήταν μεγαλύτερο από ότι στα δείγματα γάλακτος κατσίκας, προβάτου και καμήλας. Άλλες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της μόλυνσης από αφλατοξίνη M1 στο νωπό γάλα που προέρχεται από τέσσερις πηγές (βουβάλια, αγελάδα, αίγα, πρόβατα και καμήλες) στο Πακιστάν βρήκαν τη μέση αφλατοξίνη M1 σε ωμά βουβάλια (0,013μg / L), στην αγελάδα (0,014μg / L), στη κατσίκα (0,002μg / L) και στα πρόβατα (0,002μg / L). Σε αυτή τη μελέτη, η αφλατοξίνη M1 δεν ανιχνεύτηκε στο γάλα καμήλας. Στην ίδια μελέτη ανέφεροταν ότι το 15,8% και το 20% των μολυσμένων δειγμάτων βουβάλου και αγελαδινού γάλακτος αντίστοιχα ήταν υψηλότερα από το όριο της ΕΕ [23].

Ο λόγος γι' αυτό φαίνεται να είναι ότι οι αγελάδες και οι βούβαλοι είναι συνήθως σε κλειστούς χώρους και τροφοδοτούνται από σπόρους που βρίσκονται αποθηκευμένοι ή από κατασκευασμένες ζωοτροφές που αποτελούνται από σιτάρι, καλαμπόκι και βαμβάκι που υπό ακατάλληλες συνθήκες αποθήκευσης μπορούν να μολυνθούν με μύκητες που παράγουν αφλατοξίνες. Αντιθέτως, τα πρόβατα και η καμήλα φαίνονται να είναι ένας αποτελεσματικός παράγοντας για τη μείωση των επιπέδων αφλατοξίνης M1 στο γάλα λόγω του τρόπου σίτισης τους που είναι η βοσκή [23].

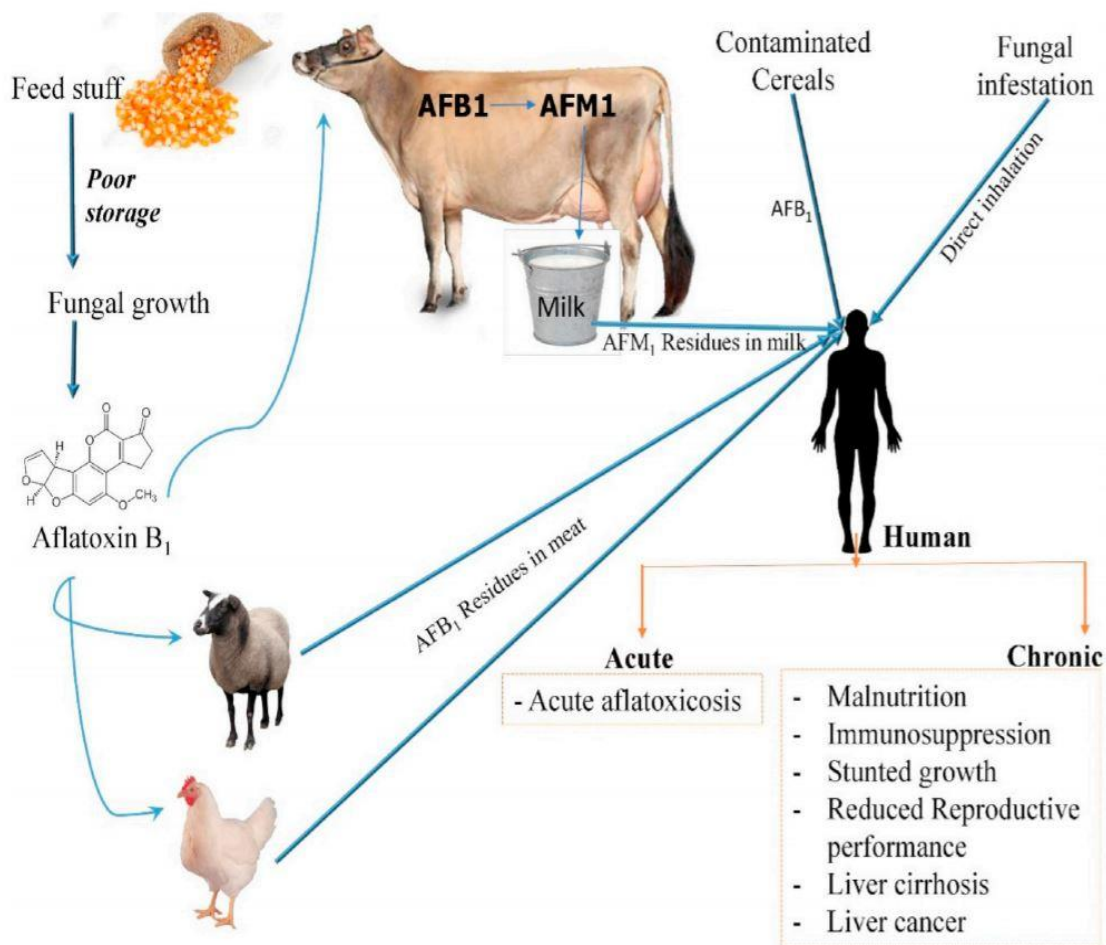
#### **2.4. ΤΡΟΠΟΣ ΕΠΙΜΟΛΥΝΣΗΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΕΣ**

Οι αφλατοξίνες βρίσκονται σε διάφορα δημητριακά, ελαιούχους σπόρους, μπαχαρικά και ξηρούς καρπούς. Η μυκητιακή μόλυνση μπορεί να συμβεί στο χωράφι ή κατά τη συγκομιδή, μεταφορά και αποθήκευση [31]. Η μόλυνση των ζωοτροφών με μυκοτοξίνες προκαλεί ανησυχία καθώς οι αλλαγές στη γεωργική πρακτική και πιθανώς οι κλιματολογικές αλλαγές φαίνεται να έχουν αυξήσει τον επιπολασμό των μυκοτοξινών. Η μόλυνση των ζωοτροφών με μυκοτοξίνες δημιουργεί σημαντικές οικονομικές απώλειες στην κτηνοτροφία, καθώς και ανεπιθύμητα στοιχεία για τις πρώτες ύλες. Διάφορα πειραματικά δεδομένα και κλινικές εφαρμογές προτείνουν ότι τα μηρυκαστικά είναι λιγότερο ευαίσθητα από άλλα είδη ζώων στις δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία που σχετίζονται με την έκθεση σε μυκοτοξίνες. Αυτή η υπόθεση βασίζεται στο συμπέρασμα ότι η χλωρίδα του στομάχου μπορεί να μετατρέψει έναν αριθμό μυκοτοξινών σε μεταβολίτες που είναι λιγότερο ισχυροί ή ακόμη και βιολογικά

αδρανείς σε κοινά επίπεδα έκθεσης. Αυτό, ωστόσο, δεν ισχύει για όλες τις μυκοτοξίνες που μολύνουν τα υλικά ζωοτροφών [29]. Η μόλυνση από αφλατοξίνες στο σιτάρι ή στο κριθάρι συμβαίνουν συνήθως λόγω ακατάλληλης αποθήκευσης. Γενικά, στο γάλα οι αφλατοξίνες αποτελούν το 1-6% της συνολικής περιεκτικότητας των ζωοτροφών. Οι αφλατοξίνες μολύνουν τον άνθρωπο μετά την κατανάλωση μολυσμένων από αφλατοξίνες τροφίμων όπως αυγά, κρέας και προϊόντα κρέατος, γάλα και γαλακτοκομικά προϊόντα. Όπως βλέπουμε και στην εικόνα παρακάτω ο άνθρωπος μπορεί είτε να δηλητηριαστεί άμεσα από τυχαία κατανάλωση τροφίμου που έχει μολυνθεί με αφλατοξίνες είτε έμμεσα μετά από την κατανάλωση τροφής που προέχεται από ζώα που έχουν τραφεί με μολυσμένες ζωοτροφές και στη συνέχεια έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή γάλακτος και άλλων γαλακτοκομικών προϊόντων. [31].



Εικόνα 4: αλυσίδα επιμόλυνσης αφλατοξινών [31].



**Εικόνα 5:** κύκλος αφλατοξινών -από τις ζωοτροφές στον άνθρωπο- και πιθανές επιπλοκές υγείας που δημιουργούν [32].

Τα τοξικά κατάλοιπα σε ζωικά προϊόντα σχετίζονται κυρίως με την κατανάλωση μολυσμένων ζωοτροφών ή ζωοτροφών (εικόνα 5). Τα προϊόντα που προέρχονται από ζώα, δηλαδή το κρέας, το γάλα και τα αυγά λαμβάνονται μετά την κατανάλωση ζωοτροφών που έπειτα από ενζυματικούς και μικροβιακούς μετασχηματισμούς οδηγούν στην παραγωγή απορροφήσιμων μεταβολιτών στο έντερο. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας θρεπτικά συστατικά, πτητικά λιπαρά οξέα και μεταβολίτες (τοξικά και ευεργετικά) απορροφώνται στην κυκλοφορία του αίματος του ζώου και μπορεί αργότερα να απεκκρίνονται μέσω ούρων και περιττωμάτων. Οι τοξίνες που δεν εκκρίνονται παραμένουν γενικά ως κατάλοιπα στα βρώσιμα όργανα και μύς. Λόγω των συγκεντρώσεων αφλατοξινών στις ζωοτροφές και ειδικότερα της αφλατοξίνης B<sub>1</sub> που μπορεί να μεταβολιστεί σε αφλατοξίνη M<sub>1</sub> στην αγελάδα μπορεί να έχουμε παραγωγή γάλακτος που περιέχει την συγκεκριμένη αφλατοξίνη και να δημιουργεί δυσμενείς επιπτώσεις και ασθένειες στον άνθρωπο (εικόνα 5). Αν και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να επιτευχθούν χαμηλά επίπεδα μόλυνσης από μυκοτοξίνες,



