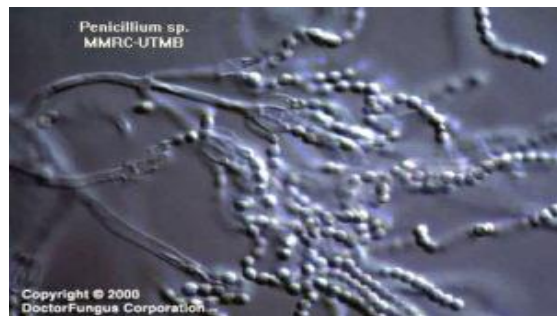
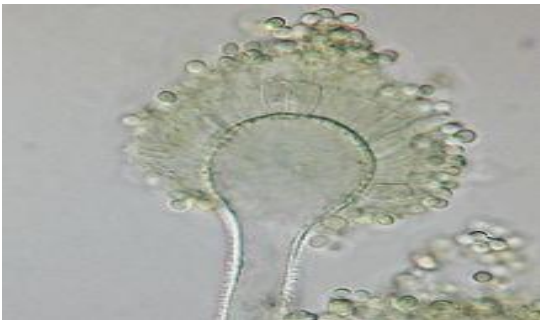




ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: Οι Μύκητες *Aspergillus* και *Penicillium*
στις Αλλοιώσεις Τροφίμων**



Φοιτήτρια: Παυλοπούλου Χρυσούλα (92161)

Επιβλέπουσα : Μπατρίνου Ανθιμιά

Αθήνα 2020



**FACULTY OF FOOD SCIENCE
DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY**

THESIS

TITLE: The fungi *Aspergillus* and *Penicillium* in food spoilage

Student: Pavlopoulou Chrysoula (92161)

Supervision: Mpatrinou Anthimia

Athens 2020

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Μπατρίνου Ανθιμία

Λέκτορας Εργαστηρίου Μικροβιολογίας
Τροφίμων, Τμήμα Επιστήμης και
Τεχνολογίας Τροφίμων, Σχολή Επιστημών
Τροφίμων, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
(Επιβλέπουσα)

Στρατή Ειρήνη

Λέκτορας Εργαστηρίου Χημείας,
Ανάλυσης και Σχεδιασμού Διεργασιών
Επεξεργασίας Τροφίμων, Τμήμα
Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων,
Σχολή Επιστημών Τροφίμων,
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Σπυρίδων Κοντελής

Ακαδημαϊκός Υπότροφος, Τμήμα
Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων,
Σχολή Επιστημών Τροφίμων,
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, μέλος του
προσωπικού του Ενιαίου Φορέα Ελέγχου
Τροφίμων

ΔΗΛΩΣΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ/COPYRIGHT

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστική συγγραφέας της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Παυλοπούλου Χρυσούλα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Φτάνοντας στο τέλος αυτού του “ταξιδιού”, των σπουδών μου, έχω την ανάγκη να ευχαριστήσω μέσα από την καρδιά μου όλους αυτούς που στάθηκαν στο πλευρό μου όλο αυτό το διάστημα δίνοντάς μου δύναμη να πραγματοποιήσω το όνειρό μου.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα για την εκπόνηση της πτυχιακής μου, τη λέκτορα κυρία Μπατρίνου Ανθιμία, για την βοήθειά της και τις συμβουλές της για την υλοποίηση της πτυχιακής αλλά και την βοήθειά της σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Ευχαριστώ την τριμελή επιτροπή, τη λέκτορα κυρία Μπατρίνου Ανθιμία, τη λέκτορα κυρία Στρατή Ειρήνη και τον ακαδημαϊκό υπότροφο κύριο Σπυρίδωνα Κοντελέ, η οποία πρόκειται να εκτιμήσει το έργο που επιτελέστηκε

Εν συνεχεία θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συναδέλφους μου που με στήριξαν με την συμπαράστασή τους να φέρω εις πέρας τις σπουδές μου, και ιδιαιτέρως ένα μεγάλο ευχαριστώ στον φίλο και συνάδελφο Βορεάκο Κωνσταντίνο για την πολύτιμη βοήθειά του.

Τέλος, μέσα από την ψυχή μου, ευχαριστώ πάρα πολύ, ότι πολυτιμότερο έχω στη ζωή μου, την οικογένειά μου, τον σύζυγό μου Βασίλειο και τους γιους μου Ιωάννη και Γεώργιο για την αμέριστη συμπαράσταση και αγάπη που μου έδωσαν όλο αυτό το διάστημα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή περιγράφεται η συμβολή των μυκήτων στις αλλοιώσεις των τροφίμων. Το φάσμα των μυκήτων είναι πάρα πολύ μεγάλο κι έτσι περιγράφεται η δράση δύο από τους πιο διαδεδομένους μύκητες *Aspergillus* και *Penicillium*.

Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφεται ο μύκητας του γένους *Aspergillus* με τα πιο ενδιαφέροντα είδη που απασχολούν την Τεχνολογία των Τροφίμων, τα οποία είναι :

Aspergillus niger

Aspergillus oryzae

Aspergillus flavus

Aspergillus parasiticus

Aspergillus glaucus και *repens*

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται ο μύκητας του γένους *Penicillium* με τα πιο ενδιαφέροντα είδη που απασχολούν την Τεχνολογία των Τροφίμων, τα οποία είναι:

Penicillium italicum

Penicillium notatum και *chrysogenum*

Penicillium roqueforti

Penicillium camemberti

Penicillium expansum

Περιγράφονται τα χαρακτηριστικά τους, όσον αφορά, τη μορφολογία τους, την φυσιολογία τους (ανθεκτικότητα σε pH, aw, θερμοκρασία), την παρουσία τους στα τρόφιμα και την δράση τους σε αυτά, επίσης και την παραγωγή μυκοτοξινών από κάποια είδη.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται οι κυριότερες μυκοτοξίνες που παράγονται από τους μύκητες *Aspergillus* και *Penicillium*. Αναφέρεται σε ποια τρόφιμα αναπτύσσονται οι μύκητες που παράγουν μυκοτοξίνες, οι οποίες είναι υπεύθυνες για καρκίνους, καθώς και για πολλές διαφορετικές διαταραχές που επηρεάζουν το γαστρεντερικό, ουρογεννητικό, αγγειακό, νεφρό και νευρικό σύστημα. Ορισμένες μυκοτοξίνες είναι ανοσοκατασταλτικές, μειώνοντας έτσι την αντίσταση σε μολυσματικές ασθένειες.

ABSTRACT

This thesis describes the contribution of fungi to food spoilage. The range of fungi is very large and thus describes the action of two of the most common fungi *Aspergillus* and *Penicillium*.

The first chapter describes the fungus of the genus *Aspergillus* with the most interesting species that deal with Food Technology, which are:

Aspergillus niger

Aspergillus oryzae

Aspergillus flavus

Aspergillus parasiticus

Aspergillus glaucus και *repens*

The second chapter describes the fungus of the genus *Penicillium* with the most interesting species that deal with Food Technology, which are:

Penicillium italicum

Penicillium notatum και *chrysogenum*

Penicillium roqueforti

Penicillium camemberti

Penicillium expansum

Their characteristics are described in terms of their morphology, their physiology (resistance to pH, aw, temperature), their presence in food and their action on them, as well as the production of mycotoxins by some species.

Chapter 3 describes the main mycotoxins produced by the fungi *Aspergillus* and *Penicillium*. It refers to the foods in which the fungi that produce mycotoxins, which are responsible for cancer, grow, as well as many different disorders that affect the gastrointestinal, urogenital, vascular, renal and nervous systems. Some mycotoxins are immunosuppressive, thus reducing resistance to infectious diseases.

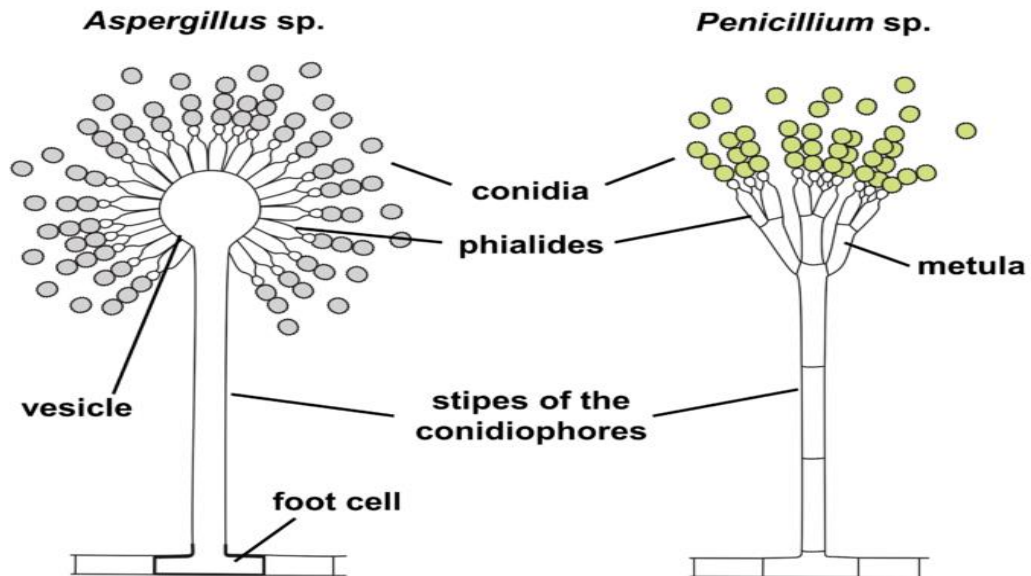
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ.....	3
ΔΗΛΩΣΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ/COPYRIGHT	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT.....	7
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	8
Διαφορά μεταξύ Aspergillus και Penicillium.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	11
Γένος Aspergillus.....	11
1.1 Είδη.....	13
1.2 Χαρακτηριστικά ειδών του γένους Aspergillus.....	14
1.2.1 Aspergillus niger	14
1.2.2 Aspergillus flavus.....	16
1.2.3 Aspergillus parasiticus.....	18
1.2.4 Aspergillus oryzae.....	19
1.2.5 Aspergillus glaucus.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	25
Γένος Penicillium.....	25
2.1 Είδη.....	27
2.2 Χαρακτηριστικά ειδών του γένους Penicillium	27
2.2.1 Penicillium italicum.....	28
2.2.2 Penicillium chrysogenum	30
2.2.3 Penicillium roqueforti	34
2.2.4 Penicillium camemberti	41
2.2.5 Penicillium expansum	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	45
Μυκοτοξίνες	45
3.1 Αφλατοξίνη	47
3.2 Κιτρινίνη	49
3.3 Ωχρατοξίνη Α	50
3.4 Πατουλίνη.....	51
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	52

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 54

Διαφορά μεταξύ *Aspergillus* και *Penicillium*

Η κύρια διαφορά μεταξύ του *Aspergillus* και του *Penicillium* είναι ότι το *Aspergillus* περιέχει ένα μη διαχωρισμένο κονιδιοφόρο ενώ το *Penicillium* περιέχει ένα ξεχωριστό, βούρτσα που μοιάζει με κονιδιοφόρο



© M. Piepenbring, CC BY-SA

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Γένος *Aspergillus*

Aspergillus είναι ένα γένος που αποτελείται από μερικές εκατοντάδες είδη που βρέθηκαν σε διάφορα κλίματα σε όλο τον κόσμο.

