



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΩΝ ΣΕ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ – ΕΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑ
ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ



Κρητικάκου Γεωργία-Χριστίνα, Νατσίκου Αικατερίνη
Επιβλέπων Καθηγητής: Αντωνόπουλος Διονύσιος

ΑΘΗΝΑ 2021



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
DEPARTMENT OF SCIENCE AND FOOD
TECHNOLOGY

**DETECTION OF AFLATOXINS IN DAIRY PRODUCTS – A PUBLIC HEALTH
PROBLEM**

Kritikakou Georgia-Christina, Natsikou Aikaterini

Supervisor: Antonopoulos Dionysis

ATHENS 2021

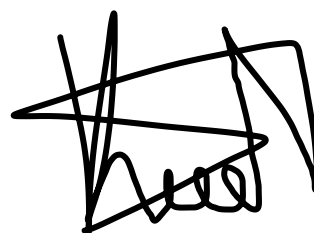
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένο/η Νατσίκου Αικατερίνη του Θανάση, με αριθμό μητρώου 16070 και φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου

Ο/Η Δηλών/ούσα



ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένο/η Κρητικάκου Γεωργία-Χριστίνα του Δημητρίου, με αριθμό μητρώου 16168 και φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου

Ο/Η Δηλών/ούσα



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της πτυχιακής εργασίας του τμήματος Επιστήμης Και Τεχνολογίας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής το έτος 2020-2021, με θέμα «ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΩΝ ΣΕ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ – ΕΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ».

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτρια κα. Δήμητρα Χούχουλα, τον κο. Διονύση Αντωνόπουλο και την κα Βαλεντίνη Στεφάνου κυρίως για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν, και την υπομονή τους για την υλοποίηση της πτυχιακής εργασίας. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση της, για την επίλυση διάφορων θεμάτων.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τους γονείς μου, οι οποίοι στήριξαν τις σπουδές μου , φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η κατανάλωση γάλακτος και των παραπροϊόντων του, είναι αδιαμφισβήτητα μία από τις κύριες και καθημερινές τροφές για κάθε καταναλωτή. Το γάλα συμβάλλει στην πρόσληψη αναγκαίων θρεπτικών συστατικών για τον οργανισμό όπως εκείνα του ασβεστίου, λακτόζης, αμινοξέων, βιταμινών, μεταλλικών αλάτων και διαφόρων άλλων που θα αναλυθούν παρακάτω. Η υγεία των γαλακτοφόρων ζώων και οι συνθήκες διαβίωσης αποτελεί πρωταρχική σημασία για την τελική ποιότητα του γάλακτος και των γαλακτοκομικών προϊόντων. Πέρα από τα οφέλη που προσφέρει το γάλα εγκυμονεί κινδύνους όπως φυσικούς, χημικούς και μικροβιολογικούς. Ένας από τους βασικότερους χημικούς κινδύνους είναι η παρουσία αφλατοξινών που ανήκει στις μυκοτοξίνες στα γαλακτοκομικά προϊόντα. Ειδικότερα ένα θέμα που απασχολεί τις βιομηχανίες γάλακτος είναι η παρουσία αφλατοξίνης M₁, που προκύπτει από το μεταβολισμό της αφλατοξίνης B₁. Οι αφλατοξίνες προκαλούνται από διάφορα είδη μυκήτων, κυρίως το *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* και χαρακτηρίζονται από τις πιο τοξικές ομάδες. Οι πιο σημαντικές είναι AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂, AFM₁, AFM₂. Τα τελευταία χρόνια το νομοθετικό πλαίσιο έχει μεριμνήσει για την παρουσία αφλατοξινών στα γαλακτοκομικά προϊόντα. Έχουν οριστεί ανώτατα όρια και κανονισμοί για την επιτρεπόμενη ποσότητα τους. Ωστόσο παραμένει ένα θέμα που ανησυχεί την δημόσια υγεία έχοντας επιβλαβείς επιπτώσεις τόσο στα συστατικά του γάλακτος όσο στην υγεία των ζώων και των ανθρώπων. Στην παρούσα εργασία γίνεται εκτενής αναφορά στις επιπτώσεις, στους τρόπους αντιμετώπισης καθώς και στους τρόπους ανίχνευσης αφλατοξινών.

Λέξεις κλειδιά: γάλα, μύκητες, μυκοτοξίνες, αφλατοξίνες, ανίχνευση, ELISA, χρωματογραφικές τεχνικές

ABSTRACT

Globally, the consumption of milk and its by-products is undoubtedly one of the main and daily foods for every consumer. Milk helps the intake of essential nutrients such as calcium, lactose, amino acids, vitamins, minerals and various others that will be discussed below. Dairy catles' health and living conditions are of primary importance for the final quality of milk and dairy products. Apart from the benefits that milk offers, it carries risks such as physical, chemical and microbiological. One of the main chemical hazards is the presence of aflatoxins belonging to mycotoxins in dairy products. In particular, an issue that concerns the industry is the presence of aflatoxin M1, which results from the metabolism of aflatoxin B1. Aflatoxins are caused by various species of fungi, mainly *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* and are characterized as the most toxic groups. The most important are AFB1, AFB2, AFG1, AFG2, AFM1, AFM2. In recent years the legislative framework has taken care of the presence of aflatoxins in dairy products. Maximum limits and regulations have been set for their permitted quantity. However, it remains an issue which concerns public health as there are detrimental consequences both in milk components as well as human and animal's health. In the present work, extensive reference is made to the effects, the ways of treatment as well as the ways of detecting aflatoxins.

Key words: milk, fungi, mycotoxins, aflatoxins, detection, ELISA, chromatography

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	15
1. ΓΑΛΑ	15
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ	15
1.2 ΓΕΝΙΚΑ.....	15
1.3 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ:	15
1.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	23
1.4.1 Χαρακτηριστικά του αγελαδινού γάλακτος	23
1.4.2 Χαρακτηριστικά του πρόβειου γάλακτος	24
1.4.3 Χαρακτηριστικά του αίγειου γάλακτος.....	24
1.4.4 Χαρακτηριστικό του γιδινού γάλακτος.....	25
1.5 ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΕΜΠΕΡΙΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΓΑΛΑ	26
1.6 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟ	29
1.7 ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	30
1.8 ΕΥΕΡΓΕΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ:	31
1.9 ΜΟΡΦΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	32
1.9.1 Παστερίωση.....	32
1.9.2 Γάλα μακράς διάρκειας.....	34
1.9.3 Συμπυκνωμένο γάλα.....	34
1.9.4 Γάλα σε σκόνη	35
1.9.5 Ειδικά γάλατα.....	35
1.9.6 Γάλα που έχει υποστεί ζύμωση	36
1.9.7 Κρέμα βούτυρο.....	36
1.9.8 Τυρί.....	38
1.9.9 Παγωτό.....	39
1.10 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΩΡΕΣ	39
1.11 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΣΤΟ ΓΑΛΑ	40
1.11.1 Μικροβιολογικός κίνδυνος :	40
1.11.2 Φυσικός κίνδυνος.....	41
1.11.3 Χημικός κίνδυνος.....	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	42

2	ΜΥΚΗΤΕΣ.....	42
2.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	42
2.2	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	42
2.3	ΤΥΠΟΙ ΜΥΚΗΤΩΝ	42
2.3.1	Πολυκυτταρικά νηματώδη καλούπια.....	42
2.3.2	Μακροσκοπικοί νηματοειδείς μύκητες.....	43
2.3.3	Μονοκύτταρες μικροσκοπικές ζύμες.....	43
2.4	ΜΥΚΗΤΕΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΑ	43
2.5	ΜΥΚΗΤΕΣ ΚΑΙ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ	43
2.6	ΖΥΜΕΣ ΚΑΙ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ.....	44
2.7	ΚΑΛΟΥΠΙΑ ΚΑΙ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ	44
2.8	ΜΥΚΗΤΕΣ ΣΤΟ ΤΥΡΙ	45
2.9	ΜΥΚΗΤΕΣ ΚΑΙ ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΕΣ	46
2.9.1	Aspergillus	47
2.9.2	Penicillium	47
2.9.3	Fusarium.....	47
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	48
3	ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΕΣ.....	48
3.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	48
3.2	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	48
3.3	ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΩΝ	48
3.3.1	Ωχρατοξίνες (Ochratoxins).....	48
3.3.2	Τριχοθηκένια (Trichothecenes).....	50
3.3.3	Δεοξυνιβαλενόνη(DON).....	51
3.3.4	Φουμονισίνες (fumonisins).....	52
3.3.5	Ζεαραλενόνη (ZEN).....	53
3.3.6	Αφλατοξίνες (AFLA)	54
3.4	ΟΡΙΑ ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΩΝ	56
3.5	ΜΥΚΟΤΟΞΙΚΩΣΗ	57
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	58
4	ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΕΣ.....	58
4.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	58
4.2	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ.....	59
4.3	ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ.....	59

4.4	ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	59
4.5	ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΗ Β ₁	60
4.6	Η ΑΦΜ ₁ ΣΤΟ ΓΑΛΑ.....	61
4.7	Η ΑΦΜ ₁ ΣΤΟ ΤΥΡΙ.....	61
4.8	ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΡΑΣΗΣ.....	62
4.9	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΦΜ1 ΣΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ.....	64
4.10	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ.....	64
4.11	ΑΦΛΑΤΟΞΙΚΩΣΗ.....	65
4.12	ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗ ΥΓΕΙΑ ΤΩΝ ΖΩΩΝ.....	66
4.12.1	Επιδράσεις των αφλατοξινών στο αναπαραγωγικό σύστημα του αρσενικού ζώου 66	
4.12.2	Επιδράσεις των αφλατοξινών στο αναπαραγωγικό σύστημα του θηλυκού ζώου .	67
4.13	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ.....	67
4.14	ΠΡΟΛΗΨΗ – ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΩΝ.....	68
4.15	ΤΙ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΓΝΩΡΙΖΕΙ Ο ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ.....	69
4.16	ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΩΝ.....	69
4.16.1	Φυσικοί.....	70
4.16.2	Βιολογικοί.....	70
4.17	ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΩΝ ΣΤΟ ΓΑΛΑ.....	71
4.17.1	Μπεντονίτης.....	71
4.17.2	Προβιοτικά.....	71
4.17.3	Ενεργός άνθρακας.....	72
4.17.4	Φυτικά εκχυλίσματα.....	72
4.18	ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	72
4.18.1	Ευρωπαϊκή νομοθεσία.....	73
4.18.2	Παγκόσμια νομοθεσία.....	73
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	75
5	ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΩΝ.....	75
5.1	ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay).....	75
5.2	ΤΥΠΟΙ ELISA.....	75
5.2.1	Άμεση ELISA.....	75
5.2.2	Έμμεση ELISA.....	76
5.2.3	Sandwich ELISA.....	77
5.2.4	Ανταγωνιστική ELISA.....	78

5.2.5	Έμμεση ανταγωνιστική ELISA	79
5.3	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ELISA.....	80
5.4	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ELISA.....	81
5.5	HPLC (High- 46 Performance Liquid Chromatography)	81
5.6	ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΛΕΠΤΗΣ ΣΤΙΒΑΔΑΣ (TLC).....	82
5.7	ΥΓΡΗ ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ (LC)	82
5.8	ΥΓΡΗ ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕ ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑ ΜΑΖΩΝ LC-MS / MS	83
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	84
6	ΕΡΕΥΝΑ	84
6.1	ΕΡΕΥΝΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΩΝ ΣΕ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ.....	84
6.2	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	94
7	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	94

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

1.1	Δομή της α , β λακτόζης.....	17
1.2	Ενδεικτική περιεκτικότητα συστατικών αγελαδινού γάλακτος	27
3.1	: Η χημική δομή της ωχρατοξίνης	47
3.2	: Η βασική δομή των τριχοθηκενίων	49
3.3	: Η χημική δομή της δεοξυνιβαλενόνης	50
3.4	: Η χημική δομή των φουμονισινών	51
3.5	: Η χημική δομή της ζεαραλενόνης	53
4.1	Αναπαράσταση αφλατοξινών	57
5.1:	Άμεση ELISA	76
5.2:	Έμμεση ELISA	77
5.3:	Sandwich ELISA.....	78
5.4:	Ανταγωνιστική ELISA	78

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 Μέσοι όροι περιεκτικότητας συστατικών σε διάφορα γάλατα	21
Πίνακας 1.2 περιεκτικότητα αλατων μεταξύ μικελλων καζεϊνης και ορού	21
Πίνακας 1.3 Προσδιορισμός φυσικοχημικών σταθερών νωπού γάλακτος διαφόρων ειδών	24
Πίνακας 1.4 Συστατικά και χαρακτηριστικά διαφόρων ειδών γάλακτος	25
Πίνακας 1.5 Σύσταση βουτύρου στα 100 γραμ. προϊόντος	36
Πίνακας 3.1 Αναφορά ορισμένων σημαντικών μυκοτοξινών και μυκήτων όπου παράγονται.	54
Πίνακας 3.2 Ποσοτικά όρια μυκοτοξινών	5
Πίνακας 4.1: Επιτρεπόμενα όρια αφλατοξινών σε διάφορες χώρες.....	73
Πίνακας 5.1 Χαρακτηριστικά διαφόρων τύπων ELISA	79
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1: Αποτελέσματα της έρευνας για τον μήνα Ιανουαρίο	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2: Αποτελέσματα της έρευνας για τον μήνα Φεβρουάριο.	83
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3: Αποτελέσματα της έρευνας για τον μήνα Μάρτιο	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4: Αποτελέσματα της έρευνας για τον μήνα Μάιο	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5: Αποτελέσματα της έρευνας για τον μήνα Αύγουστο	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6: Αποτελέσματα της έρευνας για τον μήνα Σεπτέμριο	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.7: Αποτελέσματα της έρευνας για τον μήνα Οκτώβριο	91
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.8: Αποτελέσματα της έρευνας για τον μήνα Νοέμβριο.....	92
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.9: Αποτελέσματα της έρευνας για τον μήνα Δεκέμβριο	93

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ

ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ 1. ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ Μ.Ο/ΤΟΝΟΥΣ	84
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ 2. ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ Μ.Ο/ΤΟΝΟΥΣ.....	85
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ 3. ΜΑΡΤΙΟΥ Μ.Ο/ΤΟΝΟΥΣ	86

ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ 4. ΜΑΙΟΥ Μ.Ο/ΤΟΝΟΥΣ.....	87
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ 5. ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ Μ.Ο/ΤΟΝΟΥΣ.....	89
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ 6. ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ Μ.Ο/ΤΟΝΟΥΣ.....	90
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ 7. ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ Μ.Ο/ΤΟΝΟΥΣ.....	91
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ 8. ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ Μ.Ο/ΤΟΝΟΥΣ	92
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ 9. ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ Μ.Ο/ΤΟΝΟΥΣ	93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΓΑΛΑ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία, το γάλα ορίζεται ως προϊόν που εκκρίνεται από τους μαστικούς αδένες γαλακτοκομικών ζώων (βοοειδή, προβατίνες, κασίκες ή βουβάλια) που δεν έχουν θερμανθεί πάνω από 40°C ή δεν έχουν υποστεί επεξεργασία. Είναι απαλλαγμένο από το πρωτόγαλα και είναι προϊόν που προέρχεται από το άρμεγμα υγιών ζώων, τα οποία ζουν και τρέφονται υπό υγιείς συνθήκες και δεν βρίσκονται σε κατάσταση κόπωσης. Ο απλός όρος «γάλα» αναφέρεται στο γάλα που εξάγεται από αγελάδες.

1.2 ΓΕΝΙΚΑ

Η κατανάλωση γαλακτοκομικών προϊόντων αδιαμφισβήτητα αποτελεί πλέον ένα αξιότιμο προϊόν στην τροφική αλυσίδα του Ευρωπαϊκού πληθυσμού τα τελευταία 11.000 χρόνια. Ο απώτερος στόχος της ανάπτυξης της τεχνολογίας τροφίμων είναι η παροχή μιας ποικιλίας γαλακτοκομικών προϊόντων, μέσω των ευεργετικών αποτελεσμάτων του γάλακτος, για τη μεγιστοποίηση της ικανοποίησης των ανθρώπων, των παιδιών, των εφήβων, των νέων, των ενηλίκων και των ηλικιωμένων.

Τα πρώτα χρόνια της ανακάλυψης του γάλακτος, το γάλα είχε θεωρηθεί ισχυρά τοξικό προϊόν για την ανθρώπινη ύπαρξη λόγω της μη παραγωγής του ενζύμου που καθιστά την διάσπαση της λακτόζης (λακτάση). Λόγω μιας γονιδιακής μετάλλαξης που συνέβη στην Ευρώπη, χιλιάδες χρόνια μετά, είχε ως επακόλουθο την παραγωγή του ενζύμου λακτάση και την δυνατότητα κατανάλωσης μεγάλων ποσοτήτων γάλακτος.

1.3 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ:

Η ποιότητα του νοπού γάλακτος είναι ιδιαίτερα σημαντική επειδή επηρεάζει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του παραγόμενου προϊόντος και την ασφάλεια του τελικού καταναλωτή. Για τη γαλακτοβιομηχανία, είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί η σύνθεση του γάλακτος (ανάλογα με τη ζωική πηγή) και να προσδιοριστεί η ποιότητα του νοπού γάλακτος.

Το γάλα είναι ένα μείγμα πολλαπλών συστατικών, κυρίως νερού, του οποίου η συγκέντρωση μπορεί να κυμαίνεται από 68% στο γάλα ταράνδου και 91% στο γάλα

γαϊδουριού. Τα κύρια συστατικά του γάλακτος είναι η λακτόζη, η πρωτεΐνη και το λίπος, τα οποία είναι τα ίδια (για τα διάφορα είδη ζώων) και η ποσοτική αλλαγή για κάθε είδος είναι μικρή. Αυτές οι διακυμάνσεις εξαρτώνται από τη φυλή, την ηλικία, την υγεία του ζώου, τον χρόνο αρμέγματος, τον αριθμό αρμέγματος, τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος κ.λπ. Έχει επίσης σημαντικά χαρακτηριστικά της ανθρώπινης διατροφής, όπως βιταμίνες, μέταλλα, άλατα, ένζυμα, ορμόνες και αντιμικροβιακούς ουσίες. Το χρώμα του, ανάλογα με την φυλή, το είδος του ζώου και την διατροφή του, κυμαίνεται από λευκό έως ελαφρά κιτρινωπό. Η οσμή του είναι ιδιαίζουσα και η γεύση του ευχάριστη, ελαφρώς υπόγλυκη εξ αιτίας της λακτόζης.

Πιο συγκεκριμένα :

Το νερό

Το νερό είναι το κυριότερο συστατικό σε όλα τα είδη γάλακτος και χρησιμεύει να συγκερατεί, με διάφορες μορφές, τα λοιπά συστατικά του.

Λακτόζη

Η λακτόζη είναι ένας υδατάνθρακας που βρίσκεται μόνο στο γάλα. Η περιεκτικότητα αυτού του συστατικού στο γάλα είναι σχετικά ικανοποιητική, είναι ένα αναγόμενο σάκχαρο της ομάδας των εξοζών με χημικό τύπο $C_{12}H_{22}O_{11}H_2O$. Ο δισακχαρίτης λακτόζη είναι ένα από τα κύρια συστατικά του γάλακτος, συντίθεται στη μεμβράνη των οργανιδίων Golgi των γαλακτικών κυττάρων του μαστού από την γλυκόζη του αίματος, περιλαμβάνεται μέσω κρυστάλλωσης από το γάλα.

Το σάκχαρο με την επίδραση των μικροοργανισμών του γάλακτος υφίσταται διάφορες ζυμώσεις, με κυριότερες: την γαλακτική, την αλκοολική, την βουτυρική, την προπιονική, την οξική ζύμωση, καθώς και η ζύμωση παραγωγής μερικών αρωματικών προϊόντων.

Για την παρασκευή των τυριών πραγματοποιείται η γαλακτική ζύμωση του γαλακτοσακχάρου και έχουμε παραγωγή γαλακτικού οξέος. Το γάλα σε τιμή 0,23% γαλακτικού οξέος και σε συνδυασμό με τον βρασμό πήζει. Όταν η τιμή του γαλακτικού οξέος φτάσει το 0,56%, το γάλα πήζει ακόμη και σε θερμοκρασία δωματίου. Η μη κανονική αποβολή υγρών του τυροπήγματος οφείλεται στην παρουσία ακόμη και πολύ μικρών ποσοτήτων αντιβιοτικών και γενικότερα εμποδιστικών ουσιών στο γάλα, παρεμποδίζοντας έτσι την παραγωγή γαλακτικού οξέος ή ανεπαρκούς ποσότητας γαλακτικού οξέος.

Στην αλκοολική ζύμωση του γαλακτοσακχάρου έχουμε παραγωγή ποσοτήτων αλκοόλης (0,5-1%). Στην αρχή αυτή στηρίζεται η τεχνολογία παρασκευής των αλκοολούχων όξινων παρασκευασμάτων (κούμους, κεφίρ κ.α) . Η τιμή του γαλακτικού οξέος φθάνει μέχρι το 1,5%. Στην παρασκευή τυριού η ζύμωση αυτή, πολλές φορές δημιουργεί προβλήματα επειδή δίνει τη γέννηση ενός πρώιμου

φουσκώματος στα τυριά με την παραγωγή του CO₂ και ιδιαίτερα κατά το χρόνο του αλατίσματός του.

Με τη βουτυρική ζύμωση του γαλακτοσάκχαρου έχουμε παραγωγή βουτυρικού οξέος και άλλων προϊόντων, όπως: υδρογόνο, CO₂, μηρμικικό οξύ, κ.λπ. Στην παρασκευή των τυριών θεωρείται αρκετά ζημιογόνος ζύμωση επειδή προκαλεί το όψιμο (αργό) φούσκωμα των σκληρών και ημίσκληρων τυριών, με ανώμαλες τρύπες στη μάζα τους, με εξωτερικά σκασίματα των τυροκεφαλών, με αλλαγή της γεύσης και του αρώματος των τυριών, κ.λπ.

Η προπιονική ζύμωση ακολουθεί τη γαλακτική ζύμωση. Η ζύμωση αυτή πραγματοποιείται στην παρασκευή μερικών φημισμένων τυριών, όπως είναι το Emmenthal, το Gruyere, η Γραβιέρα κ.λπ., ενώ δεν επιζητείται σε άλλα είδη τυριών, όπως είναι το τυρί Grana, επειδή προκαλεί όψιμο (αργό) φούσκωμα σε αυτά. Η παραγωγή οξικού οξέος, που συνοδεύει πάντοτε την προπιονική ζύμωση, μπορεί να προέλθει και από τη γαλακτική ζύμωση όταν έχουμε τη δράση των *eterofermentatini* βακτηρίων. Άρωμα σε πολλά προϊόντα γάλακτος, δίνει το οξικό οξύ ειδικά όταν διατηρούνται αυτά πολύ (όπως π.χ. στο συσκευασμένο σε κουτιά βούτυρο), καθώς και σε μερικά είδη τυριών γρήγορης ωρίμανσης.

Οι κυριότερες αντιδράσεις στη λακτόζη με τη θερμική επεξεργασία συνδέονται με τις αλλαγές στο χρώμα του γάλακτος, γνωστές με τον όρο καφέτιασμα ή καραμελοποίηση. Η αλλαγή χρώματος είναι εμφανής στη θερμοκρασία παρασκευής γάλακτος σε σκόνη και συμπυκνωμένου γάλακτος. Αντίθετα σε θερμοκρασία παστερίωσης δεν παρατηρείται αυτό το φαινόμενο. Η κυριότερη αιτία του καφετιάσματος είναι η αντίδραση της αλδευδικής ομάδας της λακτόζης με τις ελεύθερες αμινικές ομάδες των βασικών αμινοξέων, όπως η λυσίνη, η αργινίνη και η χιστιδίνη. Η κυριότερη πρωτεΐνη του γάλακτος είναι η καζεΐνη. Οι αντιδράσεις που οδηγούν στην εμφάνιση του καφετιάσματος είναι γνωστές ως αντιδράσεις Maillard.

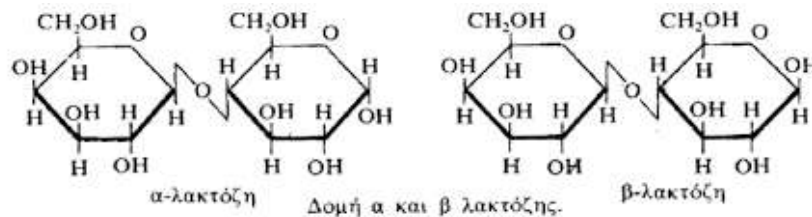
Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν το καφέτιασμα είναι

- Το ύψος και η διάρκεια της θερμικής επεξεργασίας
- Όταν οι άλλες συνθήκες είναι ίδιες και σταθερές, σε χαμηλότερο pH το καφέτιασμα είναι μικρότερο
- Όσο αυξάνει η περιεκτικότητα των στερεών του γάλακτος, τόσο αυξάνει το καφέτιασμα. Εμφανή αύξηση του παρατηρείται με την αύξηση της περιεκτικότητας της λακτόζης και δευτερευόντως της πρωτεΐνης
- Το οξυγόνο ευνοεί το καφέτιασμα ενώ οι ομάδες -SH που σχηματίζονται με την θέρμανση του γάλακτος το παρεμποδίζουν.
- Παρεμποδιστικό ρόλο παίζει το H₂O₂ και το sodium bisulfate

Οι επιπτώσεις από τις αντιδράσεις Maillard στο γάλα είναι:

- Η ελάτωση της θρεπτική αξίας λόγω καταστροφής αμινοξέων, κυρίως λυσίνης, βιταμινών και ελάτωση διαλυτότητας λευκωμάτων
- Η αλλαγή της εμφάνισης και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του γάλακτος
- Ο σχηματισμός ουσιών με πιθανή τοξικότητα

Τέλος , με την θερμική επεξεργασία η αναλογία των δύο στερεοισομερών τύπων της λακτόζης α και β αλλάζει. Η αναλογία β/α ελαττώνεται από 1,64 στους 0°C σε 1,36 στους 100°C.



Εικόνα 2.1 Δομή της α,β λακτόζης

Το λίπος

Το λίπος ευρίσκεται στο γάλα με τη μορφή λιποσφαιριών, διαμέτρου 1-10μ. (Micron). Το λίπος των διαφόρων ειδών ζώων παρουσιάζει διαφορές τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά, όπως επίσης διαφορές παρατηρούνται και στο χρωματισμό του. Ανάλογα με το είδος του ζώου, την εποχή παραγωγής του γάλακτος και τη διατροφή των ζώων διαφοροποιείται ο χρωματισμός του γάλακτος. Το λίπος του αγελαδινού γάλακτος είναι κιτρίνου χρώματος, της κασίικας λευκού και του προβάτου λευκοκίτρινου.

Ο κίτρινος ή λευκοκίτρινος χρωματισμός ενός γάλακτος οφείλεται στην παρουσία των λιποδιαλυτών καροτινίων (κίτρινες ουσίες) και ιδιαίτερα στην παρουσία του β-καροτινίου, ευνοείται η αύξηση της περιεκτικότητας τους όταν τα ζώα διατρέφονται με χλωρή τροφή. Τα τυριά που παρασκευάζονται από αγελαδινό γάλα έχουν μάζα με κίτρινη απόχρωση λόγω της παρουσίας των καροτινίων.

Σε ορισμένες περιοχές, όπου οι αγελάδες διατρέφονται με χλωρή τροφή, για ορισμένο χρονικό διάστημα, όπως συμβαίνει στη Δυτική Ελλάδα, αυξάνει την περιεκτικότητα β-καροτινίου στο γάλα αποδίδοντας το έντονο κίτρινο χρώμα που έχει το νωπό αγελαδινό βούτυρο (Κέρκυρα, Γαστούνη), καθώς και τα αγελαδινά τυριά Γραβιέρα, Gouda, Edam κ.λπ., οφείλεται. Αυτό σημαίνει ότι είναι πολύ δύσκολο να συμβεί αποχρωματισμός του αγελαδινού γάλακτος, στις υπόψη περιοχές, για την παρασκευή τυριών με λευκή μάζα.

Το ειδικό βάρος του λίπους του γάλακτος των διαφόρων ζώων κυμαίνεται από 0,91 έως 0,98 σε Θερμοκρασία 15°C. Επειδή το ειδικό βάρος του λίπους του γάλακτος διαφέρει από το ειδικό βάρος όλων των άλλων συστατικών του και χαρακτηρίζεται ελαφρύτερο από τα υπόλοιπα ,έτσι όταν το γάλα παραμένει σε ηρεμία, το λίπος του ανεβαίνει στην επιφάνεια και μπορεί έτσι να αφαιρεθεί με τη μορφή κρέμας (φυσική αποβουτύρωση). Η αποβουτύρωση όμως του γάλακτος (μερική ή ολική) μπορεί να γίνει και με φυγοκεντρικό τρόπο και το λίπος -ως ελαφρότερο- οδηγείται προς το κέντρο. Εκτός όμως από το ειδικό βάρος, η ικανότητα αποκορύφωσης ενός γάλακτος εξαρτάται από το μέγεθος των λιποσφαιρίων του και από τη θερμική μεταχείριση που τυχόν έχει υποστεί. Για παράδειγμα το γάλα της κατσίκας δεν αποκορυφώνεται εύκολα επειδή τα λιποσφαιρίά του έχουν μικρό μέγεθος, όπως επίσης και το παστεριωμένο γάλα έχει μειωμένες αποκορυφωτικές ικανότητες γιατί με τη θέρμανση έχουν καταστραφεί, σε κάποιο βαθμό οι αγλουτινίνες που υποβοηθούν την ικανότητα της αποβουτύρωσης. Τέλος το λίπος του γάλακτος των διαφόρων ειδών ζώων τήκεται σε διαφορετικές θερμοκρασίες, όπως π.χ: Το αγελαδινό λίπος σε θερμοκρασία 30-35°C, το πρόβειο λίπος σε θερμοκρασία 27-29°C, το κατσικίσιο λίπος σε θερμοκρασία 30-31°C. Η ιδιότητα αυτή του λίπους ευρίσκει εφαρμογή στην παρασκευή του λιωμένου βουτύρου.

Οι πρωτεΐνες

Το αγελαδινό γάλα περιέχει αζωτούχες ουσίες, πρωτεϊνικής ή μη φύσεως. Οι καζεΐνες αποτελούν περίπου το 80% των πρωτεϊνών του γάλακτος (αs1 – καζεΐνη, αs2 – καζεΐνη, β – καζεΐνη, κ – καζεΐνη). Φαίνεται επίσης τέσσερις γενετικές παραλλαγές της αs1 – καζεΐνη, τέσσερις αs2 – καζεΐνη, τέσσερις β – καζεΐνη και δύο κ – καζεΐνη. Οι πρωτεΐνες του ορού του γάλακτος είναι: β-γαλακτογλοβουλίνη, η α-γαλακταλβουμίνη, οι ανοσογλοβουλίνες, η οροαλβουμίνη και οι πρωτεόζες – πεπτόνες .Φαίνεται επίσης έξι γενετικές παραλλαγές για τη β-γαλακτογλοβουλίνη και δύο για την α-γαλακταλβουμίνη. Ανάλογα με το είδος του ζώου υπάρχουν διαφορές ως προς το σύνολο των περιεχομένων πρωτεϊνικών ουσιών, αλλά και ως προς την % αναλογία τους. Τα γάλατα που είναι φτωχά σε καζεΐνη δίνουν ασταθή προϊόντα με όλες τις δυσμενείς τους επιπτώσεις στην ποιότητα των παρασκευαζομένων. Από τα ηλεκτροφορήματα έχουν προκύψει ποσοτικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων κλασμάτων. Φαίνεται μεγαλύτερη κινητικότητα και ποσότητα της αs καζεΐνης του αγελαδινού καθώς και η μεγαλύτερη ποσοστιαία αναλογία β καζεΐνης σε σχέση με την αs στο γίδινο γάλα σε σχέση με το αγελαδινό.

Οι καζεΐνες είναι λίγο πιο υδρόφοβες από τις Πρωτεΐνες ορού. Η σημαντικότερη τους διαφορά είναι ότι οι καζεΐνες περιέχουν φώσφορο στο μόριό τους συνδεδεμένο με το αμινοξύ σερίνη (οι περιεκτικότητες σε φώσφορο είναι διαφορετικές για την καθεμία καζεΐνη). Η παρουσία φωσφόρου συμβάλλει στη σταθερότητα κατά τη θερμική επεξεργασία. Οι κ-καζεΐνες είναι οι μόνες που περιέχουν στο μόριό τους υδατάνθρακες (σάκχαρα): γαλακτόζη=1,4% ,

γαλακτοζαμίνη=1,2% και αμινοακετυλονευραμινικό οξύ=2,4 %. Το ανθρώπινο γάλα περιέχει πολύ μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε σάκχαρα σε σύγκριση με το αγελαδινό.

Έχει παρατηρηθεί ότι με οξίνιση του γάλακτος στους 20°C σε pH=4,6, το μεγαλύτερο μέρος της πρωτεΐνης που ονομάζεται καζεΐνη κατακρημνίζονται, ενώ το υπόλοιπο γάλα (ορός) περιέχει πρωτεΐνες ορού. Η βασική διαφορά μεταξύ της καζεΐνης και της πρωτεΐνης του ορού είναι ότι η καζεΐνη κατακρημνίζεται στο ισοηλεκτρικό σημείο pH=4,6, ενώ η πρωτεΐνη του ορού παραμένει εν διαλύσει στο ισοηλεκτρικό σημείο pH=5,0. Οι Πρωτεΐνες του ορού. Η ιδιότητα της καζεΐνης βασίζεται στην παρασκευή των ζυμωμένων ειδών γάλακτος (γιαούρτη, κεφίρ). Μια άλλη διαφορά είναι ότι με την πυτιά και άλλα πρωτεολυτικά ένζυμα η καζεΐνη έπηξε, ενώ η πρωτεΐνη του ορού παραμένει άθικτη.