αυτό φάνηκε να μην επηρεάζει την ανάπτυξη ή την απόδοση των ζώων, αλλά μπορεί η αφλατοξίνη να μεταφερθεί σε ζωικά υγρά και προϊόντα ιστού. Για παράδειγμα, η παραγωγή και το βάρος των αυγών δεν επηρεάστηκαν στα φωτόκα πτηνά που τρέφονταν με 25-100 µg αφλατοξίνης ανά kg τροφής, αλλά υπήρχε υπόλειμμα στα αυγά. Αυτό υποδηλώνει την ανάγκη μείωσης του επιπέδου των μυκοτοξινών στις ζωοτροφές, ώστε να μειωθούν τα κατάλοιπά τους στο κρέας, το γάλα και τα αυγά σε «λιγότερο επικίνδυνο επίπεδο». Δυστυχώς, προς το παρόν, δεν υπάρχει νομικός κανονισμός για την αφλατοξίνη Β1 σε προϊόντα που προέρχονται από ζώα, όπως το συκώτι και το κρέας (Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2010) [32]. Τα κατάλοιπα μυκοτοξίνης ενέχουν κίνδυνο για την ασφάλεια των τροφίμων, διότι τα αυξημένα κατάλοιπα σε ζωικά προϊόντα προκαλούν οικονομικές απώλειες μέσω της απόρριψης διάθεσης στην παγκόσμια και τοπική αγορά επιδεινώνοντας τελικά τη μακροοικονομική ανασφάλεια, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Εκτός αυτού, ανησυχητικό σχετικά με τις μυκοτοξίνες είναι ότι δεν μπορούν εύκολα να καταστραφούν με θερμοκρασία, χημικές ή φυσικές θεραπείες. Παρόλο που η εφαρμογή θερμικών επεξεργασιών όπως η παστερίωση ή η υπερβολικά υψηλή θερμοκρασία μπορεί να αποικοδομήσει μερικούς μεταβολίτες της αφλατοξίνης Μ1, τα υπολείμματα είναι αρκετά σταθερά για να επιβιώσουν σε ακατέργαστο και επεξεργασμένο γάλα και βραστό αυγό. Σε τεχνολογικά προηγμένες χώρες, οι ζωοτροφές ελέγχονται συνεχώς για μυκοτοξίνες, έτσι ώστε να προστατεύεται η υγεία των ζώων και να βελτιώνεται η παραγωγικότητα καθώς και το εισόδημα των αγροτών. Η χρήση προσθέτων ζωοτροφών για την προσρόφηση τοξικών ουσιών και τοξινών εφαρμόζεται ευρέως στη βιομηχανία ζωοτροφών. Η μαγιά, τα φυτογόνα πρόσθετα ζωοτροφών, τα ένζυμα, τα αιθέρια έλαια κ.λπ., έχουν χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της παραγωγικότητας των ζώων, της πεπτικότητας, της απόδοσης των προϊόντων και για θεραπευτικούς σκοπούς παγκοσμίως. Η προσοχή αυτή δεν έχει δοθεί παγκοσμίως, όσον αφορά τη μείωση της μυκοτοξίνης στα ζώα και τα προϊόντα τους. Τα συνδεδεμένα τοξινών από εταιρείες όπως το Biomin® και το Alltech® έχουν χρησιμοποιηθεί στην τροφή για την ανακούφιση των επιπτώσεων των μυκοτοξινών. Οι αγρότες χρησιμοποιούν συνδεδεμένα ή απορροφητικά που συνδέονται με τις μυκοτοξίνες και εμποδίζουν την απορρόφησή τους μέσω του εντέρου και στην κυκλοφορία του αίματος, μειώνοντας έτσι την επίδραση των μυκοτοξινών στα ζώα. Αυτά τα αντι-μυκοτοξινικά προϊόντα χρησιμοποιούνται για την αποτοξίνωση των μολυσμένων με μυκοτοξίνη σπόρων. Ωστόσο, δεν είναι όλα τα προϊόντα αποτελεσματικά. Για παράδειγμα, περίπου 50% των μολυσμένων με UHT δειγμάτων γάλακτος βρέθηκαν να περιέχουν συγκέντρωση αφλατοξίνης

μεγαλύτερη από 0,05  $\mu\text{g} / \text{L}$ . Ως εκ τούτου, χρειάζονται οικονομικά, μη τοξικά και φιλικά προς το περιβάλλον φυσικά πρόσθετα για την πρόληψη της μόλυνσης από μυκοτοξίνες και τη μείωση των υπολειμμάτων τους σε φρέσκα και μεταποιημένα ζωικά προϊόντα όπως γάλα, κρέας και αυγό [32].

## 3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ-ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ

### 3.1. ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ

Οι αφλατοξίνες είναι μη πρωτεϊνικές ενώσεις και έχουν χαμηλό μοριακό βάρος. Είναι διαλυτές στο νερό και μέτρια πολικοί οργανικοί διαλύτες όπως η μεθανόλη, το διμεθυλοσουλφοξείδιο και το βενζόλιο. Οι αφλατοξίνες είναι αρκετά σταθερές σε πολλά τρόφιμα και αρκετά ανθεκτικές κατά τη διάρκεια της θερμικής επεξεργασίας όπως στη παστερίωση, στην επεξεργασία UHT, στο ψήσιμο, αλλά και κατά την ψύξη.

Αυτοί οι τοξικοί μεταβολίτες μπορούν να παράγονται σε όλες τις φάσεις παραγωγής, συμπεριλαμβανομένης της προ-συγκομιδής, της συγκομιδής, αλλά και της αποθήκευσης και της περαιτέρω επεξεργασίας που μπορεί να υποστούν.

Η φυσική ανάπτυξη των μυκήτων και στη συνέχεια, η παραγωγή αφλατοξινών επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως:

1. τη γεωγραφική θέση,
2. τις περιβαλλοντικές συνθήκες (π.χ. υψηλή θερμοκρασία, υγρασία και σχετική υγρασία),
3. τη χημική σύνθεση του υποστρώματος,
4. τον μικροβιακό ανταγωνισμό,
5. τις μηχανικές βλάβες και
6. τα έντομα.

Επιπλέον, η ποσότητα αφλατοξινών μπορεί επίσης να εξαρτάται από:

1. το pH,
2. τη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα και οξυγόνου και από
3. τη χρήση φυτοφαρμάκων και μυκητοκτόνων .

Μεταξύ αυτών, η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία είναι οι πιο σημαντικοί παράγοντες για την παραγωγή των αφλατοξινών. Οι μύκητες που παράγουν αφλατοξίνες δεν μπορούν να αναπτυχθούν ή να αναπαράγουν αφλατοξίνες σε θερμοκρασίες κάτω των 13°C ή άνω των 45°C και επίσης σε σχετική υγρασία κάτω από 70% [23].

Οι αφλατοξίνες μπορεί να είναι οξείες και χρόνια τοξικές. Η αφλατοξίνη B1 (AFLAB1) είναι ένα από τα πιο γνωστά ισχυρά ηπατο-καρκινογόνα και ως εκ τούτου, η μακροχρόνια χρόνια έκθεση σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα αφλατοξινών στη διατροφή είναι σημαντική για την ανθρώπινη υγεία. Η αφλατοξίνη M1 είναι κυτταροτοξική, όπως καταδεικνύεται στα ανθρώπινα ηπατοκύτταρα in vitro και η οξεία τοξικότητά του σε πολλά είδη είναι παρόμοια με εκείνη της αφλατοξίνης B1. Σε έρευνες σε παπάκια και αρουραίους, η οξεία τοξικότητα της αφλατοξίνης M1 ήταν παρόμοια ή ελαφρώς μικρότερη από αυτή της αφλατοξίνης B1. Η αφλατοξίνη M1 μπορεί επίσης να προκαλέσει βλάβη στο DNA, γονιδιακή μετάλλαξη, χρωμοσωμικές ανωμαλίες και μετασχηματισμούς κυττάρων σε θηλαστικά κύτταρα in vitro, σε έντομα, και λιγότερο σε ευκαρυωτικούς οργανισμούς και βακτήρια. Ωστόσο, η αφλατοξίνη M1 είναι λιγότερο μεταλλαξιογόνα και γονιδιοτοξική από την αφλατοξίνη B1. Στην αξιολόγησή της, η Επιτροπή Codex για Πρόσθετα και Μολυσματικά δήλωσε ότι η καρκινογόνος δράση της αφλατοξίνης M1 σε ευαίσθητα είδη είναι περίπου μία τάξη μικρότερου μεγέθους από εκείνη της αφλατοξίνης B1 [20]. Η AFLAB1 ταξινομείται ως Ομάδα 1 (καρκινογόνο για τον άνθρωπο), ενώ η AFLAM1 ταξινομείται ως ομάδα 2B (ενδεχομένως καρκινογόνο για τους ανθρώπους) [17].

### 3.2. ΠΡΟΛΗΨΗ ΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ

Η αφλατοξίνη M1 στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα έχει αναγνωριστεί ως ένα σημαντικό ζήτημα δημόσιας υγείας για περισσότερο από 30 χρόνια. Ο έλεγχος της αφλατοξίνης M1 στο γάλα είναι σημαντικός για την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του εμπορίου. Η πρόληψη της μόλυνσης του γάλακτος μέσω της αποφυγής της μόλυνσης των ζωοτροφών από μύκητες είναι η καλύτερη μέθοδος ελέγχου, ωστόσο αυτό είναι δύσκολο να αποφευχθεί σε ορισμένες χώρες [24].

Γι' αυτό το λόγο πρέπει να εφαρμοστούν προληπτικά μέτρα για τη μείωση της ανάπτυξης μυκήτων και στη συνέχεια της παραγωγής αφλατοξινών B1 σε γεωργικά προϊόντα που προορίζονται για ζωοτροφές. Μια ενδιαφέρουσα πρόταση για την πρόληψη των αφλατοξινών στον αραβόσιτο και κατά συνέπεια και της αφλατοξίνης M1 στο γάλα, είναι η μέθοδος βιολογικού ελέγχου που περιλαμβάνει εμβολιασμούς πεδίου με ατοξινογόνα στελέχη του *A. flavus*. Ορισμένα σχετικά πρόσφατα άρθρα επικεντρώνονται στη στρατηγική καταστολής τοξικογόνων στελεχών και στη μείωση της παραγωγής αφλατοξινών στον αραβόσιτο. Σε μία πρόσφατη έρευνα παρακολούθηθηκε ο αποικισμός

του aflatoxigenic *A. flavus* στελέχους AF70 με πράσινη φθορίζουσα πρωτεΐνη (GFP) παρουσία atoxigenic AF36. Αυτό που παρατηρήθηκε ήταν ότι το AF70-GFP μέσα στον πυρήνα καταργήθηκε κατά 82% όταν

συν-εμβολιάστηκε με AF36. Κατά συνέπεια η καταστολή ανάπτυξης του AF70-GFP αντιστοιχούσε σε 73% καταστολή της παραγωγής αφλατοξίνης [30].

Η επεξεργασία γάλακτος που περιέχει AFM1 είναι ένα εναλλακτικό μέτρο ελέγχου, ωστόσο, δεν υπάρχει καμία εγκεκριμένη μέθοδος έως σήμερα σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες. Ο στόχος είναι να επιτευχθεί μια μέθοδος θεραπείας που να είναι αποτελεσματική αλλά να μην επηρεάζει την οργανοληπτική ποιότητα του γάλακτος [24].

Υπάρχουν πολλές στρατηγικές για τη μείωση της αφλατοξίνης M1 στο γάλα, ωστόσο, οι περισσότερες δεν είναι σε θέση να καταστρέψουν πλήρως την αφλατοξίνη M1 και πιθανώς μπορούν να δημιουργήσουν επιπλέον κίνδυνο για την ασφάλεια των τροφίμων. Κάποιες από αυτές τις στρατηγικές παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Η κατεργασία με υπεροξείδιο του υδρογόνου μπορεί να μειώσει έως και το 100% της αφλατοξίνης M1 στο γάλα, αλλά απαιτεί υψηλή δόση του, που μπορεί να αφήσει ένα υπόλειμμα στο γάλα και δημιουργείται ανησυχία για την ανθρώπινη υγεία.
2. Η μαγιά σε συνδυασμό με τα βακτήρια γαλακτικού οξέος μπορούν να μειώσουν έως και στο 100% το ποσοστό της αφλατοξίνης M1 στο γάλα, ωστόσο, η μείωση βασίζεται στη σύνδεση μεταξύ των μικροοργανισμών και της αφλατοξίνης M1, και αυτή η δέσμευση είναι αναστρέψιμη.
3. Το όζον και το υπεριώδες φως αποικοδομούν την αφλατοξίνη M1 στο γάλα αλλάζοντας τη δομή της τοξίνης αλλά η αποτελεσματικότητά της πρέπει να βελτιωθεί.

Επιπλέον, πολλές θεραπείες που χρησιμοποιούνται για τη μείωση της αφλατοξίνης M1 μπορεί να αλλοιώσουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος [24].

Είναι απαραίτητο να αποσαφηνιστεί ο μηχανισμός αυτών των μεθόδων που αλλάζουν τη δομή της τοξίνης, καθώς και να προσδιοριστούν οι οργανοληπτικές επιδράσεις που προκύπτουν εξαιτίας αυτών των κατεργασιών του γάλακτος.