Ο *Aspergillus* καταγράφηκε για πρώτη φορά το 1729 από τον Ιταλό ιερέα και βιολόγο Pier Antonio Micheli. Βλέποντας τους μύκητες κάτω από ένα μικροσκόπιο, ο Micheli θυμήθηκε το σχήμα ενός ασπέργιλου (ψεκαστήρας ιερού νερού), από το λατινικό *spargere* (σε πασπαλισμό), και ονόμασε το γένος ανάλογα. **(Bennett JW, 2010)**

Ο *Aspergillus* ορίζεται ως μια ομάδα κονιδιακών μυκήτων, έχουν εγγενείς μορφές στην οικογένεια Eurotiaceae των Ασκομυκήτων, που είναι για τους Ασπέργιλλους τα γένη Eurotium, Sartorya και Emericella

Η ταξινόμηση των Ασκομυκήτων εμφανίζει αρκετές δυσκολίες, ακριβώς λόγω του μεγάλου αριθμού μυκήτων που περιλαμβάνονται σε αυτή την κλάση.

(Χ.ΧΡΙΣΤΙΑΣ, 1999)

Ωστόσο, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το γένος *Aspergillus* ανήκει στην κλάση Ascomycota, στην τάξη Eurotiales και στην οικογένεια Trichomaceae. **(C.J Alexopoulos CWM,M.Blackwell, 1996)**

Στο γένος αυτό ανήκουν μυκηλιακοί μύκητες, οι οποίοι αναπαράγονται αγενώς με το σχηματισμό κονιδίων σε φιαλιδόμορφες κονιδιοφόρες υφές, οι οποίες παράγονται απευθείας από το μυκήλιο σαν διακλαδώσεις ειδικών κυττάρων, των βασικών κυττάρων. **(C.J Alexopoulos CWM,M.Blackwell, 1996)**

Το συγκεκριμένο γένος έχει την ικανότητα να αναπτύσσεται ή έστω να επιβιώνει ακόμη και σε περιβάλλοντα υψηλής θερμοκρασίας και μειωμένης συγκέντρωσης ύδατος. **(John I. Pitt ADH, 2009)**

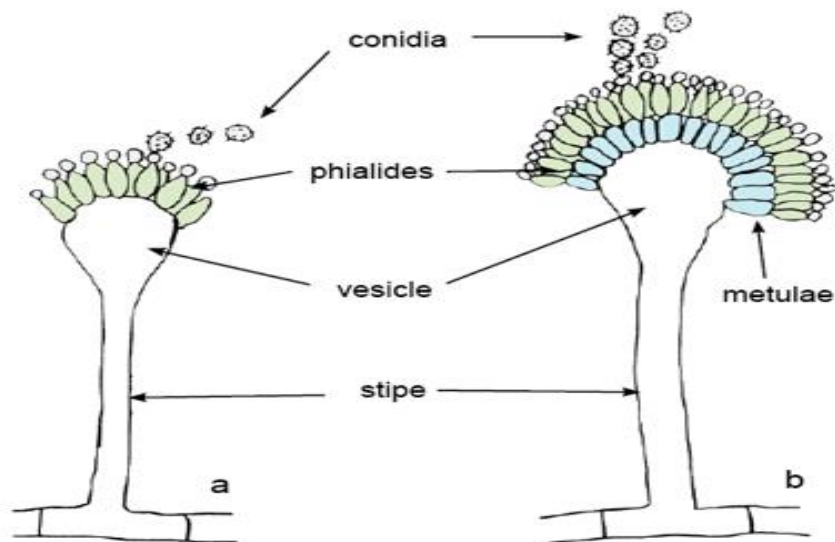
Τα είδη του *Aspergillus* είναι σημαντικά ιατρικά και εμπορικά. Ορισμένα είδη μπορούν να προκαλέσουν μόλυνση σε ανθρώπους και άλλα ζώα. Ορισμένες μολύνσεις που βρέθηκαν σε ζώα έχουν μελετηθεί εδώ και χρόνια, ενώ άλλα είδη που βρέθηκαν σε ζώα έχουν περιγραφεί ως νέα και ειδικά για την ερευνηθείσα ασθένεια, και άλλα είναι γνωστά

ως ονόματα που χρησιμοποιούνται ήδη για οργανισμούς όπως τα σαπροφυτικά . Περισσότερα από 60 είδη *Aspergillus* είναι ιατρικά σχετικά παθογόνα. (Thom C, Church M , 1926)

Μερικά είδη *Aspergillus* προκαλούν σοβαρές ασθένειες σε ανθρώπους και ζώα. Τα πιο συνηθισμένα παθογόνα είδη είναι τα *A. fumigatus* και *A. flavus*, τα οποία παράγουν αφλατοξίνη που είναι τόσο τοξίνη όσο και καρκινογόνο, και η οποία μπορεί να μολύνει τρόφιμα όπως οι ξηροί καρποί. Τα πιο κοινά είδη που προκαλούν αλλεργική νόσο είναι τα *A. fumigatus* και *A. fumigatus clavatus*. Άλλα είδη είναι σημαντικά ως γεωργικά παθογόνα. *Aspergillus* spp. προκαλούν ασθένεια σε πολλές καλλιέργειες δημητριακών, ειδικά στον αραβόσιτο, και ορισμένες παραλλαγές συνθέτουν μυκοτοξίνες, συμπεριλαμβανομένης της αφλατοξίνης. Το *Aspergillus* μπορεί να προκαλέσει νεογνικές λοιμώξεις (Cloherty J , 2012)



Ιστορικό μοντέλο *Aspergillus* , Βοτανικό Μουσείο Greifswald



Conidial head morphology in *Aspergillus* (a) uniseriate, (b) biseriata.

1.1 Είδη

Τα είδη που υπάγονται στο γένος *Aspergillus* είναι πολλά. Ο Beuchat στην τελευταία έκδοση του συγγράμματός του "Food and Beverage Mycology" (1987) καταχωρεί 48 είδη Ασπεργίλλων που αφορούν τη Βιομηχανία Τροφίμων και τις Βιομηχανικές ζυμώσεις, ενώ ο Banwart καταχωρεί 18 είδη Ασπεργίλλων στο σύγγραμμά του "Βασική Μικροβιολογία Τροφίμων" που αφορούν τη Βιομηχανία Τροφίμων.

Τα σπουδαιότερα είδη που ενδιαφέρουν τον Τεχνολόγο Τροφίμων και αναλύονται στη συνέχεια είναι :

- *Aspergillus niger*
- *Aspergillus oryzae*
- *Aspergillus flavus*
- *Aspergillus parasiticus*
- *Aspergillus glaucus* και *repens*

1.2 Χαρακτηριστικά ειδών του γένους *Aspergillus*

Τα είδη που προαναφέραμε έχουν κάποια χαρακτηριστικά το καθένα, όσον αφορά την μορφολογία τους, την φυσιολογία τους (ανθεκτικότητα σε pH, aw, θερμοκρασία), την παρουσία τους στα τρόφιμα και την δράση τους σε αυτά, ακόμη και την παραγωγή μυκοτοξινών από κάποια είδη.

1.2.1 *Aspergillus niger*

Το είδος αυτό χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη λευκού μυκηλίου με καφέ ή μαύρα, σφαιρικά κονίδια, των οποίων η επιφάνεια είναι είτε τραχιά είτε εμφανίζει γραμμώσεις.

Ο *A.niger* αναπτύσσεται σε ελάχιστη θερμοκρασία μεταξύ 6-8°C, μέγιστη μεταξύ 45-47°C και βέλτιστη 35-37°C. Πρόκειται για ξηρόφιλο μικροοργανισμό και αξίζει να σημειωθεί ότι έχει καταγραφεί βλάστηση σε ενεργότητα ύδατος ίση με 0.77 στους 35°C. Τέλος, έχει σημειωθεί ανάπτυξη του συγκεκριμένου είδους ακόμη και σε pH<2 σε συνθήκες υψηλής ενεργότητας ύδατος. (John I. Pitt ADH, 2009)

Ο *A.niger* συνιστά έναν από τους σημαντικότερους μικροοργανισμούς στη βιομηχανία των τροφίμων, καθότι έχει χρησιμοποιηθεί πολύ συχνά για την παραγωγή διαφόρων ενζύμων, μεταξύ των οποίων πηκτινασών, πρωτεασών και αμυλασών.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει, επίσης, η ικανότητά του να συνθέτει κιτρικό οξύ, το οποίο συνιστά ένα βασικό μέσο οξύνισης στη βιομηχανία των τροφίμων και των ποτών. (Μπαλατσούρας Γ., 2006)

Σαν παθογόνος μικροοργανισμός, ο *A.niger* ευθύνεται σε γενικές γραμμές για τη φθορά, τόσο στο στάδιο της παραγωγής όσο και της αποθήκευσης, των οπωρολαχανικών όπως ενδεικτικά των μήλων, των αχλαδιών, των σταφυλιών, ορισμένων εσπεριδοειδών, αλλά και της ντομάτας, των σκόρδων, των κρεμμυδιών. Απαντάται επίσης στο κρέας, το τυρί και σε ορισμένους ξηρούς καρπούς. Πολύ συχνά το είδος αυτό έχει απομονωθεί και από αποξηραμένα στον ήλιο προϊόντα όπως

οι σταφίδες, από ξηρά, παστά και καπνιστά ψάρια, καρπούς κακαόδεντρου και μπαχαρικά. (Tournas VH, Katsoudas E, 2005) (John I. Pitt ADH, 2009)

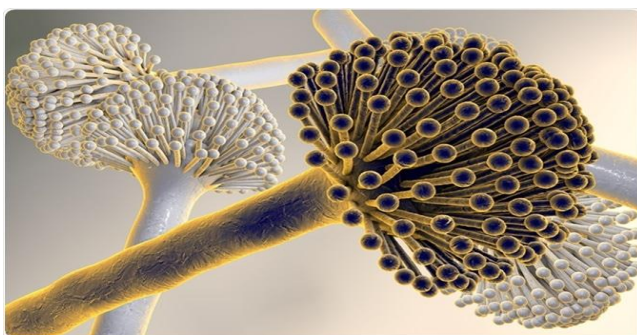
Ωστόσο, το συγκεκριμένο είδος δεν θεωρείται παθογόνο του ανθρώπινου οργανισμού και υπάρχουν λίγες μόνο περιπτώσεις στις οποίες δύναται να αποικίσει τον οργανισμό του ανθρώπου, σαν ευκαιριακό παθογόνο και οι οποίες αφορούν κυρίως ασθενείς με ιστορικό σοβαρής ασθένειας ή σε ανοσοκατασταλτική θεραπεία. (Schuster E, Dunn-Coleman N, Frisvad JC, Van Dijck PW, 2002)

Παρ' όλα αυτά, πρέπει να αναφερθεί ότι κάποια στελέχη του διαθέτουν την ικανότητα σύνθεσης ωχρατοξίνης A. Η ωχρατοξίνη A απαντάται συχνά στα σιτηρά, το χοιρινό, τα πουλερικά, τον καφέ, τη μπύρα, το κρασί και μεταξύ άλλων συγκεντρώνει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας, καθώς φαίνεται να έχει νεφροτοξικές, ανοσοτοξικές, τερατογόνες και πιθανά καρκινογόνες ιδιότητες. (Accensi F, Abarca ML, Cano J, Figuera L, Cadanes FJ, 2001)



Colonies of Aspergillus niger on slant Sabourard's agar in the test tubes.