Η καζεΐνη είναι μια από τις πρωτεΐνες που δεν μπορούν να μετουσιωθούν με θερμική επεξεργασία και θεωρείται αρκετά σταθερή πρωτεΐνη. Όταν η καζεΐνη θερμαίνεται μόνη της στο διάλυμα, η διαλυτότητα και το ιζώδες της δεν θα αλλάξουν. Η αλλαγή της δομής της καζεΐνης ξεκινά σε θερμοκρασία υψηλότερη από 100°C. Οι Πρωτεΐνες του ορού θεωρούνται πολύ ευαίσθητες στη θερμική επεξεργασία από του 60oC. Η β-γαλακτογλοβουλίνη αποτελεί το 50% των πρωτεϊνών του ορού, κατά την θερμική επεξεργασία αντιδρά με την κ-καζεΐνη και αυτό έχει σαν συνέπεια το πήγμα που σχηματίζεται με πυτιά από θερμανθέν γάλα να είναι πιο μαλακό από εκείνο που παρασκευάζεται από νωπό, πράγμα που έχει τεχνολογικές επιπτώσεις στην τυροκομεία.

Η μετουσίωση των πρωτεϊνών του ορού του γάλακτος με θέρμανση μετράται με την ελάττωση της διαλυτότητας τους σε pH 4,6-5,0. Οι διάφορες Πρωτεΐνες του ορού έχουν διαφορετική ευαισθησία στην θέρμανση. Οι πιο ευαίσθητες είναι οι ανοσογλοβουλίνες ακολουθούν η οροαλβουμίνη και η β-γαλακτογλοβουλίνη. Η α-γαλακταλβουμίνη είναι λιγότερο ευαίσθητη από τις προηγούμενες.

Η πρωτεΐνη είναι ένα βασικό δομικό συστατικό του ανθρώπινου σώματος. Τα γεγονότα έχουν αποδείξει ότι η κατανάλωση 2 φλιτζανιών γάλακτος την ημέρα μπορεί να καλύψει τη μέση ημερήσια απαίτηση των ανθρώπων σε ποσοστό 25%. Το γάλα είναι το μοναδικό τρόφιμο στη φύση που περιέχει υψηλό βαθμό βιολογικής πρωτεΐνης, γνωστή ως καζεΐνη. Η θρεπτική αξία της καζεΐνης υπερβαίνει τις παραδοσιακές διατροφικές έννοιες και επεκτείνεται στη λειτουργικότητά της και στον αντίκτυπό της στην ανθρώπινη φυσιολογία και υγεία. Σύμφωνα με την επιστημονική έρευνα, τα πεπτίδια που προέρχονται από την καζεΐνη έχουν τα ακόλουθες ιδιότητες:

- Ενισχύουν τη φυσική άμυνα του οργανισμού
- Ρυθμίζουν τη σωστή πίεση του αίματος
- Βοηθούν στην αντιμετώπιση του στρες

Έχει αποδειχθεί ότι τα πεπτίδια που προέρχονται από την καζεΐνη έχουν και καταπραυντικές ιδιότητες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο καταναλωτής να δίνει ένα ποτήρι γάλα στο ανήσυχο παιδί.

Τα άλατα

Τα άλατα στο γάλα ευρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες. Με τον όρο άλατα εννοούνται οι ουσίες εκείνες που βρίσκονται σε αυτό υπό την μορφή ιόντων ή μη ιοντισμένες, σχετικά μικρού μοριακού βάρους. Τα άλατα του γάλακτος παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον από θρεπτική και τεχνολογική άποψη

- Το ασβέστιο και ο φώσφορος έχουν ιδιαίτερη σημασία για την διατροφή του ανθρώπου
- Η σταθερότητα της καζεΐνης εξαρτάται από τα άλατα ενώ από έλλειψη ισορροπίας αλάτων παρουσιάζεται αστάθεια του γάλακτος κατά την θερμική επεξεργασία
- Ο χρόνος πήξεως του γάλακτος μετά από προσθήκη πυτιάς για την παρασκευή τυριού επηρεάζεται από τα ιόντα ασβεστίου
- Τα κιτρικά άλατα παίζουν σημαντικό ρόλο στον σχηματισμό αρωματικών ουσιών σε ζυμωμένα γαλακτοκομικά προϊόντα (βούτυρο, βουτυρόγαλα)
- Μερικά μέταλλα (χαλκός και σίδηρος) καταλύουν την οξείδωση του λίπους του γάλατος.

mg	Κατσίκας	Πρόβατο	Γυναίκας	Αγελάδας
Κάλιο	181	136	55	152
Νάτριο	41	44	15	58
Ασβέστιο	134	193	33	122
Μαγνήσιο	16	18	4	12
Φώσφορος	121	158	43	119
Χλώριο	150	160	60	100

θείο	28	29	14	32
-------------	----	----	----	----

Πίνακας 1.1 Μέσοι όροι περιεκτικότητας συστατικών σε διάφορα γάλατα

	Mg/100g γάλακτος	Περιεκτικότητα στο ορό (%)	Mg /100 g στον ορό	Mg/g ξηρής καζεΐνης
Na	48	95	49	0,9
K	143	94	145	3,3
Mg	11	66	8	1,5
Ca	117	32	40	31,0
PO₄	203	53	116	37,0
Κιτρικά	175	92	173	5,6

Πίνακας 1.2 περιεκτικότητα αλατων μεταξυ μικελλων καζεϊνης και ορού

Οι σπουδαιότερες μεταβολές μπορούν να συνοψισθούν ως εξής :

- Τα γαλακτικά βακτήρια, με το ξίνισμα του γάλακτος, διαλυτοποιούν το κολλοειδές φωσφορικό ασβέστιο, λόγω της πτώσης του pH το αρνητικό φορτίο των πρωτεϊνών ελαττώνεται.
- Με την θέρμανση του γάλακτος, ένα μέρος του διαλυτού φωσφορικού ασβεστίου αδιαλυτοποιείται, με αποτέλεσμα την επιμήκυνση του χρόνου πήξεως του θερμανθέντος γάλακτος που προορίζεται για παρασκευή τυριών.
- Κατά τη θερμική επεξεργασία του τυρογάλακτος, ένα μέρος του φωσφορικού ασβεστίου συνδέεται με τις πρωτεΐνες του ορού.
- Η περιεκτικότητα του γάλακτος σε ασβέστιο επηρεάζει την υφή διαφόρων γαλακτοκομικών προϊόντων (τυριά, γιαούρτη).

Τα ένζυμα

Τα ένζυμα είναι οργανικές ουσίες, οι οποίες εκκρίνονται κυρίως από μικροοργανισμούς που υπάρχουν στο γάλα και χρησιμοποιούνται ως καταλύτες για να συμμετάσχουν στη βιοχημική διαδικασία παρασκευής τυριού. Αυτά διακρίνονται σε υδρολυτικά ένζυμα (λιπάση, φωσφατάση, πρωτεάση κ.λπ.) και σε οξειδοαναγωγικά ένζυμα (υπεροξειδάση, καταλάση, ρεδουκτάση). Τέλος στο γάλα συναντώνται και άλλες ουσίες, όπως π.χ. χοληστερίνη, λεκιθίνη, βιταμίνες (λιποδιαλυτές, υδροδιαλυτές) CO₂, O₂ κ.λπ. Η μεγάλη θρεπτική αξία τόσο των πρωτεϊνών αλλά και άλλων θρεπτικών υλών όπως είναι το ασβέστιο, ο φώσφορος, διάφορες βιταμίνες, υδατάνθρακες και πολλά άλλα θα αναφερθούν παρακάτω.

1.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

1.4.1 Χαρακτηριστικά του αγελαδινού γάλακτος

Το γάλα αποτελείται από περίπου 87% νερό, και κατά μέσο όρο, περιέχει επίσης 3% -4% λίπος, 3,5% πρωτεΐνη, περίπου 5% λακτόζη και 1,2% μέταλλα. Το λίπος αντιπροσωπεύεται κυρίως από τριακυλογλυκερόλες (98%), και υπάρχει με τη μορφή σφαιριδίων στο γάλα, που περιβάλλεται από μια μεμβράνη που αποτελείται από πολλά στρώματα φωσφολιπιδίων και περίπου 40 διαφορετικές πρωτεΐνες.

Περίπου το 60% των λιπαρών οξέων στο γάλα είναι κορεσμένα λιπαρά οξέα, κυρίως παλμιτικό οξύ, ακολουθούμενο από μυριστικό οξύ και στεατικό οξύ και περίπου το 10% των λιπαρών οξέων γαλακτικού οξέος είναι κορεσμένες βραχείες αλυσίδες (με 4, 6, 8 ή 10 άνθρακες). Σπάνια παρατηρείται σε άλλα κοινά τρόφιμα. Μεταξύ των ακόρεστων λιπαρών οξέων, το ελαϊκό οξύ, απαραίτητα λιπαρά οξέα λινελαϊκό οξύ και α-λινολενικό οξύ υπάρχουν επίσης στο γάλα. Συνήθως, ορισμένα trans λιπαρά οξέα βρίσκονται επίσης στο γάλα, συμπεριλαμβανομένου του συζευγμένου λινελαϊκού οξέος (ή CLA, 18:2 με δύο συζευγμένοι διπλοί δεσμοί), που παράγονται από ατελή βιοϋδρο-γέννηση του λινελαϊκού οξέος (18:2 n-6) στον αυλό.

Οι υδατάνθρακες στο γάλα αντιπροσωπεύονται σχεδόν αποκλειστικά από τη λακτόζη. Το 80% του πρωτεϊνικού συστατικού του γάλακτος είναι καζεΐνες, περιέχει κυρίως γλουταμινικό οξύ, προλίνη, αργινίνη και αμινοξέα διακλαδισμένης αλυσίδας (λευκίνη, ισολευκίνη, βαλ-ine). Η β-καζεΐνη αντιπροσωπεύει περίπου το 35% όλων των συνολικών καζεΐνων και υπάρχει σε δύο διαφορετικές μορφές (A₁ και A₂), οι οποίες μπορεί να έχουν διαφορετικά αποτελέσματα. Οι διαλυτές πρωτεΐνες ορού γάλακτος πλούσιες σε κυστεΐνη, λυσίνη, λευκίνη και τρυπτοφάνη αντιπροσωπεύει το 20% της πρωτεΐνης γάλακτος. Οι πρωτεΐνες του γάλακτος έχουν υψηλή βιολογική

αξία, όχι μόνο επειδή περιέχουν όλα τα απαραίτητα αμινοξέα που χρειάζονται το ανθρώπινο σώμα, αλλά και επειδή έχουν υψηλή πεπτικότητα και βιοδιαθεσιμότητα. Τέλος, το γάλα παρέχει άμεσα σχετικές συγκεντρώσεις ασβεστίου, φωσφόρου, καλίου, μαγνησίου, ψευδαργύρου και σεληνίου, καθώς και υδατοδιαλυτής βιταμίνης Β (ριβοφλαβίνη και βιταμίνη Β₁₂) και λιποδιαλυτών βιταμινών (όπως Α και Ε) σε συγκεντρώσεις που σχετίζονται με την περιεκτικότητα σε λιπίδια. Με τη θερμική επεξεργασία υπό διαφορετικές συνθήκες, μπορεί να επιτευχθεί ο σκοπός της ασφάλειας και της διατήρησης της ποιότητας του γάλακτος για κατανάλωση.

1.4.2 Χαρακτηριστικά του πρόβειου γάλακτος

Όσον αφορά το πρόβειο γάλα, σε σύγκριση με το αγελαδινό και της αίγας, είναι σημαντικά πιο πλούσιο σε λιπαρά και πρωτεΐνες. Η υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά είναι ο λόγος για τη μοναδική γεύση και άρωμα του τυριού κατά τη διαδικασία παρασκευής τυριού. Το γιαούρτι προβάτων έχει επίσης υψηλό ιξώδες, συμπαγή και κρεμώδη υφή, ενώ ταυτόχρονα έχει μοναδικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, ευχάριστο άρωμα και γεύση. Υπερτερεί επίσης και σε άλατα, ενώ η περιεκτικότητά του σε λακτόζη βρίσκεται στα ίδια περίπου επίπεδα με τα υπόλοιπα. Το χρώμα του πρόβειου γάλακτος είναι λευκό, ανεξάρτητα αν τα ζώα λαμβάνουν χλωρή βοσκή ή όχι, γιατί το λίπος δεν απορροφά σε μεγάλο βαθμό τα καροτινοειδή, σε αντίθεση με το αγελαδινό γάλα, το οποίο είναι κιτρινωπό λόγω της παρουσίας καροτίνης.

1.4.3 Χαρακτηριστικά του αίγειου γάλακτος

Σύμφωνα με τη χημική σύνθεση του αίγειου γάλακτος, η περιεκτικότητά του σε λιπαρά είναι πλουσιότερη από το αγελαδινό γάλα, αλλά λιγότερη από το πρόβειο γάλα. Οι ίδιες παραδοχές ισχύουν και για άλλα στερεά συστατικά. Τα αμινοξέα των καζεϊνών είναι διαφορετικά από αυτά του γάλακτος. Τέλος, η πρωτεΐνη ορού γάλακτος είναι πιο ευαίσθητη σε υψηλές θερμοκρασίες από ότι στο αγελαδινό.

Οι ιδιότητες του λίπους του αίγειου γάλακτος είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τη βιομηχανία. Το πρώτο σημαντικό χαρακτηριστικό είναι ότι τα λιποσώματα έχουν μικρότερο μέγεθος σε σύγκριση με το αγελαδινό. Το μέγεθος των λιποσωμάτων στα δύο είδη κυμαίνεται από 1 μm έως 10 μm, αλλά η αναλογία των λιποσφαιρίων που έχουν μέγεθος μικρότερο από 5 μm είναι 60% στο αγελαδινό γάλα, σε αντίθεση με το αίγιο, που φθάνει στο 80%. Ως αποτέλεσμα, το πιο δύσκολο βιομηχανικό καθήκον είναι να αφαιρεθεί η κρέμα από το αίγιο γάλα. Το δεύτερο χαρακτηριστικό σχετίζεται με τη σύσταση λιπαρών οξέων του αίγειου γάλακτος, επειδή περιέχει υψηλότερη αναλογία λιπαρών οξέων μεσαίας αλύσου, όπως καπροϊκό οξύ, καπρυλικό οξύ και καπρικό οξύ, τα οποία συμβάλλουν επίσης στη χαρακτηριστική οσμή του αίγειου γάλακτος.

Η ικανότητα και η ανθεκτικότητα των αιγών να επιβιώνουν σε αντίξοες κλιματικές συνθήκες και η ικανότητά τους να παρέχουν προϊόντα με μοναδικά

χαρακτηριστικά σύνθεσης (όπως το αίγαιο γάλα) είναι αξιόπαινη, παρά τις δύσκολες κλιματολογικές συνθήκες.

Ο λόγος που καθιστά το κατσικίσιο γάλα τροφή με υψηλή βιολογική αξία είναι ότι περιέχει υψηλότερη συγκέντρωση βιταμινών Α, D, Β1, Β2, C και νικοτινικού οξέος σε σύγκριση με το αγελαδινό γάλα, γεγονός που το καθιστά τροφή υψηλής βιολογικής αξίας. Εμπεριέχει και διάφορα ιχνοστοιχεία (ασβέστιο, φωσφόρος, μαγνήσιο, μαγγάνιο, χαλκός, ψευδάργυρος).

1.4.4 Χαρακτηριστικό του γιδινού γάλακτος

Στο γίδινο γάλα έχει αποδειχθεί ότι ο αριθμός αλλεργιογόνων συστατικών του είναι μικρότερος σε σχέση με το αγελαδινό γάλα, πράγμα που συντέλεσει στην αντικατάσταση του βόειου με το γιδινό προς αντιμετώπιση των τροφικών αλλεργιών και δυσαναξιών που προκαλεί η κατανάλωση βόειου γάλακτος. Γεγονός που ώθησε πολλές χώρες όπως και η Ιταλία την προτίμηση της αντικατάστασης αυτής.

Είδος	Ειδικό Βάρος σε 15 °C(ελάχ.)	Λίπος % (ελάχ)	ΣΥΑΛ % (ελάχ)
Αγελάδας	1,030	3,5	8,46
Κατσίκας	1,032	4,0	9,00
Προβάτου	1,035	6,0	10,20
Βουβάλου	1,033	6,0	9,70

Πίνακας 1.3 Προσδιορισμός φυσικοχημικών σταθερών νοπού γάλακτος διαφόρων ειδών

	Αγελαδινό	Κατσικίσιο	Πρόβειο
Λίπος (%)	3,6-4,8	2,3-6,9	5,8-8,1
Πρωτεΐνη (%)	2.9-3.5	2,4-6,0	4,9-6,8
Λακτόζη(%)	4,5-4,9	4,0-4,8	4,2-4,9
Τέφρα (%)	0,6-0,8	0,6-1,1	0,8-1,0
pH(%)	6,6-6,7	6,3-6,8	6,5-6,8
Οξύτητα (Γαλακτ.οξύ %)	0,15-0,18	0,14-0,23	0,22-0,25

Πίνακας 1.4 Συστατικά και χαρακτηριστικά διαφόρων ειδών γάλακτος

1.5 ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΕΜΠΕΡΙΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΓΑΛΑ

Στο γάλα εμπεριέχονται διάφορα χημικά στοιχεία, ωφέλιμα για τον ανθρώπινο οργανισμό.

Αναλυτικότερα:

Φώσφορος

Ο φώσφορος ωφελεί στην κατασκευή και διατήρηση των οστών και των δοντιών. Συντελεί στους μηχανισμούς παραγωγής ενέργειας του οργανισμού.

Ασβέστιο.

Θεωρείται ότι 2 ποτήρια γάλα καλύπτουν το 75% των ημερήσιων αναγκών σε ασβέστιο και το ασβέστιο αποτελεί την κύρια πηγή εξασφάλισης της ποσότητας ασβεστίου για τον ανθρώπινο οργανισμό . Η περιεκτικότητα του γάλακτος σε ασβέστιο βοηθά:

- στο «χτίσιμο» και στην προστασία του σκελετού από την οστεοπόρωση και στην εξασφάλιση της υγείας των δοντιών.
- στη διατήρηση της κανονικής πίεσης του αίματος
- στην μετάδοση των νευρικών ερεθισμάτων και στη σύσπαση των μυών

Κάλιο

Η διατροφή πλούσια σε κάλιο βοηθά στη διατήρηση της πίεσης σε κανονικά επίπεδα. Το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα, ιδιαίτερα το γιαούρτι, παρέχουν ικανοποιητικές ποσότητες καλίου.

Ιώδιο

Το ιώδιο είναι βασικό στοιχείο για τη λειτουργία του θυρεοειδούς αδένου.

Σελήνιο

Το σελήνιο έχει δράσεις στην πρόληψη κατά του καρκίνου.

Λινολεϊκό οξύ

Το συζευγμένο λινολεϊκό οξύ είναι ένα ωφέλιμο λιπαρό οξύ που μπορεί να αναστείλει διάφορες μορφές καρκίνου σε πειραματόζωα. Μετά από έρευνα, διαπιστώθηκε ότι μπορεί να σκοτώσει ανθρώπινα καρκινικά κύτταρα, όπως καρκίνο του δέρματος, καρκίνο του παχέος εντέρου και καρκίνο του μαστού. Μπορεί επίσης να μειώσει τη χοληστερόλη και να αποτρέψει την αθηρωμάτωση.

Βιταμίνες

- Σημαντικό ποσοστό των ημερήσιων αναγκών σε βιταμίνες Α, βοηθά τα μάτια, την όραση, συμβάλλει στην άμυνα του οργανισμού, στην ανάπτυξη και στην υγεία του δέρματος.
- Η Β₁ είναι αναγκαία για τον καταβολισμό των υδατανθράκων, των λιπών, των πρωτεϊνών και για την παραγωγή ενέργειας για τον οργανισμό (ΑΤΡ). Έχει ιδιαίτερη σημασία για τη μνήμη και τις γνωσιακές ικανότητες.
- Η Β₂ (Ριβοφλαβίνη) έχει σημαντικό ρόλο για υγιές δέρμα και καλή όραση. Επίσης είναι αναγκαία για την υγεία του καρδιαγγειακού συστήματος και την παραγωγή ενέργειας.
- Η Β₃ εμπλέκεται στη ρύθμιση της χοληστερόλης, στην απελευθέρωση ενέργειας από τους υδατάνθρακες, στον καταβολισμό του αλκοόλ και στο μεταβολισμό των λιπών.
- Η Β₅ (Παντοθενικό οξύ) απαραίτητη για το μεταβολισμό πρωτεϊνών, υδατανθράκων και λιπιδίων. Βοηθά στη σύνθεση αντισωμάτων, στο μεταβολισμό ανόργανων στοιχείων και ιχνοστοιχείων. Είναι απαραίτητο για τη διατήρηση κανονικών επιπέδων γλυκόζης στο αίμα.

- Η Β₉ βοηθά στην παραγωγή ερυθρών αιμοσφαιρίων, στην πρόληψη ορισμένων αναιμιών και στη συμβολή στη σύνθεση γενετικού υλικού σε όλα τα κύτταρα του σώματος.
- Το φολικό οξύ είναι απαραίτητο στα αναπτυξιακά στάδια της εγκυμοσύνης και της παιδικής ηλικίας. Η έλλειψη φολικού οξέος στην αρχή της εγκυμοσύνης μπορεί να προκαλέσει εκ γενετής νευρολογικές ανωμαλίες. Το φολικό οξύ βοηθά επίσης την ψυχική λειτουργία, τη μνήμη και τις καρδιακές παθήσεις. Πιστεύεται ότι βοηθά στην πρόληψη του καρκίνου του μαστού και του παχέος εντέρου και βοηθά στην καταπολέμηση των καρδιακών παθήσεων.
- Η Β₁₂ έχει σημαντικό ρόλο για υγιές δέρμα και καλή όραση. Επίσης είναι αναγκαία για την υγεία του καρδιαγγειακού συστήματος και την παραγωγή ενέργεια.
- Το γάλα, σε σύγκριση με άλλα ζωικά προϊόντα, περιέχει επίσης και μικρή ποσότητα βιταμίνης C, πολύτιμο αντιοξειδωτικό και απαραίτητη για τον σχηματισμό και τη ανάπτυξη των ιστών.
- Η βιταμίνη D έχει βασικό ρόλο στον ανθρώπινο οργανισμό για τη διατήρηση κανονικών επιπέδων ασβεστίου και φωσφόρου. Είναι απαραίτητη για την απορρόφηση από το έντερο του ασβεστίου.
- Συμβάλλει καθοριστικά στην κατασκευή και διατήρηση των οστών. Το ενισχυμένο σε βιταμίνη D γάλα, γαλακτοκομικά και άλλα προϊόντα (δημητριακά προγεύματος), είναι καλές πηγές της εν λόγω βιταμίνης.
- Η Β_H (βιοτίνη) παίζει σημαντικό ρόλο στις χημικές αντιδράσεις κατά τις οποίες γίνεται επεξεργασία λιπών, υδρογονανθράκων και για την παραγωγή ενέργειας.
- Η βιταμίνη Κ έχει σημαντικό ρόλο στην πήξη του αίματος και στην υγεία των οστών.

Ενδεικτική μέση περιεκτικότητα του αγελαδινού γάλακτος σε σημαντικά κύρια και δευτερεύοντα συστατικά

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ
Κύρια συστατικά		Βιταμίνες	
Νερό (%)	87,3	Βιταμίνη A (mg/L)	0.4
Λακτόζη (%)	4,60	Βιταμίνη D (mg/L)	0.0006
Λίπος (%)	3,90	Βιταμίνη E (mg/L)	0.98
Πρωτεΐνη (%)	3,25	Θειαμίνη, B1 (mg/L)	0.44
Ανόργανα συστατικά (%)	0,65	Ριβοφλαβίνη, B2 (mg/L)	1.75
Ανόργανα συστατικά		Νιασίνη (mg/L)	0.94
Ασβέστιο (mg/100g)	125	Παντοθενικό οξύ (mg/L)	3.46
Φώσφορος (mg/100g)	100	Βιταμίνη B6 (mg/L)	0.64
Κάλιο (mg/100g)	150	Βιοτίνη (mg/L)	0.031
Νάτριο (mg/100g)	44	Φυλλικό οξύ (mg/L)	0.050
Μαγνήσιο (mg/100g)	13	Βιταμίνη B12 (mg/L)	0.0043
Ψευδάργυρος (μg/kg)	3900	Βιταμίνη C (mg/L)	21.1
Σίδηρος (μg/kg)	200		

Εικόνα 1.2 Ενδεικτική περιεκτικότητα συστατικών αγελαδινού γάλακτος

1.6 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη χημική σύνθεση του γάλακτος είναι:

- Η ηλικία του ζώου
- Η γαλουχία (τα στάδια αρμέγματος)
- Η αναπαραγωγή
- Η εποχή του έτος
- Η περιβαλλοντική θερμοκρασία
- Η διατροφή
- Η κατάσταση της υγείας
- Η περίοδος κυοφορίας
- Οι ορμόνες
- Η νόσος του μαστού

1.7 ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Οι ανεπιθύμητες αλλοιώσεις του γάλατος είναι οι εξής:

«Ξίνισμα» (οξίνιση) του γάλατος.

Το ξίνισμα προκαλείται από τα κολλοβακτηριοειδή και από τα «βακτήρια του γαλακτικού οξέος» ,με κύριους τους στρεπτόκοκκους και τους γαλακτοβάκιλλους, λόγω της ζύμωσης της λακτόζης σε γαλακτικό οξύ.

«Κόψιμο» του γάλατος.

Το κόψιμο του γάλακτος συνήθως συνοδεύει το «ξίνισμα» και συνίσταται στην καθίζηση των καζεϊνών του γάλατος υπό μορφή μαλακού πήγματος χωρίς την έκλυση αερίων. Κύριες αιτίες είναι τα «βακτήρια του γαλακτικού οξέος» και τα κολλοβακτηριοειδή.

Δυσάρεστη οσμή και γεύση.

Η δυσάρεστη οσμή και γεύση ευνοείται με την ανάπτυξη αερίων από την αλκοολική ζύμωση που παράγει CO₂ και άλλων παραπροϊόντων ζυμώσεων, όπως:

- οσμή κοπράνων (Coliforms),
- οσμή “ψαρίλας” (Pseudomonas ichtyosmie, Ps. fluorescens)
- οσμή βύνης (Streptococcus lactis)
- οσμή πατάτας (Pseudomonas graveolens, Ps. mucidolens)
- οσμή βουτυρικού οξέος (Clostridium butyricum)
- γεύση πικρή (Torula amara, Str. liquefancies, Ps. fluorescens)
- γεύση όξινη (λιπολυτικά βακτήρια).

Πρωτεϊνόλυση

Στο γάλα εμφανίζεται διαυγές με δυσάρεστη οσμή και γεύση ,καθώς οι πρωτεΐνες του γάλατος διασπώνται σε ολιγοπεπίδια και αμινοξέα. Προκαλείται από τα πρωτεϊνολυτικά βακτήρια Bacillus subtilis, Str. liquefancies, Clostridium butylicum, κ.ά.

“Γλυκιά πήξη” του γάλατος

Ο κύριος λόγος είναι η πήξη (θρόμβωση) πρωτεϊνών γάλακτος με τη μορφή μαλακών ηκτωμάτων χωρίς να έχει προηγηθεί οξίνιση (όπως στην περίπτωση της τυροκομίας). Προκαλείται από πρωτεολυτικά βακτήρια όπως το Bacillus subtilis, Serratiam arcscens κ.ά. τα οποία εκλύουν ένα ένζυμο παρόμοιο με τηρενίνη, της παρασκευής του τυριού.

Λιπόλυση του λίπους του γάλατος

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, τα λιπίδια υδρολύονται σε γλυκερόλη και λιπαρά οξέα, τα οποία δίνουν στο γάλα και το βούτυρο μια δυσάρεστη μυρωδιά και γεύση. Προκαλείται από τα λιπολυτικά βακτήρια *Ps.fragi*, *Achromobacter lipolyticum* κ.ά. τα οποία παράγουν ένζυμα ανάλογα προς τις λιπάσες.

Ινώδες γάλα ή “σχίνωμα” του γάλατος.

Οι κύριοι ύποπτοι είναι μερικοί στρεπτόκοκκοι και κολοβακτηρίδια, τα οποία παράγουν ορισμένα κόμματα, τα οποία κατά την μετάγγιση του γάλατος σχηματίζουν κομμιώδεις ίνες. Η αλλοίωση αυτή είναι διαφορετική από το «βλενώδες γάλα» που λαμβάνεται από γαλακτοφόρο ζώο με μαστίτιδα ή άλλη ασθένεια μαστού

Χρωματισμένο γάλα.

Το χρωματισμένο γάλα λαμβάνεται από τη δράση ειδικών χρωμογόνων μικροοργανισμών που χρωματίζουν το γάλα κίτρινο, κυανό, κυανοπράσινο, καστανό ή με κόκκινη επιφάνεια.

1.8 ΕΥΕΡΓΕΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ:

Η κατανάλωση γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων παρέχει σημαντικά μακροπρόθεσμα οφέλη για την υγεία για άτομα όλων των ηλικιών. Τα θρεπτικά συστατικά όπως ασβέστιο, κάλιο, πρωτεΐνες και βιταμίνη D στο γάλα παρέχουν στους ανθρώπους μια διατροφή πλούσια σε γάλα και γαλακτοκομικά προϊόντα έχοντας πολλά οφέλη για την ζωή τους .

Μια σημαντική ευεργετική δράση του γάλακτος για τον άνθρωπο είναι η πρόληψη της οστεοπόρωσης και η διατήρηση της οστικής μάζας. Διατροφή πλούσια σε γάλα και γαλακτοκομικά, συμβάλλει στην διατήρηση ενός δυνατού σκελετού καθ'όλη τη διάρκεια της ζωής του ανθρώπου.

Μελέτες έχουν δείξει ότι οι διατροφές πλούσιες σε γάλα και γαλακτοκομικά προϊόντα έχουν γενικά μεγαλύτερη θρεπτική αξία. Η κατανάλωση γάλακτος με χαμηλή ή σχεδόν καθόλου περιεκτικότητα σε λιπαρά έχει μειώσει τον κίνδυνο υψηλής αρτηριακής πίεσης, καρδιακών παθήσεων (στεφανιαίας νόσου), παχυσαρκίας και διαφόρων μορφών καρκίνου. Μια ιαπωνική μελέτη 250.000 ενηλίκων διαπίστωσε ότι η συχνότητα εμφάνισης καρκίνου του στομάχου μεταξύ των ατόμων που πίνουν γάλα είναι πολύ χαμηλότερη. Επίσης οι παχύσαρκοι που καταναλώνουν γάλα, μπορεί να ωφελούνται λόγω μειωμένου κινδύνου ανάπτυξης ανθεκτικότητας στην ινσουλίνη και διαβήτη τύπου 2.

Η Γερμανική Ακαδημία Διατροφικής Ιατρικής ανακοίνωσε ότι το ασβέστιο στο γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα μπορεί να βοηθήσει στην απώλεια βάρους, στην απορρόφηση λίπους από το στομάχι και στη συνέχεια να αποβληθεί ευκολότερα. Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι η συγκέντρωση ασβεστίου στα λιπώδη κύτταρα παίζει επίσης πολύ σημαντικό ρόλο στη μείωση της παχυσαρκίας. Το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα φαίνεται να είναι καλύτερα από άλλα προϊόντα που περιέχουν ασβέστιο.

1.9 ΜΟΡΦΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Το γάλα αποτελεί βασικό ξεκίνημα για την καθημερινότητα του ανθρώπου, χάρη στην ποικιλία διαφόρων μορφών που διατίθεται στην αγορά ικανοποιεί μεγάλο εύρος επιθυμιών.

Οι μορφές του γάλακτος είναι:

- Παστεριωμένο γάλα
- Αποστειρωμένο γάλα –γάλα μακράς διάρκειας
- Συμπυκνωμένο γάλα
- Κονιοποιημένο γάλα
- Ειδικά γάλατα και άλλα προϊόντα
- Γάλατα που έχουν υποστεί ζύμωση
- Κρέμα-Βούτυρο
- Τυριά
- Παγωτό

1.9.1 Παστερίωση

Η παστερίωση στοχεύει στην θανάτωση μικροοργανισμών που είναι επιβλαβείς για τον οργανισμό και να διασφαλίσει την ποιότητα του γάλακτος προτού διατεθεί στους καταναλωτές. Ακόμα και αν το γάλα παράγεται από υγιή ζώα, το γάλα μπορεί να περιέχει μικροοργανισμούς που είναι επιβλαβείς για τη δημόσια υγεία, γι' αυτό και πραγματοποιείται η παστερίωση. Ταυτόχρονα, μειώνει τον συνολικό αριθμό μικροοργανισμών και ενζύμων που υπάρχουν στο γάλα, επεκτείνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής. Η παστερίωση είναι η πιο ήπια θερμική επεξεργασία, η οποία αλλάζει ελαφρώς τη γεύση του γάλακτος και μειώνει ελαφρώς τη θρεπτική του αξία.

Υπάρχουν 3 είδη παστερίωσης

- Χαμηλή Παστερίωση: στους 65°C για 50 λεπτά.
- Στιγμαία Παστερίωση: στους 72-75°C για 15 δευτερόλεπτα.
- Υψηλή Παστερίωση: στους 85°C για 10 δευτερόλεπτα.