4. Τα μικροβιακά εκχυλίσματα που περιέχουν ένζυμα φαίνονται πολλά υποσχόμενα για την αποδόμηση της αφλατοξίνης και είναι σχεδόν απίθανο να βλάψουν το γάλα. Η κατεργασία με ένζυμα πιστεύεται ότι μεταβάλλει τη δομή της αφλατοξίνης μειώνοντας την τοξικότητα της. Τα μικροβιακά εκχυλίσματα έχουν χρησιμοποιηθεί για την απενεργοποίηση της αφλατοξίνης M1 σε τυπικό διάλυμα, αλλά δεν έχουν χρησιμοποιηθεί ποτέ στο γάλα.
5. Κατά την κατεργασία με κρύο πλάσμα φαίνεται πως η φυσική και χημική ποιότητα του γάλακτος δεν έχει δείξει αξιοσημείωτες αλλαγές στο pH, το χρώμα και τα λιπαρά οξέα. Αυτά τα οφέλη σε συνδυασμό με τη φιλική προς το περιβάλλον φύση του κρύου πλάσματος υποδηλώνουν ότι αυτή η μέθοδος μπορεί να είναι η προτιμώμενη επιλογή για την αποικοδόμηση της αφλατοξίνης M1 στο γάλα και για το ζήτημα της ασφάλειας των τροφίμων. Το κρύο πλάσμα ωστόσο, δεν έχει εφαρμοστεί ποτέ για την αποικοδόμηση της αφλατοξίνης M1 στο γάλα, αλλά έχει χρησιμοποιηθεί για τη μείωση της της αφλατοξίνης B1 σε άλλα δείγματα τροφίμων [24].
6. Η μείωση της αφλατοξίνης B1 στις ζωοτροφές είναι ακόμη μία επιλογή για τη μείωση της αφλατοξίνης M1 στο γάλα. Το κρύο πλάσμα έχει χρησιμοποιηθεί για την αποικοδόμηση της αφλατοξίνης B1 σε καλαμπόκι και φουντούκια [17].

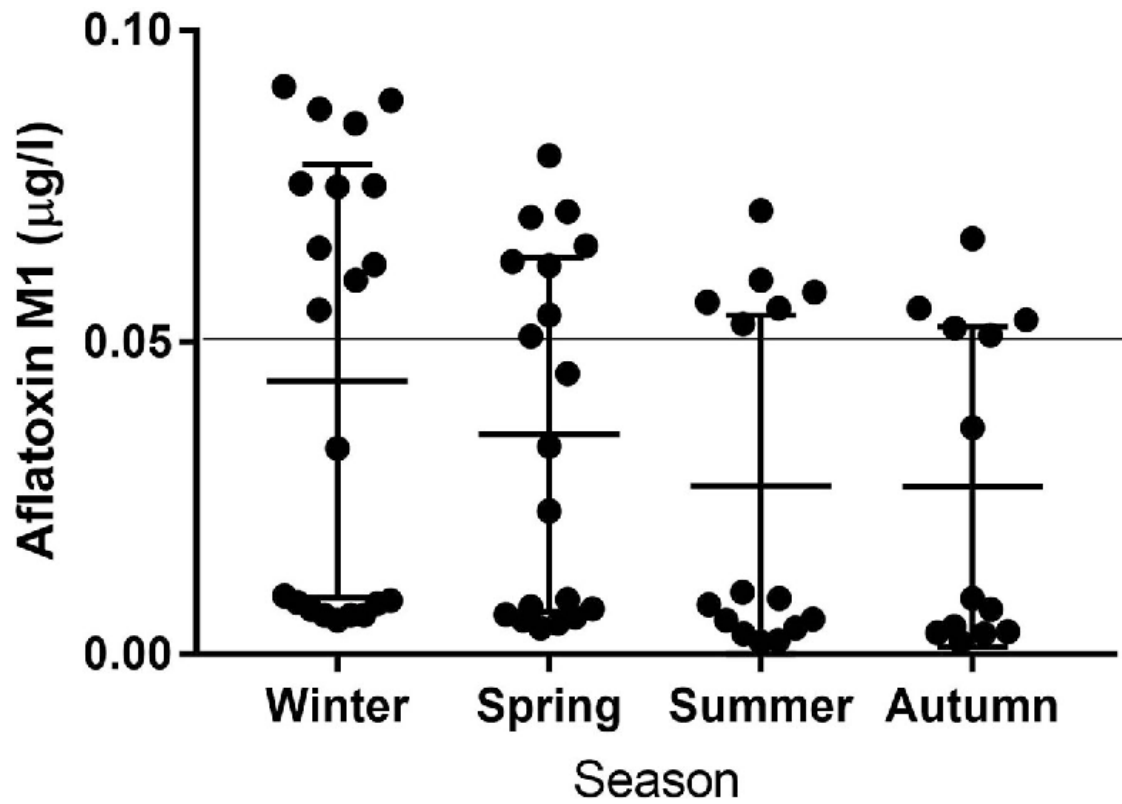
Τέλος, για την πρόληψη της τοξικότητας της αφλατοξίνης ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας συνέστησε την μείωση των επιπέδων αφλατοξίνης M1 στο γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο πιθανός κίνδυνος που δημιουργεί. Οι τοξικές και οι καρκινογόνες επιδράσεις έχουν αποδειχθεί εκτενώς σε πολλά είδη, ιδιαίτερα σε νεαρά ζώα. Εδώ, λοιπόν υπάρχει μια μεγάλη ανησυχία σχετικά με την υγεία των παιδιών, λαμβάνοντας υπόψη την υψηλή κατανάλωση γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων, το χαμηλό βάρος τους και τη μεγάλη τους ευαισθησία στις αφλατοξίνες [17].

### **3.3. ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΩΝ M1**

Σε μία έρευνα που διεξήχθη το 2019 αξιολογήθηκε η εμφάνιση και η εποχικότητα της αφλατοξίνης M1 στο γάλα από αγροκτήματα με υποτροπικό (μακρά ζεστά και

ξηρά καλοκαίρια και μικρής διάρκειας υγρούς και ήπιους χειμώνες) και εύκρατο κλίμα. Συλλέχθηκαν σαράντα δείγματα νωπού γάλακτος από δεξαμενές ψύξης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού εκ των οποίων τα 5 δείγματα προερχόταν από υποτροπικό κλίμα και 14 από εύκρατο, ενώ το χειμώνα συλλέχθηκαν 6 δείγματα από υποτροπικό κλίμα και 15 από εύκρατα και στη συνέχεια αναλύθηκαν. Οι ερευνητές στη συγκεκριμένη έρευνα παρατήρησαν ότι η AFM1 ανιχνεύθηκε στο 87,50% των αναλυθέντων ωστόσο, η συγκέντρωσή της σε όλα τα δείγματα ήταν κάτω από το ανώτατο όριο που επιτρέπεται από την ευρωπαϊκή νομοθεσία (50 ng/L) και τη Βραζιλία (500 ng/L). Δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στα επίπεδα της AFM1 μεταξύ των δειγμάτων που βρίσκονται στις δύο κλιματικές ζώνες, τόσο το καλοκαίρι όσο και το χειμώνα [26].

Αντιθέτως, σε μία άλλη έρευνα που διεξήχθη κατά τη διάρκεια του 2018 στο Ιράν εξετάστηκε η παρουσία της αφλατοξίνης M1 στις 4 εποχές του χρόνου. Για αυτό το λόγο συλλέχθηκαν 100 δείγματα παστεριωμένου γάλακτος (25 ανά εποχή) κατά την άνοιξη, το καλοκαίρι, το φθινόπωρο και το χειμώνα από Super Market που βρίσκονται στην πόλη Maragheh του βορειοδυτικού Ιράν. Τα δείγματα αξιολογήθηκαν για τη συγκέντρωση αφλατοξίνης M1 με μέθοδο υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (HPLC) και με φθοριομετρική ανίχνευση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι περίπου 44% (11,25) δειγμάτων το χειμώνα, 32% (8,25) δειγμάτων την άνοιξη, 24% (6,25) δειγμάτων το καλοκαίρι και 20% (5,25) δειγμάτων το φθινόπωρο είχαν συγκεντρώσεις AFM1 που ξεπέρασαν το όριο (0,05 μg /l) που καθορίζεται από τα πρότυπα της Ευρωπαϊκής και της Επιτροπής Codex Alimentarius και του Ιράν. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης μας υποδηλώνουν υψηλό επίπεδο μόλυνσης αφλατοξίνης M1 στο παστεριωμένο γάλα σε όλες τις εποχές του χρόνου κάτι που μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι η παροχή γάλακτος σε γαλακτοκομικά εργοστάσια παρέχεται από γαλακτοκομικές που έχουν χαμηλή ποιότητα ζωοτροφών. Στο Ιράν, το παστεριωμένο γάλα καταναλώνεται περισσότερο από όλα τα γαλακτοκομικά προϊόντα και από όλες τις ηλικιακές ομάδες, γεγονός που το θέτει ένα σημαντικό κίνδυνο για τη δημόσια υγεία [27].



Εικόνα 6: Συγκέντρωση αφλατοξίνης M1 στις 4 εποχές του χρόνου [27].



## 4<sup>Ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ-ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Από τις μυκοτοξίνες, οι αφλατοξίνες ήταν οι πρώτες που ρυθμίστηκαν, μια διαδικασία που ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του 1960. Για πολλά χρόνια, κανονισμοί για άλλες μυκοτοξίνες παρέμειναν σπάνιοι. Αυτή η κατάσταση αλλάζει τώρα, και οι μυκοτοξίνες για τις οποίες επί του παρόντος προτείνονται ενεργά όρια και κανονισμοί περιλαμβάνουν τις φυσικές αφλατοξίνες, την αφλατοξίνη Μ1, το άγαρ οξύ, τη δεοξυνιβαλενόλη, τη διακετοξυσιρπενόλη, τα αλκαλοειδή, τις φουμονισίνες (Β1, Β2 και Β3), τη τοξίνη ΗΤ-2, την ωχρατοξίνη Α, τη πατουλίνη, τις φαμοψίνες, τη στρεπτιγματοκυστίνη, τη τοξίνη Τ-2 και τη ζεαραλενόνη [18].