Image Credit: MyFavoriteTime / Shutterstock



Digital illustration of fungi Aspergillus niger, black mold, which produce aflatoxins, cause pulmonary infection aspergillosis. Image Credit: Kateryna Kon / Shutterstock

1.2.2 *Aspergillus flavus*

Το είδος αυτό χαρακτηρίζεται από λευκό μυκήλιο με κιτρινοπράσινα και σε σπάνιες περιπτώσεις κίτρινα κονίδια. Τα κονίδιά του ποικίλουν σε μέγεθος και σχήμα, έχουν λεπτό τοίχωμα και η επιφάνειά τους μπορεί να είναι είτε λεία είτε μετρίως τραχιά. Πολλά στελέχη του είδους αυτού είναι ικανά να σχηματίζουν επίσης σκληρώτια. Η θερμοκρασία στην οποία μπορεί να αναπτύσσεται ο *A.flavus* εμφανίζει σημαντικές διακυμάνσεις, με βέλτιστη τιμή, ωστόσο, αυτή των 33° C. Το είδος αυτό αναπτύσσεται επίσης σε ελάχιστη ενεργότητα ύδατος ίση με 0.78 στους 33° C και σε ένα εύρος τιμών pH από 3.4 μέχρι 10, με τη βέλτιστη τιμή κοντά στο 7.5. (John I. Pitt ADH, 2009)

Καθότι σαπροφυτικός μύκητας, ο *A.flavus* απαντάται σε ποικίλα οργανικά υποστρώματα. Μπορεί, επίσης, να προσβάλλει μία ποικιλία αγαθών, μεταξύ των οποίων το καλαμπόκι και τα προϊόντα αυτού, οι ξηροί καρποί, τα δημητριακά και τα προϊόντα αυτών, ορισμένα φρούτα και λαχανικά, τα ρεβίθια και τα μπαχαρικά. (Yu J, Cleveland TE, Nierman WC, Bennett JW, 2005) (John I. Pitt ADH, 2009)



Είναι παθογόνο του ίδιου του ανθρώπινου οργανισμού και συνιστά μία από τις κυριότερες αιτίες πρόκλησης της ασπεργιλλίωσης, προσβάλλοντας κυρίως τους ανοσοκατεσταλμένους ασθενείς, αλλά και τον υγιή πληθυσμό.

Στους ανοσοκατεσταλμένους ασθενείς η μόλυνση με το συγκεκριμένο είδος μπορεί να προκαλέσει την εκδήλωση πνευμονικής λοίμωξης. (John I. Pitt ADH, 2009)

Σε γενικές γραμμές, ο *A.flavus* μπορεί να προσβάλλει ολόκληρο το σώμα, από το δέρμα, τα ιγμόρεια, τους πνεύμονες και τους νεφρούς μέχρι και την καρδιά. (Yu J, Cleveland TE, Nierman WC, Bennett JW, 2005).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης η ικανότητα του συγκεκριμένου είδους να παράγει μία σειρά ουσιών με τοξική δράση. Ορισμένα στελέχη του έχουν την ικανότητα να παράγουν κυκλοπιαζονικό οξύ ενώ άλλα εκκρίνουν τις αφλατοξίνες B1 και B2. Αν και η επίδραση του κυκλοπιαζονικού οξέος στην υγεία του ανθρώπου δεν έχει προσδιοριστεί πλήρως, φαίνεται να εμπλέκεται σε μηχανισμούς γένεσης νοσηρότητας. (Bhatnagar-Mathur P, Sunkara S, Bhatnagar-Panwar M, Waliyar F, Sharma KK, 2015)

Υπάρχουν επίσης αναφορές σύμφωνα με τις οποίες το κυκλοπιαζονικό οξύ έχει ενοχοποιηθεί για την πρόκληση ηπατικής νέκρωσης και νέκρωσης του γαστρεντερικού ιστού. (Sweeney MJ, Dobson ADW, 1998)

Όσον αφορά τις αφλατοξίνες, η χρόνια έκθεση ενός οργανισμού σε αυτές επιδρά αρνητικά στην ηπατική λειτουργία τους, οδηγώντας μακροπρόθεσμα στην εκδήλωση ασθενειών όπως η ηπατική ίνωση, η κίρρωση και το λιπώδες ήπαρ.

Οι τοξίνες αυτές, επιπλέον, έχουν την ικανότητα να συνδέονται σε πρωτεΐνες, στο DNA και το RNA, μόρια τα οποία εμπλέκονται σε φυσιολογικές κυτταρικές λειτουργίες και με τον τρόπο αυτό επάγουν την καρκινογένεση και τη μεταλλαξιγένεση. (Bhatnagar-Mathur P, Sunkara S, Bhatnagar-Panwar M, Waliyar F, Sharma KK, 2015)

Εκτός όμως από τη χρόνια έκθεση στις αφλατοξίνες, ακόμη και η απότομη έκθεση σε υψηλές δόσεις αυτών μπορεί να οδηγήσει άμεσα σε οξεία δηλητηρίαση, ηπατική βλάβη και τελικά ακόμη και στο θάνατο. (Bhatnagar-Mathur P, Sunkara S, Bhatnagar-Panwar M, Waliyar F, Sharma KK, 2015) , (John I. Pitt ADH, 2009)

Η αφλατοξίνη B1, θεωρείται η πιο ισχυρή ηπατοκαρκινογόνος φυσική ένωση, ενώ συνιστά και δυνητικό ανοσοκατασταλτικό παράγοντα. (Yu J, Cleveland TE, Nierman WC, Bennett JW, 2005)



1.2.3 *Aspergillus parasiticus*

Όπως και ο *A.flavus*, ο *A.parasiticus* χαρακτηρίζεται από την παρουσία λευκού μυκηλίου με κιτρινοπράσινα και σε σπάνιες περιπτώσεις κίτρινα κονίδια, τα οποία διαφέρουν από τα αντίστοιχα του *A.flavus* καθώς είναι σφαιρικά με παχιά και τραχιά τοιχώματα. Ορισμένα στελέχη του αναπτύσσουν και σκληρώτια.

Ο *A.parasiticus* αναπτύσσεται σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών από 12-42 °C, με βέλτιστη τιμή ανάπτυξης αυτή των 32°C, σε ένα εύρος pH από 2.4 μέχρι 10.5 και σε ελάχιστη ενεργότητα ύδατος παρόμοια με αυτή του *A.flavus*. (John I. Pitt ADH, 2009)

Ο *A.parasiticus* μπορεί να προσβάλει διάφορα είδη καρπών με κέλυφος, όπως οι ξηροί καρποί μεταξύ των οποίων τα φουντούκια, τα καρύδια και τα φιστίκια. Μπορεί επίσης να βρεθεί στο καλαμπόκι, λιγότερο συχνά όμως από τον *A.flavus* και επίσης, λιγότερο συχνά απαντάται και στο ρύζι και τα προϊόντα αυτού, στο επεξεργασμένο κρέας καθώς και στο μαύρο πιπέρι. Όπως και ο *A.flavus*, έτσι και ο *A.parasiticus* έχει την ικανότητα να παράγει αφλατοξίνες, επικίνδυνες για την υγεία του ανθρώπου, όπως περιγράφηκε παραπάνω. (John I. Pitt ADH, 2009)

Στο είδος αυτό μάλιστα απαντώνται περισσότερα στελέχη ικανά να παράγουν αφλατοξίνες, συγκριτικά με τα στελέχη του *A.flavus*. (Sweeney MJ, Dobson ADW, 1998)

Συγκεκριμένα παράγει τις αφλατοξίνες G και B αλλά και κογικό και ασπεργιλικό οξύ, ενώ σε αντίθεση με τον *A.flavus* δεν παράγει κυκλοπιαζονικό οξύ. (John I. Pitt ADH, 2009)



1.2.4 *Aspergillus oryzae*

Το *Aspergillus oryzae* είναι ένας μύκητας που χρησιμοποιείται ευρέως στις παραδοσιακές ιαπωνικές βιομηχανίες ζύμωσης, συμπεριλαμβανομένης της σάλτσας σόγιας, του σέκε, του καρυκεύματος και της παραγωγής ξυδιού. Οι νηματοειδείς μύκητες έχουν γενικά την ικανότητα να παράγουν διάφορες και τεράστιες ποσότητες ενζύμων με εκκριτικό τρόπο. Μεταξύ νηματοειδών μυκήτων, ο *A. oryzae* είναι γνωστό ότι έχει εξέχον δυναμικό για την εκκριτική παραγωγή διαφόρων ενζύμων. Επιπλέον, οι εξελίξεις στην τεχνολογία της γενετικής μηχανικής οδήγησαν στην εφαρμογή του *A. oryzae* στην παραγωγή βιομηχανικών ενζύμων στη σύγχρονη βιοτεχνολογία. *Aspergillus oryzae* χρησιμοποιήθηκε για το πρώτο παράδειγμα εμπορικής παραγωγής ετερογενών ενζύμων, της λιπάσης για απορρυπαντικό ρούχων το 1988. (Frisvad, Jens C.Thrane, Ulf Samson, Robert A.Pitt, John I., 2006)

Ένα από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της χρήσης του *A. oryzae* στην παραδοσιακή ιαπωνική ζύμωση είναι η χρήση καλλιέργειας στερεάς κατάστασης (SSC) (κόκκοι ρυζιού, σόγια και πίτουρο σίτου). Αυτό το συλ ζύμωσης πιστεύεται ότι προήλθε από πριν 3000-2000 χρόνια στην Κίνα. Η τεχνολογία εισήχθη στην Ιαπωνία κατά την περίοδο *Yayoi* (π.Χ. 10ος-3ος μ.Χ.). Εμβόλια από νηματοειδείς μύκητες για ζύμωση διατίθενται στο εμπόριο ως *koji* από τον 13–15ο αιώνα (περίοδος *Heian* και *Muromachi*).

Αυτό δείχνει ότι το *koji* καλλιεργήθηκε χωρίς τη γνώση ότι αποτελείται από έναν μικροοργανισμό. Έτσι, η λέξη, *koji*, δείχνει και το υλικό που έχει υποστεί ζύμωση *A. oryzae* με τη μορφή SSC και ο ίδιος μικροοργανισμός *A. oryzae* (μούχλα *koji*). Μια βασική τεχνολογία που επιτρέπει τη βιομηχανική παραγωγή και διανομή του *A. oryzae* ήταν η παραγωγή κονιδιοσπόρων, διατηρώντας τα ζωντανά και μη μολυσμένα.

Παραδοσιακά, αυτή η τεχνολογία περιλάμβανε τη χρήση φύλλων σκληρού ξύλου που καίγονται σε λευκές στάχτες σε χαμηλό αερισμό. Τα *conidiospores* συσκευασμένα σε χάρτινες σακούλες στρωματοποιήθηκαν με τις στάχτες μεταξύ τους σε ένα κουτί και αποθηκεύτηκαν. Η τεχνολογία ήταν απαραίτητη για την αποφυγή μόλυνσης από άλλους μικροοργανισμούς σε μια περίοδο κατά την οποία το ξηραντικό ή ο κλιματισμός δεν ήταν

διαθέσιμο. Αυτή η τεχνολογία οδήγησε στην ανακάλυψη ότι η τέφρα φύλλων που προστέθηκε στο ρύζι στον ατμό επέτρεψε επίσης την αξιόπιστη παραγωγή κονιδιόσπορων.