Η παστερίωση επιτυγχάνεται σε έναν ειδικό εναλλάκτη θερμότητας που ονομάζεται παστεριωτής, με πιο συνηθισμένο να είναι παστεριωτής πλάκας. Σε αυτήν την περίπτωση, το γάλα κυκλοφορεί με μια συγκεκριμένη ταχύτητα σε ένα πολύ λεπτό στρώμα στη μία πλευρά της πλάκας, ενώ το νερό στην άλλη πλευρά και στην αντίθετη κατεύθυνση ρέει ,χωρίς τον κίνδυνο ανάμιξης των δύο υγρών. Επομένως, το γάλα προθερμαίνεται, θερμαίνεται και μετά ψύχεται καθώς κυκλοφορεί στην πλάκα

Καλύτερη παστερίωση επιτυγχάνεται όταν:

- παράγεται όσο το δυνατό, υγιεινό γάλα
- παστεριώνεται γάλα με όσο το δυνατό λιγότερα μικρόβια
- γίνεται άσηπτη εμφιάλωση
- γίνεται σωστή ψύξη-συντήρηση του παστεριωμένου γάλακτος
- γίνεται έλεγχος αν όντως, έχει παστεριωθεί το γάλα, ο οποίος γίνεται με τη δοκιμή της φωσφατάσης όταν αυτή βγαίνει αρνητική δηλαδή όταν έχει αδρανοποιηθεί το ένζυμο αλκαλική φωσφατάση.
- το γάλα υψηλής παστερίωσης δίνει αρνητική φωσφατάση κατά τη δοκιμή της υπεροξειδάσης.

Ύστερα ακολουθεί η τυποποίηση λίπους και η ρύθμιση της λιποπεριεκτικότητας , με αφαίρεση κρέμας.

Διακρίνονται σε 3 κατηγορίες

- Πλήρες γάλα: είναι αυτό που περιέχει λίπος 3,5%.
- Ημιαποβουτυρωμένο γάλα: περιέχει λίπος περίπου 1,8%.
- Αποβουτυρωμένο γάλα: με λίπος που δεν ξεπερνά το 0,2%.

Επόμενο στάδιο η ομογενοποίηση:

Τα λιποσφαίρια του γάλακτος τείνουν να ανεβαίνουν στην επιφάνεια και σχηματίζουν ένα στρώμα λίπους γάλακτος. Αυτό το φαινόμενο αντισταθμίζεται από την ομογενοποίηση, στην οποία τα λιποσφαίρια διασπώνται σε μικρότερα μέρη και κατανέμονται ομοιόμορφα στον όγκο του γάλακτος. Αυτό μειώνει το ρυθμό με τον οποίο το λίπος αυξάνεται στην κορυφή, οπότε στην πράξη, το ομογενοποιημένο γάλα δεν κορυφώνεται. Η ομογενοποίηση γάλακτος γίνεται σε ειδικά μηχανήματα, τους ομογενοποιητές και έχει ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα:

Πλεονεκτήματα:

- Το γάλα αποκτά λευκότερο χρώμα
- Δε σχηματίζεται στιβάδα κρέμας στο λαιμό της φιάλης ή στην επιφάνεια του ποτηριού.
- Γίνεται ταχύτερα η πήξη με πυτιά
- Μειώνεται η τάση του λίπους να οξειδώνεται.

- Μειώνεται η χαρακτηριστική οσμή του γάλακτος, οπότε είναι πιο ευχάριστο στον καταναλωτή.

Μειονεκτήματα:

- Δε μπορεί να διαχωριστεί αποτελεσματικά το λίπος
- Ευαισθητοποιείται το γάλα στο ηλιακό φως και αποκτά γρήγορα μεταλλική γεύση
- Μειώνεται η σταθερότητα των πρωτεϊνών στη θέρμανση.

Τελευταίο στάδιο η συσκευασία:

Προκειμένου να προωθηθεί η κατανάλωση παστεριωμένου γάλακτος, πρέπει να συσκευάζεται για να προστατεύει την υγιεινή του. Στο παρελθόν, επαναχρησιμοποιήσιμες γυάλινες φιάλες ή πλαστικές φιάλες μίας χρήσης χρησιμοποιήθηκαν για τη συσκευασία. Σήμερα, οι άνθρωποι χρησιμοποιούν ειδικά κουτιά, τα οποία αποτελούνται από λεπτά φύλλα από διάφορα υλικά (όπως χαρτί, πλαστικό και αλουμίνιο). Το κουτί σχηματίζεται όταν γεμίζεται. Η ημερομηνία παστερίωσης και η ημερομηνία λήξης του γάλακτος αναγράφονται στη συσκευασία. Συνήθως διαρκούν έως και 7 ημέρες.

1.9.2 Γάλα μακράς διάρκειας

Το γάλα μακράς διάρκειας είναι γάλα που έχει υποστεί ελαφρώς ισχυρότερη θερμική επεξεργασία από το παστεριωμένο γάλα και έχει μεγαλύτερο χρόνο ψύξης από το φρέσκο παστεριωμένο γάλα. Η θερμική επεξεργασία πραγματοποιείται σε θερμοκρασία 120oC έως 140oC για 1-4δευτερόλεπτα (αυτό εξαρτάται από τον κατασκευαστή και το σύστημα μεταφοράς θερμότητας). Αναγνωρίζεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια ζωής του γάλακτος, τόσο πιο έντονη είναι η θερμική επεξεργασία που εφαρμόζεται σε αυτό. Επομένως, τόσο μεγαλύτερο είναι το αντίκτυπο στη θρεπτική αξία και τις αισθητικές ιδιότητες. Σε σύγκριση με την παστερίωση, η απώλεια βιταμινών είναι μεγαλύτερη και πολλά ένζυμα απενεργοποιούνται, μειώνοντας έτσι την αποτελεσματικότητα του φυσικού αντιβακτηριακού συστήματος, μειώνοντας έτσι τη βιολογική του αξία. Γενικά, η διάρκεια ζωής του είναι 15 έως 45 ημέρες και εάν η επεξεργασία ολοκληρωθεί εντός 4 δευτερολέπτων, μπορεί να διαρκέσει έως και 90 ημέρες.

1.9.3 Συμπυκνωμένο γάλα

Για το συμπυκνωμένο γάλα, το γάλα αραιώνεται έτσι ώστε η περιεκτικότητα σε λιπαρά να φτάσει περίπου το 3,7%. Στη συνέχεια, θερμάνεται σε θερμοκρασία 32°C-57°C έως ότου εξατμιστεί το 60% του νερού. Κατά το άνοιγμα του κουτιού, πρέπει να καταναλώνεται την ίδια ημέρα. Ωστόσο, παραμένει κλειστό για μεγάλο χρονικό διάστημα. Σε σύγκριση με το φρέσκο γάλα, αυτό το γάλα είναι πιο γλυκό, θυμίζει καραμέλα και έχει ελαφρώς πιο σκούρο χρώμα. Στο εμπόριο, διαπιστώνουμε ότι το συμπυκνωμένο γάλα είναι πλήρες σε λιπαρά, αλλά μερικά είναι μερικώς

αποβουτυρωμένα με λιγότερο λίπος και μερικά από αυτά τα εμπλουτισμένα προϊόντα έχουν ενισχυθεί με βιταμίνη D και ασβέστιο.

Μια άλλη υποκατηγορία συμπυκνωμένου γάλακτος είναι το ζαχαρούχο συμπυκνωμένο γάλα. Είναι μια μορφή συμπυκνωμένου γάλακτος στο οποίο έχει προστεθεί ζάχαρη. Αυτός ο τύπος γάλακτος παστεριώνεται κατά τη διαδικασία εξάτμισης και συσκευάζεται υπό αυστηρές συνθήκες υγιεινής. Επειδή προστίθεται ζάχαρη, δεν χρειάζεται να αποστειρώνεται, διότι η ζάχαρη μπορεί να αποτρέψει την ανάπτυξη βακτηρίων και είναι ιδανικό γάλα για παρασκευές πουτίγκας, μπισκότων, επιδορπίων και διαφόρων μιγμάτων γλυκών πίτας.

1.9.4 Γάλα σε σκόνη

Η σκόνη γάλακτος παρασκευάζεται με ξήρανση σε ειδικό εξοπλισμό, όπου διαυγάζεται και συμπυκνώνεται υπό κενό έως ότου το στερεό περιεχόμενο φτάσει το 45-50%. Η υπερβολική κατανάλωση γάλακτος σε σκόνη μπορεί να φέρει οξυστερόλες, οι οποίες μπορούν να βλάψουν το καρδιαγγειακό σύστημα και να προκαλέσουν αθηροσκλήρωση. Η οξυστερόλη είναι μια οξειδωμένη χοληστερόλη που βρίσκεται σε όλα τα ζωικά προϊόντα. Η αύξηση του παρατηρείται κατά τη διάρκεια θερμικής επεξεργασίας τροφίμων ή μακροχρόνιας αποθήκευσης.

Το βρεφικό γάλα παρασκευάζεται έχοντας ως πρότυπο το μητρικό. Τα συστατικά του γάλακτος είναι τροποποιημένα και πλούσια, έτσι ώστε να είναι ανεκτό από το πεπτικό σύστημα του μωρού. Απαγορεύεται στα βρέφη κάτω του ενός έτους να χρησιμοποιούν αγελαδινά γάλατα (που δεν έχει υποστεί ειδική κατεργασία ώστε να γίνει βρεφικό) είναι απαγορευτικό στα μωρά κάτω του ενός έτους, γιατί δεν μπορεί να γίνει ανεκτό από το μωρό (προκαλεί γαστρεντερικά και νεφρικά προβλήματα, αλλεργικές αντιδράσεις και δεν περιέχει τα απαραίτητα για την ανάπτυξη θρεπτικά συστατικά).

Τα κύρια συστατικά με τα οποία εμπλουτίζεται το αγελαδινό γάλα περιλαμβάνουν:

- αποβουτυρωμένο γάλα,
- πρωτεΐνη ορού γάλακτος,
- φυτικά λιπαρά, υδατάνθρακες (κυρίως λακτόζη),
- βιταμίνες, μέταλλα και
- ιχνοστοιχεία.

Τελευταία, βλέπουμε τα βρεφικά γάλατα να εμπλουτίζονται και με άλλα χρήσιμα συστατικά, όπως νουκλεοτίδια, πρεβιοτικά και προβιοτικά στοιχεία.

1.9.5 Ειδικά γάλατα

Τα ειδικά γάλατα είναι προϊόντα με βάση το γάλα, αλλά αφού τροποποιηθούν, ορισμένα συστατικά αφαιρούνται ή προστίθενται. Ο απώτερος στόχος αυτών των προϊόντων είναι η προσέλκυση όλο και περισσότερων καταναλωτών και η κάλυψη

περισσότερων διατροφικών αναγκών, επομένως τα συστατικά τους πρέπει να είναι σαφή και να έχουν καλές συνθήκες υγιεινής. Τέτοια γάλατα είναι τα σοκολατούχα γάλατα τα οποία περιέχουν σίδηρο και είναι ωφέλιμα για τα παιδιά, γάλατα με βιταμίνη D, όπως σε κάποιες χώρες με μικρή ηλιοφάνεια, ενισχύεται το γάλα με βιταμίνη D καθώς το γάλα δεν περιέχει επαρκή ποσότητα βιταμίνης D. Τα ενισχυμένα γάλατα, πρόκειται για αποβουτυρωμένο γάλα που έχει ενισχυθεί με βιταμίνες και ιχνοστοιχεία. Η μικρή περιεκτικότητα αυτών των προϊόντων σε λίπος απαιτούν προσθήκη σκόνη γάλακτος. Ενδεικτική σύσταση αυτών των προϊόντων είναι: λίπος 1%, πρωτεΐνη 4%, υδατάνθρακες 6%, βιταμίνη A 2000-4000 USP, B1 1 mg, B2 1 mg, βιταμίνη D 400 USP, νιασίνη 10 mg, σίδηρος 10mg, ιώδιο 0,1 mg /λίτρο.

1.9.6 Γάλα που έχει υποστεί ζύμωση

Είναι προϊόντα που προέρχονται από την ζύμωση γαλακτικού οξέος, στις οποίες τα οξυγαλακτικά βακτήρια (LAB) κατευθύνουν τη ζύμωση. Τα προϊόντα αυτής της ομάδας είναι τα περισσότερα παγκοσμίως. Μπορούν να υποδιαιρεθούν σε τρεις υποκατηγορίες ανάλογα με τους μικροοργανισμούς που κυριαρχούν στη ζύμωση: ☐

- Υποκατηγορία A: Προϊόντα που προέρχονται από μεσόφιλες ζυμώσεις, όπως φυσικά οξινισμένο γάλα, κρέμα που έχει υποστεί ζύμωση, βουτυρόγαλα που έχει υποστεί ζύμωση
- Υποκατηγορία B: Προϊόντα που προέρχονται από θερμόφιλες ζυμώσεις, όπως γιαούρτι, βουτυρόγαλα, zبادi, dahi. ☐
- Υποκατηγορία Γ: Προϊόντα που προέρχονται από ζυμώσεις στις οποίες συμμετέχουν και προβιοτικοί μικροοργανισμοί, όπως γάλα acidophilus, yakult, γάλα bifidus. ☐

Υπάρχουν και προϊόντα που προέρχονται από μικτές ζυμώσεις, όπου συνεργάζονται είδη LAB και ζυμών στην παραγωγή του τελικού προϊόντος, όπως το κεφίρ.

1.9.7 Κρέμα βούτυρο

Η κρέμα πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 80% λίπος, το πολύ 16% υγρασία και 2% για ξηρά μη γαλακτική ύλη. Η περιεκτικότητα του προϊόντος σε λιπαρά αναφέρεται στη συσκευασία και οι άλλες δύο παράμετροι βρίσκονται στις προδιαγραφές του προϊόντος. Το αλάτι δεν υπάρχει φυσικά στο βούτυρο. Το παραδοσιακό βούτυρο γάλακτος έχει περιεκτικότητα σε λιπαρά άνω του 90% και μέγιστη υγρασία 1%. Είναι φτιαγμένο από φρέσκο αιγοπρόβειο γάλα και χρησιμοποιείται στη ζαχαροπλαστική και παραδοσιακές συνταγές. Για την αύξηση της διάρκειας ζωής του προϊόντος, αφαιρείται επιπλέον νερό. Το βούτυρο περιέχει απαραίτητα λιπαρά οξέα που το ανθρώπινο σώμα δεν μπορεί να συνθέσει, και πρέπει να τα αποκτήσουμε από τη διατροφή μας. Είναι λιπαρά ωμέγα-3 και ωμέγα-6 και είναι γνωστά για τις ευεργετικές τους ιδιότητες. Περιέχει συζευγμένο λινελαϊκό οξύ, το οποίο βοηθά στην ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος και έχει

αντικαρκινικές ιδιότητες. Επίσης περιέχει μικρό ποσοστό φυτοστερολών, που μειώνουν την χοληστερόλη στο αίμα. Αποτελεί καλή πηγή βιταμίνης D, E και Ιωδίου, ενώ έχει υψηλή περιεκτικότητα σε βιταμίνη A.

Μέση σύσταση βουτύρου ανά 100 γραμμάρια

Ενέργεια	3.060kJ/ 744kcal	
Λιπαρά	82,2 g.	
εκ των οποίων	68.68 g.	
κορεσμένα	20.91 g.	
μονοακόρεστα	2.83 g.	
πολυακόρεστα	2.87 g.	
trans λιπαρά	0.21 g.	
χοληστερόλη	4 mg.	
φυτοστερόλη		
Υδατάνθρακες	0,6 g.	
Σάκχαρα	0,6 g.	
Πρωτεΐνη	0,6 g.	
Αλάτι	0,02 g. (το ανάλατο)	
Βιταμίνη A	958 µg.	120% της ΗΠΠ
Βιταμίνη D	0,9 mg.	18% της ΗΠΠ
Βιταμίνη E	1,85 mg.	15% της ΗΠΠ

Ιώδιο

38 g.

25% της ΗΠΠ

Πίνακας 1.5 Σύσταση βουτύρου στα 100 γραμ. προϊόντος

1.9.8 Τυρί

Το τυρί έχει υψηλή θρεπτική αξία επειδή είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες, ασβέστιο, φώσφορο και βιταμίνες, που είναι απαραίτητα στοιχεία για την φυσιολογική ανάπτυξη του ανθρώπινου σώματος.

Το τυρί έχει υψηλή βιολογική αξία και είναι κατάλληλο για διατροφή κυρίως των παιδιών, τα οποία έχουν υψηλότερες απαιτήσεις σε αμινοξέα από τους ενήλικες, περιέχουν 10% έως 30% πρωτεΐνες με υψηλή βιολογική αξία, ανάλογα με τη μέθοδο παρασκευής. Περιέχει όλα τα απαραίτητα πρωτεΐνες. Η ποσότητα των αμινοξέων εξαρτάται από τις ανάγκες του οργανισμού. Στο σκληρό τυρί, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες είναι 30%, ξεπερνώντας την πρωτεΐνη κρέατος η οποία είναι 20%. Επιπλέον, οι πρωτεΐνες σε ορισμένα τυριά (ειδικά εκείνες που ωριμάζουν για μεγάλο χρονικό διάστημα) έχουν υψηλή πεπτικότητα λόγω της διάσπασης τους σε πεπτίδια και αμινοξέα. Το σκληρό τυρί και το ημι-σκληρό τυρί συνήθως περιέχουν πολύ μικρές ποσότητες 1 έως 3 g / 100 g λακτόζης, έτσι τα άτομα με προβλήματα πέψης λακτόζης (δυσανεξία στη λακτόζη) είναι πολύ ανεκτικά από αυτά.

Ανάλογα με το είδος των τυριών τα λιπαρά μπορεί να κυμαίνονται από 0% σε κάποια φρέσκα τυριά μέχρι 50% σε κάποια τυριά εμπλουτισμένα με κρέμα όπως το μανούρι.

Ένας σημαντικός παράγοντας στη γεύση του τυριού είναι το αλάτι, το οποίο βοηθά επίσης στη συντήρηση. Σύμφωνα με τη προτίτηση του καταναλωτή και την υγεία του, υπάρχουν πολλά είδη τυριών, όπως τυρί ή τυρί cottage, τα οποία έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε αλάτι και είναι ιδανικά για άτομα που πάσχουν από υψηλή αρτηριακή πίεση ή άλλα προβλήματα υγείας. Πολλά είναι τα τυριά όπου είναι πλούσια σε αλάτι και αντενδείκνυνται για τα άτομα αυτά

Η περιεκτικότητα σε ασβέστιο στο τυρί ποικίλλει ανάλογα με την περιεκτικότητα σε υγρασία και τη μέθοδο παρασκευής. Το τυρί είναι μια εξαιρετική πηγή ασβεστίου επειδή είναι εύκολα αφομοιώσιμο από τον ανθρώπινο οργανισμό

Κατά την παρασκευή τυριού, τα συστατικά που περιέχονται είναι μέρος από το νερό και σχεδόν όλο το λίπος και η καζεΐνη του. Στο τυρί παραμένουν οι λιποδιαλυτές βιταμίνες Α και D, το περισσότερο μέρος του ασβεστίου και αρκετή ποσότητα από τη βιταμίνη Β2. Αντιθέτως απομακρύνονται από το τυρόγαλα τα υδατοδιαλυτά συστατικά.

Επομένως, η θρεπτική αξία επηρεάζεται από τη σύνθεση του τυριού, ιδιαίτερα από την υγρασία. Έχει αποδειχθεί ότι από 100 γραμμάρια τυρί φέτας ή Teleme, το οποίο καταναλώνεται ευρέως στην Ελλάδα, όσον αφορά τις πρωτεΐνες με υψηλή βιολογική αξία, μπορούν να ικανοποιηθούν οι ανάγκες ενός μέτρια εργαζόμενου άνδρα κατά το 1/6 ως προς τις πρωτεΐνες υψηλής βιολογικής αξίας και κατά το 1/3 οι ανάγκες σε ασβέστιο. Καλύπτει επίσης μεγάλο μέρος του 10% των ημερήσιων ενεργειακών αναγκών. Το σκληρό τυρί είναι επειδή η ξηρή ουσία του τυριού που αγοράζεται ανά 100 γραμμάρια είναι μεγαλύτερη από αυτή του μαλακού τυριού, η οποία ικανοποιεί την καθημερινή ζήτηση.

1.9.9 Παγωτό

Το παγωτό είναι ένα εξαιρετικό γαλακτοκομικό προϊόν που παρασκευάζεται με κατάψυξη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με διάφορα φρούτα ή χυμούς. Περιέχει πολλές πρωτεΐνες, λίπη, υδατάνθρακες και πολλά μικροθρεπτικά συστατικά, βιταμίνες, μέταλλα, ιχνοστοιχεία και ηλεκτρολύτες. Ως εκ τούτου, το παγωτό καθίσταται τρόφιμο με υψηλή περιεκτικότητα σε θερμίδες και σημαντική βιολογική αξία λόγω του κύριου συστατικού του, του γάλακτος.

Το παγωτό αποτελείται από ακατέργαστο, συμπυκνωμένο ή αφυδατωμένο γάλα, γλυκαντικά, γαλακτωματοποιητές και σταθεροποιητές (για τη διατήρηση της δομής και της συνεκτικότητας του), και πρόσθετα που παράγουν χρώμα και άρωμα (χρώμα και γεύση, αντίστοιχα). Ορισμένα παγωτά έχουν πρόσθετα συστατικά, όπως σοκολάτες με κακάο ή σοκολάτα, κομμάτια φρούτων (όπως κεράσια), ξηρούς καρπούς (φιστίκια) και πολλούς άλλους συνδυασμούς.

Για την δημιουργία του ακολουθείται η εξής μεθοδολογία: απαιτείται παστερίωση του μίγματος (υψηλή θερμοκρασία/μικρό χρόνο έκθεσης 80°C/25sec), ομογενοποίηση, ωρίμανση για 3 με 12 ώρες (όσο μεγαλύτερη πίεση εφαρμόζεται κατά την ομογενοποίηση τόσο λιγότερο χρόνο απαιτείται για την ωρίμανση) σε θερμοκρασίες ψύξης (2°C με 9°C), άμεση ψύξη (βέλτιστη θερμοκρασία -4°C με -6°C) και εμπλουτισμός με αέρα, με σκοπό την αύξηση του όγκου και τέλος αποθήκευση σε θερμοκρασία βαθιάς κατάψυξης (μικρότερη από -24°C).

1.10 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΩΡΕΣ

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Euromonitor International, η κατανάλωση συσκευασμένου λευκού γάλακτος στην Ελλάδα υπολογίζεται στα 48,20 ml/άτομο, ποσότητα που θεωρείται χαμηλότερη από την προτεινόμενη ημερήσια πρόσληψη. Οι διατροφολόγοι συνιστούν την κατανάλωση 2-3 μερίδων γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων ημερησίως (τουλάχιστον 250 ml γάλακτος/ημέρα). Καταναλώνουμε όμως μεγαλύτερες ποσότητες συμπυκνωμένου γάλακτος. Μία άλλη έρευνα διαπίστωσε στην Ιρλανδία (135.6 λίτρα ανά άτομο), και ακολουθεί η Φινλανδία (128,3), η Εσθονία (120,9), και η Αγγλία (102,9). Η Ελλάδα παρουσιάζει

μα μέτρια κατανάλωση γάλακτος (47,6), όπως και η Γαλλία (52,6), η Γερμανία (53,3) και η Ιταλία (52,7). Στον αντίποδα η μικρότερη κατανάλωση παρατηρείται στην Μογγολία (8,9), στην Κίνα (15,4), στην Τουρκία (16,0) και Ιράν (18,4). Στις πρώτες θέσεις στην κατανάλωση τυροκομικών (2013) εμφανίζεται η Γαλλία (26,2 kg), Λουξεμβούργο (24,4 kg), Γερμανία (24,3 kg) και η Ελλάδα (23,4 kg).

1.11 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΣΤΟ ΓΑΛΑ

Κίνδυνος ορίζεται ο παράγοντας/ουσία που κάνει το τρόφιμο ακατάλληλο ή επικίνδυνο για κατανάλωση. Οι κίνδυνοι διακρίνονται σε:

1.11.1 Μικροβιολογικός κίνδυνος :

Μικροβιακή επιμόλυνση από βακτήρια:

Είναι μικροοργανισμοί, μη ορατοί με γυμνό μάτι ορισμένα παράγουν τοξίνες, ορισμένα αυξάνονται και στην ψύξη (έστω και αργά) , ορισμένα επιζούν μετά το μαγείρεμα (παράγουν ανθεκτικά σπόρια) , ορισμένα είναι χρήσιμα. Επίσης , οι μικροβιακοί κίνδυνοι προέρχονται από μικροοργανισμούς που παράγουν επιβλαβείς τοξίνες, οι οποίοι συνήθως είναι ανθεκτικοί στη θερμική επεξεργασία.

Μικροβιακή επιμόλυνση από βιολογικές τοξίνες

- Τοξίνες ιχθυηρών
- Τοξίνες φυτών
- Τοξίνες μανιταριών

Μικροβιακή επιμόλυνση από ζύμες, μύκητες

- Βρίσκονται στον αέρα, έδαφος, φυτά, ζώα, νερό και μερικά στα τρόφιμα.
- Έχουν καλή ανάπτυξη σε χαμηλής υγρασίας γλυκά ή/και όξινα τρόφιμα
- Μερικά παράγουν επικίνδυνες χημικές ουσίες, τις μυκοτοξίνες πχ αφλατοξίνες

Μικροβιακή επιμόλυνση από ιούς

- Δεν αναπτύσσονται στα τρόφιμα.
- Μεταφέρονται με τα τρόφιμα
- Συχνά επιβιώνουν από το μαγείρεμα ή την ψύξη.
- Τα τρόφιμα μολύνονται κυρίως από τους ανθρώπους

Μικροβιακή επιμόλυνση από παράσιτα

- Έχουν ανάγκη από ξενιστή.

- Υπάρχουν σε ζώα από τα οποία μεταφέρονται στον άνθρωπο και καταστρέφονται με καλό μαγείρεμα.

1.11.2 Φυσικός κίνδυνος

Η φυσική επιμόλυνση μπορεί να συμβεί:

- Από ξένα σώματα, ως προς το τρώσιμο, που μπορεί να περιέχονται στις Α' ύλες
- Υλικά συσκευασίας (γυαλί, ξύλο, πλαστικό κα)
- Προσωπικό (τρίχες, κουμπιά, τσιγάρα, κοσμήματα, νύχια κα)
- Εργαλεία καθαρισμού (τρίχες από βούρτσες κα)
- Κτίρια & εξοπλισμός (σκουριές, βαφές, βίδες κα)
- Υλικά συντήρησης (ρινίσματα, καλώδια κα)
- Έντομα και λοιπά ζώα (φτερά, περιττώματα κα)
- Εξοπλισμός ανακοινώσεων & γραφική ύλη (καρφίτσες, καπάκια κα)

1.11.3 Χημικός κίνδυνος

Η χημική μόλυνση μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε στάδιο της παραγωγής τροφίμων, συνήθως λόγω της χρήσης ακατάλληλων πρώτων υλών, επικαλύψεων, επιφανειών που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα ή απολυμαντικά ή καθαριστικά. Η χημική μόλυνση συνήθως έχει χρόνιες επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία. Εμφανίζεται συνήθως από:

- Εντομοκτόνα
- Πρόσθετα τροφίμων
- Απορρυπαντικά & απολυμαντικά
- Βιομηχανικά χημικά (λάδια, γράσο, ψυκτικά υγρά κα)
- Χημικές ουσίες από το περιβάλλον (φυτοφάρμακα, λιπάσματα, διοξίνες κα) έχοντας ως επίπτωση εμετό διάρροια

2 ΜΥΚΗΤΕΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι μύκητες μπορούν να είναι μονοκύτταροι ή πολύπλοκοι πολυκύτταροι οργανισμοί. Μπορούν να βρεθούν σε σχεδόν οποιονδήποτε βίοτοπο, αλλά οι περισσότεροι ζουν στην ξηρά, παρά στον ωκεανό ή το γλυκό νερό. Στις καλλιέργειες, οι μυκητιακές ασθένειες μπορούν να κάνουν τους αγρότες να χάσουν πολλά χρήματα. Πολύ λίγοι μύκητες μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες στα ζώα. Στους ανθρώπους προκαλούν δερματικές παθήσεις

2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι:

- τα κύτταρα τους έχουν πυρήνες συνδεδεμένους με μεμβράνη (τους ονομάζουμε ευκαρυωτικούς)
- δεν χρησιμοποιούν φωτοσύνθεση
- σχηματίζουν σπόρια
- έχουν σκληρά κυτταρικά τοιχώματα
- Η αναπνοή εμφανίζεται στο σώμα που ονομάζεται μιτοχόνδρια στο κυτόπλασμα.

2.3 ΤΥΠΟΙ ΜΥΚΗΤΩΝ

Οι μύκητες υποδιαιρούνται σύμφωνα με τον κύκλο ζωής τους, την ύπαρξη ή τη δομή των καρποφόρων σωμάτων, τη διάταξη και τον τύπο των σπόρων που παράγουν. Οι τρεις μεγάλες ομάδες μυκήτων είναι:

- Πολυκυτταρικά νηματώδη καλούπια.
- Μακροσκοπικοί νηματοειδείς μύκητες.
- Μονοκύτταρες μικροσκοπικές ζύμες.

2.3.1 Πολυκυτταρικά νηματώδη καλούπια

Το καλούπι αποτελείται από πολύ λεπτά νήματα (υφή). Η υφή αναπτύσσεται στα άκρα και χωρίζεται επανειλημμένα κατά μήκος αυτών, σχηματίζοντας μεγάλες, διακλαδισμένες αλυσίδες. Οι υφές συνεχίζουν να αναπτύσσονται και να

διασυνδέονται μέχρι να σχηματίσουν ένα δίκτυο νημάτων που ονομάζεται μυκήλιο.. Τα σπόρια είναι μια ειδική δομή με προστατευτικό στρώμα που τα προστατεύει από σκληρές περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως ξηρότητα και υψηλή θερμοκρασία. Είναι τόσο μικρά που μπορούν να χωρέσουν 500-1000 στη κεφαλή μιας βελόνας. Τα σπόρια είναι παρόμοια με τους σπόρους, επειδή μπορούν να αναπαραγάγουν μύκητες. Ο άνεμος, η βροχή ή τα έντομα μπορούν να εξαπλώσουν τα σπόρια. Τελικά, προσγειώνονται σε έναν νέο βιότοπο και εάν οι συνθήκες είναι σωστές, θα αρχίσουν να αναπτύσσονται και να παράγουν μια νέα υφή. Δεδομένου ότι οι μύκητες δεν μπορούν να κινηθούν, χρησιμοποιούν σπόρια για να βρουν νέα περιβάλλοντα με λιγότερους ανταγωνιστικούς οργανισμούς.

2.3.2 Μακροσκοπικοί νηματοειδείς μύκητες

Οι μακροσκοπικοί νηματοειδείς μύκητες διαφέρουν από τα καλούπια, διότι παράγουν ορατά καρποφόρα σώματα (γνωστά ως μανιτάρια ή φρύνοι) που συγκρατούν τα σπόρια. Το καρποφόρο σώμα αποτελείται από σφιχτά συσκευασμένους υφές που διαχωρίζονται για να παράγουν τα διάφορα μέρη της μυκητιακής δομής.

2.3.3 Μονοκύτταρες μικροσκοπικές ζύμες

Η ζύμη είναι ένας σφαιρικός, οβάλ ή κυλινδρικός μονοκύτταρος οργανισμός. Περιέχει κυτταρόπλασμα, έναν ξεχωριστό πυρήνα που περιβάλλεται από μια πυρηνική μεμβράνη. Όπως τα βακτήρια, έχουν ενδοκυτταρικά και εξοκυτταρικά συστήματα ενζύμων που μπορούν να διασπάσουν τα μακρομόρια στο υπόστρωμα σε κατάλληλα μεγέθη κύτταρα για τον μεταβολισμό των κυττάρων. Στο εργαστήριο, η ζύμη αναπτύσσεται σε πλούσια σε ζάχαρη υποστρώματα σε pH 5-6.

2.4 ΜΥΚΗΤΕΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΑ

Οι μύκητες βρίσκονται συνήθως σε τρόφιμα όπως τυρί, μαρμελάδα, ψωμί και σάπια φρούτα. Συνήθως καλλιεργούνται σε βαμβάκι και έχουν πράσινο, μαύρο ή άλλα χρώματα. Μερικοί καταστρέφουν τα τρόφιμα διασπώντας λίπος, πρωτεΐνες και υδατάνθρακες, ενώ άλλοι χρησιμοποιούνται για την παρασκευή τροφών και αντιβιοτικών.

2.5 ΜΥΚΗΤΕΣ ΚΑΙ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ

Οι μύκητες και οι ζύμες είναι οι πιο συνηθισμένοι οργανισμοί που προκαλούν την αλλοίωση των γαλακτοκομικών προϊόντων, ιδίως των προϊόντων που έχουν υποστεί ζύμωση όπως το γιαούρτι ή το πηγμένο γάλα. Επηρεάζουν δυσμενώς την ποιότητα των προϊόντων, ενδέχεται να επηρεάσουν την υγεία των καταναλωτών και να προκαλέσουν απώλειες στην παραγωγή για τους κατασκευαστές. Εάν το τυρί

τοποθετηθεί σε λάθος μέρος, οι μικροοργανισμοί που απαιτούνται για την παραγωγή τυριού θα επηρεάσουν επίσης αρνητικά τη διαδικασία παραγωγής. Η μόλυνση των γαλακτοκομικών προϊόντων από μύκητες μπορεί να συμβεί σε διάφορα στάδια, από τις γαλακτοκομικές εκμεταλλεύσεις έως τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας γαλακτοκομικών προϊόντων έως τα σπίτια των καταναλωτών.