### 4.1. ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία κατατάσσει τις μυκοτοξίνες στους επιμολυντές των τροφίμων (Καν. 1881/2006). Οι τρέχουσες επιστημονικές και τεχνικές γνώσεις καθώς και οι εφαρμοζόμενες πρακτικές παραγωγής και αποθήκευσης, δεν μπορούν να αποκλείσουν την ανάπτυξη των διαφόρων μυκήτων και κατά συνέπεια δεν είναι δυνατό να απαλειφθούν πλήρως οι μυκοτοξίνες από τα τρόφιμα και τις ζωοτροφές. Συνιστάται επομένως να περιορίζεται η παρουσία τους στο κατώτατο εφικτό επίπεδο. Η μείωση της έκθεσης του ανθρώπου σε αυτού του είδους τις τοξικές ουσίες αποτελεί μέγιστη προτεραιότητα με ταυτόχρονη μείωση των ορίων. Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω επιπτώσεις στον άνθρωπο θεωρείται σκόπιμο να περιοριστεί τόσο η συνολική περιεκτικότητα σε μυκοτοξίνες στα τρόφιμα, όσο και η περιεκτικότητα σε κάποιες συγκεκριμένες τοξίνες (αφλατοξίνη Β1). Επιπλέον, παρά το γεγονός ότι η αφλατοξίνη Μ1 θεωρείται γονοτοξική καρκινογόνος ουσία ίση ή λιγότερο επικίνδυνη από ότι η αφλατοξίνη Β1, είναι απαραίτητο να αποφευχθεί η περιεκτικότητά της στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα που προορίζονται για κατανάλωση από ανθρώπους και ιδίως από μικρά παιδιά. Αναμφίβολα πρέπει να ληφθούν υπ' όψη και οι πιο ευαίσθητες ομάδες του πληθυσμού και κυρίως τα βρέφη. Η θέσπιση των μέγιστων ορίων για την παρουσία των μυκοτοξινών στα τρόφιμα αποτελεί μια σύνθετη υπόθεση. Για την οριοθέτηση των μέγιστων συγκεντρώσεων απαιτείται συνυπολογισμός και εκτίμηση πολλών παραγόντων όπως τα τοξικολογικά δεδομένα, ο μεταβολισμός αυτών των ουσιών και η οξεία και χρόνια τοξικότητα. Παράλληλα πρέπει να υπάρχει σύνδεση των παραπάνω με την παρουσία των τοξινών στα τρόφιμα και την ποσότητα στην οποία εκτίθενται οι καταναλωτές. Σήμερα δεν είναι γνωστό κάποιο όριο κάτω από το οποίο να μην

παρατηρούνται αρνητικές επιδράσεις στην υγεία του καταναλωτή από τις μυκοτοξίνες, συνεπώς δεν μπορεί να οριστεί ανεκτή ημερήσια πρόσληψη [20].

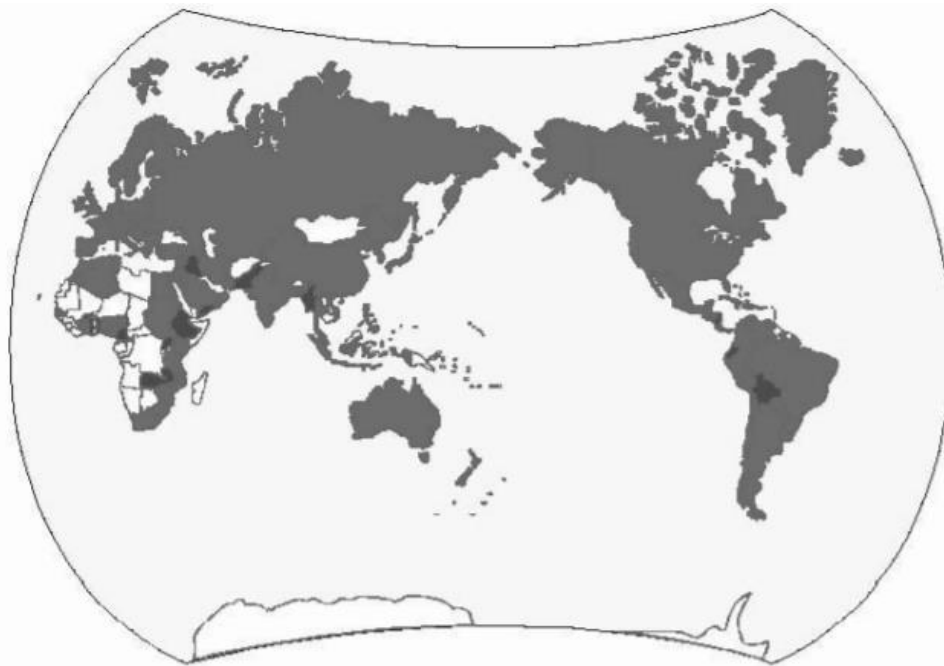
Η Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων καθόρισε ένα όριο για την αφλατοξίνη M1 0,05  $\mu\text{g}/\text{kg}$  για το γάλα και ένα μεταβλητό όριο για το τυρί, ανάλογα με τη συγκέντρωση που προκαλείται από τη διαδικασία ξήρανσης ή τη μεταποίηση. Στον παρόντα κανονισμό η Επιτροπή δήλωσε ότι «ακόμη και αν η αφλατοξίνη M1 θεωρείται λιγότερο επικίνδυνη γονοτοξική καρκινογόνος ουσία από την αφλατοξίνη B1, είναι απαραίτητο να αποφευχθεί η παρουσία της στο γάλα και, κατά συνέπεια, στα γαλακτοκομικά προϊόντα, που προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο και ιδίως για μικρά παιδιά». Η Επιτροπή όρισε επίσης ένα όριο για την αφλατοξίνη B1 5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  για συμπληρωματικές ζωοτροφές και για γαλακτοπαραγωγά βοοειδή που θηλάζουν. Ωστόσο, αυτό το επίπεδο ανοχής είναι δύσκολο να παρατηρηθεί επειδή η μέση ημερήσια ατομική πρόσληψη σε ένα κοπάδι θα πρέπει να περιορίζεται σε 40  $\mu\text{g}$  αφλατοξίνης B1 ανά αγελάδα, προκειμένου να παράγει γάλα με λιγότερο από 0,05  $\mu\text{g}/\text{kg}$  αφλατοξίνη M1 [20].

Για τη θέσπιση των μέγιστων ορίων λαμβάνονται υπ' όψη πολλοί διαφορετικοί επιστημονικοί οργανισμοί, αρχές και άλλα σώματα, τα οποία συμπεριλαμβάνονται σε αυτή τη διαδικασία. Μία περίληψη για την τοξικολογική εκτίμηση των μυκοτοξινών με αναφορά στην επίδρασή τους στην υγεία του ανθρώπου και στο περιβάλλον πραγματοποιείται με τη συνεργασία μεταξύ των ακόλουθων οργανισμών:

- Διεθνές Πρόγραμμα για την Χημική Ασφάλεια
- Διεθνής Οργανισμός για την Έρευνα του Καρκίνου
- Κοινή Επιτροπή FAO/WHO (Διεθνής Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας & Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας) για τα Πρόσθετα Τροφίμων και τους Επιμολυντές τους εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αυτή η εκτίμηση διεξάγεται υπ' ευθύνη της Επιστημονικής Επιτροπής Τροφίμων και επιπλέον αρκετές ομάδες και εξουσιοδοτημένες ειδικές επιτροπές από όλα τα κράτη μέλη προετοιμάζουν τις προτάσεις.

## 4.2. ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Τα πορίσματα των επιστημονικών μελετών από όλο τον κόσμο συντείνουν στο ότι η παρουσία μυκοτοξινών στα τρόφιμα θέτει σε σοβαρό κίνδυνο την υγεία των καταναλωτών. Αυτό έχει οδηγήσει τόσο σε εντατικούς ελέγχους όσον αφορά την παρουσία τους στα διάφορα τρόφιμα όσο και στην καθιέρωση ορίων, όπως και στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Νομοθετικοί κανονισμοί για τις μυκοτοξίνες υπάρχουν σε πάνω από 100 χώρες παγκοσμίως. Στις ανεπτυγμένες χώρες του κόσμου, όπου το προσδόκιμο ζωής έχει αυξηθεί σε συνδυασμό με την βελτίωση της ποιότητας ζωής παρατηρείται μεγαλύτερη προσπάθεια όσον αφορά τον έλεγχο των αφλατοξινών. Αντίθετα στο μεγαλύτερο ποσοστό των αναπτυσσόμενων χωρών, κύριο μέλημα αποτελεί η καταπολέμηση της φτώχειας και των ασθενειών με αποτέλεσμα να μην έχουν καθιερωθεί ευρέως, κανονισμοί για τις μυκοτοξίνες γενικότερα ή να μην είναι το ίδιο αυστηροί. Εντούτοις, αν και η θέσπιση των ανώτερων ορίων είναι αποτέλεσμα συνεργασίας πολλών φορέων παρατηρούνται διαφορετικά όρια ανάμεσα στα διάφορα κράτη. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι στις Η.Π.Α. το μέγιστο επιτρεπτό όριο για την παρουσία αφλατοξινών ανέρχεται στα 20 ppb για τρόφιμα και ζωοτροφές, ενώ για τα κελυφωτά φιστίκια στα κράτη της Ε.Ε. στα 2 ppb για την αφλατοξίνη B1 και 4 ppb για το άθροισμα των αφλατοξινών. Αυτό σημαίνει ότι στην Ε.Ε. τα όρια είναι 5 φορές χαμηλότερα απ' ό τι στις Η.Π.Α. Παράλληλα ο αρμόδιος αμερικανικός φορέας έχει θέσει ως όριο για την αφλατοξίνη M1 στο γάλα και τα συναφή προϊόντα την τιμή 0,5 μg/kg , ενώ στην Ε.Ε. η αντίστοιχη τιμή είναι 0,05 μg / kg. Στην πράξη, τα διαφορετικά όρια, που έχουν θεσπιστεί στις διάφορες χώρες του κόσμου προκαλούν ενδεχόμενα προβλήματα στο διεθνές εμπόριο, εις βάρος συνήθως των λιγότερο αναπτυγμένων χωρών [18].



**FIGURE 5.1** Countries with and without regulations for aflatoxins. Light gray, known to have regulations; dark gray, known to have no specific regulations; white, unknown.

**Εικόνα 7:** Απεικόνιση χωρών που έχουν θεσπιστεί όρια για τις αφλατοξίνες (ανοιχτό γκρι- με συγκεκριμένες συστάσεις, σκούρο γκρι-χωρίς συγκεκριμένα όρια, λευκό-άγνωστο).

### 4.3. ΕΠΙΤΡΕΠΤΑ ΟΡΙΑ

Τον Φεβρουάριο του 2001, μια ειδική συνεδρία JECFA (Κοινή Επιτροπή Εμπειρογνομόνων της Διεθνούς Οργάνωσης Τροφίμων και Γεωργίας & του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας για τα Πρόσθετα Τροφίμων) αφιερώθηκε στις μυκοτοξίνες. Οι μυκοτοξίνες που αξιολογήθηκαν ή επανεκτιμήθηκαν σε αυτήν την 56η συνάντηση του JECFA περιλάμβαναν τις φουμονισίνες B1, B2, B3 και B4, την ωχρατοξίνη A, τη δεοξυनिβαλενόλη, τις τοξίνες T-2 και HT-2 και την αφλατοξίνη M1. Η αξιολόγηση της αφλατοξίνης M1 ήταν η πιο ενδιαφέρουσα, καθώς η JECFA ανταποκρίθηκε σε αίτημα της Επιτροπής Codex για τα Πρόσθετα Τροφίμων και Μολυσματικών ουσιών κατά την 32<sup>η</sup> Συνεδρία για «εξέταση της έκθεσης στην αφλατοξίνη M1 και διενέργεια ποσοτικής αξιολόγησης κινδύνου» για σύγκριση της εφαρμογής δύο προτύπων για τη μόλυνση του γάλακτος (0,05 µg / kg και 0,5 µg / kg, όρια που ισχύουν σήμερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση και τις Ηνωμένες Πολιτείες, αντίστοιχα). Οι υπολογισμοί έδειξαν ότι, με τις χειρότερες υποθέσεις, οι προβλεπόμενοι κίνδυνοι για καρκίνο του ήπατος που οφείλονται στη χρήση των προτεινόμενων μέγιστων επιπέδων αφλατοξίνης M1 0,05 µg / kg και 0,5 µg / kg είναι

πολύ μικρές και δεν θα αποκτηθεί σημαντικό όφελος για την υγεία εάν το όριο των 0,5 µg / kg μειωθεί στα 0,05 µg / kg [18].