Τα Conidiospores που παρασκευάζονται βιομηχανικά για χάρη της ζυθοποιίας ονομάζονται Moyashi. Οι ιαπωνικοί χαρακτήρες, «moyashi» (ή ζύμωση), υποδηλώνουν τον προμηθευτή του *A. oryzae* conidiospores για ζυθοποιία. Είναι επί του παρόντος γνωστό ότι το αλκαλικό pH, που παράγεται με την προσθήκη της τέφρας, αποτρέπει τη μόλυνση από άλλους μικροοργανισμούς και ότι τα ανόργανα συστατικά που περιέχονται στην τέφρα ενισχύουν το σχηματισμό κονιδιοσπόρων. Αυτή η τεχνολογία έχει εφαρμοστεί στην παραγωγή σπορίων *Trichoderma* ως βιολογικού φυτοφαρμάκου από την Akita Konno Co., Ltd, μια εταιρεία βιοτεχνολογίας της οποίας η προέλευση προέρχεται από την παραδοσιακή βιομηχανία ζύμωσης. **(Frisvad, Jens C.Thrane, Ulf Samson, Robert A.Pitt, John I., 2006)**

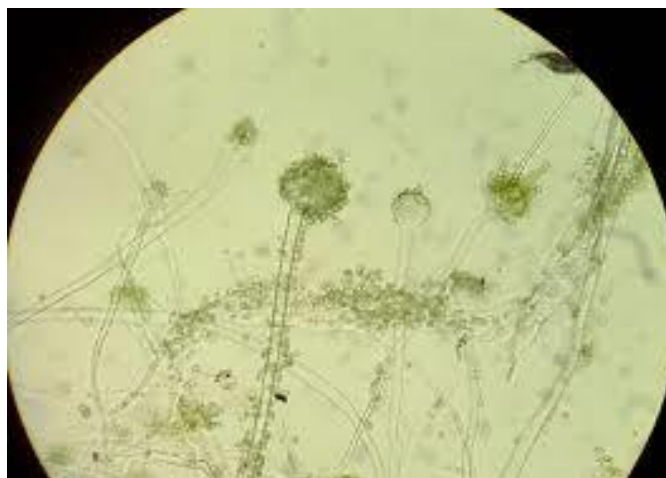
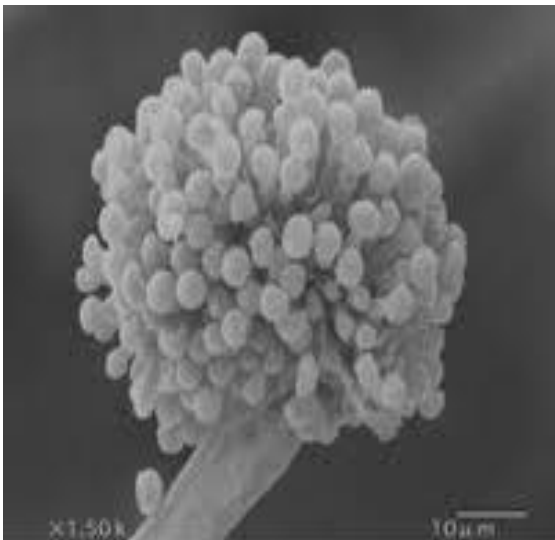
Αλληλουχία του γονιδιώματος του *A. oryzae* RIB40 (ATCC-42149) ολοκληρώθηκε το 2005. Αναλυμένο είναι ένα στέλεχος άγριου τύπου, που χρησιμοποιείται στη ζυθοποιία, αλλά εξακολουθεί να έχει την ικανότητα της ισχυρής παραγωγής πρωτεασών, η οποία αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά για ζύμωση σάλτσας σόγιας. Ο *Aspergillus oryzae* απομονώθηκε για πρώτη φορά από το koji από τον H. Ahlburg το 1876 όταν προσκλήθηκε στο Ιαπωνικό Ιατρικό Κολλέγιο. Το αρχικό του όνομα, *Eurotium oryzae*, μετονομάστηκε αργότερα σε *A. oryzae*. Λέγεται ότι *A. oryzae* είναι ένα εξημερωμένο είδος και, επομένως, μπορεί να βρεθεί μόνο σε εξημερωμένη μορφή αλλά όχι στη φύση. Από την άλλη πλευρά, έχει αναφερθεί, σε μια ιστορική βιβλιογραφία, ότι το koji πρέπει να απομονωθεί από το καλούπι που αναπτύσσεται σε ένα κόκκο ρυζιού. Μερικές αναφορές σχετικά με την απομόνωση του *A. oryzae* από χώμα, φυτά και τρόφιμα υποστηρίζουν τη φυσική απομόνωση του *A. oryzae* για ζύμωση. Ωστόσο, αυτά τα είδη μπορεί τώρα να διανεμηθούν στη φύση μετά την εξημέρωσή τους πριν από πολλά χρόνια. **(Frisvad, Jens C.Thrane, Ulf Samson, Robert A.Pitt, John I., 2006)**

Ο *Aspergillus oryzae* διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην ασιατική παραγωγή τροφίμων, όπως το saké, το shoyu (σάλτσα σόγιας) και το miso (πάστα σόγιας). Για χιλιάδες χρόνια, έχει χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή ζυμωμένων τροφίμων και ποτών. Επιπλέον, το *A. oryzae* έχει χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή βιομηχανικών ενζύμων για

επεξεργασία τροφίμων. Το *A. oryzae* γίνεται αποδεκτό ως μικροοργανισμός που θεωρείται γενικά ως ασφαλής κατάσταση.

Το *A. oryzae* πήρε το όνομά του από την εμφάνισή του στη φύση και τη βιομηχανική καλλιέργεια του ρυζιού, *Oryza sativa*. Το *A. oryzae* έχει βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης 32-36 °C (± 1 °C) και δεν μπορεί να αναπτυχθεί πάνω από 44 °C.

Έχει βέλτιστο pH ανάπτυξης 5-6 και μπορεί να βλαστήσει σε pH 2-8. Έχει αναφερθεί ότι το *A. oryzae* θα μπορούσε να αναπτυχθεί σε αλεύρι καλαμποκιού με περιεκτικότητα σε νερό περίπου 16%. Γενικά μπορεί να αναπτυχθεί σε μέσα με δραστηριότητα νερού (a_w) πάνω από 0,8, αλλά σπάνια μεγαλώνει κάτω από 0,8 (Κ. Gomi, 2014)



1.2.5 *Aspergillus glaucus*

O Aspergillus glaucus είναι ένας νηματώδης μύκητας που είναι γνωστό ότι έχει ευρεία περιβαλλοντική κατανομή λόγω της φυσιολογικής του αντοχής σε πιο ακραίες συνθήκες. (Hubka, V.Kolarík, M. Kubátová, A.Peterson, S. W., 2013) . Ο μύκητας έχει μια βασική θερμοκρασία μεταξύ 4°C και 37°C, επιτρέποντάς του να αναπτυχθεί καλά κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Ωστόσο, το βέλτιστο εύρος θερμοκρασίας για ανάπτυξη είναι μεταξύ 24°C και 25°C. Με αυτές τις θερμοκρασίες, η ανάπτυξη θεωρείται μέτρια, φτάνοντας σε ωρίμανση σε περίπου μία έως τρεις εβδομάδες. (Panassenko, Vasil T., 1967)

Λίγα είναι γνωστά για τις μεταβολικές διεργασίες ειδικά για το *A. glaucus*, αλλά τα περισσότερα είδη *Aspergillus* ορίζονται ως ξηροφιλικά και αλοφιλικά. Οι μελέτες των μεταβολικών διεργασιών μπορεί να είναι περιορισμένες για τους ίδιους λόγους με τα γονιδιωματικά δεδομένα, καθώς η χαμηλή συχνότητα των οδών επιδιόρθωσης του DNA καθιστά το *A. glaucus* εύθραυστο για εργασία και μελέτη. Το *A. glaucus* έχει προέλθει από αλμυρές τοποθεσίες, δείχνοντας τις εξαιρετικά υψηλές μεταβολικές ικανότητες του NaCl (Hubka, V., M. Kolarik, A. Kubátová, and S. Peterson. , 2013)

Είναι επίσης ένας από τους πιο οσμωτικούς μύκητες στο γένος του, ικανός να αναπτυχθεί σε συγκέντρωση σακχαρόζης 60%, επιτρέποντάς του να αναπτυχθεί σε τρόφιμα όπως μαρμελάδα και ζελέ, σε πολύ γλυκά σιρόπια και τρόφιμα στα οποία δεν μπορούν να αναπτυχθούν οι περισσότεροι άλλοι μύκητες. Το *A. glaucus* είναι επίσης πολυτροφικό, επιτρέποντάς του να εκμεταλλευτεί μεγάλο αριθμό διαφορετικών πηγών τροφίμων. Ως αποτέλεσμα, έχει βρεθεί να αναπτύσσεται καλά σε μια ποικιλία διαφορετικών τροφίμων, όπως καλαμπόκι, σιτάρι, ψάρι, βούτυρο και αυγά. Μπορεί επίσης να επιβιώσει, λόγω της οσμωτικής του αντοχής (Panassenko, Vasil T., 1967)

Τόσο τα ξηρόφιλα όσο και τα αλόφιλα χαρακτηριστικά επιτρέπουν στον μύκητα να αναπαράγεται σε ξηρά περιβάλλοντα, ειδικά εκείνα με εξαιρετικά χαμηλή δραστηριότητα νερού ή χαμηλότερες θερμοκρασίες. Στην ανάπτυξη σε φυσιολογικές συνθήκες φαίνεται ότι ο *A. glaucus* χρησιμοποιεί ένα σύστημα προστασίας για να αποτρέψει την επιβλαβή απώλεια νερού μέσω οσμωτικών βαθμίδων. Ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτό είναι

μέσω της σύνθεσης οργανικών ενώσεων που αποθηκεύονται στο κυτόπλασμα. Σημειώνεται η μεταβολική τοξικότητα του *A. glaucus* και αποτέλεσμα δύο μεταβολιτών που παράγει, της κοτανίνης και της δυσμεθυλοκοτανίνης . **(Du, L., T. Zhu, Y. Fang, H. Liu, Q. Gu, and W. Zhu. , 2007)**