2.6 ΖΥΜΕΣ ΚΑΙ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ

Η αλλοίωση των γαλακτοκομικών προϊόντων που προκαλείται από τις ζύμες μπορεί να προκαλέσει ορατή βλάβη, η οποία οφείλεται κυρίως στην ανάπτυξη τους στην επιφάνεια του προϊόντος, όπως το ελάττωμα του «δέρματος φρύνος» που προκαλείται από το *G. geotrichum* ή την αντίδραση μαυρίσματος που προκαλείται από το *Yarrowia lipolytica*. Το τελευταίο ελάττωμα οφείλεται στη συσσώρευση ομογενούς οξέος έξω από το κύτταρο, το οποίο είναι ένας ενδιάμεσος καταβολισμός τυροσίνης που μπορεί να οξειδωθεί αυτόματα και να πολυμεριστεί, με αποτέλεσμα τον σχηματισμό καφέ τυομελανίνης. Η αλλοίωση ζύμης μπορεί επίσης να προκαλέσει ανιχνεύσιμη αλλά αόρατη βλάβη, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε αλλοιώσεις της οσμής και της γεύσης ή της υφής μέσω της παραγωγής αιθανόλης, CO₂ και πτητικών οργανικών ενώσεων (πρωτοταγείς και δευτεροταγείς αλκοόλες, αλδεΐδες, εστέρες), καθώς και καθώς και την παραγωγή λιπολυτικών και πρωτεολυτικών ενζύμων (γλυκόλυση). Ο βαθμός των βλαβών εξαρτάται από δύο παραμέτρους: το ελάχιστο επίπεδο βλάβης και τον δείκτη χημικής βλάβης, οι οποίοι αντιστοιχούν αντίστοιχα στη συγκέντρωση ενός συγκεκριμένου νοσούντος οργανισμού και στη συγκέντρωση των ασθενών μεταβολιτών που προσδιορίζονται τη στιγμή της απόρριψης των αισθήσεων.

2.7 ΚΑΛΟΥΠΙΑ ΚΑΙ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ

Η αλλοίωση των γαλακτοκομικών προϊόντων από τα καλούπια περιλαμβάνουν ορατές αλλαγές λόγω του σχηματισμού κοιλοτήτων στην επιφάνεια του προϊόντος. Σε τυριά συσκευασμένα σε κενό όπως το τυρί τσένταρ, μερικές φορές συναντάται ένα άλλο ελάττωμα γνωστό ως ελαττωματικό νήμα, το οποίο χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη μούχλας στις πτυχές και τις ρυτίδες της πλαστικής μεμβράνης στην οποία συσκευάζεται το τυρί. Το *Moniliella suaveolens* και το *Cladosporium herbarum* φάνηκε να παράγουν κετόνες που προκαλούν ελαττωματικό τρεμούλιασμα στο βούτυρο ενώ το *Penicillium glabrum*, το *Penicillium expansum*, το *Penicillium chrysogenum* και το *Cladosporium cladosporioides* μπορεί να παράγει αρωματικές ουσίες συμπεριλαμβανομένων 2-μεθυλισοσοβορνεόλης και γεοσίνης που έχουν ισχυρές μυρωδιές και γήινες νότες.

Τα καλούπια που προκαλούν την αλλοίωση των γαλακτοκομικών προϊόντων είναι πολύ διαφορετικά στο γένος και στα είδη. Έχει προσδιοριστεί ότι έως και 100 τύποι μούχλας ευθύνονται για την αλλοίωση των γαλακτοκομικών προϊόντων. Τα περισσότερα είδη ανήκουν στα Ascomycota και Mucoromycota phyla. Το καλούπι μπορεί επίσης να μολύνει γαλακτοκομικά προϊόντα μέσω θερμικής επεξεργασίας. Η παρουσία μούχλας σε θερμικά επεξεργασμένο γάλα ή γαλακτοκομικά προϊόντα μπορεί να οφείλεται σε ρύπους μετά την επεξεργασία ή στην αντοχή στη θερμότητα των σπόρων μούχλας κατά τη διάρκεια της εμφιάλωσης ή της συσκευασίας.

2.8 ΜΥΚΗΤΕΣ ΣΤΟ ΤΥΡΙ

Παρακάτω αναφέρονται οι οκτώ γνωστότεροι μύκητες στην παραγωγή τυριού

Penicillium Candidum

Εμφανίζεται σε τυριά με μαλακό, «ραγισμένο» δέρμα, όπως brie ή camembert. Αυτή η λευκή, μαλακή, μούχλα ουσία υπάρχει στην επιφάνεια των περισσότερων κρεμώδη τυριών. Μπορεί να προστεθεί στο τυρί με δύο τρόπους: απευθείας στο γάλα ή ψεκάζοντας την επιφάνεια όταν έχει ήδη σχηματιστεί.

Geotrichum Candidum

Συχνά αναφέρεται ως «έξυπνος» μύκητας στον κόσμο των τυριών, έχει την εμφάνιση ενός σκουλήκι και μπορεί να αναπτυχθεί γρήγορα στην επιφάνεια του τυριού. Δίνει στο τυρί ένα μοναδικό άρωμα ξινή και γεύσης εσπεριδοειδών. Μπορεί να προστεθεί από γάλα ή μπορεί να προστεθεί στο τυρί ψεκάζοντας την επιφάνεια στο τέλος. Ωστόσο, αυτό είναι ένα πολύ φιλόξενο περιβάλλον για την ανάπτυξη άλλων ισχυρότερων μυκήτων. Η υψηλή περιεκτικότητα του Geotrichum στο τυρί μπορεί να προκαλέσει παρενέργειες.

Penicillium Roqueforti

Το Penicillium roqueforti χρειάζεται αέρα και υγρασία για να αναπτυχθεί. Στο μπλε τυρί, τα βακτήρια εισάγονται στο γάλα, και η κεφαλή του τυριού διαπερνιέται από μια βελόνα, σχηματίζοντας ένα κανάλι για τον αέρα που εισέρχεται και μεγαλώνει μούχλα. Σήμερα, υπάρχουν ακόμα φυσικοί μύκητες, αλλά η δομή τους αναπαράγεται στο εργαστήριο, επομένως έχουν ενότητα.

Rhizomucor (Mucor)

Είναι ένας μύκητας που μπορεί να προκαλέσει προβλήματα κατά την ωρίμανση των μαλακών, ευαίσθητων τυριών. Είναι εύκολο να αναγνωριστεί γιατί μοιάζει με τρίχες γάτας και μεγαλώνει γρήγορα σε ένα υγρό, ώριμο περιβάλλον και αναπαράγει δέκα φορές ταχύτερα από την Candida albicans. Επειδή τα σπόρια του μεταφέρονται εύκολα με αεριζόμενο αέρα, μπορεί να είναι επιβλαβές και καταστροφικό.

Brevibacterium

Ο Brevibacterium είναι καλούπι που εμφανίζεται με χρώμα πορτοκαλί που βρίσκουμε σε κάποια τυριά με φλούδα.

Chrysosporium Sulphureum

Αυτός ο μύκητας μπορεί να ταυτιστεί από τις μικρές, κίτρινες κηλίδες ή τα «λουλούδια» που παράγονται στο εξωτερικό του τυριού με φυσικό δέρμα. Εάν οι συνθήκες και ο αερισμός είναι σωστές, μεταφέρονται από τυρί σε τυρί.

Penicillium Glaucum

Το Penicillium penicillium είναι ο λιγότερο γνωστός από τους δύο κύριους μύκητες του μπλε τυριού. Εισάγεται στο τυρί με βελονισμό κατά τη διάρκεια ή μετά τη διαδικασία παραγωγής και στη συνέχεια στο πράσινο τυρί. Οι τυροκόμοι χρησιμοποιούν φυσικούς μύκητες για να τους βοηθήσουν να διαλύσουν το λίπος στο γάλα.

Sprendonema Casei

Πρόκειται για έναν ειδικό μύκητα που βρίσκεται μόνο σε τυριά. Δεν υπάρχουν πολλές πληροφορίες για το πώς αυτός ο μύκητας επηρεάζει τη γεύση του τυριού, αλλά η εμφάνισή του στην εξωτερική επιφάνεια ενός τυριού με φυσικό φλοιό δείχνει ότι το τυρί ωριμάζει σωστά.

2.9 ΜΥΚΗΤΕΣ ΚΑΙ ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΕΣ

Οι μυκοτοξίνες είναι μια ομάδα δευτερογενών μεταβολιτών που παράγονται από νηματοειδείς μύκητες, οι οποίοι ενδέχεται να μολύνουν τρόφιμα, ζωοτροφές ή πρώτες ύλες για την παραγωγή τους. Τα γένη μυκοτοξινών μυκήτων εκφράζεται κυρίως ως Aspergillus , Penicillium και Fusarium.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι δεν παράγουν όλοι οι μύκητες μυκοτοξίνες, καθώς και ότι ένα μόνο είδος μύκητα μπορεί να παράγει πολλές δευτερεύουσες τοξικές ενώσεις. Η παρουσία μυκοτοξινών στα τρόφιμα πρέπει να εξαρτάται από την ανάπτυξη μυκήτων, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι τα προϊόντα που δεν περιέχουν μύκητες δεν μπορούν να περιέχουν μυκοτοξίνες. Τα δημητριακά που αποθηκεύονται σε κακές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας παρέχουν ένα ευνοϊκό μέσο για την ανάπτυξη μυκήτων και την παραγωγή μυκοτοξινών. Μόλις παραχθούν μυκοτοξίνες, ακόμη και μετά την καταστροφή της μυκητιακής βιομάζας οι εκκρινόμενοι μεταβολίτες παραμένουν στο προϊόν.

2.9.1 Aspergillus

Ο *Aspergillus* περιγράφηκε για πρώτη φορά πριν από 300 χρόνια. Ορισμένα είδη έχουν χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή τροφίμων, ενώ άλλα είναι ομοιογενή ή βιοαποικοδομήσιμα μύκητες. Το *Aspergillus* περιλαμβάνει διάφορα είδη ικανά να παράγουν μυκοτοξίνες. Αυτό το γένος είναι μεγάλο και περιλαμβάνει περισσότερα από 100 αναγνωρισμένα είδη, τα περισσότερα από τα οποία αναπτύσσονται καλά στην εργαστηριακή καλλιέργεια. Περίπου 50 είδη *Aspergillus* παράγουν τοξικούς μεταβολίτες.

2.9.2 Penicillium

Το *Penicillium* είναι ένα είδος μύκητα, το οποίο είναι πολύ σημαντικό για το φυσικό περιβάλλον, την καταστροφή των τροφίμων και την παραγωγή τροφίμων και φαρμάκων. Αυτό το γένος περιέχει περισσότερα από 300 είδη. Μερικά μέλη αυτού του γένους παράγουν πενικιλίνη, ένα μόριο που χρησιμοποιείται ως αντιβιοτικό για να σκοτώσει ή να αποτρέψει την ανάπτυξη ορισμένων τύπων βακτηρίων. Άλλοι τύποι χρησιμοποιούνται για την παρασκευή τυριού. Πολλά είδη *Penicillium* παράγουν επίσης ένα ευρύ φάσμα τοξικών ενώσεων όπως η κιτρίνη και το citreoviridin.

Λόγω της διαφορετικής τοξικότητας των ειδών *Penicillium*. Οι περισσότερες τοξίνες μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, δηλαδή τις τοξίνες που επηρεάζουν τη λειτουργία του ήπατος και των νεφρών και τις νευροτοξίνες. Η πενικιλίνη, η οποία επηρεάζει τη λειτουργία του ήπατος και των νεφρών, είναι ασυμπτωματική ή μπορεί να προκαλέσει γενική αδυναμία σε ανθρώπους ή ζώα. Αντιθέτως, η νευροτοξικότητα στα ζώα συνήθως χαρακτηρίζεται από παρατεταμένες κρίσεις. Ωστόσο, οι μεμονωμένες τοξίνες μπορεί να διαφέρουν σημαντικά από αυτές τις γενικές αρχές.

2.9.3 Fusarium

Το *Fusarium* είναι μια μεγάλη ομάδα νηματοειδών μυκήτων, συνήθως ονομάζεται μυκήλιο, το οποίο είναι μέρος του φυτού και διανέμεται ευρέως στο έδαφος. Ορισμένα είδη παράγουν μυκοτοξίνες σε καλλιέργειες σιτηρών, εάν εισέλθουν στην τροφική αλυσίδα, θα επηρεάσουν την υγεία ανθρώπων και ζώων. Οι κύριες τοξίνες που παράγονται από αυτά τα είδη *Fusarium* είναι οι φουμονισίνες και τα τριχοειδή αγγεία. Αν και τα περισσότερα είδη φαίνονται αβλαβή, ορισμένα γένη και υποείδη του *Fusarium* είναι από τα πιο σημαντικά μυκητιακά παθογόνα σε φυτά και ζώα.

3 ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΕΣ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο όρος «μυκοτοξίνη» είναι περίπλοκος: προέρχεται από τον όρο «μυκο», που σημαίνει μια ουσία που παράγεται από μύκητες, και ο όρος «τοξικός» προέρχεται από το αρχαίο «τοξικό φάρμακο», που σημαίνει ότι ο τοξότης ζωγράφισε το δηλητήριο του βέλους. Είναι μια «οικογένεια» ενώσεων που σχηματίζονται και εκκρίνονται από μύκητες κατά τις φάσεις της λογαριθμικής και στατικής ανάπτυξης.

3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Είναι ετεροκυκλικές ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους με διάφορες χημικές δομές και βιολογικές δραστηριότητες. Παράγονται από σαπροφυτικούς και ενδοφυτικούς μύκητες. Μπορούν να παραχθούν κατά τη διάρκεια μυκητιασικής λοίμωξης φυτών ή κατά την αποθήκευση. Η αδυναμία ανίχνευσης του ορατού μυκηλίου συγκεκριμένων τοξικών ειδών σε φρέσκα ή αποθηκευμένα προϊόντα δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχουν μυκοτοξίνες, ούτε είναι βέβαιο ότι η παρουσία αυτών των μυκήτων δεν μπορεί να επιβεβαιώσει την παραγωγή μυκοτοξινών. Επομένως, το χαρακτηριστικό αυτής της κατηγορίας τοξινών είναι ότι ορισμένες τοξίνες παράγονται συνήθως μόνο από συγκεκριμένα είδη και το επίπεδο παραγωγής όχι μόνο ποικίλλει μεταξύ στελεχών διαφορετικών ειδών, αλλά σχετίζεται επίσης με περιβαλλοντικές συνθήκες και κατάλληλα θρεπτικά μέσα. Ονομάζονται «δευτερογενείς μεταβολίτες» επειδή δεν φαίνεται να είναι απαραίτητοι για τη φυσιολογική, βιοχημική και αναπαραγωγική δραστηριότητα των κυττάρων. Παράγονται κατά τη διάρκεια του κυτταρικού κύκλου από πρόδρομες ενώσεις που προέρχονται από τον πρωτογενή μεταβολισμό.

3.3 ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΩΝ

Οι κυριότερες μυκοτοξίνες περιλαμβάνουν τις αφλατοξίνες (AFB_1 , AFB_2 , AFG_1 , AFG_2 , AFM_1 , AFM_2), τις φουμονισίνες (FB_1 , FB_2), τα τριχοθηκένια, και τις ωχρατοξίνες και η Ζεαραλενόνη. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει προτείνει επιτρεπτά όρια για μερικές από τις μυκοτοξίνες.

3.3.1 Ωχρατοξίνες (Ochratoxins)

Οι ωχρατοξίνες ανακαλύφθηκαν στη νότιο Αφρική, μετά από εργαστηριακή έρευνα. Οι μύκητες που παράγουν τις ωχρατοξίνες εμφανίζονται κυρίως σε τροπικά

κλίματα. Η παραγωγή τους προκύπτει από τούς μύκητες *Aspergillus spp.* και *Penicillium spp.* Απαντώνται κυρίως στα δημητριακά, στο καλαμπόκι, στον καφέ, στην μύρα, στα αποξηραμένα φρούτα, στο κρασί, στο κακάο και στους ξηρούς καρπούς.

Η ωχρατοξίνη είναι μια μυκοτοξίνη που έρχεται σε τρεις δευτερεύουσες μορφές μεταβολίτη, Α, Β και C. Οι ωχρατοξίνες Α,Β,С έχουν παρόμοιες χημικές δομές, αλλά οι τοξικές τους επιδράσεις είναι διαφορετικές. Η πιο τοξική είναι η Α, ακολουθεί η Β που είναι κατά 10 με 20 φορές λιγότερο τοξική έναντι της Α και τέλος η C θεωρείται ότι δεν έχει τοξική επίδραση. Αποτελούνται από μία κουμαρινική ομάδα η οποία συνδέεται με την L-β-φαινυλαλανίνη μέσω μιας καρβοξυλικής ομάδας. Ο κύριος εκπρόσωπος αυτής της ομάδας είναι η ωχρατοξίνη Α, ακολουθούν οι μεθυλικοί και οι αιθυλικοί εστέρες της, η ωχρατοξίνη Β με τους αντίστοιχους εστέρες και η 4 διϋδροξυωχρατοξίνη Α. Η απουσία του χλωρίου στη θέση C₅ διαφοροποιεί την ωχρατοξίνη Α από την ωχρατοξίνη Β. Ο στερεοχημικός τύπος ωχρατοξίνης Α μπορεί να εντοπιστεί σε μια ποικιλία τροφίμων και ποτών, όπως δημητριακά, μύρα, κρασί, κακάο, καφές, σταφίδες και μπαχαρικά και ορισμένα προϊόντα κρέατος.

Όταν οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας γίνουν ευνοϊκές, τα τρόφιμα μπορεί να μολυνθούν στο χωράφι ή μετά τη συγκομιδή. Στα ζώα, το κύριο όργανο στόχος των τοξινών είναι το νεφρό και σπάνια το ήπαρ. Η δηλητηρίαση μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και την παραγωγικότητα των ζώων. Τα πουλιά και οι χοίροι φαίνεται να είναι πιο ευαίσθητα. Αν και τα διαθέσιμα δεδομένα είναι ανεπαρκή, φαίνεται επίσης να έχουν καρκινογόνες επιπτώσεις στον άνθρωπο.

Η μελέτη τοξικότητας της ωχρατοξίνης περιλαμβάνει τον προσδιορισμό παραγόντων που σχετίζονται με την καρκινογένεση. Υπάρχει υποψία ότι η ωχρατοξίνη Α είναι μια από τις κύριες αιτίες του καρκίνου του ουροποιητικού συστήματος και σχετίζεται με βλάβη των νεφρών στην Ανατολική Ευρώπη. Μελέτες έχουν δείξει ότι σχεδόν όλοι οι Ευρωπαίοι έχουν μια ορισμένη συγκέντρωση ασπεργιλλίνης στο αίμα τους.

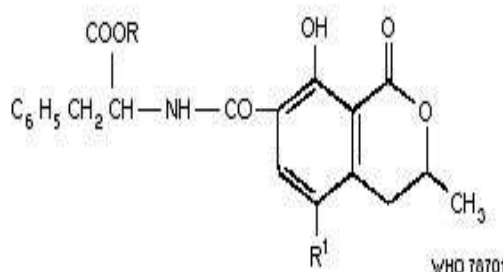


Fig. 6. The chemical structure of ochratoxins: ochratoxin A: R' = Cl, R = H; ochratoxin B: R' = H, R = H; ochratoxin C: R = Cl, R' = C₂H₅; methyl ester of ochratoxin A: R = ²Cl, R = CH₃; methyl or ethyl ester of ochratoxin B: R' = H, R = CH₃ or C₂H₅.

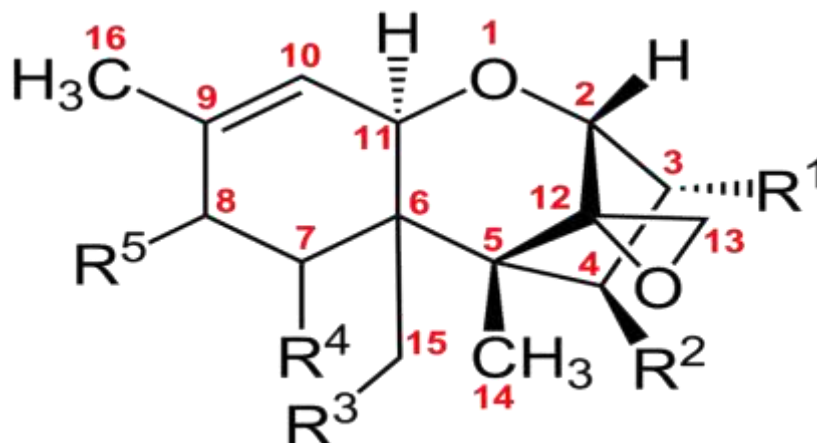
Εικόνα 3.1 : Η χημική δομή της ωχρατοξίνης

3.3.2 Τριχοθηκένια (Trichothecenes)

Τα τριχοθηκένια είναι μία από τις κύριες κατηγορίες μυκοτοξινών, οι οποίες έχουν σημαντικό οικονομικό αντίκτυπο στις καλλιέργειες δημητριακών κάθε χρόνο. Συνήθως απαντώνται σε δημητριακά όπως ρύζι, κριθάρι, βρώμη κ.α. Είναι οι πιο σημαντικές μυκοτοξίνες που παράγονται από μύκητες *Fusarium*, αλλά παράγουν επίσης άλλα γένη μυκήτων, όπως *Cephalosporium*, *Myrothecium*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Trichothecium*, και *Verticimonosporium*. Η κατανόηση της παθογένεσης των μυκήτων που παράγουν τριχοθηκένιο και η ρύθμιση της βιοσύνθεσης του έχει γίνει όλο και πιο σημαντική για την καταπολέμηση της εξάπλωσής τους σε ολόκληρη τη Βόρεια Αμερική και σε και σε άλλα μέρη του κόσμου.

Είναι μικρά, αμφιπαθητικά μόρια που μπορούν να κινούνται παθητικά στις κυτταρικές μεμβράνες. Απορροφούνται εύκολα μέσω των ολοκληρωτικών και γαστρεντερικών συστημάτων, επιτρέποντας την ταχεία επίδραση των τριχοθηκένων που λαμβάνονται σε ιστούς ταχέως πολλαπλασιασμού. Η έκθεση σε αυτές τις τοξίνες μπορεί να οδηγήσει σε άρνηση τροφής, ανοσολογικά προβλήματα, έμετο, δερματίτιδα και αιμορραγικές βλάβες. Είναι φυτοτοξικά και μπορούν να προκαλέσουν χλώρωση και νανισμό και δρουν ως παράγοντας μολυσματικότητας στην κεφαλή του σιταριού. Είναι επίσης αδιάλυτα στο νερό, αλλά έχουν υψηλή διαλυτότητα σε οργανικούς διαλύτες όπως ακετόνη, χλωροφόρμιο, αιθανόλη, μεθανόλη, αιθυλεστέρα και διμεθυλοσουλφοξείδιο. Είναι σταθερές σε υψηλές θερμοκρασίες και είναι δύσκολο να αποσυντεθούν κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας τροφίμων. Είναι σταθερές υπό συνθήκες ουδέτερου και οξικού οξέος, αλλά ταυτόχρονα δεν θα υδρολυθούν στο στομάχι μετά την κατάποση. Αντίθετα, μπορούν να απενεργοποιηθούν υπό ισχυρές αλκαλικές συνθήκες, οι οποίες είναι κατάλληλες να διασπάσουν τον εποξειδικό δακτύλιο των τριχοθηκινών.

Αποτελούνται από μία ομάδα σεσκιτερπενίων (τρεις ισοπροπενικές ομάδες) και χαρακτηρίζονται από το σκελετό 12,13-επόξυτριχοθεκένιο. Η ομάδα χωρίζεται σε τέσσερις υποκατηγορίες βάση των χημικών χαρακτηριστικών τους. Οι πρώτες δύο διαφέρουν στην ύπαρξη (νιβαλελόλη, δεοξυνιβαλενόλη) ή όχι μια ομάδας καρβονυλίου στη θέση C₈ (T-2 τοξίνη, διακετοξυσκριπενόλη). Οι άλλες δύο ομάδες είναι οι ροριδίνες και οι βερρουκαρίνες, όπου περιλαμβάνουν μία μακροκυκλική εστερική γέφυρα ανάμεσα στους άνθρακες στις θέσεις C₄ και C₁₅.



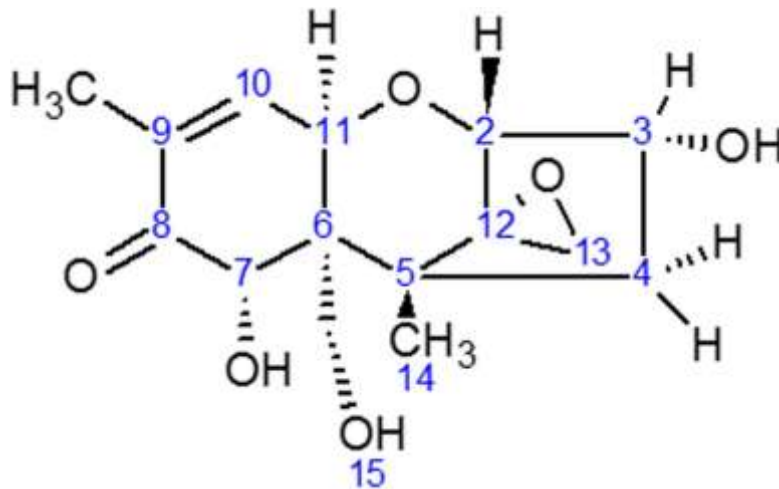
Εικόνα 3.2 : Η βασική δομή των τριχοθηκενίων.

3.3.3 Δεοξυνιβαλενόλη(DON)

Η δεοξυνιβαλενόλη (DON) είναι η πιο κοινή τοξίνη του μύκητα *Fusarium*. Ονομάζεται, επίσης, και βομιτοξίνη (vomitoxin). Είναι πιθανώς το πιο συνηθισμένο τριχοθηκένιο και η τοξίνη παράγεται κατά κύριο λόγο από το *F. graminearum* και το *F. culmorum*.

Εμφανίζεται κυρίως στα δημητριακά, όπως το σιτάρι, το κριθάρι και το καλαμπόκι, και σπάνια εμφανίζεται σε βρώμη, ρύζι, σίκαλη και σόργο. Μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία μετά από οξεία, βραχυπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη ένταση. Μετά από οξεία χορήγηση, η δεοξυνιβαλενόλη παράγει δύο τυπικά τοξικολογικά αποτελέσματα: μείωση της πρόσληψης τροφής (ανορεξία) και έμετος.

Οι χοίροι είναι τα πιο ευαίσθητα ζώα στην δεοξυνιβαλενόλη και οι χρόνιες επιπτώσεις της κατάποσης μολυσμένων ζωοτροφών μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση βάρους, ανάπτυξη και στειρότητα (συμπεριλαμβανομένων παραμορφώσεων και ματαιωμένων ζώων). Τα πουλιά είναι πιο ανεκτικά από το χοίρο και τα αποτελέσματα της δηλητηρίασης είναι η χαμηλότερη ποιότητα και το βάρος των παραγόμενων αυγών. Οι αγελάδες είναι πιο ανεκτικές, κάτι που μπορεί να οφείλεται στη διάσπαση των τοξινών σε δευτερεύοντες μεταβολίτες στον αυλό. Εκτός από τη μείωση της παραγωγής γάλακτος, ο αντίκτυπος στα βοοειδή περιλαμβάνει επίσης τη μείωση της πρόσληψης τροφής και του ποσοστού δέσμευσης



Εικόνα 3.3 : Η χημική δομή της δεοξυनिβαλενόνης

3.3.4 Φουμονισίνες (fumonisins)

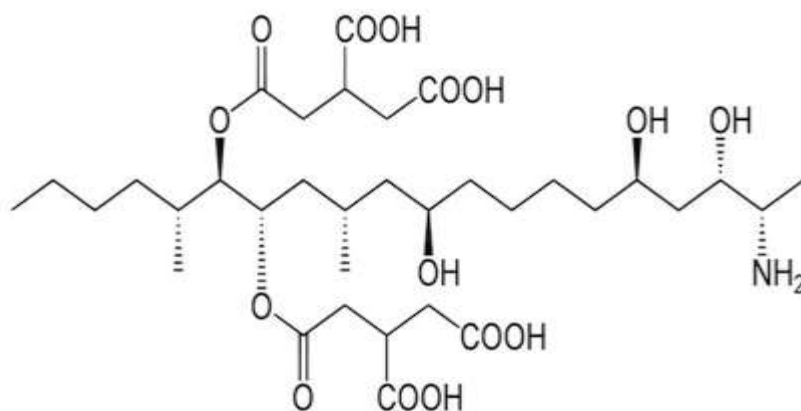
Αυτή η μυκοτοξίνη (fumonisins) παράγεται από τα παθογόνα στελέχη των μικροοργανισμών *Fusarium verticillioides* και *Fusarium proliferatum*. Η φουμονισίνη είναι μια πολύ υδατοδιαλυτή πολική ένωση, διαλυτή στο νερό, και στα διαλύματα της μεθανόλης και του ακετονιτρίλιου, αλλά αδιάλυτη σε μη πολικούς διαλύτες, σε αντίθεση με άλλες μυκοτοξίνες. Δεν περιέχουν αρωματικούς δακτυλίους ή χρωματιστές περιοχές, επομένως είναι εύκολο να εντοπιστούν. Είναι ιδιαίτερα σταθερές σε πολλές χημικές διεργασίες και αλλαγές θερμοκρασίας. Είναι φυσικοί μολυσματικοί παράγοντες των σιταριών και των δημητριακών παγκοσμίως και συνήθως βρίσκονται στο καλαμπόκι και τα προϊόντα που παράγονται από αυτό. Μπορεί επίσης να βρεθεί σε ξηρούς καρπούς, κρασί, ρύζι και μαύρο τσάι. Εμφανίζονται σπάνια στα τρόφιμα όπως, σπαράγγια, μύρα και φασόλια. Υπάρχουν τρεις ενώσεις που βρέθηκαν ως σημαντικές οντότητες που ανήκουν στο *Fumonisis*, δηλαδή FB₁, FB₂ και FB₃.

Η φουμονισίνη B₁ είναι διεστέρας προπανίου 1,2,3-τρικαρβοξυλικού οξέος. Σε μακροχρόνιες μελέτες διατροφής, προκάλεσε όγκους στο ήπαρ και στα νεφρά των τρωκτικών. Έχουν αναπτυχθεί αρκετοί βιοχημικοί τρόποι δράσης για να εξηγήσουν ότι οι φουμονισίνες προκαλούν ασθένειες των ζώων. Ο πρώτος προτεινόμενος μηχανισμός περιλαμβάνει διαταραχή του μεταβολισμού των σφιγγολιπιδίων μέσω της αναστολής της συνθάσης του κεραμιδίου. Ο δεύτερος προτεινόμενος βιοχημικός μηχανισμός περιλαμβάνει διακοπή του μεταβολισμού των λιπαρών οξέων και των γλυκερόφωσfolιπιδίων.

Μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές ασθένειες των ζώων και μελέτες έχουν δείξει ότι σχετίζονται με πνευμονικό οίδημα σε χοίρους και ασθένειες όπως ο καρκίνος του ήπατος και ο καρκίνος του οισοφάγου. Η χημική δομή των φουμονισινών είναι η φουμονισίνη B₁. Σε μολυσμένα δείγματα καλαμποκιού, η συνολική περιεκτικότητα φουμονισινών υπερβαίνει το 70% της συνολικής

περιεκτικότητας φουμονισινών στο *Fusarium*, γεγονός που κάνει τους ανθρώπους να πάσχουν από καρκίνο.

Η καρκινογένεση των φουμονισινών δεν φαίνεται να περιλαμβάνει αλληλεπιδράσεις DNA. Επιπλέον, η φουμονισίνη είναι ένα αποτελεσματικό ανοσοκατασταλτικό, το οποίο μπορεί να αυξήσει την ευαισθησία στις ασθένειες. Αυτές οι τοξίνες προκαλούν πολλές ασθένειες στα ζώα, όπως η λευκοεγκεφαλομαλακία (LEME) στα άλογα και το πνευμονικό οίδημα στους χοίρους. Το LEME είναι μια μη μολυσματική και εξαιρετικά θανατηφόρα ασθένεια. Επηρεάζει το κεντρικό νευρικό σύστημα των αλόγων και άλλων αλόγων και είναι ευρέως διαδεδομένο σε όλο τον κόσμο. Θεωρείται ότι είναι μια ασθένεια που προήλθε από ένα εύκρατο τροπικό κλίμα. Το LEME περιλαμβάνει μεταβολικές αλλοιώσεις που παράγουν το μαλάκωμα της λευκής ουσίας του εγκεφαλίου καθώς και την υγροποίησή του, η οποία συμβαίνει λόγω μυκοτοξίνης που υπάρχει στην τροφή. Η ασθένεια εμφανίζεται λόγω της ανάγκης συμπλήρωσης της διαίτας αλόγου με κόκκους αραβοσίτου ή τροφή που τα περιέχει στη σύνθεση τους λόγω της έλλειψης ζωοτροφών σε βοσκότοπους. Αν και είναι δύσκολο να προσδιοριστεί η επίδρασή της στον άνθρωπο, η φουμονισίνη έχει συσχετιστεί στατιστικά με υψηλή συχνότητα εμφάνισης καρκίνου του οισοφάγου στη Νότια Αφρική και καρκίνου του ήπατος σε ορισμένες ενδημικές περιοχές στην Κίνα. Με βάση τοξικολογικά στοιχεία, το IARC δήλωσε τις τοξίνες του *F. moniliforme* ως δυνητικά καρκινογόνες για τον άνθρωπο.