Σε σύγκριση με το 1995, τα μέγιστα ανεκτά επίπεδα για την αφλατοξίνη B1 στα τρόφιμα δεν άλλαξε δραματικά έως το 2003, αν και το εύρος των ορίων μειώθηκε ελαφρώς (1 έως 20 µg / kg) και τα 2 µg / kg είναι πλέον ένα όριο σε ισχύ σε 29 χώρες. Οι περισσότερες από αυτές τις χώρες ανήκουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση ή της Ευρωπαϊκής Ζώνης Ελεύθερων Συναλλαγών (ΕΖΕΣ) ή είναι υποψήφιες Χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, πολλές από τις οποίες έχουν ήδη εναρμονίσει τους εθνικούς τους κανονισμούς με την Ευρωπαϊκή Ένωση εν αναμονή της μελλοντικής τους ένταξης. Ένα άλλο σημαντικό όριο είναι ορατό στα 5 µg / kg, το οποίο ακολουθείται από 21 χώρες και έχει εξαπλωθεί σε Αφρική, Ασία/Ωκεανία, Λατινική Αμερική και Ευρώπη. Οι Ηνωμένες Πολιτείες και ο Καναδάς δεν έχουν ούτε ένα όριο για την αφλατοξίνη B1 [18].

Στην εικόνα 8 παρουσιάζονται οι κανονισμοί σχετικά με την ύπαρξη αφλατοξίνης M1 σε γάλα και γαλακτοκομικά προϊόντα σε διάφορες χώρες του κόσμου.

| Country         | Milk (µg/kg) | Dairy Products (µg/kg)   | References                 |
|-----------------|--------------|--|----------------------------|
| European Union  | 0.05         | 0.25   | European Commission (2004) |
| United States   | 0.05         | 0.50   | US FDA (1996)              |
| Iran            | 0.05         | 0.25 (Cheese)<br>0.50 (Milk powder)                              | Bahrani et al. (2016a,b)   |
| Turkey          | 0.05         | 0.25 (Cheese)  | Kocasari et al. (2012)     |
| Italy           | 0.05         | 0.25 (Cheese)  | Anfossi et al. (2012)      |
| Pakistan        | 0.05         | 0.50   | Iqbal et al. (2013)        |
| Honduras        | 0.05         | 0.25 (Cheese)  | Sadia et al. (2012)        |
| Brazil          | 0.05         | 0.50   | Iha et al. (2011)          |
| Switzerland     | 0.05         | 0.25 (Cheese)<br>0.025 (Milk whey and products)<br>0.02 (Butter) | Campagnollo et al. (2016)  |
| The Netherlands | 0.05         | 0.02 (Butter)<br>0.02 (Cheese)                                   | Iqbal et al. (2015)        |
| Austria         | 0.05         | 0.02 (Butter)<br>0.25 (Cheese)                                   | Dashti et al. (2009)       |
| Argentina       | 0.05         | 0.50   | Londoño et al. (2013)      |
| China           | 0.05         | 0.50   | Han et al. (2013)          |

**Εικόνα 8:** όρια αφλατοξίνης M1 ανά χώρα για το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα.

Οι κανονισμοί για την αφλατοξίνη M1 παρατηρούνται τώρα σε 60 χώρες. Είναι και πάλι η Ευρωπαϊκή Ένωση, η ΕΖΕΣ και οι υποψήφιες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης που

συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην μεγαλύτερη κορυφή που φαίνεται στην Εικόνα 9 παρακάτω στο 0,05 µg / kg, αλλά και ορισμένες άλλες χώρες στην Αφρική, την Ασία και τη Λατινική Αμερική έχουν εφαρμόσει επίσης αυτό το όριο. Το άλλο όριο κορυφής είναι 0,5 µg / kg. Αυτό το υψηλότερο ρυθμιστικό επίπεδο εφαρμόζεται στις Ηνωμένες Πολιτείες και σε πολλές ασιατικές και ευρωπαϊκές χώρες, και συχνότερα στη Λατινική Αμερική. Η δεκαπλάσια διαφορά μεταξύ των δύο πιο επικρατέστερων ορίων για την αφλατοξίνη M1, η οποία υπάρχει εδώ και πολλά χρόνια, οδήγησε σε συζητήσεις στο που οδήγησαν στο αίτημά τους προς την JECFA να επανεκτιμήσουν τον κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία εξαιτίας της αφλατοξίνης M1. Εκτός από αυτά τα ρυθμιστικά επίπεδα υπο-µg / kg, μερικές χώρες ανέφεραν σε μία έρευνα ότι ρυθμίζουν την αφλατοξίνη M1 στο γάλα σε επίπεδα 5 και 15 µg / kg. Αυτά τα επίπεδα δεν είναι ρεαλιστικά, και μάλλον είναι λάθη που θα πρέπει να προσαρμοστούν κατά τη διάρκεια των σταδίων διόρθωσης του εγγράφου που έχει συνταχθεί για το επερχόμενο έγγραφο FAO [18].

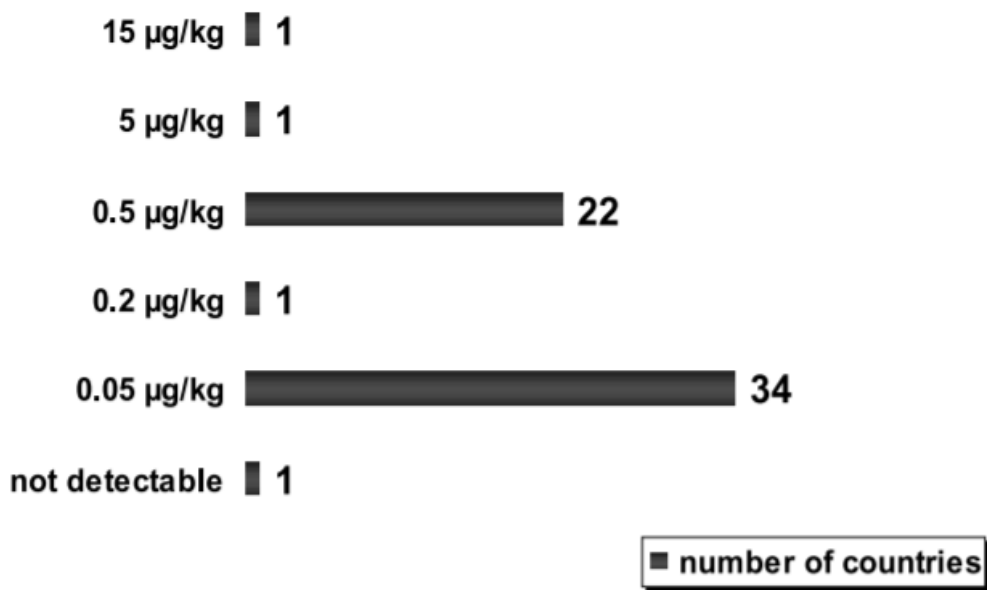


FIGURE 5.4 Occurrence of specific limits for aflatoxin M<sub>1</sub> in milk.

**Εικόνα 9:** Όρια επίπεδων αφλατοξίνης M1 στο γάλα.

Ο περιορισμός της αφλατοξίνης B1 στις ζωοτροφές είναι το πιο αποτελεσματικό μέσο ελέγχου της αφλατοξίνης M1 στο γάλα. Ένα όριο 5 µg / kg κυριαρχεί στο μοτίβο κατανομής των κανονισμών αφλατοξίνης B1. Αυτό το όριο εφαρμόζεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στις χώρες της ΕΖΕΣ, ακολουθείται σε πολλές από τις υποψήφιες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και εμφανίζεται μόνο σποραδικά εκτός Ευρώπης. Η αυστηρή εφαρμογή είναι συνήθως αποτελεσματική για να διασφαλιστεί ότι τα επίπεδα αφλατοξίνης M1 στο γάλα

παραμένουν κάτω από 0,05 µg / kg (όπου αυτές οι χώρες έχουν θέσει το αντίστοιχο όριο τους για την αφλατοξίνη M1 στο γάλα) [18].

#### 4.4. ΤΗΡΗΣΗ ΜΕΤΡΩΝ

Η παρουσία της αφλατοξίνης M1 στο ζωικό γάλα έχει αναφερθεί σε αρκετές μελέτες παγκοσμίως. Σε μία ανασκόπηση όπου αναλύθηκαν 22.189 δείγματα γάλακτος από ολόκληρο το κόσμο για μόλυνση από αφλατοξίνη M1, τουλάχιστον 9,8% από αυτά (2190 δείγματα) υπερέβησαν το όριο που έχει καθοριστεί από την Ε.Ε. (0,05 mg / kg). Ο μεγαλύτερος αριθμός των δειγμάτων που δοκιμάστηκαν προήλθαν από την Ευρώπη (61,1%) ενώ ο μικρότερος αριθμός δειγμάτων που προέκυψαν προήλθε από την Αφρική, συνεισφέροντας 4,4% του συνολικού αριθμού δειγμάτων.

Όσον αφορά τον αριθμό των δειγμάτων ανά ήπειρο που υπερβαίνει το όριο που ορίστηκε από την Ε.Ε., τουλάχιστον 1709 προέρχονταν από την Ασία (7,7% των συνολικών δειγμάτων και 26,8% των ασιατικών δειγμάτων) 253 από την Αφρική (1,1% των συνολικών δειγμάτων και 25,8% των αφρικανικών δειγμάτων), 119 από την Ευρώπη (0,5% των συνολικών δειγμάτων και 0,9% των ευρωπαϊκών δειγμάτων) και 109 από την Αμερική (0,5% των συνολικών δειγμάτων και 8,6% των Αμερικανικών δειγμάτων). Μπορεί να παρατηρηθεί ότι η Ασία αντιπροσωπεύει το υψηλότερο ποσοστό δειγμάτων γάλακτος που υπερβαίνει το όριο [21].

Οι χώρες με τα υψηλότερα επίπεδα αφλατοξίνης M1 στο γάλα ανά ήπειρο έχουν αναφερθεί ως εξής:

Ινδία (Ασία) σε επίπεδα 48.000 ng / L

Αίγυπτος (Αφρική), έως 8000 ng / L

Βραζιλία (Αμερική), έως 1000 ng / L και στην

Ευρώπη, η Αλβανία κατέγραψε τα υψηλότερα επίπεδα, φτάνοντας τα 850 ng / kg.

Τα τελευταία 5 χρόνια στο Σουδάν, το Ιράν, το Πακιστάν, στη Κίνα και στη Βραζιλία εντοπίστηκαν υψηλά επίπεδα αφλατοξίνης M1 (510-6900 ng/L) που υπερβαίνουν όχι μόνο τη νομοθεσία της ΕΕ αλλά και τα ανώτατα όρια των ΗΠΑ.

Όσον αφορά τον τύπο και την προέλευση των δειγμάτων γάλακτος, η παρουσία της αφλατοξίνης M1 μελετήθηκε σε δείγματα γάλακτος από αγελάδες και άλλα είδη όπως

πρόβατα, αίγες και βουβάλια. Η συγκέντρωση της αφλατοξίνης M1 βρέθηκε ότι ήταν πάνω από το ευρωπαϊκό όριο σε ένα τουλάχιστον δείγμα κάθε τύπου γάλακτος [21].