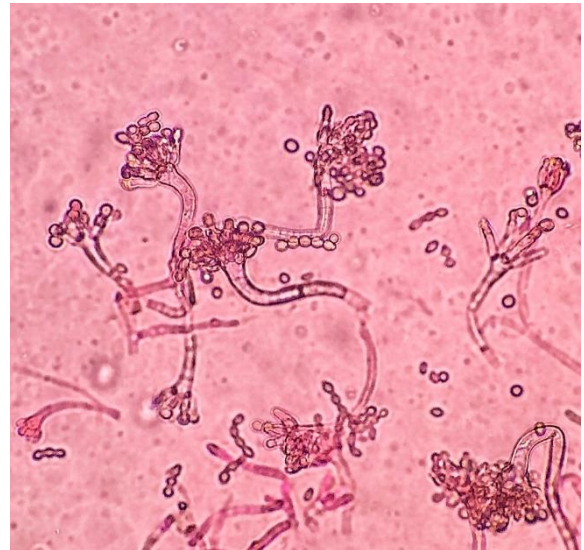
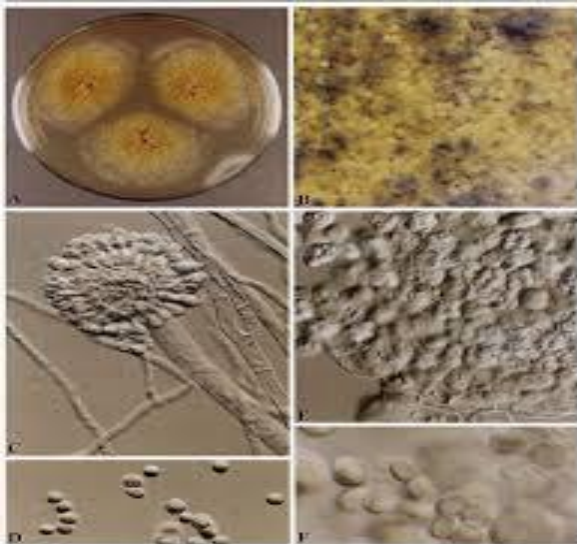
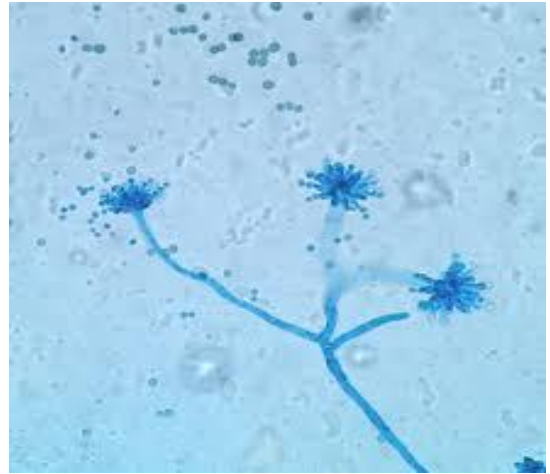
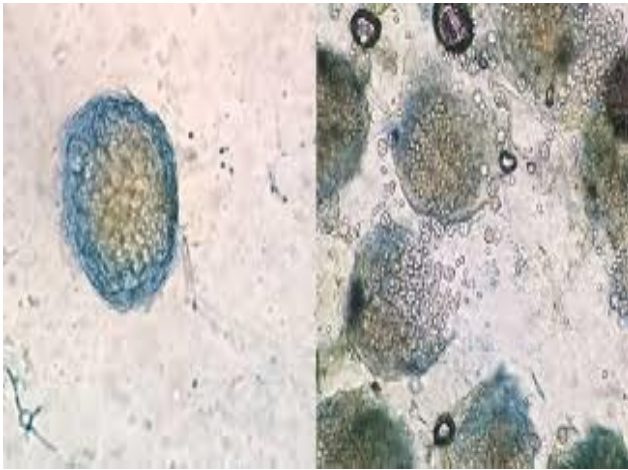
Ένας μύκητας με ευρεία περιβαλλοντική κατανομή που εκτείνεται τόσο στην Αρκτική όσο και στα αστικά εδάφη, το *A. glaucus* είναι ένα παθογόνο που μολύνει σπάνια τον άνθρωπο λόγω της υψηλής ευαισθησίας του σε διάφορα αντιμυκητιασικά. Η σχετική έλλειψη παραγωγής μυκοτοξίνης σε πολλά στελέχη μειώνει την πιθανότητα για ανθρώπινες λοιμώξεις. Ωστόσο, όπως και με άλλα μέλη του γένους *Aspergillus*, το *A. glaucus* είναι ικανό να προκαλεί λοιμώξεις σε ανοσοκατασταλμένα άτομα **(Araujo, Ricardo; Pina-Vaz, Cidalia; Rodrigues, Acacio Gonçalves , 2007)**

Γενικά, το *A. glaucus* δεν θεωρείται πολύ διεισδυτικό είδος μύκητα και σπάνια συναντάται σε κλινικά εργαστήρια. Ωστόσο, πολλά στελέχη του *A. glaucus* είναι γνωστό ότι παράγουν και απελευθερώνουν μυκοτοξίνες, μια κατηγορία χημικών μυκήτων που είναι ικανά να προκαλέσουν λοιμώξεις. Για παράδειγμα, το *A. glaucus* έχει εμπλακεί ως αιτία οφθαλμικών λοιμώξεων, ειδικά μετά από τραυματισμό. **(Traboulsi, R.S., M.M. Kattar, O. Dbouni, G.F. Araj, S.S. Kanj. , 2007).**

Αυτές οι οφθαλμικές λοιμώξεις μπορεί να κυμαίνονται από καλοήθειες έως σοβαρές, προκαλώντας συμπτώματα όπως οφθαλμική απόρριψη, προβλήματα όρασης ή κόκκινα και επώδυνα μάτια. Η θεραπεία για οφθαλμικές λοιμώξεις μπορεί επίσης να κυμαίνεται από ήπια έως επιθετική, ανάλογα με τη σοβαρότητα της λοίμωξης και ποιο μέρος του οφθαλμού έχει μολυνθεί . **(Donahue, S., J. Khoury, R. Kowalski. , 1996)**

Υπήρξαν επίσης και άλλοι τύποι λοιμώξεων που σχετίζονται με το *A. glaucus*, συμπεριλαμβανομένων των εγκεφαλικών, του στομαχικού, του καρδιαγγειακού, των πνευμονικών, των ρινικών και των αυτιών, αν και αυτές είναι σπάνιες. Υπήρξε μόνο μία καταγεγραμμένη περίπτωση λοίμωξης που προκλήθηκε από τον *A. glaucus* και είχε ως αποτέλεσμα ένα θάνατο. Ένας κατά τα άλλα υγιής και άνοσος ενήλικας εμφάνισε εγκεφαλική λοίμωξη που προκλήθηκε από τον *A. glaucus*, ο οποίος τελικά οδήγησε στο θάνατό του παρά τις επιθετικές αντιμυκητιασικές θεραπείες **(Traboulsi, R.S., M.M. Kattar, O. Dbouni, G.F. Araj, S.S. Kanj. , 2007)**

Μια άλλη πιθανή εφαρμογή για το *A. glaucus* είναι η χρήση του ως αντικαρκινικού παράγοντα. Η μυκοτοξίνη ασπεργιλίδιο Α μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αντικαρκινικό μέσο (Sun, X., X. Zhou, M. Cai, K. Tao, and Y. Zhang. , 2006)

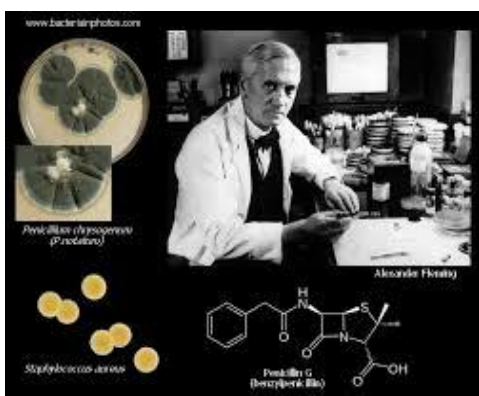


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

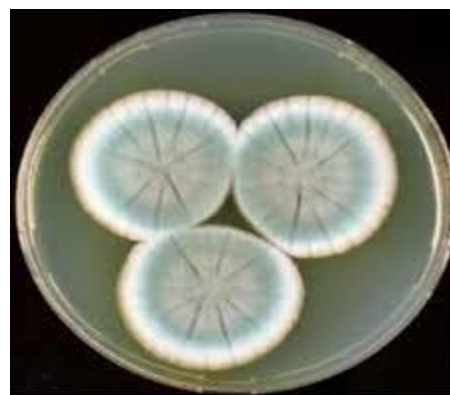
Γένος Penicillium

Το *Penicillium* είναι ένα πολύ μεγάλο και πανταχού παρόν γένος που περιέχει επί του παρόντος 354 αποδεκτά είδη. (Visagie, C. M.Houbraken, J.Frisvad, J. C.Hong, S. B.Klaassen, C. H. W.Perrone, G.Seifert, K. A.Varga, J.Yaguchi, T.Samson, R. A., 2014).

Το *Penicillium* ανακαλύφθηκε αρχικά από τον Alexander Fleming. Ο Fleming παρατήρησε ότι οι καλλιέργειες σταφυλόκοκκου που είχαν αφεθεί στον πάγκο του εργαστηρίου και αφέθηκαν να αναπτυχθούν, είχαν αρχίσει να λύονται και ότι ο δραστικός παράγοντας θα μπορούσε να εξαχθεί με διήθηση του καλουπιού. Περιέγραψε το *Penicillium* ως μια μυκητιασική αποικία που ξεκινά ως «λευκή αφράτη μάζα» που αργότερα γίνεται πράσινο και μαύρο. Ένα κίτρινο χρώμα εμφανίζεται μετά από αρκετές ημέρες που θα διαχέεται σε όλο το μέσο. (Fleming, A. , 1929)



Alexander Fleming



Penicillium rubens

Πολλά είδη είναι κοινά μολυσματικά σε διάφορα υποστρώματα και είναι γνωστά ως πιθανοί παραγωγοί μυκοτοξίνης. Η σωστή ταυτοποίηση είναι επομένως σημαντική κατά τη μελέτη πιθανής μόλυνσης των τροφίμων από το *Penicillium*. Ανθρώπινα παθογόνα είδη είναι σπάνια, ωστόσο έχουν αναφερθεί ευκαιριακές λοιμώξεις που οδηγούν σε μυκητιασική κερατίτιδα, ωτομυκητίαση και ενδοκαρδίτιδα (μετά την εισαγωγή προσθετικής βαλβίδας). (Lyrtzopoulos, G.Ellis, M.Nerringer, R.Denning, D. W., 2002)

Πολλά είδη του γένους *Penicillium* έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή διαφόρων τροφίμων, μεταξύ των οποίων και ορισμένοι τύποι τυριών. Επιπλέον, σε βιομηχανική κλίμακα, το γένος χρησιμοποιείται συχνά για την παραγωγή οργανικών οξέων, όπως το φουμαρικό, το οξαλικό, το γαλλικό οξύ αλλά και πολλών ενζύμων. **(C.J Alexopoulos CWM, M.Blackwell, 1996)**

Ωστόσο, ορισμένα είδη του είναι σαπροφυτικά και κάποια έχουν επίσης την ικανότητα να αλλοιώνουν ορισμένα αγαθά. Πιο συγκεκριμένα, το γένος αυτό προσβάλλει πολύ συχνά τα σιτηρά αλλά και τα φρούτα. Προσβάλλει ακόμη τα βρεγμένα λαχανικά αλλά και ορισμένα ζωικά προϊόντα, μεταξύ των οποίων το σαλάμι, το ζαμπόν, τα λουκάνικα. Σε γενικές γραμμές, έχει την ικανότητα να αναπτύσσεται ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες και σε χαμηλή ενεργότητα ύδατος και έχει επίσης λιγότερες διατροφικές απαιτήσεις με αποτέλεσμα να απαντάται σχεδόν παντού, ακόμη και εντός των ψυκτικών θαλάμων. **(John I. Pitt ADH, 2009)**

Επίσης, ενδιαφέρον παρουσιάζει η ικανότητα ορισμένων ειδών του γένους αυτού να παράγουν δευτερογενείς μεταβολίτες, μεταξύ των οποίων αντιβιοτικά όπως η γνωστή πενικιλίνη αλλά και τοξικές ουσίες. **(C.J Alexopoulos CWM, M.Blackwell, 1996)**

Μάλιστα, όσον αφορά τις μυκοτοξίνες, το γένος αυτό παράγει ίσως το μεγαλύτερο εύρος διαφορετικών μυκοτοξινών. Οι μυκοτοξίνες αυτές διακρίνονται μάλιστα σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με το αν επιδρούν στη λειτουργία του ήπατος και των νεφρών ή αν πρόκειται για νευροτοξίνες. Η ωχρατοξίνη Α, η πατουλίνη, η κιτρινίνη, το κυκλοπιαζονικό οξύ είναι από τις πιο γνωστές μυκοτοξίνες που παράγονται από είδη αυτού του γένους. **(Μπαλατσούρας Γ., 2006) , (Sweeney MJ, Dobson ADW, 1998)**

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το *P.verrucosum* θεωρείται η κυριότερη πηγή παραγωγής ωχρατοξίνης Α στα δημητριακά, όπως το σιτάρι, το κριθάρι, η βρώμη και η σίκαλη, ενώ η πατουλίνη παράγεται κυρίως από το *P.expansum*, το οποίο προκαλεί τη σήψη των μήλων. **(Cabañes FJ, Bragulat MR, Castellá G, 2010)**

Οι ασκοκυτταρικοί μύκητες του πενικιλίου είναι μικροσκοπικοί οργανισμοί που έχουν μεγάλη σημασία στο φυσικό περιβάλλον, στην παραγωγή τροφίμων και στη φαρμακευτική βιομηχανία. Το μόριο της πενικιλίνης του γένους είναι ένα γνωστό αντιβιοτικό

φάρμακο που χρησιμοποιείται στην ιατρική για την καταπολέμηση της μόλυνσης από ορισμένα είδη βακτηρίων. Άλλα αυτού του είδους χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων ειδικά στην παραγωγή τυριού.