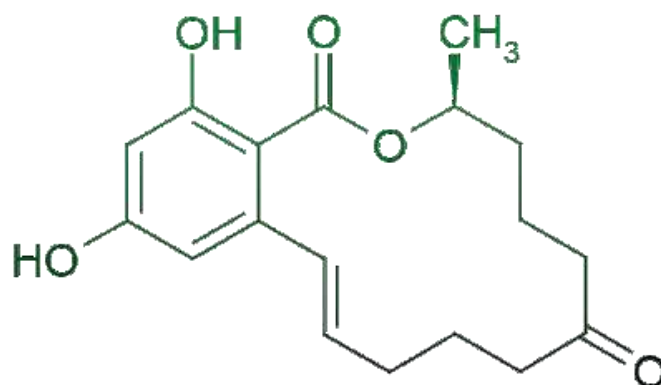


Εικόνα 3.4 : Η χημική δομή των φουμονισινών

3.3.5 Ζεαραλενόνη (ZEN)

Η ζεαραλενόνη (ZEN) ονομάζεται επίσης F₂ τοξίνη. Παράγεται από τα ίδια είδη του γένους *Fusarium* που παράγουν και τη δεοξυνιβαλενόλη, αλλά δεν ανήκει στις τριχοθεσίνες. Είναι μια λακτόνη του 6 (10-υδρόξυ-6-όξο-τρανς-1-εντενέκυλο)-β-ρεσορκυκλικού οξέος με μοριακό τύπο C₁₈H₂₂O₅ και μοριακό βάρος 318,36. Απαντάται στους δημητριακούς καρπούς όταν οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας κατά την αποθήκευσή τους ευνοούν την ανάπτυξη μυκήτων. Μετά τη λήψη της, μετατρέπεται γρήγορα από τη μικροβιακή χλωρίδα της μεγάλης κοιλίας των βοοειδών, σε α-ζεαραλενόλη (α-ZEN) και β-ζεαραλενόλη (β-ZEN).

Είναι καλά αναγνωρισμένο ότι η ζεαραλενόνη είναι μια μη στεροειδή οιστρογονική μυκοτοξίνη, η οποία σχετίζεται με τις ασθένειες του αναπαραγωγικού συστήματος των ζώων εκτροφής (χοίρων, βοοειδών και προβάτων) και του συνδρόμου ανεπάρκειας ανθρώπινων οιστρογόνων. Τοξικολογικές μελέτες έχουν δείξει τις επιπτώσεις της στο αναπαραγωγικό σύστημα, συμπεριλαμβανομένων της διευρυμένης μήτρας, των αλλαγών στην αναπαραγωγική οδό, της μειωμένης γονιμότητας και των ανώμαλων επιπέδων προγεστερόνης και οιστραδιόλης. Επιπλέον, η πρόσληψη ζεαραλενόνης κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης μπορεί να μειώσει το βάρος του εμβρύου και τα ποσοστά επιβίωσης. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να εξηγηθεί από τη δομή της ζεαραλενόνης. Έχει μια δομή που του επιτρέπει να συνδέεται με υποδοχείς οιστρογόνων θηλαστικών, αν και έχει χαμηλότερη συγγένεια από το φυσικό οιστρογόνο. Επιπλέον, έχει αποδειχθεί επίσης ότι έχει ηπατοτοξικότητα, τοξικότητα στο αίμα, ανοσοτοξικότητα και γονοτοξικότητα. Αν και τα αναπαραγωγικά όργανα είναι οι κύριοι στόχοι της τοξικότητάς του, έχουν αναφερθεί οι δυσμενείς επιπτώσεις του στο γαστρεντερικό σωλήνα. Οι επιπτώσεις της κατάποσης του γαστρεντερικού σωλήνα δεν είναι τόσο επιβλαβείς όσο άλλες μυκοτοξίνες.



Εικόνα 3.5 : Η χημική δομή της ζεαραλενόνης

3.3.6 Αφλατοξίνες (AFLA)

Οι αφλατοξίνες παράγονται από τους μύκητες *Aspergillus flavus*, *Aspergillus candidus*, *Aspergillus parasiticus* κ.α. Η τοξικότητα της αφλατοξίνης είναι ιδιαίτερα σημαντική επειδή έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των ζώων και των ανθρώπων. Είναι η πιο τοξική ομάδα ουσιών στη φύση. Οι πιο τοξικές και καρκινογόνες αφλατοξίνες παράγονται από μύκητες. Υπό κατάλληλες συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας, οι μύκητες αναπτύσσονται κυρίως σε ξηρούς καρπούς, ξηρούς καρπούς, μπαχαρικά, κόκκους και τυρί. Μπορεί επίσης να εμφανιστούν στο γάλα των ζώων που αναπτύσσονται μύκητες κατά τη διατροφή τους.

Όσον αφορά τις αφλατοξίνες θα γίνει αναλυτική αναφορά παρακάτω

Μυκοτοξίνη	Μύκητας
Ακέτοξυσκίρπενεδιόλη	<i>Fusarium moniliforme</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. avenaceum</i> , <i>F. roseum</i>
Αλτρναριόλη	<i>Alternaria alternate</i>
Φαφλατοξίνες	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i>
Βιριδιτοξίνη	<i>Aspergillus fumigatus</i>
Γλιοτοξίνη	<i>Alternaria spp.</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Penicillium spp.</i>
Διακετοξυσκίρπενόλη	<i>Fusarium sporotrichioides</i> , <i>P. poae</i> , <i>F. moniliforme</i>
Δεοξυνιβαλενόλη	<i>Fusarium culmorum</i> , <i>F. graminearum</i>
Εργοτοξίνες	<i>Clavipers purpurea</i>
Ζεαραλενόνη	<i>Fusarium culmorum</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. roseum</i> , <i>F. moniliforme</i> , <i>F. avenaceum</i>
Κυκλοπιαζονικό οξύ	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. versicolor</i> , <i>Penicillium cyclopium</i>
Κιτρινή	<i>Aspergillus carneus</i> , <i>Penicillium citrinum</i> , <i>P. expansum</i>
Κιτρεοβιριδίνη	<i>Aspergillus terreus</i>
Μονιλοφορμίνη	<i>Fusarium moniliforme</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. avenaceum</i> , <i>F. roseum</i> , και <i>F. nivale</i>
Νιβαλενόλη	<i>Fusarium avenaceum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. moniliforme</i> , <i>F. nivale</i> , <i>F. poae</i>
Ξανθοκιλλίνη	<i>Eurotium chevalieri</i>
Πατουλίνη	<i>Aspergillus clavatus</i> , <i>A. terreus</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Penicillium roquefortii</i> , <i>P. claviforme</i> κ.ά.
Σατρατοξίνες	<i>Stachybotrys chartarum</i> , <i>Trichoderma viridi</i>
Σκίρπεντριόλη	<i>Fusarium moniliforme</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. solani</i> , <i>F. avenaceum</i> , <i>F. roseum</i>
Στεριγματοκυστίνη	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. nidulans</i> , <i>A. versicolor</i> , <i>Penicillium rugulosum</i>
Τοξίνη T-1, Τοξίνη T-2	<i>Fusarium avenaceum</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. moniliforme</i> , <i>F. nivale</i> , <i>F. roseum</i> , <i>F. solani</i>
Τοξίνη HT-2	<i>Fusarium moniliforme</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. avenaceum</i>
Τριχοδερμίνη	<i>Trichoderma viride</i>
Τριχοθεσίνη	<i>Trichothecium roseum</i>
Τριχοβερρίνη	<i>Stachybotrys chartarum</i>
Φουμονισίνη B1	<i>Fusarium moniliforme</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. avenaceum</i> ,
Φουσαρικό, Φουσαρίνη	<i>Fusarium moniliforme</i>
Ωχρατοξίνες	<i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>A. carbonarius</i> , <i>Penicillium viridictum</i> , <i>P. verrucosum</i>

Πίνακας 3.1 Αναφορά ορισμένων σημαντικών μυκοτοξινών και μυκήτων όπου παράγονται.

3.4 ΟΡΙΑ ΜΥΚΟΤΟΞΙΝΩΝ

Μυκοτοξίνες	Προϊόντα που προορίζονται για ζωοτροφές	Μέγιστη περιεκτικότητα σε mg/kg (ppm) με υγρασία 12%
Αφλατοξίνη B ₁	Πλήρεις ζωοτροφές για βοοειδή, πρόβατα και αίγες, με εξαίρεση:	0.05
	Γαλακτοπαραγωγές αγελάδες	0.005
	Μοσχάρια και αρνιά	0.01
DOV	Σιτηρά και προϊόντα σιτηρών εκτός από τα υποπροϊόντα αραβοσίτου	8
	Υποπροϊόντα αραβοσίτου	12
	Συμπληρωματικές και πλήρεις ζωοτροφές εκτός από:	5
Ζεαραλενόνη	γουρούνι	0.9
	μοσχάρια (<4 μήνες), αρνιά και παιδιά	2
	Σιτηρά και προϊόντα σιτηρών εκτός από τα υποπροϊόντα αραβοσίτου:	2
	Υποπροϊόντα αραβοσίτου	3
	Συμπληρωματικές και πλήρεις ζωοτροφές για χοιρίδια και χοιρομητέρες	0.1
	Συμπληρωματικές και πλήρεις ζωοτροφές για χοιρομητέρες και χοίρους προς πάχυνση	0.25
	Συμπληρωματικές και πλήρεις ζωοτροφές για μόσχους, γαλακτοπαραγωγικά βοοειδή, πρόβατα (συμπεριλαμβανομένων των αμνών) και αίγες (συμπεριλαμβανομένων των παιδιών)	0.5
Ωχρατοξίνη A	Σιτηρά και προϊόντα σιτηρών	0.25
	Συμπληρωματικές και πλήρεις ζωοτροφές:	5
	γουρούνι	0.5
Φουμονισίνη B ₁ +B ₂	πουλερικά	0.1
	Αραβόσιτος και προϊόντα αραβοσίτου	60
	Συμπληρωματικές και πλήρεις ζωοτροφές για:	
	Χοίροι, άλογα, κουνέλια και ζώα συντροφιάς	5
	ψάρι	10
	Πουλερικά, μόσχοι (<4 μήνες), αμνοί και παιδιά	20
	Ενήλικα μηρυκαστικά (>4 μήνες) και μινκ	50

Πίνακας 3.2 Ποσοτικά όρια μυκοτοξινών

3.5 ΜΥΚΟΤΟΞΙΚΩΣΗ

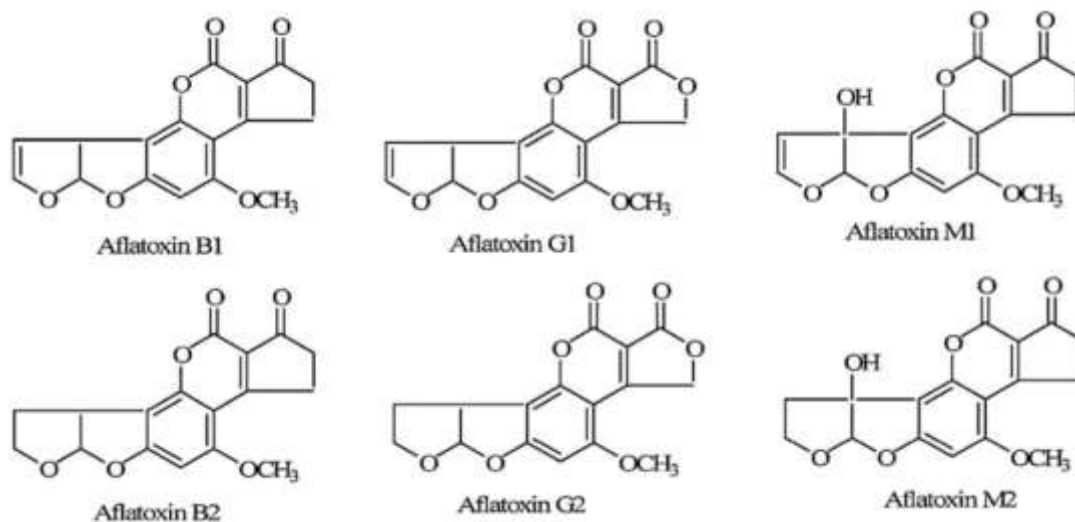
Η τοξική επίδραση των μυκοτοξινών στους ανθρώπους και στα ζώα ονομάζεται δηλητηρίαση από μυκοτοξίνες (μυκοτοξίκωση). Ο κίνδυνος εξαρτάται από την τοξικότητα, την έκθεση, την ηλικία, το φύλο και άλλους παράγοντες. Οι μυκοτοξίνες είναι ζωικές ασθένειες που προκαλούνται από μυκοτοξίνες. Τα συμπτώματα μιας μυκοτοξίκωσης εξαρτώνται από τον τύπο των μυκοτοξινών, τον χρόνο της έκθεσης, την ηλικία, την υγεία και το φύλο, καθώς και τη γενετική, τη διατροφική κατάσταση και την αλληλεπίδραση με άλλες τοξικές λοιμώξεις.

Η μυκοτοξίκωση μπορεί να εμφανιστεί σε βιομηχανικές και αναπτυσσόμενες χώρες. Δεδομένου ότι το εμπόριο πραγματοποιείται σε παγκόσμια κλίμακα, το πρόβλημα των γεωργικών προϊόντων που έχουν μολυνθεί από μυκοτοξίνες συνδυάζει πολλές διαφορετικές συνθήκες, όπως το περιβάλλον, η κοινωνία και η οικονομία. Επιπλέον, μπορούν επίσης να εισαχθούν στο ανθρώπινο σώμα με πολλούς τρόπους: μέσω του δέρματος, μέσω του αναπνευστικού συστήματος, μέσω τροφής και των διαφόρων συστατικών του.

4 ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΕΣ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι αφλατοξίνες είναι διφουρανοκουμαρινικά παράγωγα. Οι αφλατοξίνες είναι εξαιρετικά τοξικές και καρκινογόνες μυκοτοξίνες προκαλούνται από διάφορα είδη μυκήτων, κυρίως το *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*. Δεκαοκτώ αφλατοξίνες έχουν αναγνωριστεί μέχρι σήμερα. Ο *Aspergillus flavus* παράγει μόνο αφλατοξίνες B₁ και B₂ και του κυκλοπιαζονικού οξέος, αν και μόνο ένα ποσοστό των στελεχών του είναι τοξικό. Ο *Aspergillus parasiticus* παράγει τις αφλατοξίνες B₁, B₂, G₁ και G₂ αλλά δεν παράγει ταυτόχρονα κυκλοπιαζονικού οξέος. Τα γράμματα B και G αναφέρονται στα φθορίζοντα χρώματα (μπλε και πράσινο) που παρατηρούνται υπό υπεριώδες φως μεγάλου μήκους κύματος και οι δείκτες 1 και 2 στα διακριτά προφίλ που παρουσιάζουν σε δίσκους χρωματογραφίας λεπτής στιβάδας. Οι αφλατοξίνες M₁ και M₂ παράγονται από τις αντίστοιχες αφλατοξίνες B μέσω υδροξυλίωσης στα γαλακτοπαραγωγικά ζώα κι εκκρίνονται στο γάλα σε ποσοστό 1,5% των αφλατοξινών B που έχουν προσληφθεί.



Εικόνα 4.1 Αναπαράσταση αφλατοξινών

4.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

Η γνώση για την ύπαρξή τους χρονολογείται από το 1960, όταν περισσότερες από 100.000 γαλοπούλες πέθαναν στο Ηνωμένο Βασίλειο μετά την κατανάλωση φυσιτικών που εισήχθησαν από την Αφρική και τη Βόρεια Αμερική. Το *Aspergillus flavus* και η τοξίνη που παράγεται από αυτόν τον μικροοργανισμό απομονώνονται από τη μολυσμένη ζωοτροφή, που ονομάζεται αφλατοξίνη, δηλαδή τοξίνη του *Aspergillus flavus* -Α-φλα-τοξίνη. Περίπου την ίδια περίοδο στις Ηνωμένες Πολιτείες, βρέθηκε ένα ξέσπασμα καρκίνου του ήπατος στην πέστροφα, η οποία αργότερα αποδόθηκε σε μόλυνση από αφλατοξίνη στο μίγμα βαμβακόσπορου, το οποίο είναι ένα διατροφικό συστατικό αυτών των ψαριών.

Το 1974, άλλα περιστατικά συνέβησαν σε ολόκληρη την Ινδία και διήρκεσαν δύο μήνες. Καταγράφηκαν συνολικά 397 κρούσματα ηπατίτιδας και 106 θάνατοι. Αυτό αποδόθηκε στην κατανάλωση καλαμποκιού μολυσμένου με αφλατοξίνη. Από το 1981 έως το 2004, η Κένυα κατέγραψε τουλάχιστον 500 κρούσματα νόσου αφλατοξίνης, εκ των οποίων 200 πέθαναν από την κατανάλωση καλαμποκιού και σόργου μολυσμένου με αφλατοξίνη. Το 2004 και το 2005, καταγράφηκαν 317 περιπτώσεις οξείας αφλατοξίνης και 125 από αυτά πέθαναν. Μια άλλη κλασική περίπτωση οξείας νόσου αφλατοξίνης εμφανίστηκε στη Μαλαισία το 1990, όπου 40 άτομα μολύνθηκαν και 13 παιδιά πέθαναν μετά την κατανάλωση ζυμαρικών μολυσμένων με αφλατοξίνη. Σήμερα, ακόμη και οι χώρες της Κεντρικής Ευρώπης αντιμετωπίζουν παρόμοια προβλήματα

4.3 ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ

Η αφλατοξίνη είναι μια αποτελεσματική τοξική ουσία που έχει χρόνιες επιδράσεις σε ζώα και ανθρώπους, προκαλώντας υπατοτοξικότητα, κίρρωση του ήπατος και επαγωγή όγκων. Για την ανθρώπινη υγεία, αυτό που είναι πιο σημαντικό είναι η ανοσοκατασταλτική δράση της αφλατοξίνης, είτε χρησιμοποιείται μόνη της είτε σε συνδυασμό με άλλες μυκοτοξίνες. Η ανοσοκαταστολή μπορεί να αυξήσει την ευαισθησία σε μολυσματικές ασθένειες, ειδικά σε άτομα που παίρνουν αφλατοξίνη για μεγάλο χρονικό διάστημα και μπορεί να αναστείλει την παραγωγή αντισωμάτων μετά τον εμβολιασμό του ζώου και ίσως και των ανθρώπων.

Τα στελέχη του *A.flavus* κυμαίνονται από μη τοξικά έως πολύ τοξικά. Τα στελέχη του *A.parasiticus* έχουν γενικά λιγότερη διακύμανση στην τοξικότητα και παράγει AFB₁ και ποικίλες ποσότητες AFB₂, AFG₁ και AFG₂.

4.4 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η χημική δομή των αφλατοξινών είναι παρόμοια, παρουσιάζοντας έναν κουμαρινικό κεντρικό πυρήνα συνδεδεμένο με διφορανοειδή δομή. Η αφλατοξίνη Β δείχνει έναν δακτύλιο κυκλοπεντανίου στο μόριο και η αφλατοξίνη G δείχνει έναν

δακτύλιο λακτόνης στο μόριο. Χημικά, η αφλατοξίνες είναι φθορίζουσες ετεροκυκλικές ενώσεις που αποτελούνται από διϋδροδιφουράνιο και τετραϋδροδιφουράνιο. Δεν γίνονται αντιληπτές με την όσφρηση ή τη γεύση και είναι ανθεκτικές σε υψηλές θερμοκρασίες. Επιπλέον, είναι ελεύθερα διαλυτές σε ασθενείς ή μέτρια πολικούς διαλύτες, όπως χλωροφόρμιο, μεθανόλη και διμεθυλοσουλφοξείδιο, καθώς και ακετόνη και ακετονιτρίλιο, και η διαλυτότητά τους στο νερό είναι 10-20 mg / L. Αντίθετα είναι αδιάλυτες σε μη πολικούς διαλύτες.

Συνοπτικά οι χημικές και φυσικές ιδιότητες των πιο σημαντικών αφλατοξινών είναι:

- Αφλατοξίνη B₁: C₁₇H₁₂O₆, παράγεται από *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* μοριακό βάρος 312, σημείο τήξης 268-269°C, παρουσιάζει έντονο κυανό φθορισμό σε έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία στα 360 nm.
- Αφλατοξίνη B₂: C₁₇H₁₄O₆, παράγεται από *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* μοριακό βάρος 314, σημείο τήξης στους 286-289°C, παρουσιάζει έντονο κυανό φθορισμό σε έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία στα 360 nm.
- Αφλατοξίνη G₁: C₁₇H₁₂O₇, παράγεται από *Aspergillus parasiticus*, μοριακό βάρος 328, σημείο τήξης στους 244-246°C, παρουσιάζει κυανοπράσινο φθορισμό σε έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία στα 360 nm.
- Αφλατοξίνη G₂: C₁₇H₁₄O₇, παράγεται από *Aspergillus parasiticus*, μοριακό βάρος 328, σημείο τήξης στους 230°C, παρουσιάζει κυανοπράσινο φθορισμό σε έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία στα 360 nm.
- Αφλατοξίνη M₁: C₁₇H₁₂O₇, μοριακό βάρος 328, σημείο τήξης στους 299°C, παρουσιάζει κυανό-βιολετί φθορισμό σε έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία στα 357 nm. Αφλατοξίνη
- Αφλατοξίνη M₂: C₁₇H₁₄O₇, μοριακό βάρος 330, σημείο τήξης στους 293°C, παρουσιάζει βιολετί φθορισμό σε έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία στα 357 nm.

4.5 ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΗ B₁

Η αφλατοξίνη B₁ στις ζωοτροφές είναι μια μυκοτοξίνη που παράγεται από Καλούπια *Aspergillus* που αναπτύσσονται σε σπόρους, ειδικά καλαμπόκι, βαμβάκι και μερικές φορές φιστίκια. Θεωρείται μία από τις πιο τοξικές ενώσεις. Οι τοξικές επιδράσεις του AFB₁ μπορεί να ποικίλουν ανάλογα με το επίπεδο έκθεσης και τη διάρκεια της έκθεσης σε τοξίνες. Μεταδίδεται άμεσα στον άνθρωπο τρώγοντας μολυσμένα τρόφιμα ή έμμεσα χρησιμοποιώντας ζωικής προέλευσης τροφή που τρώει μολυσμένα τρόφιμα.

Η μυκητιακή απειλή από το AFB₁ θα μπορούσε να μειώσει την παγκόσμια προμήθεια τροφίμων κατά 39%. Λόγω της υψηλής καρκινογένεσης, της τερατογένεσης και της μεταλλαξιογένεσης, το AFB₁ είναι μία από τις πιο διάσημες μυκοτοξίνες. Η αφλατοξίνη B₁ μπορεί να περάσει από το δέρμα. Η επαφή με το

δέρμα με αυτήν την αφλατοξίνη υπό ορισμένες περιβαλλοντικές συνθήκες μπορεί να προκαλέσει σοβαρούς κινδύνους για την υγεία. Το ήπαρ είναι το πιο ευάλωτο όργανο. Σε μελέτες σε ζώα, οι παθολογικές αλλαγές που σχετίζονται με τη δηλητηρίαση από αφλατοξίνη B₁ περιλαμβάνουν απώλεια βάρους ήπατος και καρκίνο του ήπατος. Άλλες ηπατικές βλάβες περιλαμβάνουν ηπατοκυτταρική διάγκωση, λιπαρή διήθηση, νέκρωση, αιμορραγία και ίνωση.

4.6 Η AFM₁ ΣΤΟ ΓΑΛΑ

Η αφλατοξίνη M₁ (AFM₁) είναι το 4-υδροξυ παράγωγο του AFB₁, και σχηματίζεται στο ήπαρ. Εκκρίνεται στο γάλα από τους μαστικούς αδένες των ζώων που τρέφονται με τρόφιμα μολυσμένα με AFB₁. Είναι ανθεκτικό σε θερμικές διεργασίες όπως η παστερίωση και η επεξεργασία υψηλής θερμοκρασίας (UHT), καθώς και οι ασθενώς όξινες συνθήκες που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή γάλακτος και διαφόρων γαλακτοκομικών προϊόντων όπως γιαούρτι, τυρί, κρέμα και βούτυρο.

Πολλοί ερευνητές έχουν δείξει ότι δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ της ποσότητας AFM₁ και της ποσότητας AFB₁ στην πρόσληψη τροφής των ζώων. Περίπου 0,3-6,2% του AFB₁ στις ζωοτροφές μετατρέπεται σε AFM₁ στο γάλα. Επιπλέον, ο αριθμός των αναφορών μπορεί να διαφέρει από ζώο σε ζώο, από μέρα σε μέρα, και από έναν τύπο αρμέγματος σε άλλο. Το AFM₁ μπορεί να ανιχνευθεί στο γάλα εντός 12 ωρών μετά την πρώτη κατάποση του AFB₁. Μέσα σε 72 ώρες μετά τη διακοπή της πρόσληψης, η συγκέντρωση AFM₁ στο γάλα μειώνεται σε μη ανιχνεύσιμο επίπεδο.

Στην παραγωγή γιαουρτιού, λόγω της δράσης των βακτηρίων γαλακτικού οξέος, σε σύγκριση με το γάλα, η συγκέντρωση της αφλατοξίνης M₁ μπορεί να μειωθεί, αλλά δεν μπορεί να εξαλειφθεί. Όσον αφορά την παραγωγή τυριού, στο τυρί Teleme, η συγκέντρωση του M₁ διαπιστώθηκε ότι ήταν υψηλότερη στην αρχή από ό,τι στο τέλος της περιόδου παραγωγής του.

4.7 Η AFM₁ ΣΤΟ ΤΥΡΙ

Η συμπεριφορά του AFM₁ στη διαδικασία που περιλαμβάνει διαχωρισμό λίπους μπορεί να εξηγηθεί από την ημιπολική της φύση: είναι μια υδατοδιαλυτή ένωση που συνδέεται με το υδρόφοβο τμήμα της καζεΐνης και επομένως κυριαρχεί στο τελικό μη λιπαρό προϊόν. Στα τυριά, η παρουσία της AFM₁ οφείλεται σε τρεις κύριες αιτίες:

- στον «έμμεσο τύπο μόλυνσης», δηλαδή, φρέσκο ή ανασυσταθέν γάλα που έχει μολυνθεί με AFM₁ παρασκευάζεται από αγελάδες που καταναλώνουν ζωοτροφές μολυσμένες με AFB₁,
- στον «άμεσο τύπο μόλυνσης», δηλαδή τη σύνθεση μυκοτοξινών από μύκητες, όπως τα είδη *Penicillium* και *Aspergillus*, αυτές οι μυκοτοξίνες μπορούν να μολύνουν το τυρί και να αναπτυχθούν σε αυτό και
- στην παραγωγή μυκοτοξινών από μύκητες που χρησιμοποιούνται στην παρασκευή και την ωρίμαση του τυριού.

Έρευνες έχουν δείξει ότι η συγκέντρωση της AFM₁ κατά το διαχωρισμό του γάλακτος σε τυρόπηγμα και ορό γάλακτος παραμένει αμετάβλητη και περίπου το 40-57% της συνολικής AFM₁ μεταφέρεται στο τυρόπηγμα. Λαμβάνοντας υπόψη τον παράγοντα διαχωρισμού του AFM₁ στο νερό, αναμένεται ότι οι περισσότερες από τις αφλατοξίνες θα εισέλθουν στον ορό γάλακτος. Ωστόσο, είναι πιθανό ότι ένα πολύ υψηλότερο ποσοστό AFM₁ μεταφέρεται στο τυρόπηγμα, ενδεχομένως εξαιτίας της σύνδεσης της AFM₁ με τις καζεΐνες του γάλακτος. Επομένως, η παρουσία AFM₁ στο τυρί είναι αποτέλεσμα δύο παραγόντων. Αφενός, οφείλεται στην ικανότητα του AFM₁ να δεσμεύει την καζεΐνη των βοοειδών, και από την άλλη πλευρά, λόγω της παρουσίας μέρους του ορού γάλακτος στο γιαούρτι. Μελέτες έχουν δείξει ότι η συγκέντρωση AFM₁ στο μαλακό τυρί είναι περίπου 3 φορές μεγαλύτερη από το αρχικό γάλα, ενώ η συγκέντρωση AFM₁ στο σκληρό τυρί είναι 5 φορές υψηλότερη. Επιπλέον, ορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι η ωρίμανση του τυριού και η πρωτεόλυση της καζεΐνης θα αυξήσει το ρυθμό ανάκτησης του AFM₁, επειδή η πρωτεόλυση θα επηρεάσει τις υδρόφοβες ομάδες καζεΐνης απελευθερώνοντας AFM₁.

4.8 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΡΑΣΗΣ

Η AFM₁ ανιχνεύεται στο γάλα 12-24h έπειτα από την πρώτη λήψη της AFB₁ από το ζώο και τα υψηλότερα επίπεδα συγκέντρωσης παρατηρούνται εντός τριών ημερών. Όταν σταματήσει η χορήγηση της μολυσμένης τροφής με AFB₁ στο ζώο, το επίπεδο AFM₁ στο γάλα θα μειωθεί, αλλά θα παραμείνει στο γάλα για 6 ημέρες. Το AFM₁ σχηματίζεται στο ήπαρ του ζώου, στη συνέχεια εισέρχεται στο αίμα, από εκεί στον μαστό και εκκρίνεται στο γάλα. Πιο συγκεκριμένα, οι λιπόφιλες μυκοτοξίνες χαμηλού μοριακού βάρους, όπως το AFB₁, απορροφώνται από την πεπτική οδό των μηρυκαστικών μέσω μηχανισμών παθητικής διάχυσης και εισέρχονται κυρίως στην ηπατική κυκλοφορία του αίματος, ενώ ένα μικρό μέρος εισέρχεται επίσης στο λεμφικό σύστημα.

Πειράματα που διεξήχθησαν σε πειραματόζωα και πρωτεύοντα στο εργαστήριο έδειξαν ότι η απορρόφηση του AFB₁ είναι πλήρης και γρήγορη. Μελέτες έχουν δείξει ότι η απορρόφηση της συνδεδεμένης με τρίτιο [³H]-AFB₁ στον γαστρεντερικό σωλήνα των αγελάδων διεξάγεται με ταχείς ρυθμούς και προκαλεί την ταχεία μεταφορά του AFM₁ στο γάλα. Μετά την στοματική πρόσληψη της AFB₁, οι

μεταβολίτες του απεκκρίνονται γρήγορα από τα ούρα και το γάλα και η αναλογία στα κόπρανα είναι σχετικά μικρή, υποδηλώνοντας ότι το AFB₁ απορροφάται έντονα στην πεπτική οδό των ζώων και μεταβολίζεται ενεργά στο ήπαρ. Επομένως, όταν η αφλατοξίνη B₁ καταναλώνεται μέσω μολυσμένων ζωοτροφών, θα μετατραπεί στο ήπαρ από το μικροσωμικό ένζυμο κυτοχρώματος P450 και θα μετατραπεί σε AFM₁. Στη συνέχεια απεκκρίνεται από το γάλα σε αυτήν τη μορφή για κατανάλωση από τον άνθρωπο και μπορεί επίσης να βρεθεί σε διάφορα γαλακτοκομικά προϊόντα επειδή απορροφάται από μόρια καζεΐνης.

Το πιο σημαντικό όργανο για τη βιομετατροπή του AFB₁ σε AFM₁ είναι το ήπαρ, αν και αυτή η μετατροπή μπορεί επίσης να παρατηρηθεί στα νεφρά και στο πεπτικό σωλήνα. Εκτός από το AFB₁-8,9-εποξειδίο, τα προϊόντα βιομετατροπής AFB₁ είναι λιγότερο τοξικά από την ίδια. Τα ένζυμα του κυτοχρώματος P450 (AFB₁ υδροξυλάση) παίζουν σημαντικό ρόλο στη βιομετατροπή του AFB₁ σε AFB₁-8,9-εποξειδίο. Δεδομένου ότι το τελευταίο συνδέεται με DNA, RNA και πρωτεΐνες, ο σχηματισμός του θεωρείται ότι είναι ο πιο σημαντικός. Μια σημαντική μέθοδος αποτοξίνωσης θεωρείται η σύζευξη του AFB₁-8,9-εποξειδίου με την γλουταθειονίνη. Το άλλο προϊόν της βιομετατροπής AFB₁ είναι το AFQ₁, το οποίο στη συνέχεια μεταβολίζεται σε AFH₁. Το AFB₁ μεταβολίζεται επίσης σε AFP₁, AFM₁, αφλατοξικόλη και άλλους μεταβολίτες. Έχει βρεθεί ότι όταν τα ζώα τρώνε μολυσμένη τροφή, υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ της ποσότητας AFB₁ που λαμβάνουν και της ποσότητας AFM₁ που σχηματίζεται στο ήπαρ του ζώου.

Το 1998 ο Pettersson καθιέρωσε μια εξίσωση μεταξύ της ποσότητας AFB₁ που καταναλώνεται στο γάλα και της ποσότητας του αντίστοιχου μεταβολίτη του βάσει πέντε δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν υπό ελεγχόμενες συνθήκες:

$$(\text{ng/kg γάλακτος}) = 10.95 + 0.787X$$

Όπου X= μg ημερήσιας κατανάλωσης AFB₁, r² = 0.915

Υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ προσλαμβανόμενης ποσότητας AFB₁ και βιομετατροπής της σε AFM₁ στο ήπαρ. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον βαθμό βιομετατροπής της AFB₁ σε AFM₁ στον οργανισμό των ζώων και της παρουσίας της στο γάλα, είναι μεταξύ άλλων:

- η φυλή του ζώου
- το είδος της διατροφής, η αρχική συγκέντρωση της AFB₁ στο σιτηρέσιο και η διάρκεια κατανάλωσης των επιμολυσμένων ζωοτροφών
- η υγεία του ζώου π.χ. η ύπαρξη παθολογικών καταστάσεων, όπως η μαστίτιδα
- εποχικοί και γεωμορφολογικοί παράγοντες,
- ατομικοί παράγοντες του ζώου

4.9 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ AFM₁ ΣΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Στις ευρωπαϊκές χώρες, η συχνότητα εμφάνισης AFM₁ στα δείγματα γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων είναι σχετικά χαμηλή, ενώ στοιχεία από χώρες της Ασίας όπως η Κίνα, η Ταϊλάνδη και η Ταϊβάν δείχνουν ότι το περιεχόμενο AFM₁ σε δείγματα είναι τόσο υψηλό όσο 100%.