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει μία ακόμη έρευνα όπου αναλύει το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια των τελευταίων 3 ετών παρατηρήθηκαν στη Σερβία υψηλές συγκεντρώσεις αφλατοξίνης M1 στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την περιοδική αλλαγή των επίσημων κανονισμών σχετικά με τα ανώτατα επίπεδα (ML) της αφλατοξίνης M1, όπως ορίζονται από τη Σερβική Κυβέρνηση. Ο στόχος αυτής της μελέτης ήταν να συγκρίνει την εμφάνιση της αφλατοξίνης M1 στο νωπό γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα κατά τη διάρκεια του 2015 και επίσης να προσδιορίσει εάν υπάρχουν κάποιες διαφορές στα επίπεδα της αφλατοξίνης M1 μεταξύ των εποχών. Τα επίπεδα της AFM1 υπερέβη τα συνιστώμενα ml της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο 29,3% του νωπού γάλακτος και στο 4,2% των δειγμάτων γαλακτοκομικών προϊόντων. Τα υψηλότερα επίπεδα της AFM1 στο νωπό γάλα βρέθηκε κατά τη διάρκεια της φθινοπωρινής περιόδου, ενώ κατά το υπόλοιπο του 2015, ήταν σημαντικά χαμηλότερο. Παρόλο που η βελτίωση της ασφάλειας των γαλακτοκομικών προϊόντων ήταν εμφανής το 2015 σε σύγκριση με το 2013 και το 2014, η αιτία των υψηλών συγκεντρώσεων στο νωπό γάλα παρέμεινε άλυτο. Το πρόβλημα των υψηλών επιπέδων AFM1 στο νωπό γάλα που εμφανίστηκε κατά τη διάρκεια του δεύτερου μέρους του έτους 2015, πιθανώς οφείλεται στη χρήση μολυσμένου αραβοσίτου για τη διατροφή ζώων που θηλάζουν [25].

Ωστόσο, στη συγκεκριμένη μελέτη τα επίπεδα αφλατοξίνης M1 στα γαλακτοκομικά προϊόντα ήταν σημαντικά χαμηλότερο σε σύγκριση με το νωπό γάλα. Έτσι, οι ερευνητές οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι παρά τα υψηλό επίπεδο AFM1 στο νωπό γάλα, οι επεξεργαστές γαλακτοκομικών προϊόντων αρνήθηκαν να δεχτούν μολυσμένο νωπό γάλα για να διασφαλίσουν ότι τα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι ασφαλή [25].

Συστήνεται στο μέλλον οι αγρότες να αναθέτουν περισσότερες ευθύνες στους παραγωγούς, τους εμπόρους και τους προμηθευτές ζωοτροφών για να τους αποφευχθούν έτσι οικονομικές απώλειες [25].



#### 4.5. ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΩΝ

Σύμφωνα με την κατευθυντήρια γραμμή της Ευρωπαϊκής Επιτροπής , η οποία κάνει συγκεκριμένες συστάσεις για τις αποδόσεις σχετικά με την ανάκτηση μυκοτοξινών, όταν η αφλατοξίνη M1 εντοπίζεται σε επίπεδα συγκέντρωσης μεγαλύτερα από 0,05 mg/ L, η συνιστώμενη τιμή ανάκτησης είναι 70-110%. Τα αποτελέσματά μας δείχνουν ανακτήσεις που διατηρήθηκαν σε αποδεκτά επίπεδα. Περαιτέρω, όταν είναι απαραίτητη η ανάκτηση μυκοτοξινών με διαφορετικές πολικότητες, η αποτελεσματικότητα μπορεί να διακυβευθεί λόγω μεγαλύτερης ή μικρότερης συγγένειας κάθε μυκοτοξίνης. Αυτό συμβαίνει στην περίπτωση των αποτελεσμάτων ανάκτησης, καθώς τα επίπεδα μόλυνσης αυξήθηκαν. Σε μία μελέτη, η αφλατοξίνη M1 έδειξε υψηλότερες ανακτήσεις σε σύγκριση με την αφλατοξίνη B1, γεγονός που ήταν ήδη αναμενόμενο, καθώς οι συνθήκες της επίσημης μεθόδου σχεδιάστηκαν για να ποσοτικοποιήσουν την αφλατοξίνη M1. Ωστόσο, επιβεβαιώθηκε ότι το AFLAB1 μπορεί επίσης να ποσοτικοποιηθεί με αξιόπιστες αναλυτικές συνθήκες [17].

## 5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ-ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

### 5.1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΗ M1

**Θερμική επεξεργασία:** Τα αποτελέσματα των μελετών σχετικά με τη θερμική επεξεργασία γαλακτοκομικών προϊόντων σχετικά με την ποσότητα αφλατοξίνης M1 είναι ασαφή, αλλά οι περισσότερες μελέτες δείχνουν ότι θεραπείες όπως η παστερίωση και η αποστείρωση δεν προκαλούν σημαντική αλλαγή στην ποσότητα αφλατοξίνης M1 σε αυτά τα προϊόντα [20].

**Αποθήκευση σε χαμηλή θερμοκρασία:** Μελέτες σχετικά με τη σταθερότητα της αφλατοξίνης M1 στο γάλα κατά τη διάρκεια ψυχρής και κατεψυγμένης αποθήκευσης έχουν δώσει ποικίλα αποτελέσματα. Λόγω της μεταβλητότητάς τους, δεν μπορεί να διεξαχθεί τελικό συμπέρασμα από τα αποτελέσματα αυτών των μελετών. Ωστόσο, η αποθήκευση μολυσμένου γάλακτος και άλλων γαλακτοκομικών προϊόντων σε κατάψυξη για μερικούς μήνες δεν φάνηκε να επηρεάζει το περιεχόμενό τους σε αφλατοξίνη M1 [20].

**Κατασκευή γαλακτοκομικών προϊόντων με ζύμωση:** Μελέτες έχουν δείξει ότι δεν υπήρξε σημαντική μείωση της περιεκτικότητας σε αφλατοξίνη M1 σε γαλακτοκομικά προϊόντα με ζύμωση όπως στο κεφίρ και το γιαούρτι [20].

**Ξήρανση γάλακτος:** Τα συμπυκνωμένα ή σε μορφή σκόνης γάλατα είναι αποτέλεσμα μερικής ή ολικής απομάκρυνσης του νερού από το γάλα, με ή χωρίς θέρμανση. Αυτό μπορεί να καταστήσει την αφλατοξίνη M1 πιο επιρρεπή σε O<sub>2</sub>, φως ή άλλους αποσταθεροποιητικούς παράγοντες. Σε ορισμένες μελέτες αναφέρθηκαν μεγάλες απώλειες αφλατοξίνης M1, ενώ σε κάποιες άλλες μελέτες η συγκέντρωση γάλακτος δεν επηρέασε το περιεχόμενο της αφλατοξίνης M1 [20].

**Παρασκευή κρέμας και βουτύρου:** Η αφλατοξίνη M1 είναι κυρίως διαλυτή στην υδατική φάση του γάλακτος ή προσροφάται σε σωματίδια καζεΐνης. Δεδομένα αρκετών μελετών δείχνουν ότι ένα μικρό ποσοστό της αφλατοξίνης M1 στο γάλα μεταφέρεται στην κρέμα και ένα μικρότερο ποσοστό στο βούτυρο. Τα υπολείμματα αφλατοξίνης M1 στο γάλα, ωστόσο, παραμένουν στο αποβουτυρωμένο γάλα και το βουτυρόγαλα [20].

**Παρασκευή τυριού:** Η αφλατοξίνη M1 φαίνεται να σχετίζεται κυρίως με την καζεΐνη, με αποτέλεσμα το τυρόπηγμα να περιέχει υψηλότερη συγκέντρωση της από τον ορό γάλακτος.

Η συσχέτιση της αφλατοξίνης M1 με την καζεΐνη μπορεί να θεωρηθεί και ως παράγοντας εμπλουτισμού (EF) για την αφλατοξίνη M1 κατά τη διάρκεια της παρασκευής τυριών. Μελέτες έδειξαν ότι η συγκέντρωση της αφλατοξίνης M1 είναι περίπου 3 φορές υψηλότερη σε πολλά μαλακά τυριά και περίπου 5 φορές υψηλότερη στα σκληρά τυριά σε σχέση με το γάλα. Ορισμένες μελέτες έδειξαν ότι η ωρίμανση του τυριού και η πρωτεόλυση της καζεΐνης αυξάνει την ανάκτηση της αφλατοξίνης M1 από το φυσικά μολυσμένο γάλα [20].

## 5.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

Οι πρώτες μέθοδοι για τον προσδιορισμό του AFLAM1 σε δείγματα γάλακτος

και τα γαλακτοκομικά προϊόντα αναπτύχθηκαν στα μέσα της δεκαετίας του '60, με βάση τη φθορίζουσα ιδιότητα της τοξίνης όταν εκτίθεται σε υπεριώδες φως. Έτσι, η πρώτη τεχνική για τον προσδιορισμό και την ποσοτικοποίηση ήταν η χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας (TLC). Αργότερα, με την ανάπτυξη της μεθόδου υγρής χρωματογραφίας υψηλής πίεσης (UHPLC), βρέθηκε μια αξιοσημείωτη αύξηση του βαθμού ακρίβειας των προσδιορισμών, με υψηλό ωστόσο κόστος. Αυτές οι μέθοδοι είναι ιδιαίτερα σημαντικές όταν υπάρχει μεταβολική σχέση μεταξύ των δύο αναλυμένων τοξινών, όπως στην περίπτωση των AFLAM1 και AFLAB1. Και οι δύο τοξίνες μπορούν να εμφανιστούν εάν το πρόδρομο AFLAB1 ήταν άφθονο στο φαγητό υπερβαίνοντας τη μεταβολική ικανότητα του ζώου [17].

Ανασκοπήσεις και επικύρωση των μεθόδων για τον προσδιορισμό των AFLAM1 γίνονται συνεχώς για να βελτιώσουν τις τεχνικές εκχύλισης, τον καθαρισμό και τον ποσοτικό προσδιορισμό, προκειμένου να βελτιωθεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων σχετικά με τις επιπτώσεις αυτής της ένωσης στο γάλα και να ανταποκριθεί στην τρέχουσα ζήτηση για την ελάχιστη γενεά αποβλήτων [17].

Μια επιθυμητή μακροχρόνια μορφή για την ανίχνευση των μυκοτοξινών είναι ανάλογη με τα τεστ εγκυμοσύνης, όπου η παρουσία της μυκοτοξίνης ανιχνεύεται άμεσα σε μια συσκευή ταχείας χρήσης. Συσκευές αυτού του τύπου είναι επίσης γνωστές ως ανοσοχρωματογραφικές δοκιμές. Ένα σημαντικό εμπόδιο στην ανάπτυξη των κιτ αυτής της μορφής για μυκοτοξίνες είναι το χαμηλό μοριακό τους βάρος. Σε αντίθεση με την ανίχνευση μεγαλύτερων αντιγόνων, όπου μπορούν να συνδεθούν πολλαπλά αντισώματα και να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή μη ανταγωνιστικών μορφών, η ανίχνευση τοξινών χαμηλού μοριακού βάρους βασίστηκε σε ανταγωνιστικές δοκιμασίες. Μια συσκευή μίας χρήσης που χρησιμοποιεί μεμβράνη, η ανοσοδοκιμασία ροής διατίθεται στο εμπόριο για

πολλά χρόνια για την ανίχνευση της αφλατοξίνης M1 (AFM1) στο γάλα (AflaCup®; International Diagnostic Systems Corp., St. Joseph, MI). Με τη μορφή AflaCup®, τα εφαρμοζόμενα υγρά ρέουν μέσω της μεμβράνης και συλλέγονται σε ένα απορροφητικό επίθεμα στην αντίθετη πλευρά της μεμβράνης. Η ετικέτα είναι ενζυματική, πράγμα που σημαίνει ότι πρέπει να συμπεριληφθεί ένα στάδιο επώασης υποστρώματος. Αυτός ο τύπος προσδιορισμού είναι επίσης γνωστός ως ενζυμική ανοσοδιήθηση (ELIFA) [18].