2.1 Είδη

Τα είδη που υπάγονται στο γένος *Penicillium* είναι πολλά. Ο Beuchat στο σύγγραμμα του "Food and Beverage Mycology"(1987) καταχωρεί 86 είδη *Penicillium* και ο Banwart στο σύγγραμμά του "Βασική Μικροβιολογία Τροφίμων" καταχωρεί 24 είδη *Penicillium* που αφορούν τη Βιομηχανία Τροφίμων.

Τα σπουδαιότερα είδη που ενδιαφέρουν τον Τεχνολόγο Τροφίμων είναι :

- 1 *Penicillium italicum*
- 2 *Penicillium* και *chrysogenum*
- 3 *Penicillium roqueforti*
- 4 *Penicillium camemberti*
- 5 *Penicillium expansum*

2.2 Χαρακτηριστικά ειδών του γένους *Penicillium*

Τα είδη που προαναφέραμε έχουν κάποια χαρακτηριστικά το καθένα, όσον αφορά, την μορφολογία τους, την φυσιολογία τους (ανθεκτικότητα σε pH, aw, θερμοκρασία), την παρουσία τους στα τρόφιμα και την δράση τους σε αυτά, ακόμη και την παραγωγή αντιβιοτικών και μυκοτοξινών από κάποια είδη.

2.2.1 *Penicillium italicum*

Το είδος αυτό χαρακτηρίζεται από λευκό μυκήλιο με άφθονα, γκριζοπράσινα κονίδια, τα οποία εμφανίζουν αρχικά κυλινδρικό σχήμα και καθώς ωριμάζουν γίνονται σφαιρικά, ελλειψοειδή ως ελαφρώς κυλινδρικά. Το *P.italicum* αναπτύσσεται σε ένα πολύ μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, από -3 ως 32-34°C, με τη βέλτιστη ανάπτυξη να σημειώνεται στους 22 με 24°C. Τέλος, το είδος αυτό αναπτύσσεται σε ένα επίσης μεγάλο εύρος τιμών pH από 1.6 μέχρι 9.8. (John I. Pitt ADH, 2009)

Μαζί με το *P.digitatum*, το *P.italicum* προσβάλλει πολύ συχνά τα λεμόνια και τα υπόλοιπα εσπεριδοειδή όχι μόνο κατά τη συγκομιδή τους αλλά και κατά τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς. (John I. Pitt ADH, 2009), (Latifa A, Idriss T, Hassan B, Amine SM, El Hassane B, Abdellah ABA, 2011)



Οδηγεί στην ανάπτυξη ενός μπλε-γκρι μυκηλίου στην επιφάνειά τους, το οποίο εξαπλώνεται με ταχύτατο ρυθμό προσβάλλοντας και τα υγιή φρούτα που αποθηκεύονται στους ίδιους χώρους με τα μολυσμένα. (Pérez-Alfonso CO, Martínez-Romero D, Zapata PJ, Serrano M, Valero D, Castillo S: , 2012), (Latifa A, Idriss T, Hassan B, Amine SM, El Hassane B, Abdellah ABA, 2011)

Τα κονιδιά του μπορούν να διασπείρονται ταχύτατα μέσω του αέρα. Επιπλέον, το είδος αυτό φαίνεται να προκαλεί αλλοιώσεις και σε άλλα τρόφιμα, μεταξύ των οποίων οι χυμοί φρούτων, το αβοκάντο και οι ντομάτες, αλλά πολύ σπανιότερα. **(John I. Pitt ADH, 2009)**

Αν και σε ορισμένες βιολογικές δοκιμασίες έχει παρατηρηθεί τοξικότητα, το *P.italicum* δεν φαίνεται να είναι τοξικό για τα ανώτερα θηλαστικά. Ωστόσο, επειδή παρουσιάζει ανθεκτικότητα στα μυκητοκτόνα φάρμακα, εμφανίζεται συχνά σε διάφορα εσπεριδοειδή υποβαθμίζοντας την ποιότητα και την εμφάνισή τους και προκαλώντας σημαντικές οικονομικές απώλειες **(Pérez-Alfonso CO, Martínez-Romero D, Zapata PJ, Serrano M, Valero D, Castillo S: , 2012), (John I. Pitt ADH, 2009)**

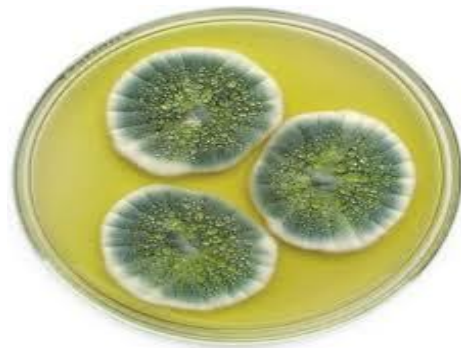


2.2.2 *Penicillium chrysogenum*

Το *Penicillium chrysogenum* είναι ένα ευρέως μελετημένο είδος *Penicillium* και μερικές φορές είναι γνωστό ως *P. notatum*, *P. meleagrinum* ή *P. cyaneofulvum* αν και περιστασιακά δεν είναι συνώνυμα. Παίζει σημαντικό ρόλο στην ιατρική κοινότητα ως αντιβιοτικό επειδή μπορεί να δημιουργήσει πενικιλίνη που αναστέλλει τη βιοσύνθεση βακτηριακών κυτταρικών τοιχωμάτων που επηρεάζουν τη λύση του κυττάρου. Μπορεί επίσης να διαδραματίσει ρόλο είτε ως παθογόνο, ως αλλεργιογόνο και μπορεί να βοηθήσει στην προστασία των καλλιεργειών από ορισμένες παθογόνες επιθέσεις. (Thuerig, B., Binder, A., Boller, T., et al., 2006).



P. notatum



Penicillium chrysogenum

Το *Penicillium chrysogenum* είναι ένας κοινός μύκητας που μπορεί να κατοικήσει μια μεγάλη ποικιλία περιοχών, συμπεριλαμβανομένων των εδαφών των υποβαθμισμένων δασών (Jka, D.K., Sharma, G.D., and Mishra R.R., 1992) στη γύρη και τις διατάξεις των μελισσών (Inglis, G.D., Sigler, L., and Goette, M.S., 1993), και στον πάγο της Αρκτικής όπου τρέφονται με βασικά πλούσια σε ιζήματα κομμάτια πάγου. (Sonjak, S., Frisvad, J.C., and Gunde-Cimerman, N., 2006) Το *Penicillium chrysogenum* απαντάται συνήθως σε υγρά εδάφη με άφθονες ποσότητες άνθρακα και αζώτου για την ανάπτυξη των μυκορριζών. Αυτό το είδος μπορεί επίσης να βρεθεί σε φρούτα που προκαλούν αποσύνθεση. (Barkai-Golan, R., 1974)

Η σημασία της αλληλουχίας του γονιδιώματος του *Penicillium chrysogenum* είναι προφανής. Είναι ένας σημαντικός παράγοντας στη ζωή των ανθρώπων σήμερα σε διάφορες μορφές, παθογόνο, αλλεργιογόνο και, το σημαντικότερο, ως βιομηχανική πηγή αντιβιοτικών. Επομένως, η κατανόηση των διαφόρων μεταβολικών και βιοσυνθετικών συστημάτων του *Penicillium chrysogenum* θα επιτρέψει στους ερευνητές να περιορίσουν την ανάπτυξη όταν δρα ως παθογόνο, να μειώσουν την αλλεργική απόκριση σε αυτό όταν δρα ως αλλεργιογόνο ή να μεγιστοποιήσουν τη βιοσύνθεση της πενικιλίνης όταν χρησιμοποιείται για το αντιβιοτικό. Επιπλέον, είναι σημαντικό να υπάρχει ανάλυση του γονιδιώματος αυτού του είδους όταν εξετάζεται η εμφάνιση νέων στελεχών βακτηρίων ανθεκτικών στα φάρμακα. Υπάρχουν τέσσερα χρωμοσώματα στο *Penicillium chrysogenum* και συλλογικά έχουν μέγεθος γονιδιώματος 34,1Mb. (Xu, Z., A. van den Berg, M., Scheuring, C., et al., 2005)

Το σύμπλεγμα γονιδίων πενικιλίνης βρίσκεται στο χρωμόσωμα I και έχει μέγεθος 10,4 Mb. Το χρωμόσωμα I έχει τρία γονίδια που κωδικοποιούν τη βιοσυνθετική οδό πενικιλίνης, τα *pcbAB*, *pcbC* και *pcbDE* που σχηματίζουν ένα μόνο γονιδιακό σύμπλεγμα. Αυτή η γονιδιακή αλληλουχία είναι σημαντική για τον τρόπο ζωής αυτού του είδους λόγω των αλληλεπιδράσεων που έχει με άλλα μικρόβια όπως ο στρεπτόκοκκος. Χωρίς αυτήν την ακολουθία, το *Penicillium chrysogenum* θα είχε πολύ μεγαλύτερο ανταγωνισμό από αυτά τα μικρόβια. Τα άλλα τρία χρωμοσώματα έχουν μέγεθος 9,6, 7,6 και 6,3 Mb για τα χρωμοσώματα II, III και IV αντίστοιχα. (Fierro, F., Gutierrez, S., Diez, B., et al., 1993)

Το *Penicillium chrysogenum* μπορεί επίσης να περιέχει πλασμίδια. Αυτόνομα αντιγραφόμενα πλασμίδια που προκαλούν συνμετασχηματισμό ήταν χρήσιμα στην εμπορική εκμετάλλευση του *Penicillium chrysogenum* ως κατασκευαστή πενικιλίνης. Αυτά τα πλασμίδια μπορούν να βοηθήσουν στην υπερβολική έκφραση των γονιδίων, στην κλωνοποίηση των γονιδίων και στη διάσπαση των γονιδίων. (Bañuelos, O., Naranjo, L., Casqueiro, J., et al., 2003).