Η σταθμισμένη μέση συγκέντρωση αφλατοξίνης M₁ στο γάλα στην ευρωπαϊκή διατροφή 0,023 μg/kg, 0,022 μg/kg στη διατροφή της Λατινικής Αμερικής, 0,36 μg/kg στη δίαιτα της Άπω Ανατολής, 0,005 μg/kg στη δίαιτα της Μέσης Ανατολής και 0,002 μg/kg στην αφρικανική διατροφή. Αυτές οι μέσες συγκεντρώσεις βασίζονται σε μεγάλο αριθμό δειγμάτων γάλακτος που έχουν αναλυθεί. Η πρόσληψη αφλατοξίνης M₁ στην ευρωπαϊκή διατροφή εκτιμάται ότι είναι 6,8 ng/άτομο ανά ημέρα, στη λατινική αμερικανική δίαιτα εκτιμάται ότι είναι 3,5 ng/άτομο ανά ημέρα, 12 ng/άτομο ανά ημέρα για τη διατροφή Άπω Ανατολής, 0,7 ng/άτομο ανά ημέρα για τη διατροφή της Μέσης Ανατολής και 0,1 ng/άτομο ανά ημέρα για τη αφρικανική διατροφή.

4.10 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Σε τροπικές ή υποτροπικές κλιματικές περιοχές, η εμφάνιση αφλατοξινών σε τρόφιμα που καταναλώνονται από τον άνθρωπο είναι πιο συχνή. Επομένως, οι κάτοικοι σε αυτές τις περιοχές είναι πιο πιθανό να καταναλώνουν τρόφιμα μολυσμένα με αφλατοξίνη. Υπολογίζεται ότι 4,5 δισεκατομμύρια άνθρωποι (κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες) διατρέχουν κίνδυνο μακροχρόνιας έκθεσης σε αφλατοξίνες καλλιεργειών τροφίμων. Φαίνεται ότι οι γυναίκες είναι πιο ευαίσθητες σε αυτόν τον κίνδυνο από τους άνδρες. Στις περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες, οι γυναίκες ασχολούνται με τη γεωργία. Συμμετέχουν ενεργά σε διάφορες γεωργικές πρακτικές, όπως φύτευση στη συγκομιδή και αποθήκευση, βοτάνισμα και καταπολέμηση παρασίτων. Είναι επίσης πάντα υπεύθυνοι για το μαγείρεμα. Ως αποτέλεσμα, δεδομένου ότι μπορεί να καταναλώνουν αυτές τις τοξίνες σε μεγάλες ποσότητες, είναι πιο πιθανό να εκτεθούν στον κίνδυνο της αφλατοξίνης. Ωστόσο, σε περιοχές όπου υπάρχουν αφλατοξίνες στα ανθρώπινα τρόφιμα, οι άνδρες δεν μπορούν να αποκλειστούν από την πιθανότητα μόλυνσης. Στην αναπαραγωγή ανδρών, βρέθηκαν μόνο δύο μελέτες και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ανδρική υπογονιμότητα μπορεί να προκληθεί από την κατανάλωση αφλατοξίνης. Ειδικά, οι άγονοι άνδρες είχαν υψηλές συγκεντρώσεις αφλατοξινών στο σπέρμα τους και αυξημένες ανωμαλίες σπερματοζωαρίων.

Η πιο σημαντική επίδραση της αφλατοξίνης στην ανθρώπινη υγεία είναι ο καρκίνος του ήπατος (HCC). Η σχέση μεταξύ AFB₁ και HCC βασίζεται στην

ικανότητα της τοξίνης να προκαλεί συγκεκριμένες μεταλλάξεις στο γονίδιο p53. Το HCC αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 80% των πρωτοπαθών όγκων του ήπατος και είναι ο έβδομος και πιο κοινός καρκίνος στον κόσμο που πλήττει άνδρες και γυναίκες, αντίστοιχα. Το ποσοστό επίπτωσής του είχε ως αποτέλεσμα 315.000 νέες περιπτώσεις κάθε χρόνο, αντιπροσωπεύοντας το 4,1% όλων των κακοήθων όγκων στον παγκόσμιο πληθυσμό. Ο καρκίνος του ήπατος είναι ένας σχετικά σπάνιος όγκος. Ωστόσο, ο καρκίνος είναι επιθετικός, οδηγώντας σε υψηλότερο ποσοστό θνησιμότητας (312.000 θάνατοι ετησίως) και φτάνοντας το μέγιστο ποσοστό επιβίωσης 5% εντός 5 ετών. Συνολικά, το 90% των περιπτώσεων σχετίζεται με κάποιο βαθμό χρόνιας ηπατικής νόσου, ειδικά σε ασθενείς με κίρρωση του ήπατος. Το ποσοστό επίπτωσης έχει αυξηθεί παγκοσμίως, το οποίο μπορεί να σχετίζεται με την αύξηση της συχνότητας μόλυνσης από τον ιό της ηπατίτιδας C και το υψηλότερο ποσοστό επιβίωσης των ασθενών με κίρρωση του ήπατος. Στην Αφρική και τη νοτιοανατολική Κίνα, η επίπτωση είναι πολύ υψηλότερη από ό,τι σε άλλα μέρη του κόσμου. Σε αυτές τις χώρες, οι άνθρωποι εκτίθενται σε γνωστούς παράγοντες κινδύνου για HCC στις δυτικές χώρες, όπως η κατανάλωση αλκοόλ και η ιική ηπατίτιδα. Ωστόσο, η πρόσληψη μολυσμένων τροφών (όπως ρύζι, σόγια, καλαμπόκι και φιστίκια) έχει επίσης υψηλή έκθεση σε αφλατοξίνη, αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο καρκίνου του ήπατος.

Επιπλέον η παρουσία AFM₁ στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα αποτελεί σημαντικό κίνδυνο στα παιδιά, που θεωρούνται πολύ πιο ευαίσθητα στις ανεπιθύμητες ενέργειες του AFM₁. Όσον αφορά την υγεία των παιδιών, αναφέρεται ότι σχετίζονται με την εμφάνιση ίκτερου νεογνών, αλλά και με την αναπτυξιακή καθυστέρηση. Τα παιδιά τα οποία έχουν μολυνθεί από αφλατοξίνες είναι καχεκτικά, ελλειποβαρή και πιο επιρρεπή σε μολυσματικές ασθένειες τόσο στην παιδική ηλικία όσο και αργότερα στη ζωή τους. Έχουν επίσης προβλήματα αναιμίας. Μελέτες έχουν επίσης δείξει ότι έχουν την ικανότητα να διεισδύουν στον πλακούντα και έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στο έμβρυο, όπως: ενδομήτριο, καθυστέρηση ανάπτυξης, πρόωρη παράδοση, αποβολή κ.λπ.

4.11 ΑΦΛΑΤΟΞΙΚΩΣΗ

Η αφλατοξίκωση είναι η ασθένεια που προκαλείται από τη κατανάλωση αφλατοξινών. Για τους περισσότερους παραγωγούς, δεν έχουν παρατηρηθεί οπτικά συμπτώματα δηλητηρίασης από αφλατοξίνη σε ζώα. Ωστόσο, οι υψηλές συγκεντρώσεις αφλατοξίνης και / ή παρατεταμένου χρόνου μπορεί να προκαλέσουν οπτικά συμπτώματα σε βοοειδή, ειδικά σε νεαρά μοσχάρια. Το βόειο κρέας και τα γαλακτοπαραγωγικά βοοειδή είναι πιο ευαίσθητα σε αφλατοξίκωση από ό,τι πρόβατα και άλογα, παρόλο που συμβαίνουν και άλλες μυκοτοξικώσεις σε αυτά τα είδη. Τα νεαρά ζώα είναι πιο ευαίσθητα από τα ενήλικα ζώα. Η διάγνωση της νόσου της αφλατοξίνης είναι συχνά δύσκολη λόγω αλλαγών στα κλινικά συμπτώματα, των

συνολικών παθολογικών καταστάσεων και της παρουσίας μολυσματικών ασθενειών λόγω της καταστολής του ανοσοποιητικού συστήματος.

4.12 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗ ΥΓΕΙΑ ΤΩΝ ΖΩΩΝ

Γενικά, τα μηρυκαστικά είναι πιο ανθεκτικά στις αφλατοξίνες από άλλα μονογαστρικά ζώα. Ο αντίκτυπός τους στην υγεία των ζώων εκδηλώνεται ως μια σειρά συμπτωμάτων, αυτά τα συμπτώματα εξαρτώνται κυρίως από την πρόσληψη, τον χρόνο επαφής, τον τύπο και την ηλικία των ζώων, το φύλο, τη διατροφική κατάσταση και τη διατροφή. Η απόρριψη τροφής, μειωμένος ρυθμός ανάπτυξης και η μειωμένη απόδοση των ζωοτροφών είναι τα κύρια σημάδια της χρόνιας δηλητηρίασης από αφλατοξίνη. Επιπλέον, απώλεια βάρους, τραχύ τρίχωμα και ήπια διάρροια, εμφάνιση αναιμίας μαζί με μώλωπες και υποδόρια αιμορραγία είναι επίσης συμπτώματα αφλατοξίκωσης. Η ασθένεια μπορεί επίσης να επηρεάσει την αναπαραγωγική αποτελεσματικότητα, συμπεριλαμβανομένων των μη φυσιολογικών οιστρικών κύκλων και των αμβλώσεων.

Για πολλά είδη, τα αρσενικά είναι πιο ευάλωτα από τα θηλυκά, και γενικά, τα νεαρά είναι πολύ πιο ευαίσθητα από τα ενήλικα. Οι αφλατοξίνες επηρεάζουν επίσης το ανοσοποιητικό σύστημα. Μεταξύ των αποτελεσμάτων ανοσοκαταστολής που παρουσιάζεται σε πουλερικά και σε άλλα μοντέλα ζώων είναι απλασία του θύμου τον μειωμένο αριθμό και τη δραστηριότητα των T κυττάρων, τη μειωμένη απόκριση αντισωμάτων, την καταστολή της φαγοκυτταρικής δραστηριότητας και μείωση των χυμικών συστατικών, όπως συμπλήρωμα (C4), ιντερφερόνη, IgG και IgA. Όλες αυτές οι αλλαγές συμβάλλουν στην εμφάνιση ταυτόχρονων λοιμώξεων, ειδικά για ιούς και βακτηριακούς παράγοντες, που σχετίζονται με την έκθεση σε μολυσμένες ζωοτροφές με αφλατοξίνες.

4.12.1 Επιδράσεις των αφλατοξινών στο αναπαραγωγικό σύστημα του αρσενικού ζώου

Όσον αφορά το αρσενικό αναπαραγωγικό σύστημα των ζώων, οι περισσότερες αναφορές αφορούν τις πιθανές επιδράσεις της αφλατοξίνης στο μέγεθος και το βάρος των γεννητικών οργάνων, την παραγωγή σπέρματος, τον αριθμό των σπερματοζωαρίων, την κινητικότητα και τη μορφολογία και τη συγκέντρωση ορμονών.

Πιο συγκεκριμένα, έρευνα για την αναπαραγωγή πειραματόζωων μετά από έκθεση σε αφλατοξίνη έδειξε ότι η χορήγηση αφλατοξίνης σε αρουραίους είχε ως αποτέλεσμα μείωση του μεγέθους και του βάρους των όρχεων και σημαντική μείωση της συγκέντρωσης οιστρογόνων στο αίμα. Οι ερευνητές εικάζουν ότι η χορήγηση σε εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσει διακοπή της παραγωγής σπέρματος. Στους μύες, η εφαρμογή της αφλατοξίνης οδήγησε σε μείωση της ικανότητας γονιμοποίησης του σπέρματος, ενώ το ποσοστό του σπέρματος με ανώμαλη μορφολογία αυξήθηκε σημαντικά. Στα πουλερικά, μετά από 4 εβδομάδες

κατάποσης 20 µg αφλατοξίνης/g τροφής, το βάρος των όρχεων και ο όγκος της εκσπερμάτωσης μειώθηκαν, αλλά η ικανότητα γονιμοποίησης του σπέρματος δεν επηρεάστηκε. Σε αλέκτορες, που χορηγήθηκε αφλατοξίνη B₁, σημειώθηκαν ατροφία των όρχεων, αύξηση του ποσοστού των σπερματοζωαρίων με μορφολογικές ανωμαλίες και σε ορισμένες περιπτώσεις δεν παρατηρήθηκε σπερματογένεση. Επίσης, σε αρσενικούς βούβαλους, στους οποίους χορηγήθηκαν αφλατοξίνες B και G, παρατηρήθηκαν μορφολογικές ανωμαλίες των σπερματοζωαρίων σε ποσοστό 54%, καθώς και μείωση του αριθμού των ζωντανών σπερματοζωαρίων κατά 10,31%.

4.12.2 Επιδράσεις των αφλατοξινών στο αναπαραγωγικό σύστημα του θηλυκού ζώου

Η επίδραση της αφλατοξίνης στο αναπαραγωγικό σύστημα θηλυκών ζώων σχετίζεται με αλλαγές στη σεξουαλική ωριμότητα, την ανάπτυξη και ωρίμανση των ωοθυλακίων, τη συγκέντρωση ορμονών, την εγκυμοσύνη και την ανάπτυξη του εμβρύου.

Οι ερευνητές χορήγησαν αφλατοξίνη B₁ στους μυς των εγκύων γυναικών και διαπίστωσαν τη συγκέντρωσή της σε διάφορα όργανα του εμβρύου. Διαπίστωσαν ότι τα μάτια και ο ρινικός βλεννογόνος είναι οι ιστοί με την υψηλότερη συγκέντρωση αφλατοξίνης και η συγκέντρωσή του στο ήπαρ του εμβρύου είναι χαμηλότερη από εκείνη στο ήπαρ της μητέρας. Η κατανάλωση αφλατοξινών κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης μπορεί να προκαλέσει καθυστερήσεις στην ανάπτυξη του μεγέθους του εμβρύου. Επιπλέον, τα έμβρυα των μυών που έλαβαν αφλατοξίνη έδειξαν διάφορες μορφολογικές ανωμαλίες. Δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για τη σχέση μεταξύ της αφλατοξίνης και της αποβολής. Όταν σε μικρό αριθμό αγελάδων, παρατηρήθηκαν αποβολές στο τελευταίο τρίτο της κυοφορίας, ο μόνος ενοχοποιητικός παράγοντας που εντοπίστηκε ήταν η παρουσία της αφλατοξίνης B₁ στην τροφή. Η χορήγηση αφλατοξινών στις όρνιθες, σε ποσότητα 5 ή 10 µg/g τροφής, μπορεί να μειώσει την παραγωγή και την εκκόλαψη των αυγών.

4.13 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Τα κύρια χημικά συστατικά του γάλακτος είναι το λίπος, η πρωτεΐνη και η λακτόζη, τα οποία συντίθενται στα κύτταρα του μαστού. Η πρωτεΐνη και η λακτόζη σχηματίζονται από αμινοξέα και γλυκόζη στο στήθος. Το λίπος αποτελείται από λιπαρά οξέα. Η χημική περιεκτικότητα του γάλακτος επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Ως αποτέλεσμα, η τιμή κάθε συστατικού ποικίλλει από ζώο σε ζώο και ποικίλλει από μέρα σε μέρα. Τέτοιοι παράγοντες είναι:

- Ο τρόπος αρμέγματος
- Το επίπεδο γαλακτοπαραγωγής
- Η διατροφή
- Το στάδιο γαλακτικής περιόδου

- Η υγεία του μαστού
- Κλιματικοί παράγοντες

Όσον αφορά την επίδραση της αφλατοξίνης στα συστατικά του γάλακτος, έχουν γίνει διάφορες έρευνες όπου συνοψίζονται παρακάτω.

Αν και ορισμένοι ερευνητές δεν έχουν αναφέρει τις επιδράσεις της αφλατοξίνης, η αφλατοξίνη στο γάλα επηρεάζει την περιεκτικότητα του γάλακτος μειώνοντας τη σύνθεση των λιπαρών οξέων. Στις πρωτεΐνες δεν υπάρχουν επαρκείς αναφορές. Σύμφωνα με αυτές, η αφλατοξίνη δεν επηρεάζει τις πρωτεΐνες του γάλακτος. Ωστόσο, άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι οι αφλατοξίνες αναστέλλουν τη σύνθεση πρωτεϊνών ή ενζύμων, αναστέλλουν το σχηματισμό πεπτιδίων και αυξάνουν την ολική πρωτεΐνη στο αίμα. Τέλος, όσον αφορά τη λακτόζη, η επίδραση της αφλατοξίνης στη λακτόζη δεν είναι εμφανής.

4.14 ΠΡΟΛΗΨΗ – ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΩΝ

Για να αποφύγουμε τις ανεπιθύμητες παρενέργειες που προκαλούνται από υψηλά επίπεδα αφλατοξίνης απαιτείται ακριβής μέτρηση στο κρίσιμο στάδιο της παραγωγής. Με τον έλεγχο των παραγόντων που συμβάλλουν στην ανάπτυξη μυκήτων, η παρουσία τους μπορεί να ελεγχθεί σε κάποιο βαθμό. Αυτοί οι παράγοντες είναι:

- Η υψηλή θερμοκρασία.
- Ο συνδυασμός υψηλής θερμοκρασίας και υγρασίας.
- Παρατεταμένη ξηρασία.
- Αδύνατα δέντρα λόγω φτωχής λίπανσης ασθενειών και γενικά λοιπών καλλιεργητικών φροντίδων.
- Συγκαλλιέργεια.

Η παραγωγή αφλατοξινών μπορεί να γίνει :

- Επί του δέντρου/φυτού στο χώρο ξήρανσης, στους χώρους αποθήκευσης.
- Κατά την μεταφορά επί πολλές ώρες σε υψηλές θερμοκρασίες, ακόμη και σε καταστάματα που πωλούν το τελικό προϊόν.
- Στην πράξη, η πρόληψη μπορεί να επιτευχθεί με τη μείωση των μυκητιασικών λοιμώξεων στις καλλιέργειες, την γρήγορη ξήρανση, τη σωστή συγκομιδή και τη χρήση αποτελεσματικών μυκητοκτόνων.

4.15 ΤΙ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΓΝΩΡΙΖΕΙ Ο ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ

Πρώτα απ' όλα, οι καταναλωτές πρέπει να γνωρίζουν τον συστηματικό εργαστηριακό έλεγχο των μυκοτοξινών στα τρόφιμα. Πολλές βιομηχανίες εφαρμόζουν επίσης το σύστημα HACCP, δηλαδή "ανάλυση επικινδυνότητας στα κρίσιμα σημεία ελέγχου" στη διαδικασία παραγωγής και στη διαδικασία αποθήκευσης και διάθεσης προϊόντων. Όμως αυτό που πρέπει να κάνουν οι καταναλωτές είναι πολύ σημαντικό:

- Να προσέχει να μην καταναλώνει προϊόντα με αλλοιωμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.
- Το μουχλιασμένο τρόφιμο είναι πιθανόν να περιέχει υψηλά επίπεδα μυκοτοξινών. Δεν αρκεί να αφαιρέσετε το μούχλα επειδή το προϊόν είναι ακόμα επικίνδυνο
- Να μην αποθηκεύει το προϊόν για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Να είναι προσεκτικός στα χωρίς επισήμανση " χύμα προϊόντα" και στα φερόμενα ως "είδη υγιεινής διατροφής", καθώς λόγω απουσίας συντηρητικών, είναι δυνατόν να έχουν αναπτυχθεί μύκητες που βιοσυνθέτουν μυκοτοξίνες.
- Οι ξηροί καρποί και το καλαμπόκι θεωρούνται τρόφιμα υψηλού κινδύνου για την πιθανή παρουσία της αφλατοξίνης

4.16 ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΩΝ

Οι καλές πρακτικές παρασκευής και οι καλές πρακτικές αποθήκευσης μπορούν να μειώσουν τη συγκέντρωση του AFB₁ στις ζωοτροφές. Στην περίπτωση σοβαρών λοιμώξεων για μεγάλο χρονικό διάστημα, ορισμένα δεδομένα υποδηλώνουν ότι τα ζώα μπορεί να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία που μπορεί να επηρεάσουν την τρέχουσα και μακροπρόθεσμη απόδοση.

Ορισμένες πρακτικές δυσκολίες στη λήψη προληπτικών μέτρων κατά της μόλυνσης από αφλατοξίνες στην άγρια φύση έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη μεθόδων απολύμανσης, υπό την προϋπόθεση ότι είναι ασφαλείς, αποτελεσματικές, φιλικές προς το περιβάλλον και έχουν ευνοϊκή σχέση κόστους-οφέλους. Η εφαρμογή ενός προγράμματος πρόληψης μπορεί να περιλαμβάνει όχι μόνο την πρόληψη του σχηματισμού αφλατοξινών σε γεωργικά προϊόντα, αλλά και την απομάκρυνσή τους μέσω μεθόδων απολύμανσης ή αποτοξίνωσης. Είναι σημαντικό ότι το σχέδιο απαιτεί τακτική ανάλυση και εκπαίδευση τροφίμων, ενημέρωση και επικοινωνία με τις αρχές ασφάλειας τροφίμων. Συμφωνείται ότι η μόλυνση των τροφίμων από την αφλατοξίνη είναι αναπόφευκτη. Ως εκ τούτου, έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι θεραπείας, όπως φυσικές, χημικές και βιολογικές μέθοδοι.

4.16.1 Φυσικοί

Η φυσική αντιμετώπιση περιλαμβάνει μηχανικό διαχωρισμό πυκνότητας, απενεργοποίηση θερμότητας, υπεριώδες φως, ιονίζουσα ακτινοβολία ή εκχύλιση με διαλύτη. Μία φυσική μέθοδος μείωσης αφλατοξινών είναι ο κλινοπτιλόλιθος ο οποίος έχει αποδειχθεί αποτελεσματικός έναντι της αφλατοξίνης, όταν χρησιμοποιείται σε ορτύκια με ποσοστό 0,5%, που λαμβάνουν 2 mg αφλατοξίνης την ημέρα, και σε ποσοστά 1,25% και 2,5% στα σιτηρέσια των κρεοπαραγωγών ορνιθίων που λαμβάνουν χρησιμοποιούνται 2,5 mg αφλατοξίνης ανά ημέρα. Η παρουσία του κλινοπτιλόλιθου βρέθηκε ότι αύξησε την κατανάλωση τροφής, μείωσε τον βαθμό ιστοπαθολογικής βλάβης και βελτίωσε τις βιοχημικές και αιτιολογικές παραμέτρους μολυσμένων πτηνών. Όμως δεν φαίνεται να είναι τόσο αποτελεσματικός όταν η παραπάνω ποσότητα κλινοπτιλόλιθου προστίθεται σε σιτηρέσια ορνιθίων με μικρότερη περιεκτικότητα σε αφλατοξίνες, της τάξης των 50 και 100 ppb ή όταν συμμετέχει σε μικρή αναλογία (0,5%) στα σιτηρέσια. Σε *in vitro* πειραματισμούς έχει αποδειχθεί ότι δεσμεύει τις αφλατοξίνες B₁ και G₂ σε ποσοστό μεγαλύτερο του 80% και σε χρόνο μικρότερο από μια ώρα.

4.16.2 Βιολογικοί

Ο βιολογικός έλεγχος περιλαμβάνει την εφαρμογή διαφόρων μικροοργανισμών, όπως βακτηρίων, σαπροφυτικών ζυμομυκήτων ή μη τοξικών στελεχών του *Aspergillus flavus*, για τη μείωση των τοξικών στελεχών που προκαλούνται από τον ανταγωνισμό. Επιπλέον, έχουν αποδειχθεί ότι διάφορα βακτήρια και διάφοροι μύκητες συμβάλλουν στην αποτοξίνωση ή την αποικοδόμηση της B₁ αφλατοξίνης. Αν η βιολογική καταπολέμηση εντοπιστεί στη χρήση μη-τοξικογόνων στελεχών, αυτά θα πρέπει να είναι ανταγωνιστικά ως προς τα τοξικογόνα για να επικρατήσουν. Πρέπει να ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες βλαστικής συμβατότητας έτσι ώστε να μην αναστομώνονται και μετατραπούν σε τοξικογόνα.

Αρκετές χώρες έχουν αναπτύξει επιτυχώς ένα εγχώριο προϊόν βιολογικής ανάλυσης αφλατοξίνης που συνήθως αναφέρεται ως Aflasafe. Τα γεγονότα έχουν αποδείξει ότι τα προϊόντα Aflasafe μπορούν να μειώσουν συνεχώς τη ρύπανση της αφλατοξίνης στο καλαμπόκι και τα φιστίκια κατά 80-99% κατά την ανάπτυξη των καλλιεργειών και την αποθήκευση μετά τη συγκομιδή σε πολλές χώρες της Αφρικής. Τα προϊόντα Aflasafe έχουν καταχωριστεί για εμπορική χρήση στην Κένυα, τη Νιγηρία, τη Σενεγάλη και τη Γκάμπια και αναπτύσσονται σε επτά άλλες αφρικανικές χώρες.

Οι μέθοδοι απολύμανσης για αφλατοξίνες πρέπει:

- Να απενεργοποιούν, να καταστρέφουν ή να αφαιρούν τις αφλατοξίνες
- Να μην οδηγούν σε εναπόθεση τοξικών ουσιών, μεταβολιτών ή υποπροϊόντων
- σε τρόφιμα ή ζωοτροφές

- Να διατηρούν την αξία των θρεπτικών συστατικών και την δυνατότητα αποδοχής των ζωοτροφών του προϊόντος ή του εμπορεύματος
- Να μην οδηγεί σε σημαντικές αλλοιώσεις των τεχνολογικών ιδιοτήτων του προϊόντος
- Να καταστρέφουν τα μυκητιακά σπόρια, εάν είναι δυνατόν
- Να είναι άμεσα διαθέσιμοι, εύκολα χρησιμοποιούμενοι και φθινοί, εάν είναι δυνατόν.

4.17 ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΩΝ ΣΤΟ ΓΑΛΛΑ

4.17.1 Μπεντονίτης

Ο αργιλώδης μπεντονίτης μπορεί να δρα ως ένας μαγνήτης και δεσμεύει τις τοξίνες. Ο μπεντονίτης νατρίου και ο μπεντονίτης ασβεστίου είναι σημαντικοί τύποι μπεντονίτη αργύρου. Όταν ενεργοποιείται με νερό, ο μπεντονίτης νατρίου έχει ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες και το μέγεθός του μπορεί να επεκταθεί έξι φορές. Αυτό το καθιστά πολύ απορροφήσιμο και χρήσιμο για την κατάποση τοξινών. Το μέγεθος του ασβεστίου μπεντονίτη είναι μικρότερο από το νάτριο μπεντονίτη. Αυτά τα μικροσκοπικά σωματίδια μπορούν να περάσουν από το τοίχωμα του παχέος εντέρου και να εισέλθουν στην κυκλοφορία του αίματος, όπου απελευθερώνουν τοξίνες και αφήνουν πίσω μέταλλα. Το αρνητικό φορτίο του μορίου ενισχύει την απόδοση προσρόφησής του. Τα απορροφητικά μπορούν να περάσουν από τα έντερα και να προσελκύσουν θετικά φορτισμένες τοξίνες. Αυτό το μόριο συνδέεται με τις τοξίνες μέσω ανταλλαγής ιόντων, έτσι ώστε τα τοξικά μόρια να συνδυάζονται και να απορροφώνται σε μόρια αργίλου. Ο μπεντονίτης είναι ικανός για μέγιστη αποτοξίνωση και έχει χαμηλό αντίκτυπο στις θρεπτικές ιδιότητες του γάλακτος. Στην παραγωγή ζωοτροφών με σβόλους, ο πηλός χρησιμοποιείται για τη δέσμευση και την έκπλυση του AFM₁, και καθιστά το περιεχόμενο AFM₁ χαμηλότερο από τα ευρωπαϊκά πρότυπα τοξινών. Ο εμπλουτισμός της τροφής με μπεντονίτη νατρίου και ο ενεργός άνθρακας μπορεί να μειώσουν την περιεκτικότητα AFM₁ στα γαλακτοκομικά προϊόντα πρώιμων γαλακτοπαραγωγών αιγών.

4.17.2 Προβιοτικά

Η έννοια των προβιοτικών είναι «για τη ζωή», αλλά στη βιολογία, ο όρος χρησιμοποιείται για να ονομάσει μικροοργανισμούς που είναι οικονομικά αποδοτικοί για τον άνθρωπο και τα ζώα. Τα προβιοτικά έχουν πολλά πλεονεκτήματα. Μπορούν δυνητικά να μειώσουν τον αριθμό των γαστρεντερικών παθογόνων, να ανακουφίσουν τον γαστρεντερικό πόνο, να ενισχύσουν το ανοσοποιητικό σύστημα, να επηρεάσουν και να βελτιώσουν τη λειτουργία του δέρματος, να ρυθμίσουν το γαστρεντερικό σωλήνα και να μειώσουν το φούσκωμα και να προκαλέσουν αντίσταση στη χοληδόχο κύστη, προστατεύοντας έτσι τις πρωτεΐνες του DNA και τα λιπίδια από την οξειδωση

χλωρίδα, ενώ λαμβάνουν αντιβιοτική θεραπεία. Τα προβιοτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση ή την αποτοξίνωση των τοξινών στο γάλα, στα γαλακτοκομικά προϊόντα και σε άλλες τροφές. Τέτοιοι χρήσιμοι μικροοργανισμοί μπορεί να προστεθούν στη διατροφή των βοοειδών ή μπορεί να χρησιμοποιηθούν στα διαφορετικά στάδια επεξεργασίας γάλακτος.

4.17.3 Ενεργός άνθρακας

Ο ενεργός άνθρακας παράγεται με επεξεργασία ανθρακούχων υλικών και μπορεί να εφαρμοστεί για τον καθαρισμό υγρών και αερίων. Ο ενεργός άνθρακας έχει αποδειχθεί ότι μειώνει την περιεκτικότητα του AFM₁ στο μολυσμένο γάλα. Σύμφωνα με αναφορές, η προσθήκη μπεντονίτη νατρίου και ενεργού άνθρακα (1%) στην πρώτη παρτίδα γαλακτοκομικών αιγών μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση της AFM₁ στο γάλα χωρίς να αλλάξει τη σύνθεση του γάλακτος.

4.17.4 Φυτικά εκχυλίσματα

Μια ενδιαφέρουσα τεχνική για τη μείωση των τοξινών, ειδικά της AFM₁ στα τρόφιμα, είναι η χρήση φυτικών εκχυλισμάτων. Ορισμένα φυτά όπως το μπρόκολο, το σκόρδο, το μαύρο κύμινο και η κουρκουμίνη συμβάλλουν στη μείωση των αφλατοξινών. Το εκχύλισμα μπορεί να έχει ανασταλτική επίδραση στις αφλατοξίνες. Τα εκχυλίσματα είναι επίσης γνωστά ως αντιοξειδωτικά, αντιμυκητιασικά και αντιφλεγμονώδη φάρμακα λόγω της ικανότητάς τους να αναστέλλουν μόλυνση.

4.18 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Λόγω του αντίκτυπου του AFM₁ στην ανθρώπινη υγεία, πολλές χώρες έχουν θέσει συγκεκριμένα όρια στις αφλατοξίνες στις ζωοτροφές και στα τρόφιμα. Με τις πρόσφατες εξελίξεις στην επιστήμη και την τεχνολογία, νέοι μέθοδοι τώρα μπορούν να ανιχνεύσουν και να εντοπίσουν αφλατοξίνες στα τρόφιμα και τις ζωοτροφές. Λόγω πολλών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένης της διανομής μυκοτοξινών στα τρόφιμα, αποτελεσματικών αναλυτικών μεθόδων και τοξικολογικών δεδομένων και της προθυμίας των κυβερνητικών υπηρεσιών, ο καθορισμός νομικών ορίων για τις μυκοτοξίνες στα τρόφιμα και τις ζωοτροφές είναι ένα πολύπλοκο έργο. Περισσότερες από 100 χώρες έχουν θέσει όρια για τις μυκοτοξίνες στα τρόφιμα και τις ζωοτροφές. Ωστόσο, άλλες χώρες, ιδίως αναπτυσσόμενες χώρες, δεν έχουν σαφείς κανονισμούς. Επιπλέον, το επιτρεπόμενο όριο AFM₁ στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα ποικίλλει από χώρα σε χώρα.

4.18.1 Ευρωπαϊκή νομοθεσία

Οι αφλατοξίνες έχουν αναγνωρισθεί και νομοθετικά ως επιμολυντές των τροφίμων. Στις περισσότερες χώρες της ΕΕ, το ειδικό όριο της AFM₁ στο νωπό, θερμικά επεξεργασμένο γάλα και το γάλα για την παρασκευή προϊόντων με βάση το γάλα είναι 0,050 μg/kg, ενώ στο γάλα που προορίζεται για βρέφη είναι 0,025 μg/kg και για τα διαιτητικά τρόφιμα για ειδικούς ιατρικούς σκοπούς που προορίζονται ειδικά για βρέφη το ειδικό όριο της AFM₁ είναι 0,025 μg/kg και το ειδικό όριο της AFB₁ είναι 0,10 μg/kg. Επιπλέον έχουν θεσπιστεί μέσω των κανονισμών της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα κοινά όρια για AFB₁ και ολικές αφλατοξίνες σε φιστίκια, ξηρούς καρπούς, αποξηραμένα φρούτα και δημητριακά.

4.18.2 Παγκόσμια νομοθεσία

Ειδικοί φορείς όπως το MERCOSUR (Mercado Común del Sur), το ASEAN (As- Ένωση των Εθνών της Νοτιοανατολικής Ασίας), το Συμβούλιο Συνεργασίας του Κόλπου (Gulf Cooperation Council-GCC), και ο ΟΗΕ Codex Alimentarius έχουν θέσει όρια περίπου 0,5 μg / kg AFM₁ για νωπό γάλα. Η Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων των Ηνωμένων Πολιτειών (FDA) επιβάλλει ένα μέγιστο όριο για AFM₁ 0,5 μg/kg (ppb).