### **5.3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ**

Η παρουσία της AFM1 στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα στην Ευρώπη είναι σχετικά χαμηλή λόγω αυστηρών κανονισμών για αυτές τις τοξίνες. Η πιο δημοφιλής μέθοδος για ανάλυση AFM1 στο γάλα και το γαλακτοκομικό προϊόν είναι η HPLC. Ωστόσο, αναλυτικές μέθοδοι που μπορούν ταυτόχρονα να ανιχνεύσουν και να ποσοτικοποιήσουν έναν μεγάλο αριθμό μυκοτοξινών στο γάλα με χαμηλά όρια ανίχνευσης και ποσοτικοποίησης απαιτούνται για τη μείωση του αναλυτικού κόστους και για να επιτρέπεται πιο συχνή παρακολούθηση των μυκοτοξινών στο γάλα. Εν ολίγοις, υιοθέτηση καλών πρακτικών συγκομιδής, βελτίωση αναλυτικών εγκαταστάσεων και εφαρμογή αυστηρών κανονισμών θα βοηθήσουν να αποφευχθούν ή να μειωθούν αυτοί οι φυσικοί ρύποι στο γάλα και θα διασφαλίσουν την ασφάλεια του γάλακτος και των γαλακτοκομικών προϊόντων στην ανθρώπινη διατροφή [19].

### **5.4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ-ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΝΕΠΤΥΓΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ**

Οι αφλατοξίνες αντιπροσωπεύουν το πιο σημαντικό πρόβλημα ασφάλειας των τροφίμων που σχετίζεται με τη μυκοτοξίνη στις ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες, αλλά οι δύο τύποι χωρών είναι αρκετά διαφορετικοί όσον αφορά το πώς, πότε και πού συμβαίνει η παραγωγή αφλατοξίνης και πώς αντιμετωπίζεται το πρόβλημα. Στις ανεπτυγμένες χώρες, παρακολουθούνται τα επίπεδα αφλατοξίνης μετά τη συγκομιδή με σχετικά ακριβές ανοσοχημικές ή οργανικές μεθόδους. Υποτίθεται ότι το μετρούμενο επίπεδο αφλατοξίνης δεν θα αλλάξει σημαντικά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και επειδή οι συνθήκες αποθήκευσης στις ανεπτυγμένες χώρες είναι συχνά σχεδόν ιδανικές, αυτή η υπόθεση είναι συνήθως έγκυρη. Σε υγρές τροπικές αναπτυσσόμενες χώρες, ωστόσο, όπου οι καλλιέργειες που προορίζονται για οικιακή κατανάλωση αποθηκεύονται συχνά κάτω των ιδανικών συνθηκών και ενδέχεται να προκύψει πρόσθετος μυκητισιακός πολλαπλασιασμός και σύνθεση αφλατοξίνης. Οι περισσότερες καλλιέργειες στις αναπτυσσόμενες χώρες -όπου το

κλίμα που επικρατεί περιέχει περιόδους ξηρασίας που διαδέχονται από περιόδους βροχών-διενεργούνται κατά τη διάρκεια των περιόδων βροχών. Το γεγονός των εναλλαγών των καιρικών συνθηκών από τη μία συνήθως δημιουργεί άριστες συνθήκες αποθήκευσης κατά την διαδοχή της περιόδου ξηρασίας, αλλά από την άλλη επικίνδυνα επίπεδα αφλατοξινών μπορεί να παραχθούν κατά τη διάρκεια της επόμενης περιόδου βροχών, πριν καταναλωθούν οι αποθηκευμένες καλλιέργειες και προτού να είναι έτοιμη η νέα καλλιέργεια για συγκομιδή. Τα επίπεδα μόλυνσης από αφλατογενή μυκητιασικά, εύκολα αξιολογούνται με πολιτιστικές μεθόδους, και μπορεί να είναι ο καλύτερος προγνωστικός παράγοντας της ευαισθησίας στην παραγωγή αφλατοξίνης μετά τη συγκομιδή. Οι πολιτιστικές δοκιμές έχουν επιπλέον πλεονεκτήματα στο ότι είναι σχετικά φθηνές και απαιτούν λιγότερη τεχνική εκπαίδευση για τη διεξαγωγή. Στις αναπτυσσόμενες χώρες, οι πιο μολυσμένες καλλιέργειες θα μπορούσαν να προγραμματιστούν νωρίτερα για κατανάλωση κατά τη διάρκεια της ξηρασίας πριν προκύψει πρόσθετη παραγωγή αφλατοξίνης, ενώ οι καλλιέργειες με χαμηλά επίπεδα αφλατογονιδιακής μόλυνσης από μύκητες θα μπορούσαν να αποθηκευτούν με μεγαλύτερη ασφάλεια για κατανάλωση κατά την επόμενη περίοδο βροχών [18].

## 5.5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ AFLAB1 ΚΑΙ AFLAM1

Υπάρχουν λίγες μελέτες σχετικά με την προσαρμογή αυτών των μεθόδων για τον προσδιορισμό της πρόδρομης τοξίνης (AFLAB1) που μπορεί να κυκλοφορεί στα υγρά των ζώων χωρίς μεταβολισμό. Σε μία μελέτη επιδιώχθηκε να τυποποιηθεί μια μέθοδος για την ταυτόχρονη ποσοτικοποίηση των συγκεντρώσεων των AFLAB1 και AFLAM1 στο γάλα που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση [17].

Στην συγκεκριμένη εργασία, αρχικά προσδιορίσθηκε η εμφάνιση των AFLAB1 και AFLAM1 στο γάλα, καθώς και οι χρωματογραφικές συνθήκες για την ποσοτικοποίηση αυτών των μυκοτοξινών. Η εκχύλιση και η ποσοτικοποίηση των AFLAB1 και AFLAM1 σε δείγματα γάλακτος με φυσική μόλυνση και τεχνητά εκχυλισμένα γάλατα τα οποία παράγονται και διατίθενται στο εμπόριο εκτελέστηκαν χρησιμοποιώντας την επίσημη μέθοδο AOAC και UHPLC με ανίχνευση φθορισμού. Δείγματα παστεριωμένου και εξαιρετικά υψηλής θερμοκρασίας επεξεργασμένου γάλακτος (UHT) έδειξαν φυσική μόλυνση και τα επίπεδα και για τις δύο αφλατοξίνες κυμαίνονταν από 0,7 έως 1,5 mg L<sup>-1</sup>. Τα δείγματα ακατέργαστου και συμπυκνωμένου γάλακτος περιείχαν μόνο AFLAM1, με μέγιστη μέση συγκέντρωση 1,7 mg/L. Οι συγκεντρώσεις αυτές, υψηλότερες από τις επιτρεπόμενες από τη νομοθεσία, επιβεβαιώνουν την ύπαρξη κινδύνου για την υγεία και

υπογραμμίζουν τη σημασία αναζητώντας εναλλακτικές λύσεις για τη μείωση αυτής της μόλυνσης [17].

## 5.6. ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΩΝ

Η απομάκρυνση ή εξουδετέρωση των μυκοτοξινών από μία προσβεβλημένη ζωοτροφή επιτυγχάνεται με φυσικές, χημικές και βιολογικές μεθόδους. Οι χημικές διαδικασίες, όπως η επεξεργασία με οξέα, η αμμωνοποίηση και η αντίδραση με τροφικά πρόσθετα όπως το δισουλφιδικό νάτριο έχει αποδεχθεί ότι είναι αποτελεσματικά στην αποδόμηση και στην τελική εξουδετέρωση της αφλατοξίνης.

Οι βιολογικές μέθοδοι που πρωταρχικά συμπεριελάμβαναν την αποδόμηση της τοξίνης από μικροοργανισμούς, καταλαμβάνουν όλο και περισσότερο χώρο, αφού δείχνουν τα θετικότερα αποτελέσματα [28].

Οι φυσικές διαδικασίες, όπως η ταξινόμηση, η θερμική απενεργοποίηση, η ακτινοβολία ή η εξαγωγή του προσβληθέντος προϊόντος έχουν σημειώσει επίσης αρκετή επιτυχία. Η κάθε μέθοδος απομάκρυνσης ή αποτοξίνωσης για υλικά ζωοτροφών που έχουν προσβληθεί από μυκοτοξίνες πρέπει να πληρεί τους παρακάτω όρους:

1. Να είναι αποτελεσματική στην απομάκρυνση, καταστροφή και εξουδετέρωση της μυκοτοξίνης.
2. Να μην παράγει τοξικά ή καρκινογόνα/μεταλλαξιογόνα κατάλοιπα, ούτε στα επεξεργασμένα ούτε στα ζωικά προϊόντα που προέρχονται από ζώα που καταναλώνουν αυτές τις ζωοτροφές.
3. Να μη μεταβάλλουν τις θρεπτικές ιδιότητες των ζωοτροφών ή να επηρεάζουν τη λήψη τους.
4. Να είναι οικονομικά και τεχνολογικά αποδεκτές, έτσι ώστε να μην επηρεάζουν σημαντικά το κόστος του τελικού προϊόντος.

Πολλές από τις φυσικές, χημικές και βιολογικές μεθόδους είναι αποτελεσματικές στη μείωση, καταστροφή ή εξουδετέρωση των μυκοτοξινών, όμως σπάνια ανταποκρίνονται σε άλλες εξίσου σημαντικές απαιτήσεις. Οι κυριότερες διατροφικές προσεγγίσεις, όπως η συμπλήρωση των θρεπτικών συστατικών ή πρόσθετων με προστατευτικές ιδιότητες κατά των μυκοτοξινών και η προσθήκη μη θρεπτικών ουσιών με ιδιότητες μείωσης της βιοδιαθεσιμότητας των μυκοτοξινών, μπορούν να καθαρίσουν ή να αποτοξινώσουν τα

προσβληθέντα υλικά και συγχρόνως να πληρούν και τους ανωτέρω όρους. Η χρήση διατροφικών μη θρεπτικών συμπληρωμάτων με ιδιότητες απομάκρυνσης των μυκοτοξινών είναι η πιο πρακτικά εφαρμόσιμη μέθοδος. Αποτελεσματική είναι μία ουσία που αποτρέπει ή ελαχιστοποιεί την απορρόφηση της τοξίνης από τον γαστρεντερικό σωλήνα του ζώου. Η ιδανική ουσία πρέπει να είναι αποτελεσματική σε διάφορες μυκοτοξίνες, μιας και τα υλικά συνήθως προσβάλλονται με περισσότερες της μίας μυκοτοξίνης. Επιπρόσθετα, πρέπει να είναι απαλλαγμένες από ακαθαρσίες, τυχόν γεύσεις και οσμές. Τέλος, για να είναι πρακτικά εφαρμόσιμες και χρηστικές οι ουσίες αυτές πρέπει να έχουν λογικές τιμές και να μην καταλαμβάνουν μεγάλο μέρος στα ολοκληρωμένα σιτηρέσια. Η χρήση των μη θρεπτικών ουσιών απομάκρυνσης πρέπει να μειώνει την τοξική δράση της μυκοτοξίνης και τη δυνατότητα μεταφοράς της τοξίνης στην ανθρώπινη τροφική αλυσίδα. Οι κύριες κατηγορίες ουσιών είναι τα πυριτικά ορυκτά, ο ενεργοποιημένος άνθρακας, οι πολυμερείς ενώσεις, τα προϊόντα χλωροφύλλης και προϊόντα που προέρχονται από τη ζύμη [28].

## 6<sup>Ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 6.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα, όπως και τα περισσότερα τρόφιμα είναι πιθανό να προκαλέσουν ασθένειες και βλάβες στους καταναλωτές σε περίπτωση που έχει συμβεί μόλυνση σε κάποιο από τα στάδια παραγωγής, επεξεργασίας ή διανομής του τροφίμου.