Το *Penicillium chrysogenum* εμφανίζει τυπική ευκαρυωτική κυτταρική δομή. έχει κυτταροσκελετό τουμπουλίνης που χρησιμοποιείται για κινητικότητα και κυτταρική δομή, μιτοχόνδρια που παράγει ATP μέσω του κύκλου TCA κ.λπ. Μια ενδιαφέρουσα πτυχή του μεταβολισμού του *Penicillium chrysogenum* είναι ότι θα εκφράζει διαφορετικά τα μεταβο-

λικά γονίδια όταν αναπτύσσονται σε διαφορετικό μέσο. Η γονιδιακή έκφραση διακόπτει τις δευτερεύουσες μεταβολικές οδούς όπως η έκφραση της συνθετάσης Ισοπενικιλίνης N μέσω PacC (γονίδιο P08703). Η απενεργοποίηση του PacC θα απενεργοποιήσει επίσης την παραγωγή κονιδίων. Σε ένα μέσο γλυκόζης, αυτό το γονίδιο κλείνει μακριά ενώ στη λακτόζη το γονίδιο είναι ενεργό. Το *Penicillium chrysogenum* έχει περισσότερες άμυνες από την πενικιλίνη, έχει πρωτεΐνες που παρέχουν αντίσταση στη φλουκοναζόλη (πρωτεΐνη ανθεκτικότητας σε φλουκοναζόλη 1, γονίδιο P38124) και στην κυκλοεξιμίδη (πρωτεΐνη αντίστασης κυκλοεξιμίδης, γονίδιο P32071). **(Castillo, N.I., Fierro, F., Gutiérrez, S., et al. , 2006)**

Το *Penicillium chrysogenum* προκαλεί ασθένεια σε σπάνιες περιπτώσεις και από τα οποία, εάν προκαλεί λοίμωξη, είναι ευκαιριακό σε άτομα με σοβαρά κατασταλαμένο ανοσοποιητικό σύστημα όπως ασθενείς με HIV / AIDS. Έχει πολύ χαμηλή επίδραση παθογένειας και ως εκ τούτου, η αναγνώριση και η ανίχνευσή της σε λοίμωξη είναι πολύ χαμηλή. Τα συμπτώματα των λοιμώξεων περιλαμβάνουν πνευμονική λοίμωξη, δηλαδή πνευμονία, εντοπισμένα κοκκιώματα, μύκητες και συστηματική λοίμωξη. **(Adrian, B.L., Burdette, S.D., and Herchline, T.E. , 2005)**

Μια άλλη τέτοια εξαιρετική περίπτωση είναι στην περίπτωση της ενδοφθαλμίτιδας που περιγράφεται ως φλεγμονή της οφθαλμικής κοιλότητας. Η πιο συνηθισμένη οδός για την εφαρμογή της λοίμωξης από το *Penicillium chrysogenum* στον οφθαλμό είναι με διεισδυτικό τραύμα. Η λοίμωξη αντιμετωπίζεται ως συστηματική λοίμωξη, με από του στόματος αντιμυκητιασικό σχήμα, συνήθως είτε αμφοτερικίνη Β είτε ιτρακοναζόλη με την προειδοποίηση ότι μπορεί επίσης να συνταγογραφηθεί ένα τοπικό αντιμυκητιασικό. **(Eschete, M.L., King, J.W., West, B.C., et al. , 1981)**

Το *Penicillium chrysogenum* μπορεί επίσης να δράσει ως αλλεργιογόνο και ως επαγωγέας άσθματος. Το Pen ch 13 είναι το ενεργό αλλεργιογόνο που προκαλεί αποκρίσεις ισταμίνης στα επιθηλιακά κύτταρα των πνευμόνων. Ακολουθεί η συστολή του αεραγωγού και το χαρακτηριστικό του ασθματικού είναι το πιο κοινό σύμπτωμα. Ο ακριβής μηχανισμός για το πώς το αλλεργιογόνο διασχίζει τα επιθηλιακά κύτταρα είναι ένας ενεργός τομέας έρευνας. **(H.-Y. Tai, M. F. Tam, H. Chou, H.-J. Peng, S.-N. Su, D.-W. Perng, H.-D. Shen. , 2006)**

Το *Penicillium chrysogenum* χρησιμοποιείται συνήθως για τις αντιβιοτικές του δυνατότητες. Παράγει την υδρόφοβη ένωση πενικιλίνης β-λακτάμης. Η αποτελεσματικότητα της ειδικής πενικιλίνης που κατασκευάζεται εξαρτάται από την πλευρική της αλυσίδα ως ομάδα R. Αρχικά το *Penicillium chrysogenum* περιορίστηκε στη θεραπεία του ερυθρού πυρετού, της πνευμονίας, της γονόρροιας, της μόλυνσης τραυμάτων και των σοβαρών σταφυλοκοκκικών λοιμώξεων με το Penicillian G. (**Demain, A.L., Elander, R.P. , 1998**)

Σήμερα πολλές παραλλαγές των πλευρικών αλυσίδων αποδίδουν μια μεγάλη ποικιλία ημι-συνθετικών πενικιλινών που μπορούν να καταπολέμησουν ενός ευρύτερου φάσματος βακτηρίων. Ωστόσο, το *Penicillium chrysogenum* παραμένει ο κύριος παραγωγός του Penicillian G και του Penicillian V. (**Xu, Z., A. van den Berg, M., Scheuring, C., et al., 2005**)

Έχει προταθεί ότι το *Penicillium chrysogenum* μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει τις καλλιέργειες να καταπολεμήσουν άλλα παθογόνα είδη. Η εφαρμογή της πενικιλίνης σε καλλιέργειες όπως μηλιές, αμπέλια και ντομάτες μπορεί να προκαλέσει τους αμυντικούς μηχανισμούς τους και συνεπώς να βοηθήσει στην προστασία από την κηλίδα μήλου και την πρώιμη μαλάκωση αντίστοιχα σε καθεμία από αυτές τις καλλιέργειες. Αυτή η απόκριση προκλήθηκε υπό συνθήκες θερμοκηπίου και αγρού και δεν οφείλεται σε άμεσες παθογόνες επιδράσεις από την πενικιλίνη. (**Thuerig, B., Binder, A., Boller, T., et al. , 2006**)

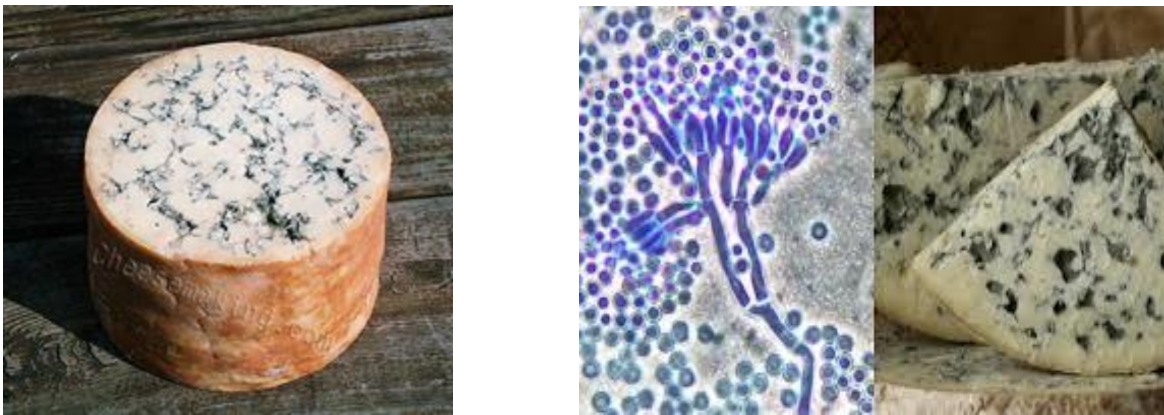


Penicillium chrysogenum on wooden texture

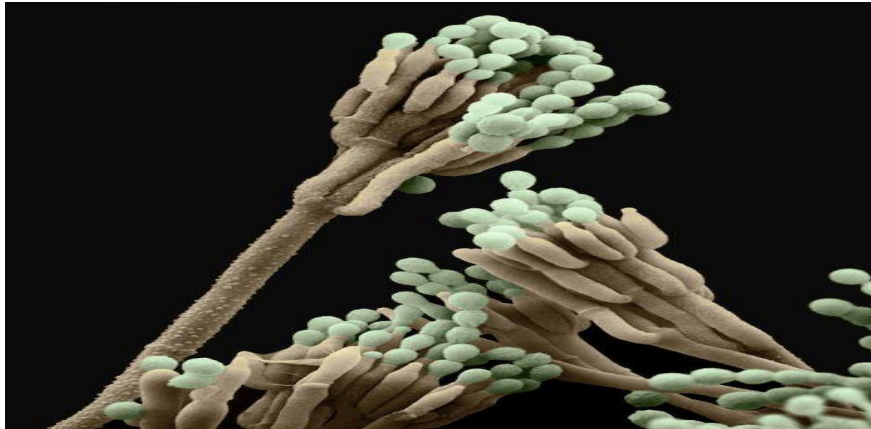
2.2.3 *Penicillium roqueforti*

Το *P. roqueforti* είναι ένας σαπροφυτικός μύκητας που ανήκει στο γένος *Penicillium*. Υπάρχει ευρέως στη φύση και μπορεί να απομονωθεί από το έδαφος και από την επιφάνεια των δέντρων και φυτικών ειδών .

Το *P. roqueforti* είναι διάσημο για την εκτεταμένη χρήση του στη βιομηχανία τροφίμων: είναι ένα βρώσιμο καλούπι, γνωστό από τα αρχαία ρωμαϊκά χρόνια, χρησιμοποιείται ειδικά για την παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων όπως τα μπλε τυριά. Χρησιμοποιείται επίσης για την παραγωγή αντιβιοτικών, όπως οι πενικιλίνες, και άλλοι δευτερογενείς μεταβολίτες και ένζυμα βιομηχανικού ενδιαφέροντος.



Περιγράφηκε για πρώτη φορά από τον Αμερικανό μυκητολόγο **Charles Thom** το 1906, ο οποίος το ταξινόμησε αρχικά ως ετερογενές είδος μυκήτων που σχηματίζουν σπόρια. Αργότερα, με την ανάπτυξη των σύγχρονων τεχνολογιών, το 1996 η ομάδα *P. roqueforti* αναταξινομήθηκε με βάση τη μοριακή ανάλυση του ριβοσωμικού DNA σε **δύο ποικιλίες** : *P.roqueforti* var. *roqueforti* (χρησιμοποιείται για την παραγωγή τυριών) και *P. roqueforti* var. *carneum* (παραγωγός μυκοτοξινών και αντιβιοτικών όπως η **πατουλίνη**. (Thom C., 1909), (Boysen M, Skouboe P, Frisvad J., 1996)



Penicillium roqueforti (καρποφόρο σώμα και ασκοσπόρια)

Όπως αναμενόταν, το *P. roqueforti* είναι ένα βρώσιμο καλούπι που χρησιμοποιείται ειδικά στην παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων . Τα πιο διάσημα τυριά που λαμβάνονται με την εισαγωγή του *P. roqueforti* είναι τα Roquefort, Gorgonzola, Stilton και Danablu ή μπλε τυριά



Τα μπλε τυριά χαρακτηρίζονται από την παρουσία βρώσιμων καλουπιών που δίνουν μοναδικά αρώματα και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

Ο ρόλος του στην παρασκευή των προαναφερθέντων τυριών συνίσταται στην παραγωγή πρωτεολυτικών ενζύμων (κυρίως *ασπαρτικών πρωτεασών* που υδρολύουν τις καζεΐνες του γάλακτος) και λιπολυτικών ενζύμων που συμβάλλουν στη σύσφιξη και την ωρίμανση του τυριού, καθώς και στην παροχή τυπικών αρωμάτων μπλε τυριών (*μπλε τυρί*). Αυτό που συμβάλλει κυρίως στο τελικό άρωμα των μπλε τυριών είναι, στην πραγματικότητα, ο σχηματισμός πτητικών μεθυλο-κετονών που προέρχονται από τον μεταβολισμό των λιπιδίων.