Μυκοτοξίνη	Χώρα	Μέγιστο όριο (mg/kg ή mg/l)	Τρόφιμα
Αφλατοξίνη B ₁	Φιλανδία	2	Όλα
	Γερμανία	2	Όλα
	Ολλανδία	5	Όλα
	Βέλγιο	5	Όλα
	Πορτογαλία	25	φιστίκια
		5	Παιδική τροφή
		20	Άλλα
	Αυστρία	1	Όλα
		2	Δημητριακά, ξηροί καρποί
	Ελβετία	1	Όλα
		2	Καλαμπόκι, δημητριακά
	Ισπανία	5	Όλα
	Λουξεμβούργο	5	Όλα
	Ιρλανδία	5	Όλα
	Δανία	5	Όλα
Ελλάδα	5	Όλα	
		Όλα	
Αφλατοξίνη B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂	Σουηδία	5	Όλα
	Νορβηγία	5	Φιστίκια, καρύδια

			Βραζιλίας
	Φιλανδία	5	Όλα
	Γερμανία	4	Όλα
		0,05	Ένζυμα και συνθέσεις ενζύμων
	Μεγάλη βρετανία	4	Ξηροί καρποί και ξηρά σύκα, Ξηροί καρποί και ξηρά σύκα, κατά την εισαγωγή πριν από την ταξινόμηση
	Γαλλία	10	Όλα
	Ιταλία	50	Φιστίκια
	Αυστρία	5 (B2 + G1 +G2)	Όλα
		0,02(M1+B1+B2+G1+G2)	Παιδική τροφή
	Ελβετία	5 (B2 + G1 +G2)	Όλα
		0,01	Παιδική τροφή
	Η.Π.Α	20	Όλα
	Βέλγιο	5	Φιστίκια
	Βοσνία	1 (B1+G1)	Σιτηρά
		5	Φασόλια
Αφλατοξίνη M ₁	Σουηδία	0,050	Υγρά γαλακτοκομικά προϊόντα
	Αυστρία	0,050	Γάλα
	Γερμανία	0,050	Γάλα
	Ολλανδία	0,50	Γάλα
		0,020	Βούτυρο
		0,200	Τυρί
	Ρωσία	0,5	
	Ελβετία	0,020	Παιδικές τροφές
		0,050	Γάλα και γαλακτοκομικά προϊόντα
		0,250	Τυρί
	Βέλγιο	0,050	Γάλα
	ΗΠΑ	0,50	Γάλα
	Τσεχική Δημοκρατία	0,1	Παιδικό γάλα
		0,5	Γάλα ενηλίκων

Πίνακας 4.1: Επιτρεπόμενα όρια αφλατοξινών σε διάφορες χώρες

5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΩΝ

Δεδομένου ότι οι αφλατοξίνες έχουν αποδειχθεί ότι έχουν τοξικές επιδράσεις σε εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις, απαιτούνται ευαίσθητες, αξιόπιστες και ακριβείς αναλυτικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό τους.

Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μέθοδοι για την ανίχνευση AFM₁ στο γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι ELISA, υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC), χρωματογραφία λεπτής στιβάδας (TLC), υγρή χρωματογραφία (LC) και η υγρή χρωματογραφία με φασματομετρία μαζών (LC-MS).

5.1 ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay)

Η ELISA αποτελεί έναν βιοχημικό προσδιορισμό που χρησιμοποιεί αντισώματα, στον οποίο, οι χρωματικές αλλαγές που προκαλούνται από ένζυμα χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση της παρουσίας αντιγόνων (πρωτεΐνες, πεπτίδια, ορμόνες κ.λπ.) ή αντισώματα σε ένα δεδομένο δείγμα. Αποτελεί μια τεχνική, που επιτρέπει την ανίχνευση των αναλυτών σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις, ακόμη και σε σύνθετα μίγματα αντιγόνων όταν το ειδικό αντίσωμα ανίχνευσης υπάρχει σε σχετικά μικρές ποσότητες, με απλή οργάνολογία χωρίς τη χρήση επικίνδυνων ανιχνευτών και αντιδραστηρίων. Για την ανίχνευση αυτών των μορίων, χρησιμοποιούνται αντισώματα ή αντιγόνα σημασμένα με ένζυμα, ο λεγόμενος ενζυμικός ανοσοπροσδιορισμός, στον οποίο χρησιμοποιούνται συνήθως αλκαλική φωσφατάση (ALP), υπεροξειδίου του καλίου (HRP) και β-γαλακτοσιδάση. Το αντιγόνο στην υγρή φάση ακινητοποιείται σε στερεά φάση. Το αντιγόνο στη συνέχεια αντιδρά με ένα ειδικό αντίσωμα, το οποίο ανιχνεύεται από ένα δευτερεύον αντίσωμα σημασμένο με ένζυμο. Η ανάπτυξη χρώματος χρησιμοποιώντας το χρωμογόνο υπόστρωμα αντιστοιχεί στην παρουσία του αντιγόνου.

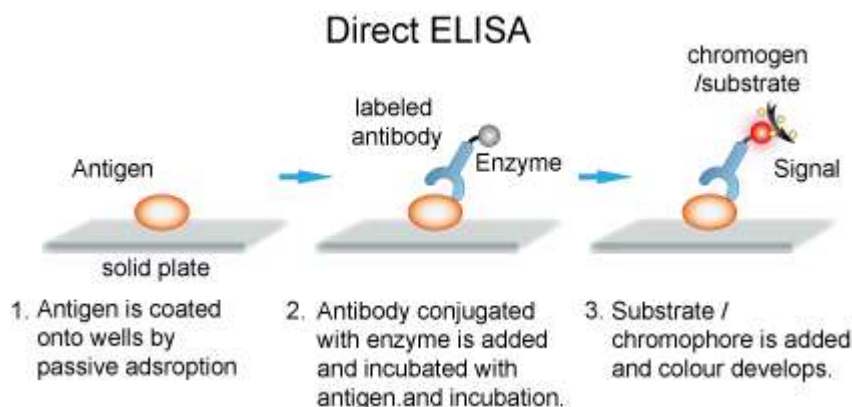
5.2 ΤΥΠΟΙ ELISA

5.2.1 Άμεση ELISA

Αυτή είναι η απλούστερη μορφή της τεχνικής ELISA. Το δείγμα πρώτα προστίθεται στο φρεάτιο μικροπλακιδίων και επωάζεται. Το δείγμα που περιέχει το αντιγόνο, θα προσροφηθεί στην επιφάνεια του φρεατίου. Έπειτα τα φρεάτια πλένονται αφήνοντας μόνο το προσροφημένο αντιγόνο. Στη συνέχεια ένα αντίσωμα, που έχει ιχνηθετηθεί με ένζυμο και είναι συμπληρωματικό προς το αντιγόνο, προστίθεται στα

φρεάτια όπου δεσμεύεται με το αντιγόνο. Το μικροπλακίδιο εκπλένεται ξανά και το δεσμευμένο σύμπλοκο αντιγόνου-αντισώματος παραμένει στην επιφάνεια του φρεατίου. Στη συνέχεια προστίθεται το υπόστρωμα, το οποίο θα μετατραπεί σε ανιχνεύσιμο προϊόν από το ένζυμο. Η ανίχνευση μπορεί να βασίζεται στο χρώμα, το φθορισμό ή τη φωτεινότητα.

Αυτή η μέθοδος είναι ανώτερη από της μεθόδους ELISA επειδή είναι ταχύτερη, επειδή απαιτεί λιγότερα βήματα και απαιτεί μόνο ένα αντίσωμα. Αλλά σε ένα πολύπλοκο δείγμα, επειδή περιέχει της διαφορετικές πρωτεΐνες, θα γίνει προσρόφηση μιας ποικιλίας πρωτεϊνών. Επομένως, εάν η συγκέντρωση του αντιγόνου είναι χαμηλή, η ευαισθησία της δοκιμής μειώνεται. Ένα άλλο πρόβλημα με αυτήν την τεχνική είναι ότι το αντίσωμα πρέπει να συνδέεται με ένα ένζυμο. Πρόκειται για μια δαπανηρή και χρονοβόρα διαδικασία που πρέπει να επαναλαμβάνεται σε οποιαδήποτε δοκιμή ELISA. Της μέθοδοι μπορούν να το αποφύγουν. Παρομοίως, η σύζευξη της αντισώματος με ένα ένζυμο μπορεί να μειώσει τη συγγένεια του αντισώματος με το αντιγόνο, μειώνοντας έτσι την ευαισθησία της μεθόδου.

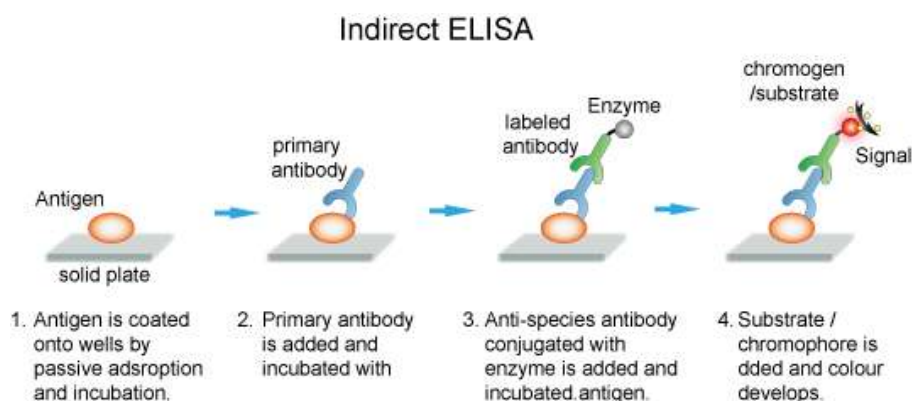


Εικόνα 5.1: Άμεση ELISA

5.2.2 Έμμεση ELISA

Με αυτήν την τεχνική, μπορούν να ανιχνευθούν αντισώματα ή να προσδιοριστεί η συγκέντρωσή τους. Σε αυτήν την ανοσοδοκιμασία, ορός ή κάποιο άλλο δείγμα που περιέχει το πρωτογενές αντίσωμα (Ab1) προστίθεται σε μια πλάκα μικροτιτλοδότησης επικαλυμμένη με το αντίστοιχο αντιγόνο και αφήνεται να αντιδράσει με αυτό. Το ελεύθερο Ab1 πλένεται και απομακρύνεται, και στη συνέχεια ανιχνεύεται προσθέτοντας ένα δευτερεύον αντίσωμα επισημασμένο με ένα ένζυμο που συνδέεται ειδικά με το Ab1 (Ab2). Μετά την απομάκρυνση του ελεύθερου Ab2 με πλύσιμο, προστίθεται το υπόστρωμα ενζύμου. Η ποσότητα του έγχρωμου προϊόντος, ή προϊόντος φθορισμού ή φωταύγειας που σχηματίζεται μετράται από έναν ειδικό αναλυτή και χρησιμοποιώντας μία πρότυπη καμπύλη γνωστών συγκεντρώσεων Ab1, συγκρίνεται με την ποσότητα του προϊόντος που παράγεται από την ίδια σειρά αντιδράσεων. Το δευτερογενές αντίσωμα είναι συνήθως ένα πολυκλωνικό αντίσωμα που προέρχεται από διαφορετικά B κύτταρα, οπότε θα

ανταποκρίνεται σε διαφορετικούς επιτόπους του πρωτογενούς αντισώματος. Αυτό επιτρέπει σε πολλαπλά δευτερεύοντα αντισώματα να συνδέονται με το ίδιο πρωτογενές αντίσωμα, ενισχύοντας έτσι το σήμα και αυξάνοντας την ευαισθησία της ανάλυσης. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι αποφεύγει τη σύζευξη του πρωτογενούς αντισώματος με το ένζυμο, αποφεύγοντας έτσι τα προβλήματα που αναφέρονται στην άμεση ELISA. Το κύριο μειονέκτημα της έμμεσης ELISA είναι ότι η μέθοδος ακινητοποίησης του αντιγόνου δεν είναι ειδική.

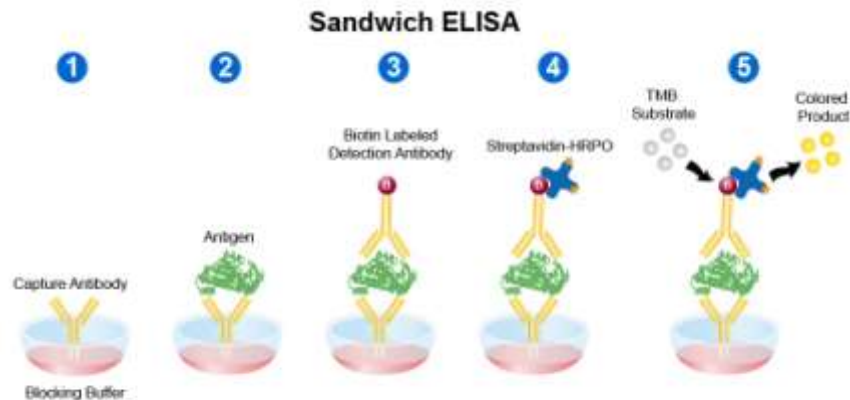


Εικόνα 5.2: Έμμεση ELISA

5.2.3 Sandwich ELISA

Η τεχνική sandwich χρησιμοποιείται για την ανίχνευση ενός ειδικού αντιγόνου στο δείγμα. Μια γνωστή ποσότητα δεσμευμένου αντισώματος ακινητοποιείται στην επιφάνεια του φρεατίου για να συλλάβει το επιθυμητό αντιγόνο. Η μη ειδική θέση δέσμευσης της αλβουμίνης βόειου ορού αναστέλλεται και το δείγμα που περιέχει το αντιγόνο προστίθεται στο φρεάτιο, το οποίο θα αλληλεπιδρά με το ακινητοποιημένο ένζυμο. Μετά την έκπλυση ένα δεύτερο αντίσωμα που είναι ιχνηθετημένο με ένζυμο προστίθεται, το οποίο αλληλεπιδρά με διαφορετικό επίτοπο για να σχηματίσει ένα σάντουιτς αντιγόνου. Το μη δεσμευμένο συζυγές αντισώματος-ενζύμου απομακρύνεται με έκπλυση. Το υπόστρωμα στη συνέχεια προστίθεται για ενζυματική μετατροπή σε ένα ποσοτικοποιήσιμο έγχρωμο προϊόν. Η χρήση καθαρά ειδικών αντισωμάτων για τη σύλληψη του αντιγόνου εξαλείφει την ανάγκη καθαρισμού του αντιγόνου από άλλα μίγματα αντιγόνων, απλοποιώντας έτσι τον προσδιορισμό και αυξάνοντας την ειδικότητα και την ευαισθησία της μεθόδου σε αντίθεση με τις άμεσες και έμμεσες μεθόδους που εμφανίζουν μείωση της ευαισθησίας που παρατηρείται σε πολύπλοκα δείγματα λόγω προσρόφησης στο φρεάτιο μιας ποικιλίας πρωτεϊνών. Σε μια κοινή παραλλαγή αυτού του ανοσοπροσδιορισμού, χρησιμοποιείται ένα δεύτερο συζευγμένο με βιοτίνη αντίσωμα, ακολουθούμενο από την προσθήκη της ενζυμικής επισημασμένης αβιδίνης. Κάθε μόριο αντισώματος μπορεί να συζευχθεί με περισσότερα από ένα μόρια βιοτίνης, έτσι μπορεί να συνδεθεί με περισσότερα από ένα μόρια στρεπταβιδίνης. Επομένως, κάθε μόριο ενζύμου

μετατρέπει πολλαπλά υποστρώματα σε προϊόντα, γεγονός που αυξάνει την ευαισθησία της τεχνολογίας ELISA.

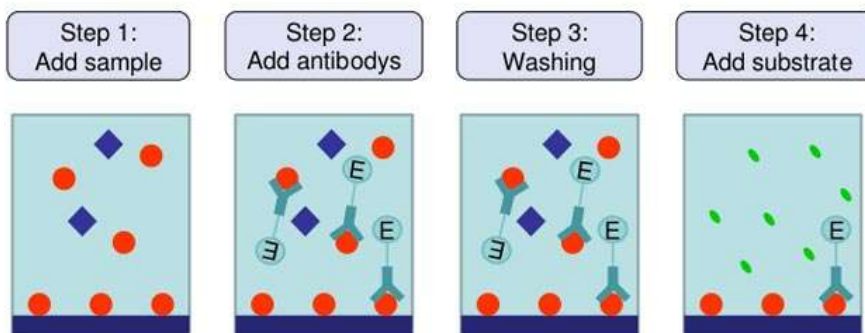


Εικόνα 5.3: Sandwich ELISA

5.2.4 Ανταγωνιστική ELISA

Στην ανταγωνιστική έκδοση του ELISA, το αντίσωμα ή το αντιγόνο απορροφάται στη στερεή φάση, έτσι ώστε να αντιδρά με ένα μείγμα που αποτελείται από μια συγκεκριμένη ποσότητα αντιγόνου ή αντισώματος ιχνηθετημένου με ένζυμο και έναν αναλύτη, αντιγόνο ή αντίσωμα. Μετά την έκπλυση, θα γίνει προσθήκη του υποστρώματος του ενζύμου για να παράγει ένα έγχρωμο προϊόν ή φως. Το αντιγόνο ή το αντίσωμα θα συνδεθεί στη στερεά φάση, και η δραστηριότητα του ενζύμου θα είναι περιορισμένη, δηλαδή, αντιστρόφως ανάλογη προς τη συγκέντρωση του αναλύτη. Το κύριο πλεονέκτημα του ανταγωνιστικού ELISA είναι ότι ακόμη και αν η ποσότητα του ειδικού αντισώματος ανίχνευσης είναι σχετικά μικρή, η ευαισθησία του σε σύνθετα μίγματα αντιγόνων είναι επίσης υψηλή. Ωστόσο, η ευαισθησία του προσδιορισμού εξαρτάται από τη συγγένεια του αντισώματος στο δείγμα, επειδή μπορεί να ποικίλει πολύ. Ψευδώς αρνητικά αποτελέσματα μπορεί να εμφανιστούν σε μια ανταγωνιστική δοκιμασία ELISA παρά σε μια ELISA σάντουιτς.

Competitive ELISA



Εικόνα 5.4: Ανταγωνιστική ELISA

5.2.5 Έμμεση ανταγωνιστική ELISA

Το έμμεσο ανταγωνιστικό ELISA (icELISA) περιλαμβάνει έναν συνδυασμό έμμεσου ELISA και ανταγωνιστικού ELISA. Το αντιγόνο στόχος ακινητοποιείται στην στερεά φάση της πλάκας μικροτιτλοδότησης. Στη συνέχεια, το ελεύθερο αντιγόνο-στόχος και το αντίσωμα αφήνονται να επωαστούν και υπάρχει ανταγωνισμός μεταξύ του ακινητοποιημένου αντιγόνου και του ελεύθερου αντιγόνου έναντι των αντισωμάτων. Το πρώτο αντίσωμα που συνδέεται με το ακινητοποιημένο αντιγόνο ανιχνεύεται από ένα δεύτερο αντίσωμα σημασμένο με ένζυμο. Όπως με το ανταγωνιστικό ELISA, στο icELISA, το σήμα μειώνεται καθώς αυξάνεται η ποσότητα του ελεύθερου αντιγόνου. Όταν το απένιο εκτίθεται στην επιφάνεια της πλάκας μικροτιτλοδότησης, το IcELISA μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση μακρομορίων και απτενών.

5.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ELISA

	Άμεση ELISA	Ανταγων. ELISA	Έμμεση ELISA	Έμμεση ανταγωνιστική ELISA	Σάντουιτς ELISA
Πλεονέκτημα	Απλό επειδή χρησιμοποιείται μόνο ένα αντίσωμα		Υψηλότερη ευαισθησία και ευελιξία από τις άμεσες μεθόδους λόγω της χρήσης του PAb που αναγνωρίζει διαφορετικούς επίτοπους πρωτογενούς αντισώματος		Χρησιμοποιούνται υψηλή εξειδίκευση καθώς δύο αντισώματα που διαθέτουν διαφορετικούς επίτοπους
Μειονέκτημα					
	Η επισήμανση του αντισώματος είναι απαραίτητη για κάθε ELISA, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε απενεργοποίηση του αντισώματος		Το μη ειδικό σήμα προκαλείται μέσω διασταυρούμενης αντιδραστικότητας δευτερογενούς αντισώματος		Η παρασκευή δύο διαφορετικών αντισωμάτων είναι εντατική και δαπανηρή
Στόχος	Μακρομόρια	Μακρομόρια (Hapten)	Μακρομόρια	Μακρομόρια (Hapten)	Γενικά μακρομόρια
Σήμα (ως αύξηση αντιγόνου-στόχου)	Αυξάνουν	Μείωση	Αυξάνουν	Μείωση	Αυξάνουν

Πίνακας 5.1 Χαρακτηριστικά διαφόρων τύπων ELISA

5.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ELISA

Η ELISA παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Απλή διαδικασία.
- Λόγω της αντίδρασης αντιγόνου-αντισώματος, έχει υψηλό βαθμό εξειδίκευσης και ευαισθησίας.
- Υψηλή απόδοση, επειδή μπορεί να αναλυθεί ταυτόχρονα χωρίς πολύπλοκη προκατεργασία δείγματος.
- Επειδή δεν απαιτεί ραδιενεργά υλικά και μεγάλη ποσότητα οργανικών διαλυτών, είναι συνήθως ασφαλές και φιλικό προς το περιβάλλον.

Ωστόσο, η ELISA εμφανίζει τα ακόλουθα μειονεκτήματα:

- Έντονη εργασία και δαπανηρή παρασκευή αντισώματος επειδή αυτή είναι μια προηγμένη τεχνολογία που απαιτεί ακριβά μέσα κυτταρικής καλλιέργειας για την απόκτηση συγκεκριμένων αντισωμάτων.
- Λόγω ανεπαρκούς αποκλεισμού της επιφάνειας της πλάκας μικροτιτλοδότησης ακινητοποιημένη με αντιγόνο, η πιθανότητα ψευδώς θετικών ή αρνητικών αποτελεσμάτων είναι υψηλή.

5.5 HPLC (High- 46 Performance Liquid Chromatography)

Υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC) είναι μία από τις πολλές χρωματογραφικές τεχνικές για το διαχωρισμό και την ανάλυση χημικών μιγμάτων. Η HPLC είναι μια αναλυτική τεχνική που χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό και τον ποσοτικό προσδιορισμό μη πτητικών ή ευαίσθητων στη θερμότητα ουσιών. Η κινητή φάση είναι υγρή, ενώ η στατική φάση είναι στερεή ή υγρή ακινητοποιημένη πάνω σε αδρανές υπόστρωμα. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό μεγάλου αριθμού ουσιών, όπως αμινοξέων, πρωτεϊνών, υδρογονανθράκων, υδατανθράκων, φυτοφαρμάκων, αντιβιοτικών και άλλων τύπων ενώσεων. Αυτή η ανάλυση χρησιμοποιείται για έρευνα συνθετικής χημείας, μεταβολική έρευνα και ανάλυση περιβαλλοντικών δειγμάτων. Ο διαχωρισμός του μείγματος της ουσίας βασίζεται στις διαφορετικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ κάθε συστατικού και της κινητής φάσης και της στατικής φάσης, οπότε απαιτείται διαφορετικός χρόνος για την έκλυση κάθε ουσίας από τη στήλη. Αυτή η αλληλεπίδραση σχετίζεται με το μέγεθος, το σχήμα και την πυκνότητα φορτίου των σωματιδίων στο διάλυμα. Υπάρχουν διάφοροι τύποι χρωματογραφίας, οι οποίοι μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τον τύπο της προς διάσταση ένωσης και τον υπάρχοντα μηχανισμό αλληλεπίδρασης μεταξύ των ουσιών που θα διαχωριστούν στις δύο φάσεις. Ειδικότερα έχουμε:

- Η χρωματογραφία προσρόφησης χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό μη πολικών ενώσεων
- Η χρωματογραφία κατανομής εφαρμόζεται για το διαχωρισμό μη ιοντικών πολικών ενώσεων

- Η χρωματογραφία ανταλλαγής ιόντων χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό των ιοντικών ενώσεων
- Η χρωματογραφία μοριακού αποκλεισμού εφαρμόζεται για το διαχωρισμό ενώσεων με μοριακό βάρος μεγαλύτερο από 10.000.

5.6 ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΛΕΠΤΗΣ ΣΤΙΒΑΔΑΣ (TLC)

Η χρωματογραφία λεπτής στιβάδας (TLC) είναι για την ανάλυση μιγμάτων οργανικών ενώσεων και είναι μια γρήγορη και εύκολη μέθοδος. Μια τυπική πλάκα TLC είναι ένα πλαστικό φύλλο που έχει επικαλυφθεί με ένα λεπτό στρώμα πυριτικής πηκτής, η οποία είναι μια λευκή σκόνη. Μια μικρή σταγόνα του προς ανάλυση διαλύματος τοποθετείται κοντά στον πυθμένα της πλάκας πάνω στο silica gel (στατική φάση) και στη συνέχεια οι οργανικοί διαλύτες (κινητή φάση) αφήνονται να ανέβουν στην πλάκα.

Καθώς η στατική και η κινητή φάση αλληλεπιδρούν, τα συστατικά του μίγματος θα χωριστούν μεταξύ των δύο φάσεων. Με βάση την πολικότητα, ορισμένα συστατικά θα έχουν ισχυρότερη συγγένεια για το πολύ πολικό πυριτικό πήκτωμα, ενώ άλλα θα μετακινούνται πιο εύκολα στον διαλύτη, οπότε τα συστατικά του μίγματος θα μετακινούνται πάνω στην πλάκα με διαφορετικούς ρυθμούς.

5.7 ΥΓΡΗ ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ (LC)

Η υγρή χρωματογραφία (LC) είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται ευρέως για τον διαχωρισμό ενώσεων από ένα δείγμα πριν από την ανάλυση και συχνά συνδέεται με φασματομετρία μάζας. Με το LC, ο διαχωρισμός των συστατικών του δείγματος βασίζεται στις αλληλεπιδράσεις των ενώσεων με τις κινητές και στατικές φάσεις, και ο βαθμός του διαχωρισμού των ενώσεων σχετίζεται με τη συγγένεια κάθε ένωσης για την κινητή φάση. Μετά από χρωματογραφικούς διαχωρισμούς, οι ενώσεις εκλύονται από τη στήλη, αποδιαλυτώνονται στην αέρια φάση και ιονίζονται σε πηγή ιονισμού και μετά εισάγονται στο φασματόμετρο μάζας για ανάλυση μάζας.

Το LC είναι η τεχνική διαχωρισμού επιλογής για μεγαλύτερα και μη πτητικά μόρια όπως πρωτεΐνες και σύνθετα πεπτίδια. Όταν συνδυάζεται με MS, το LC-MS προσφέρει ευρεία κάλυψη δείγματος επειδή μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές χημικές στήλες, όπως υγρή χρωματογραφία αντίστροφης φάσης. Είναι επίσης μια ιδανική μέθοδος για το διαχωρισμό των ισομερών, τα οποία έχουν την ίδια μάζα και διαφορετικά δεν θα διαφοροποιηθούν από ένα φασματόμετρο μάζας. Τέλος, το LC συμβάλλει στη μείωση της καταστολής των ιόντων, η οποία συμβαίνει όταν τα μόρια αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και εμποδίζουν τη διαδικασία πλήρους ιονισμού.

5.8 ΥΓΡΗ ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕ ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑ ΜΑΖΩΝ LC-MS / MS

Ο LC-MS/MS είναι ένα ισχυρό εργαλείο για την ανίχνευση υπολειμματικών χημικών ενώσεων, επιβεβαιωτική ταυτοποίηση μικρών οργανικών μορίων, και επιβεβαίωση και ποσοτικός προσδιορισμός μολυσματικών ουσιών σε δείγματα φαρμακευτικών και τροφίμων.

Το LC-MS/MS λειτουργεί με συνδυασμό χρωματογραφίας και φασματομέτρων μάζας πολλαπλών τετραπόλων. Το χρωματογραφικό σύστημα διαχωρίζει πρώτα τα διάφορα συστατικά, συγκεντρώνοντας την ποσότητα κάθε μεμονωμένου συστατικού που φθάνει στο φασματόμετρο μάζας. Το πρώτο τετράπολο της διαμόρφωσης τριπλού τετραπολίου ιονίζει τα μόρια του αναλύτη. Τα επιλεγμένα μοριακά ιόντα στη συνέχεια τεμαχίζονται στη δεύτερη τετραπόλη και απομονώνονται επιλεκτικά από το τρίτο και τελευταίο τετραπόλιο για μέτρηση από έναν ανιχνευτή. Αυτή η σειρά διαχωρισμού, ιονισμού και επιλεκτικού κατακερματισμού παρέχει εξαιρετικά ευαίσθητη ανίχνευση. Τα επίπεδα ανίχνευσης που χρησιμοποιούν το LC-MS/MS μπορεί να είναι τόσο ευαίσθητα όσο πολλά μέρη ανά δισεκατομμύριο και είναι σταθερά στο τμήμα ανά εκατομμύριο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6 ΕΡΕΥΝΑ

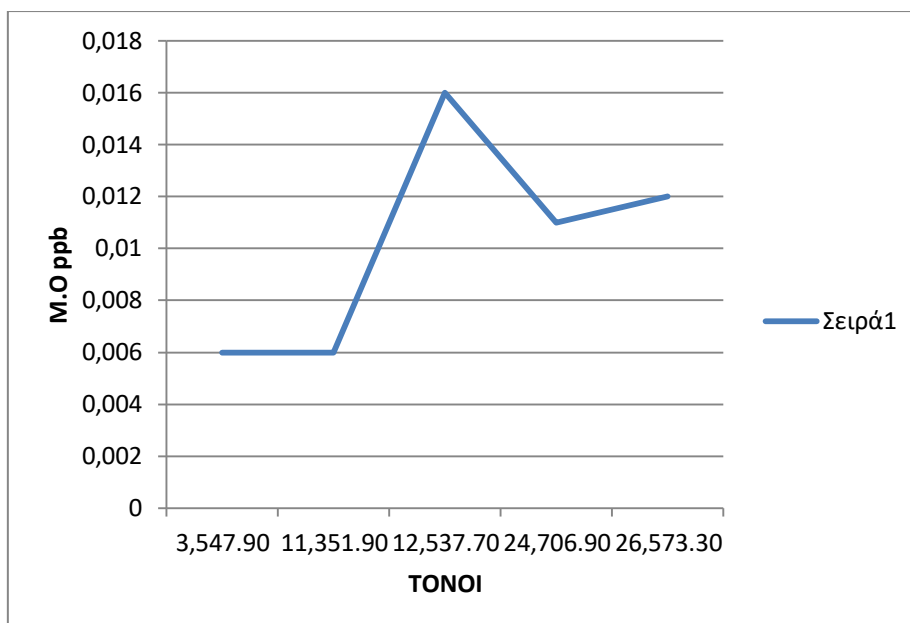
6.1 ΕΡΕΥΝΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΩΝ ΣΕ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

Το 2019 διεξήχθη έρευνα ανιχνεύσεως αφλατοξινών σε δείγματα γάλακτος σε περιοχές της Ελλάδος όπως Αττική, Πελοπόννησο, Θράκη, Μακεδονία και Θεσσαλία. Παρακάτω καταγράφονται σε πίνακες τα πειραματικά αποτελέσματα κάποιες μέρες ανά μήνα.