Όπως αναλύθηκε και παραπάνω, οι αφλατοξίνες που παράγονται από τις μυκοτοξίνες, μολύνουν τα γεωργικά προϊόντα και μπορούν να παράγουν αφλατοξίνες B1 που μετά από την υδρόλυση τους μπορούν να αποδώσουν γαλακτοκομικά προϊόντα με αφλατοξίνες M1.

Η προέλευση και το είδος του γάλακτος φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο για την ύπαρξη ή όχι αυξημένων συγκεντρώσεων αφλατοξίνης M1. Πιο αυξημένες οι συγκεντρώσεις φαίνεται να είναι στο αγελαδινό γάλα, ενώ πιο μειωμένη συγκέντρωση εντοπίζουμε στο πρόβειο γάλα και στο γάλα καμήλας. Ένα σημείο που αξίζει να διευρυνθεί στο μέλλον είναι σε τι βαθμό το γάλα που προέρχεται από φυτικές μορφές (πχ γάλα αμυγδάλου), περιέχει συγκεντρώσεις αυτών των αφλατοξινών.

Ακόμη, είναι δύσκολο να εξουδετερωθεί μέρος των αφλατοξινών καθώς παραμένουν σταθερές κατά τη θερμική επεξεργασία. Επιπλέον, μπορούν να εμφανιστούν σε οποιαδήποτε φάση της παραγωγής, κάτι που καθιστά απαραίτητη την συνεχή επαγρύπνηση καθ' όλη τη διάρκεια των σταδίων παραγωγής, καθώς και συνεχείς ελέγχους.

Το γεγονός ότι ακόμη και η μικρή αλλά σταθερή στο πέρας των χρόνων έκθεση σε αφλατοξίνη M1 ενδεχομένως προξενήσει καρκίνο του ήπατος τονίζει ακόμη περισσότερο την ανάγκη για τήρηση των ορίων τόσο της αφλατοξίνης M1 όσο και για την B1, είτε πρόκειται για τη συγκέντρωσή τους στο γάλα και στα προϊόντα του, είτε πρόκειται για την συγκέντρωσή τους σε ζωοτροφές όπου θα καταναλωθούν από ζώα τα οποία θα παράγουν γάλα.

Επιπλέον, αξίζει να αναρωτηθούμε εάν οι συστάσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης θα πρέπει να διερευνηθούν και σε άλλες χώρες παγκοσμίως, αλλά και πριν συμβεί αυτό να επιβεβαιώσουμε την τήρησή τους καθώς όπως είδαμε σε αρκετές μελέτες φαίνεται πως οι συγκεντρώσεις που εντοπίζονται σε δείγματα ξεπερνούν τα όρια που έχουν τεθεί. Ένα ακόμη ζήτημα που προκύπτει λοιπόν, είναι με ποιο τρόπο μπορεί να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα προϊόντων γάλακτος που ξεπερνούν τα φυσιολογικά όρια. Πιθανότατα κάτι



τέτοιο συμβαίνει εξαιτίας της μη τήρησης και εφαρμογής των συγκεντρώσεων για τις ζωοτροφές ή άλλων τροφών που καταναλώνονται από τα γαλακτοφόρα ζώα και έτσι οδηγούμαστε σε τελικά προϊόντα με αυξημένες συγκεντρώσεις αφλατοξινών.

Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε τις διαφορές μεταξύ ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων κρατών. Γενικότερα, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις αφλατοξίνης M1 φαίνονται να εντοπίζονται στις χώρες της Αφρικής και της Νότιας Ασίας. Σ' αυτές τις χώρες δεν υπάρχουν οι ιδανικές συνθήκες αποθήκευσης ή η τήρηση μέτρων όπως μπορεί να εντοπιστεί στις ανεπτυγμένες χώρες. Πιθανότατα ρόλο στις αυξημένες τιμές των αφλατοξινών στις αναπτυσσόμενες χώρες παίζει το κλίμα που επικρατεί, καθώς και οι εναλλαγές βροχών ακολουθούμενες από περιόδους ξηρασίας που ευνοούν την ανάπτυξη μυκήτων.

Γενικά, κλείνοντας θα θέλαμε να τονίσουμε την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση σχετικά με μεθόδους όπου θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην εξάλειψη των αφλατοξινών όπως και να τονίσουμε τη σημαντικότητα του να θεσπίσουν και τα υπόλοιπα κράτη ασφαλή όρια για την ύπαρξη των αφλατοξινών.

## 7<sup>Ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, 2009, Κεφάλαιο ΙΧ, άρθρο 80
2. Μάντης Α., Υγιεινή και Τεχνολογία του Γάλακτος και των Προϊόντων του, 2000, Γ' έκδοση. Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη, 1,2,30.
3. Εθνική επιτροπή γάλακτος, 1983, Επιμορφωτικά σεμινάρια στη γαλακτοκομία
4. Tamime A.Y. & Robinson R.K., Yogurt Science and Technology, Second edition, 1999, Woodhead Publishing Limited Abington Hall, England, 1-15.
5. Chandan R. C. & Kilara A. Manufacturing Yogurt and Fermented Milks, 2nd Edition, 2013, Blackwell Publishing, Ames, IA, p.73 – 87, ISBN: 978-1-119-96708-8
6. Investment Centre Division FAO, (2009), Agribusiness Handbook Milk/Dairy Products, FAO, Rome, Italy, 7, 18.
7. Raynal-Ljutovac K., Lagriffoul G., Paccard P., Guillet I. & Chilliard Y., Composition of goat and sheep milk products: An update, 2008, Small Ruminant Research, Volume 79, Issue 1, p 57-72
8. Chalupa-Krebzdak S., Long C.J. & Bohrer B.M., Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives, 2018, International Dairy Journal, Volume 87, 2018, p 84-92, ISSN 0958-6946,
9. Ανυφαντάκης Ε., Τυροκομία: Χημεία, Φυσικοχημεία, Μικροβιολογία Β' Έκδοση, 2004, ISBN: 9603515159
10. Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, 2009, Γενικό Χημείο του Κράτους
11. Aneja R.P., Mathur B.N., Chandan R.C. & Banerjee A.K., Technology of Indian Milk Products, 2002, Dairy India Yearbook, New Delhi, India, p.183-196
12. Chandan R.C., Clark S., Cross N., Dobbs J., Hurst W.J., Nollet L.M.L., Shimoni E., Sinha N., Smith E.B., Surapat S., Titchenal A. & Toldra F., Milk Composition, physical and processing characteristics, Handbook of Food Products Manufacturing, Vol.2: Health, Meat, Milk, Poultry, Seafood and Vegetable, 2007, John Wiley and Interscience Publishers, New York, p.347-377.
13. Ching-Liang Chang, Failure mode and effects analysis using grey theory, 2001, Chung-Hua University, pp.211-216
14. Τζιά Κ. & Παππά Φ., Ανάλυση επικινδυνότητας στα κρίσιμα σημεία ελέγχου. (HACCP) σε χώρους Μαζικής εστίασης, 2005 Αθήνα, Παπασωτηρίου

15. Κτηνιατρική Μέρμινα Ελλάδος (ΚΤΗΜΕΛ) Α.Ε., Δίκτυο Διεπιστημονικής Συνεργασίας, "Ανάπτυξη Συστήματος HACCP 180 22000 και ISO 9001:2000
16. Europa, Food-Safety, 2007, Available from <http://ec.europa.eu/youreurope/nav/el/citizens/consumer-protection/product-safety/index.html>
17. Scaglioni P.T, Becker-Algeri T., Drunkler D. & Badiale-Furlong E., Aflatoxin B1 and M1 in milk, 2014, *Analytica Chimica Acta* 829 p 68–74
18. Abbas H.K, Aflatoxin and Food Safety, 2005, Published by CRC Press Taylor & Francis Group, ISBN 0-8247-2303-1
19. Iqbal S.Z., Jinap S., Pirouz A.A. & Ahmad Faizal A.R., Aflatoxin M1 in milk and dairy products, occurrence and recent challenges: A review, 2015, *Trends in Food Science & Technology* 46, p 110-119
20. Prandini A., Tansini G., Sigolo S., Filippi L., Laporta M. & Piva G., On the occurrence of aflatoxin M1 in milk and dairy products, 2009, *Food and Chemical Toxicology* 47, p 984–991
21. Flores-Flores M.E., Lizarrag E., de Cerain A.L. & Gonzalez-Penas E., Presence of mycotoxins in animal milk: A review, 2015, *Food Control* 53 p 163-176
22. Shuaib F.M.B., Ehiri J., Abdullahi A., Williams J.H. & Jollya P.E., Reproductive health effects of aflatoxins: A review of the literature, 2010, *Reproductive Toxicology* 29, p 262–270
23. Watson R.R., Collier R.J. & Preedy V.R., Nutrients in dairy and their implications for health and disease, 2017, ISBN: 978-0-12-809762-5
24. Nguyen T., Flint S. & Palmer J., Control of aflatoxin M<sub>1</sub> in milk by novel methods: A review., 2020 *Food Chem.* 311:125984. doi:10.1016/j.foodchem.2019.12.5984
25. Miocinovic J., Keskic T., Miloradovic Z., Kos A., Tomasevic I. & Pudja P., The aflatoxin M1 crisis in the Serbian dairy sector: the year after., 2017, *Food Addit Contam Part B Surveill.* 10(1):1-4. doi:10.1080/19393210.2016.1210243
26. Venâncio R.L., Ludovico A., de Santana E.H.W., de Toledo E.A., de Almeida Rego F.C. & Dos Santos J.S., 2019, Occurrence and seasonality of aflatoxin M1 in milk in two different climate zones. *J Sci Food Agric.* 99(6):3203-3206. doi:10.1002/jsfa.9487
27. Ansari F., Pourjafar H. & Christensen L., 2018, A study on the aflatoxin M1 rate and seasonal variation in pasteurized cow milk from northwestern Iran. *Environ Monit Assess.* 2018;191(1):6. Published 2018 Dec 6. doi:10.1007/s10661-018-7141-1

28. Ben Taheur F., Kouidhi B., Al Qurashi Y.M.A., Ben Salah-Abbès J. & Chaieb K., 2019, Review: Biotechnology of mycotoxins detoxification using microorganisms and enzymes. *Toxicon*. 2019;160:12-22. doi:10.1016/j.toxicon.2019.02.001
29. Fink-Gremmels J., 2008, Mycotoxins in cattle feeds and carry-over to dairy milk: a review. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2008;25(2):172-180. doi:10.1080/02652030701823142
30. Womack E.D., Sparks D.L. & Brown A.E., 2016, Aflatoxin M1 in milk and milk products: a short review, *World Mycotoxin Journal*, Volume 9, Number 2, 11 March 2016, pp. 305-315. doi:10.3920/WMJ2014.1867
31. Kumar Pradeep, Mahato Dipendra K., Kamle Madhu, Mohanta Tapan K. & Kang Sang G., 2017, Aflatoxins: A Global Concern for Food Safety, Human Health and Their Management, *Frontiers in Microbiology*, Volume 7, doi: 10.3389/fmicb.2016.02170
32. Adegbeye M., & Reddy P. R. K., & Chilaka C. & Balogun O., & Elghandour M., & Rivas-Cáceres R. & Salem A.Z.M., 2020, Mycotoxin toxicity and residue in animal products: Prevalence, consumer exposure and reduction strategies – A review. *Toxicon*. 177. 96-108. 10.1016/j.toxicon.2020.01.007.