Ιανουάριος

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΤΟΝΟΙ	2/1	3/1	4/1	5/1	7/1	8/1	Μ.Ο
ΘΕΣΣΑΛΙΑ	3,547.90	-	-	-	-	0,006	0,005	0,006
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	11,351.90	-	-	-	-	0,006	-	0,006
ΑΤΤΙΚΗ	12,537.70	0,007	0,009	0,018	0,035	0,013	-	0,016
ΘΡΑΚΗ	24,706.90	-	-	-	-	0,015	0,007	0,011
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	26,573.30	-	0,016	0,017	0,012	0,010	0,007	0,012

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1: Αποτελέσματα της έρευνας για τον μήνα Ιανουαρίο

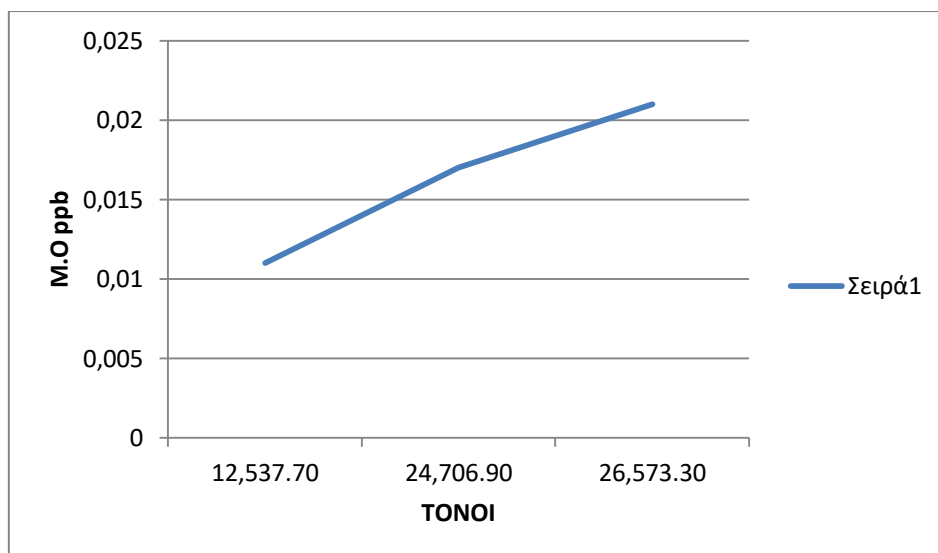


ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ 1. ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ Μ.Ο/ΤΟΝΟΥΣ

Φεβρουάριος

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΤΟΝΟΙ	5/2	7/2	20/2	22/2	26/2	27/2	Μ.Ο
ΑΤΤΙΚΗ	12,537.70	0,017	-	0,005	-	-	-	0,011
ΘΡΑΚΗ	24,706.90	0,044	0,011	0,007	0,019	0,012	0,011	0,017
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	26,573.30	0,014	-	0,010	0,021	0,040	0,022	0,021

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2: Αποτελέσματα της έρευνας για τον μήνα Φεβρουάριο

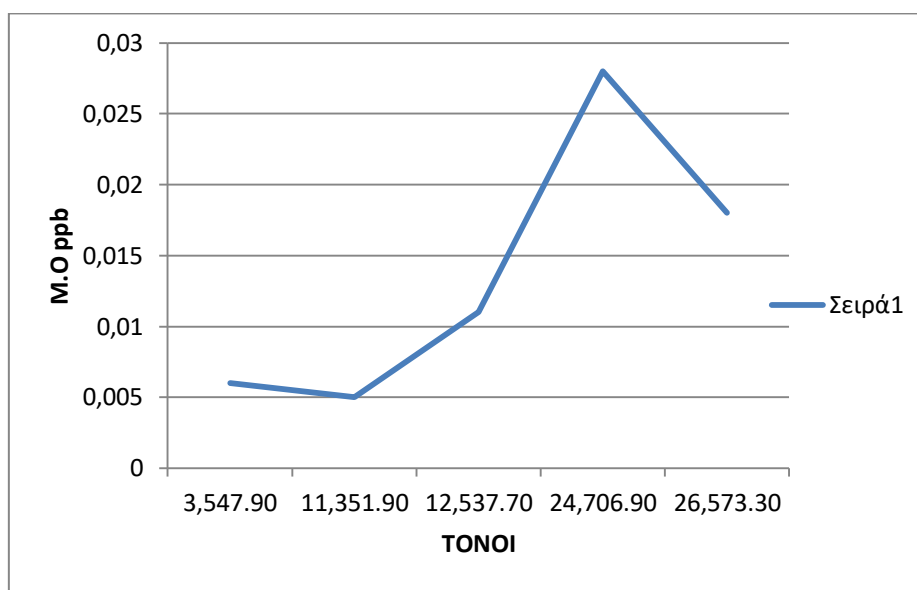


ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ 2.ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ Μ.Ο/ΤΟΝΟΥΣ

Μάρτιος

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΤΟΝΟΙ	4/3	5/3	8/3	9/3	10/3	11/3	12/3	Μ.Ο
ΘΕΣΣΑΛΙΑ	3,547.90	0,006	0,008	0,005	0,005	0,012	0,005	0,005	0,006
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	11,351.90	-	-	-	0,005	-	-	-	0,005
ΑΤΤΙΚΗ	12,537.70	0,005	0,008	-	0,005	0,038	0,011	0,005	0,011
ΘΡΑΚΗ	24,706.90	0,038	0,026	0,030	0,006	0,024	0,005	0,014	0,028
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	26,573.30	0,008	0,012	0,023	0,023	-	0,011	0,028	0,018

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3: Αποτελέσματα της έρευνας για τον μήνα Μάρτιο

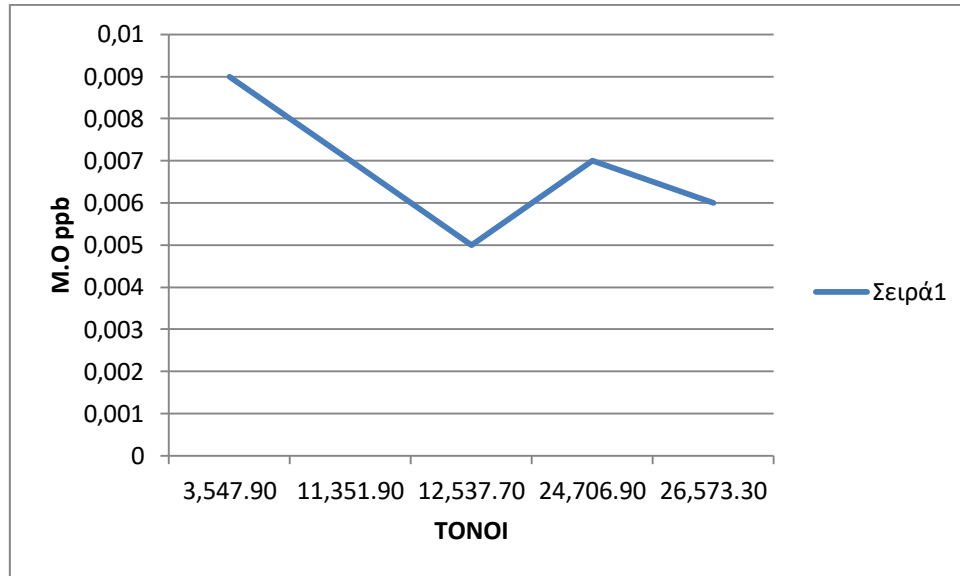


ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ 3. ΜΑΡΤΙΟΥ Μ.Ο/ΤΟΝΟΥΣ

Μάιος

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΤΟΝΟΙ	28/5	29/5	30/5	Μ.Ο
ΘΕΣΣΑΛΙΑ	3,547.90	0,008	0,009	0,010	0,009
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	11,351.90	0,005	0,009	0,005	0,007
ΑΤΤΙΚΗ	12,537.70	0,005	0,005	0,005	0,005
ΘΡΑΚΗ	24,706.90	0,005	0,010	0,005	0,007
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	26,573.30	0,008	0,005	0,006	0,006

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4: Αποτελέσματα της έρευνας για τον μήνα Μάιο



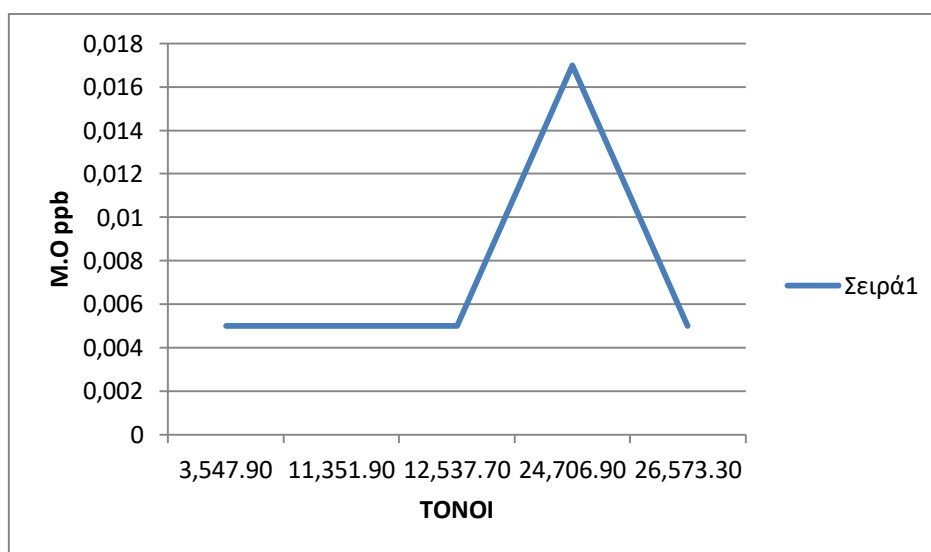
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ 4. ΜΑΙΟΥ Μ.Ο/ΤΟΝΟΥΣ

Αυγουστος

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΤΟΝΟΙ	1/8	8/8	16/8	24/8	27/8	Μ.Ο
ΘΕΣΣΑΛΙΑ	3,547.90	-	0,005	-	0,005	0,005	0,005
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	11,351.90	-	0,005	-	-	0,005	0,005
ΑΤΤΙΚΗ	12,537.70	0,005	0,005	0,005	-	0,005	0,005
ΘΡΑΚΗ	24,706.90	-	-	0,024	0,014	0,012	0,017

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ								
	26,573.30	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5: Αποτελέσματα της έρευνας για τον μήνα Αύγουστο



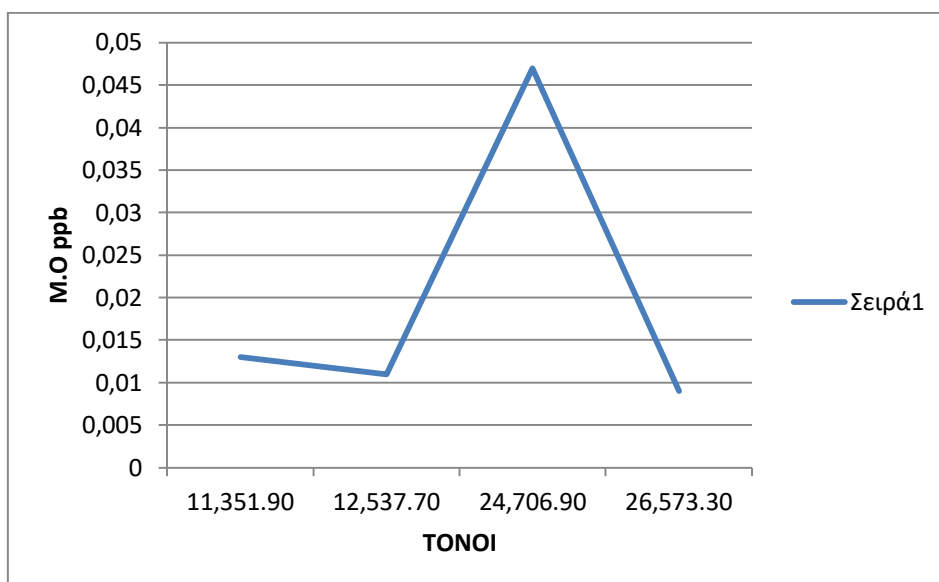
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ 5. ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ Μ.Ο/ΤΟΝΟΥΣ

Σεπτέμβριος

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΤΟΝΟΙ	1/9	6/9	11/9	15/9	19/9	23/9	Μ.Ο
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	11,351.90	-	-	-	0,005	0,013	0,014	0,011
ΑΤΤΙΚΗ	12,537.70	-	-	-	0,005	0,013	0,014	0,011

ΘΡΑΚΗ	24,706.90	0,023	0,032	0,041	0,050	0,054	0,083	0,047
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	26,573.30	0,010	0,018	0,010	0,009	0,012	0,016	0,013

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6: Αποτελέσματα της έρευνας για τον μήνα Σεπτέμριο



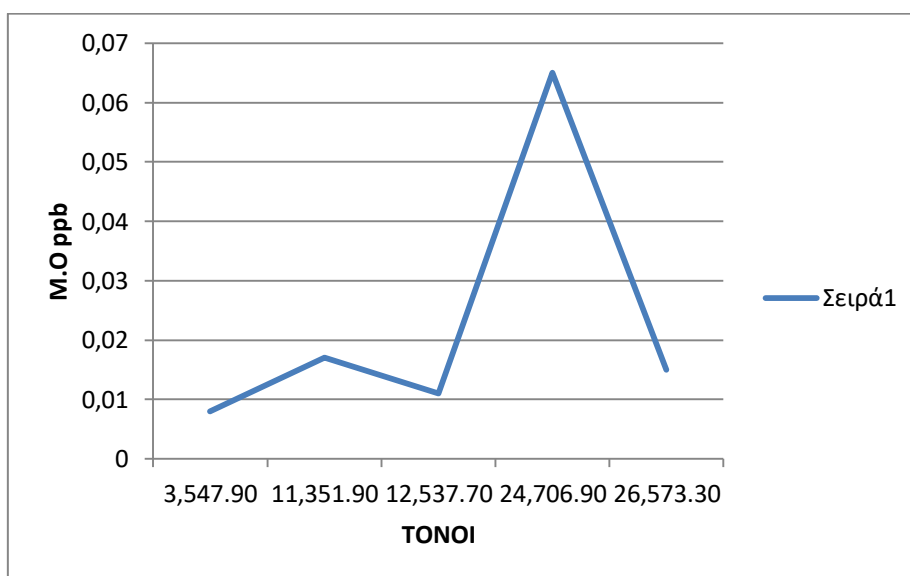
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ 6. ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ Μ.Ο/ΤΟΝΟΥΣ

Οκτώβριος

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΤΟΝΟΙ	1/10	6/10	10/10	17/10	22/10	25/10	30/10	Μ.Ο
ΘΕΣΣΑΛΙΑ	3,547.90	-	-	-	0,010	0,008	0,008	0,005	0,008
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	11,351.90	-	0,006	-	0,021	-	0,015	0,024	0,017

ΑΤΤΙΚΗ	12,537.70	-	-	-	0,018	0,005	0,009	0,012	0,011
ΘΡΑΚΗ	24,706.90	0,046	0,050	0,075	0,069	0,111	-	0,040	0,065
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	26,573.30	0,021	0,009	0,011	0,019	0,021	0,016	0,007	0,015

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.7: Αποτελέσματα της έρευνας για τον μήνα Οκτώβριο



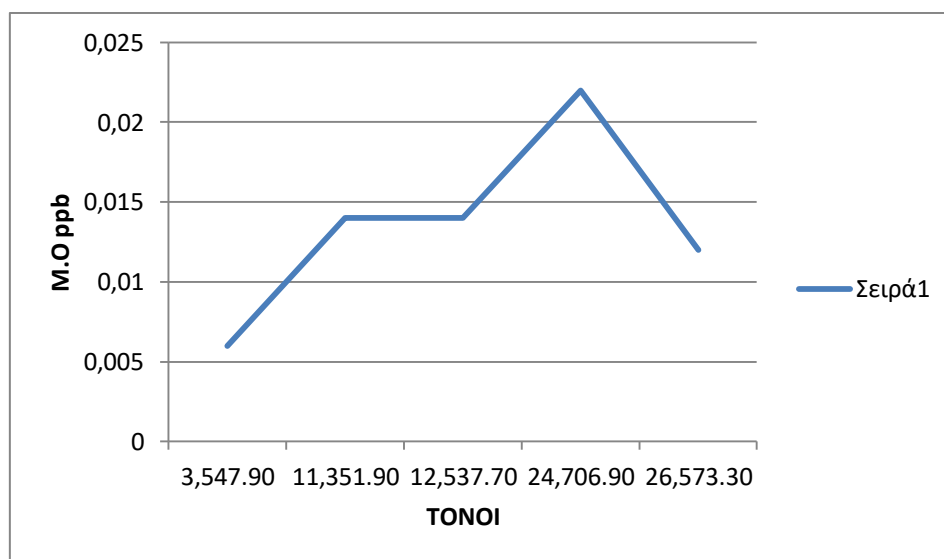
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ 7. ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ Μ.Ο/ΤΟΝΟΥΣ

Νοέμβριος

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΤΟΝΟΙ	2/11	7/11	13/11	17/11	21/11	25/11	29/11	Μ.Ο
ΘΕΣΣΑΛΙΑ	3,547.90	0,005	0,005	0,005	0,008	0,005	-	0,006	0,006

ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	11,351.90	0,018	0,010	0,016	0,012	0,011	0,018	-	0,014
ΑΤΤΙΚΗ	12,537.70	0,010	0,035	0,016	-	0,006	0,005	-	0,014
ΘΡΑΚΗ	24,706.90	-	0,032	0,023	0,023	0,015	0,021	0,016	0,022
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	26,573.30	0,013	0,019	0,010	-	0,007	0,010	0,010	0,012

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.8: Αποτελέσματα της έρευνας για τον μήνα Νοέμβριο



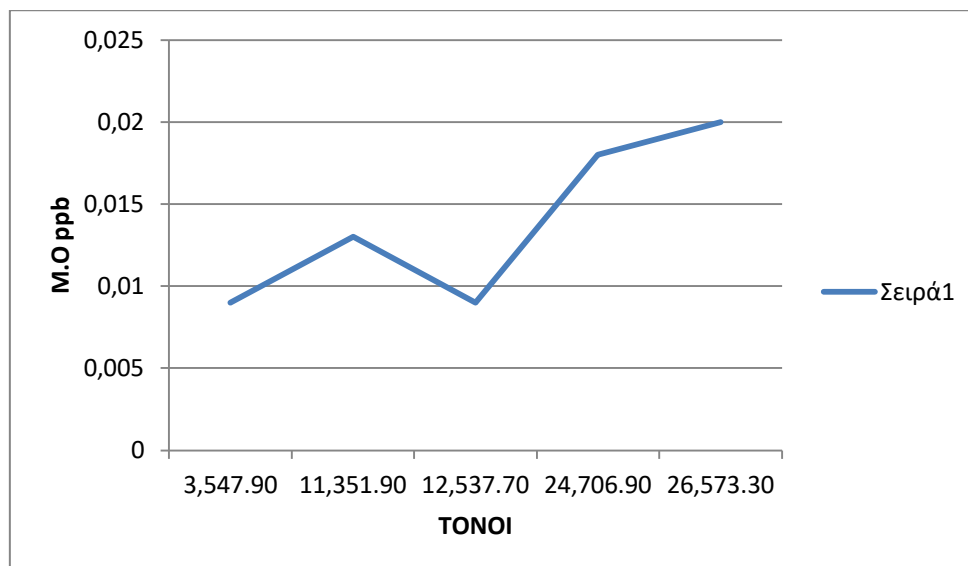
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ 8. ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ Μ.Ο/ΤΟΝΟΥΣ

Δεκέμβριος

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΤΟΝΟΙ	2/12	6/12	9/12	16/12	18/12	22/12	30/12	Μ.Ο
----------	-------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-----

ΘΕΣΣΑΛΙΑ	3,547.90	0,006	0,010	0,010	-	-	-	-	0,009
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	11,351.90	0,018	0,008	0,012	0,014	-	-	0,011	0,013
ΑΤΤΙΚΗ	12,537.70	0,007	-	0,015	0,008	0,008	-	0,007	0,009
ΘΡΑΚΗ	24,706.90	0,012	0,017	0,021	0,015	0,019	0,017	0,023	0,018
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	26,573.30	0,042	0,017	0,024	0,011	0,011	-	0,013	0,020

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.9: Αποτελέσματα της έρευνας για τον μήνα Δεκέμβριο



ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ 9. ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ Μ.Ο/ΤΟΝΟΥΣ

6.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η προτεινόμενη μέθοδος ELISA είναι ένα αξιόπιστο μέσο βιοχημικής ανίχνευσης αφλατοξινών. Σύμφωνα με ερευνά που πραγματοποιήθηκε σε διαφορές περιοχές της Ελλάδας το 2019, έγινε ποσοστιαία ανάλυση AFM1 σε τόνους γάλακτος. Οι περιοχές που υποβλήθηκαν στη συγκεκριμένη έρευνα ήταν η Μακεδονία , η Αττική , η Θράκη η Πελοπόννησος και η Θεσσαλία τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο Μάρτιο, Μάιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο. Πιο συγκεκριμένα, εντοπίστηκε παρουσία AFM1 ποσότητας που ξεπερνούσε την επιτρεπόμενη νομοθεσία 0,050 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb) τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο στη Θράκη. Τον Σεπτέμβριο ανιχνευτήκαν σε διαφορετικές ημέρες οι εξής ποσότητες: 0,050 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb), 0,054 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb), 0,083 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb). Τον Οκτώβριο σε διάφορες ημέρες αντίστοιχα: 0,050 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb), 0,075 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb), 0,069 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb), 0,111 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb). Απ' την άλλη σημειώθηκε αρκετά υψηλή ποσότητα AFM1 στις περιοχές της Μακεδονίας και της Θράκης τον μήνα Φλεβάρη σε ποσότητα με 0,040 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb) και 0,044 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb). Επιπλέον τον Σεπτέμβρη παρατηρήθηκε στην Θράκη ποσότητα 0,041 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb). Όσο και τον Οκτώβριο στην ίδια περιοχή εντοπίστηκε ποσότητα 0,046 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb) και 0,040 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb) σε διαφορετικές ημέρες του μήνα. Στις υπόλοιπες περιοχές και μήνες το γάλα θεωρείται αποδεκτό για κατανάλωση.

7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Φράγκου Λαμπροπούλου, Ι. (2015). Αφλατοξίνες και ισχύουσα νομοθεσία.
2. Τάτσης, Ε. (2014). Η επίδραση των μυκοτοξινών στις αποδόσεις και την υγεία των βοοειδών (Doctoral dissertation)
3. Σταματάκη, Κ. (2015). Μυκοτοξίνες στα τρόφιμα φυτικής προέλευσης
4. Παπαδοπούλου, Σ. (2008). Ωχρατοξίνη Α: επιδράσεις στην υγεία, την παραγωγικότητα και την ποιότητα των κτηνοτροφικών προϊόντων των αγροτικών ζώων, στη διατροφική αλυσίδα του ανθρώπου= Ochratoxin A: effects of on animal health, productivity and quality of animal products, in Human's feeding chain (Doctoral dissertation, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας).
5. Μπίχτα, Μ. Α. (2017). Μελέτη της παρουσίας αφλατοξίνης M1 σε δείγματα γιαούρτης από την περιοχή της Θεσσαλίας (Master's thesis)

6. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙ ΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΖΕΟΛΙΘΟΥ (ΚΛΙΝΟΠΤΙΛΟΛΙΘΟΥ) ΣΤΟ ΣΙΤΗΡΕΣΙΟ ΤΩΝ ΓΑΛΑΚΤΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΑΓΕΛΑ Δ ΩΝ , ΣΤΗΝ ΥΓΙΕΙΝΗ ΤΟΥΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΙΣ ΑΠΟ Δ ΟΣΕΙΣ ΤΟΥΣ. (2005).
7. Μαλισσιόβα, Ε. Ν. (2013). Συγκριτική μελέτη συγκέντρωσης αφλατοξίνης Μ1 σε αίγιο και πρόβιο γάλα βιολογικών και συμβατικών εκτροφών της ευρύτερης περιοχής Λάρισας: συσχετισμός με την δημόσια υγεία
8. Λαγογιάννη, Χ. (2016). Βιολογική και χημική αντιμετώπιση του αφλατοξικογόνου μύκητα *Aspergillus flavus* στο καλαμπόκι.
9. ΚΟΥΡΟΥΣΕΚΟΣ, Γ. Δ. (2008). ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΧΟΡΗΓΗΣΗ ΑΦΛΑΤΟΞΙΝΗΣ Β1 ΣΤΗ ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΚΑΙ ΣΕ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΤΗΣ ΕΓΧΩΡΙΑΣ ΠΟΙΜΕΝΙΚΗΣ ΑΙΓΑΣ. 1–117
10. Κοτσίκης, Π. (2018). Ανοσοχημικές μέθοδοι προσδιορισμού. Είδη, Αρχές μεθόδων, Εφαρμογές.
11. Κακλαμάνη, Χ. (2015). Προβλήματα μόλυνσης δημητριακών από μυκοτοξίνες FUSARIUM
12. Η ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ. (2006). Κανονισμός (Εκ) Αριθ. 1881/2006 Της Επιτροπής Της 19ης Δεκ. 2006 Για Καθορισμό Μέγιστων Επιτρεπτών Επιπέδων Για Ορισμένες Ουσίες Οι Οποίες Επιμολύνουν Τα Τρόφιμα. 2006(4).
13. Δρούγκανης, Α. (2015). Χρήση προσθέτων σε ζωοτροφές με σκοπό τη μείωση των επιπέδων των μυκοτοξινών στο γάλα
14. Δημητρίου, Ε. (2020). Ανίχνευση επιπέδου Αφλατοξινών σε ζωοτροφές με τη τεχνική ELISA
15. Χριστοφορίδου, Σ. (2011). Αξιολόγηση εμπορικών συσκευασιών της ανοσοενζυμικής μεθόδου ELISA ως προς την ανίχνευση και την ποσοτικοποίηση αφλατοξίνης Μ1 σε γάλα μέσω της συγκριτικής αξιολόγησης παραμέτρων (Master's thesis).
16. Καρατζένη, Μ. (2020). Η Ασφάλεια των τροφίμων και οι νέοι διατροφικοί κίνδυνοι. Ο ρόλος του ΕΦΕΤ.
17. Λουλλούδη, Κ. (2017). Ανάλυση ποιοτικών χαρακτηριστικών αγελαδινού, πρόβειου και κατσικίσιου γάλακτος μονάδων παραγωγής στη Θεσσαλία (Master's thesis).

18. Zhang, Z., Tang, X., Wang, D., Zhang, Q., Li, P., & Ding, X. (2015). Rapid on-site sensing aflatoxin B 1 in food and feed via a chromatographic time-resolved fluoroimmunoassay. *PLoS One*, 10(4), e0123266.
19. Zhang, X., Kuča, K., Dohnal, V., Dohnalová, L., Wu, Q., & Wu, C. (2014). Military potential of biological toxins. *Journal of Applied Biomedicine*, 12(2), 63-77
20. Yoon, B. R., Hong, S. Y., Cho, S. M., Lee, K. R., Kim, M., & Chung, S. H. (2016). Aflatoxin M1 levels in dairy products from South Korea determined by high performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Journal of Food and Nutrition Research*, 55(2), 171–180.
21. Udomkun, P., Wiredu, A. N., Nagle, M., Müller, J., Vanlauwe, B., & Bandyopadhyay, R. (2017). Innovative technologies to manage aflatoxins in foods and feeds and the profitability of application—A review. *Food control*, 76, 127-138.
22. Pecorelli, I., Guarducci, N., von Holst, C., Bibi, R., Pascale, M., Ciasca, B., ... & Lattanzio, V. M. (2020). Critical Comparison of Analytical Performances of Two Immunoassay Methods for Rapid Detection of Aflatoxin M1 in Milk. *Toxins*, 12(4), 270.
23. Omar, S. S., Haddad, M. A., & Parisi, S. (2020). Validation of HPLC and Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) techniques for detection and quantification of aflatoxins in different food samples. *Foods*, 9(5), 661.
24. Naeimipour, F., Aghajani, J., Kojuri, S. A., & Ayoubi, S. (2018). Useful approaches for reducing aflatoxin M1 content in milk and dairy products. *Biomedical and biotechnology research journal (BBRJ)*, 2(2), 94.
25. McCormick, S. P., Stanley, A. M., Stover, N. A., & Alexander, N. J. (2011). Trichothecenes: from simple to complex mycotoxins. *Toxins*, 3(7), 802-814
26. Matabaro, E., Ishimwe, N., Uwimbabazi, E., & Lee, B. H. (2017). Current immunoassay methods for the rapid detection of aflatoxin in milk and dairy products. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 16(5), 808-820.
27. Kourousekos, G. D., & THEODOSIADOU, E. (2015). Effects of aflatoxins on male reproductive system: A review. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 66(4), 201-210.

28. Kourousekos, G. D. (2011). Aflatoxin effects on animals health and milk composition of the ruminants. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 62(1), 38-47.
29. Ketney, O., Santini, A., & Oancea, S. (2017). Recent aflatoxin survey data in milk and milk products: A review. *International journal of dairy technology*, 70(3), 320-331
30. Jiang, Y., Ogunade, I. M., Vyas, D., & Adesogan, A. T. (2021). Aflatoxin in Dairy Cows: Toxicity, Occurrence in Feedstuffs and Milk and Dietary Mitigation Strategies. *Toxins*, 13(4), 283
31. Flores-Flores, M. E., & González-Peñas, E. (2018). Analysis of mycotoxins in Spanish milk. *Journal of dairy science*, 101(1), 113-117
32. Duarte, S. C., Pena, A. L. S., & de Matos Lino, C. (2014). Mycotoxins and their implications in food safety. *Future Science Ltd*
33. De Zutter, N., Audenaert, K., Arroyo-Manzanares, N., De Boevre, M., Van Poucke, C., De Saeger, S., ... & Smagghe, G. (2016). Aphids transform and detoxify the mycotoxin deoxynivalenol via a type II biotransformation mechanism yet unknown in animals. *Scientific reports*, 6(1), 1-9
34. de Oliveira, C. A., & Corassin, C. H. (2014). Aflatoxins. *Future Science Ltd*.
35. Creppy, E. E. (2002). Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. *Toxicology letters*, 127(1-3), 19-28
36. Carlson, M. P., & Smith, R. (2002). Aflatoxin M1 in Milk. *Agriculture*, 3.
37. Carla, G., Souza, S., Feddern, V., Heidtmann, R., Santos Hackbart, H. C. dos, de Souza, M. M., Santos Oliveira, M. dos, Garda-Buffon, J., Gilberto, E., & Badiale-Furlong, E. (2011). Aflatoxins: Contamination, Analysis and Control. *Aflatoxins - Biochemistry and Molecular Biology*. <https://doi.org/10.5772/24902>
38. Cammilleri, G., Graci, S., Collura, R., Buscemi, M. D., Vella, A., Macaluso, A., ... & Ferrantelli, V. (2019). Aflatoxin M 1 in cow, sheep, and donkey milk produced in Sicily, Southern Italy. *Mycotoxin research*, 35(1), 47-53
39. Buszewska-Forajta, M. (2020). Mycotoxins, invisible danger of feedstuff with toxic effect on animals. *Toxicon*
40. Bennett, J. W., Klich, M., & Mycotoxins, M. (2003). *Mycotoxins*. 16(3), 497–516. <https://doi.org/10.1128/CMR.16.3.497>

41. Pereira, P. C. (2014). Milk nutritional composition and its role in human health. *Nutrition*, 30(6), 619-627.

BIBΛΙΑ

1. Σπηλιώτης Β., Γιαβάσης Ι. (2010) Μικροβιολογία τροφίμων. Αθήνα: Εκδόσεις Ιών
2. Δ. Καλογρίδου – Βασιλειάδου (1999) Κανόνες Ορθής Υγιεινής Πρακτικής για τις Επιχειρήσεις Τροφίμων. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών
3. Χρήστος Κεχαγιάς ,Ευσταθία Τσάκαλη (2017) Επιστήμη και Τεχνολογία Γάλακτος και Γαλακτοκομικών Προϊόντων. Νέων τεχνολογιών

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. file:///C:/Users/practice/Downloads/Papastamati_Ioanna-Maria_Dip_2014.pdf
2. <http://diatrofi.medlook.gr/>
3. <http://markati.gr/2016/08/12/gala-stin-zoi-mas/>
4. http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/14679/STEG_TEGE_P_00501_Medium.pdf?sequence=1
5. <http://resources.schoolscience.co.uk/sgm/sgmmicrobes3.html>
6. <http://www.food-info.net/gr/tox/ochra.htm>
7. <http://www.ivfforums.gr/ivf-moms-magazine/health-and-fitness/item/178-oi-ximikoi-kindinoi-sta-trofima>
8. <http://www.mycotoxins.info/mycotoxins/common-mycotoxins/zearalenone/>
9. <https://anaktisis.uowm.gr/661/>
10. <https://anaktisis.uowm.gr/869/>
11. <https://core.ac.uk/download/pdf/132824094.pdf>
12. <https://diaitologos.com/diaita/gala-poia-i-diatrofiki-toy-axia/>
13. <https://elearning.cpp.edu/learning-objects/organic-chemistry/tlc/>
14. https://en.wikipedia.org/wiki/Aflatoxin_B1
15. [https://en.wikipedia.org/wiki/Fusarium#:~:text=%2Ffju%CB%88z%C9%9B%C9%99ri%C9%99m%2F%20\(help%C2%B7info,of%20the%20soil%20microbial%20community](https://en.wikipedia.org/wiki/Fusarium#:~:text=%2Ffju%CB%88z%C9%9B%C9%99ri%C9%99m%2F%20(help%C2%B7info,of%20the%20soil%20microbial%20community)
16. [https://en.wikipedia.org/wiki/Penicillium#:~:text=Penicillium%20\(%2F%CB%8Cp%C9%9Bn.of%20certain%20kinds%20of%20bacteria](https://en.wikipedia.org/wiki/Penicillium#:~:text=Penicillium%20(%2F%CB%8Cp%C9%9Bn.of%20certain%20kinds%20of%20bacteria)
17. <https://en.wikipedia.org/wiki/Trichothecene>
18. <https://infomilk.weebly.com/mu-gamma-sigmatau1.html>
19. <https://medlabgr.blogspot.com/2014/06/blog-post.html>

20. <https://microbenotes.com/competitive-elisa-protocol-and-animation/>
21. <https://microbiologysociety.org/why-microbiology-matters/what-is-microbiology/fungi.html>
22. <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/2812745/theFile>
23. <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/2812745/theFile>
24. <https://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/14765#page/1/mode/2up>
25. <https://www.cheeselovers.gr/paragogi/297-osa-prepei-na-kserete-gia-tous-mykites-meros-a.html>
26. <https://www.cheeselovers.gr/paragogi/304-osa-prepei-na-kserete-gia-tous-mykites-meros-b.html>
27. <https://www.creative-diagnostics.com/ELISA-guide.htm>
28. <https://www.epixeiro.gr/article/20303>
29. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcimb.2018.00060/full>
30. <https://www.hettweb.com/applications/fungi-and-yeasts-in-milk-and-dairy-products/#:~:text=Fungi%20and%20yeasts%20are%20amongst,production%20output%20for%20the%20manufacturer.>
31. <https://www.intechopen.com/books/cell-growth/growth-of-fungal-cells-and-the-production-of-mycotoxins>
32. https://www.ladylike.gr/wellness/na-giati-prepei-na-pineis-gala-kathe-mera/http://www.chemistry.uoc.gr/asyros/FoodAnal/FAT_pres15.pdf
33. <https://www.leinco.com/sandwich-elisa-protocol/>
34. <https://www.mccrone.com/mm/lc-msms-chemical-analysis/>
35. <https://www.mednutrition.gr/portal/ygeia/osteoporosi/2879-galaktokomika-kai-osteoporosi>
36. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5620633/>
37. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5775980/>
38. <https://www.rapidmicrobiology.com/news/aflatoxin-m1-in-dairy-products-lateral-flow-elisa-or-chromatography>
39. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311932.2016.1213127>
40. <https://www.thermofisher.com/gr/en/home/industrial/mass-spectrometry/mass-spectrometry-learning-center/liquid-chromatography-mass-spectrometry-lc-ms-information.html>
41. <https://www.univ-brest.fr/esiabscientifique/Mycologie/Mycotoxines/Fumonisin>
42. https://www.vivartia.com/?page_id=1349