Στη βιομηχανία τροφίμων, το *P. roqueforti* χρησιμοποιείται με ελεγχόμενο τρόπο τόσο για να εξασφαλιστεί η ευελιξία των τροφίμων όσο και ως συντηρητικό, ή για να αποτραπεί η ανάληψη άλλων επιβλαβών καλουπιών.

Το *P. roqueforti* είναι επίσης γνωστό για την ικανότητά του να παράγει άλλους δευτερεύοντες μεταβολίτες όπως οι πενικιλίνες (παρόμοια με άλλα είδη που ανήκουν στο γένος *Penicillium*) που χρησιμοποιούνται στη φαρμακευτική βιομηχανία για την παραγωγή αντιβιοτικών διαφόρων φασμάτων. Άλλες μυκοτοξίνες που παράγονται είναι οι πατουλίνες, υδατοδιαλυτές ενώσεις που δρουν ως αντιβιοτικά για πολλά είδη είναι ανασταλτικές τόσο για Gram θετικούς όσο και για Gram αρνητικούς μύκητες και βακτηριακά είδη, αλλά είναι επίσης τοξικές για υψηλότερα ζώα και φυτά όπως μήλα, καρπούζια, σιτάρι, καλαμπόκι και μπιζέλια.

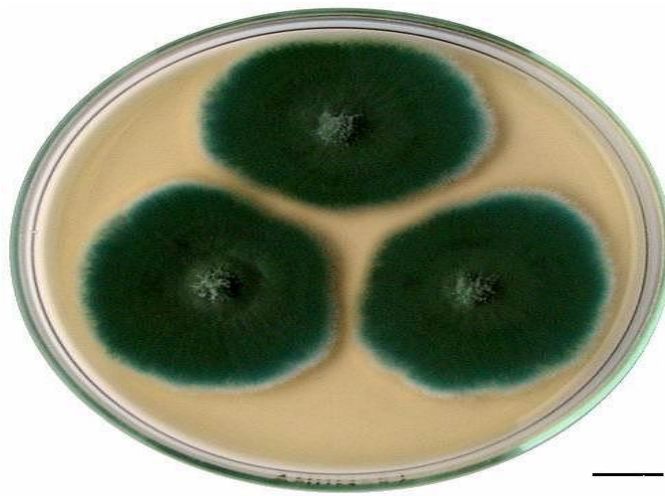


Το P. roqueforti μπορεί να είναι επιβλαβές για ορισμένα φρούτα, όπως τα μήλα, για την παραγωγή πατουλίνων και άλλων μυκοτοξινών.

Άλλοι ενδιαφερόμενοι δευτερογενείς μεταβολίτες που παράγονται από τον *P. roqueforti* είναι οι *αντραστατίνες AD* που έχουν δείξει πιθανή αντικαρκινική δράση φαίνεται να είναι ικανές να αναστέλλουν τις πρωτεΐνες που είναι υπεύθυνες για την εκροή αντικαρκινικών φαρμάκων πολυανθεκτικών κυττάρων σε αντικαρκινικές θεραπείες. (J.F. Martín, M. Coton, , 2017)

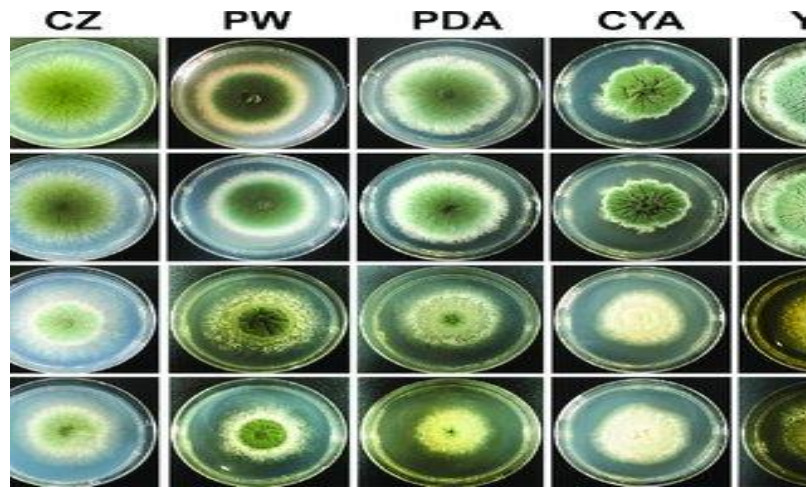
Το *P. roqueforti* δεν σχηματίζει καρποφόρα σώματα ορατά με γυμνό μάτι. Καλλιεργείται κανονικά σε εργαστήριο σε στερεή μορφή σε άγαρ Czapek Yeast Autolysate (ή άγαρ Czapek) ή σε μέσο βασισμένο σε σακχαρόζη και εκχύλισμα μαγιάς.

Σε αυτά τα μέσα, το *P. roqueforti* σχηματίζει εξαιρετικά μεγάλες αποικίες (διαμέτρου 40 mm), που κυμαίνονται σε χρώμα από καφέ / πρασινωπό έως σκούρο πράσινο , με βελούδινη εμφάνιση . (O'brien M, Egan D, O'kiely P, Forristal PD, Doohan FM, Fuller HT, 2008)



Αποικίες του *P. roqueforti* σε άγαρ Czapek

Αν καλλιεργηθεί σε **άγαρ Malt Extract** , οι αποικίες με νηματοειδείς άκρες (που μοιάζουν με τον ιστό της αράχνης) έχουν διάμετρο 50 mm και το πράσινο χρώμα είναι ακόμη πιο έντονο. (O'brien M, Egan D, O'kiely P, Forristal PD, Doohan FM, Fuller HT, 2008)



Διαφορετικές αποικιακές μορφολογίες του *P. Roqueforti*

Το *P. roqueforti* παράγει διάφορες τοξικές ουσίες, δυνητικά επικίνδυνες και για τον άνθρωπο, όπως: roquefortin, PR toxin και festuclavin, των οποίων η τοξικότητα είναι ωστόσο περιορισμένη.

Ορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι η ροκουφερτίνη συγκεκριμένα είναι μια νευροτοξίνη ικανή να προκαλέσει επιληπτικές κρίσεις, βλάβη στο ήπαρ και αιμορραγία στο πεπτικό σύστημα σε ποντίκια, αν και τα αποτελέσματα δεν είναι ακόμη αναπαραγωγικά. Η PR τοξίνη αντιδρά κανονικά με τις ενώσεις που υπάρχουν στο τυρί εξουδετερώνοντας έτσι την τοξικότητά της. Ορισμένα άγρια στελέχη παράγουν, όπως αναμενόταν, επίσης πατουλίνη και πενικιλικό οξύ : αυτά τα στελέχη ωστόσο δεν χρησιμοποιούνται για την εμπορική παραγωγή τυριού, επομένως δεν υπάρχει κίνδυνος τοξικότητας για τον άνθρωπο. **(Chen FC, Chen CF, Wei RD, 1982)**

Επομένως, πόσο δυνητικά επικίνδυνο είναι το *P. roqueforti* για τον άνθρωπο δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητό. Σίγουρα, το γεγονός ότι τα μπλε τυριά καταναλώνονται για αιώνες χωρίς γνωστές παρενέργειες είναι ένα σημάδι ότι πιθανώς, η πιθανή τοξικότητα για τον άνθρωπο είναι ελάχιστη ή εντελώς ανύπαρκτη. **(A. Bianchini, L.B. Bullerman, 2014)**

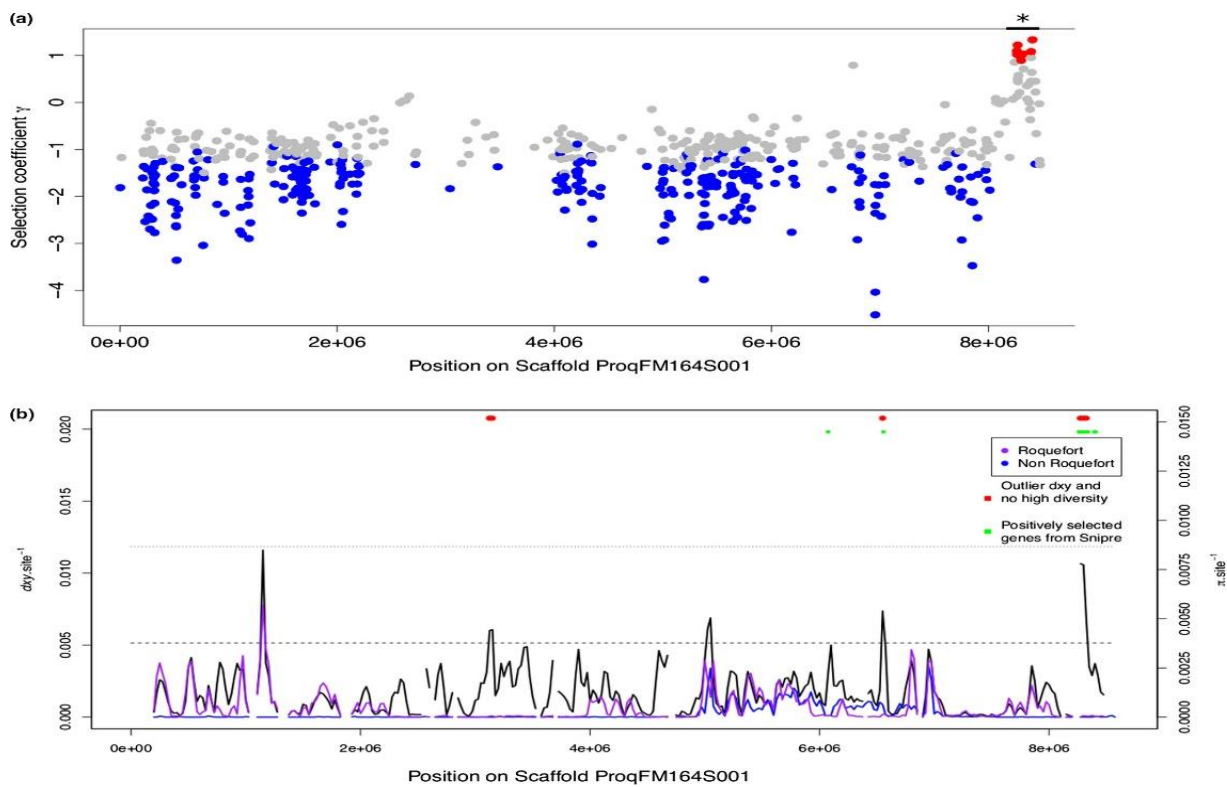


Για την ταυτοποίηση του *P. roqueforti*, χρησιμοποιούνται κυρίως τεχνικές μοριακής ταυτοποίησης που βασίζονται σε PCR ενίσχυση συγκεκριμένων τμημάτων DNA και σχετικών αλληλουχιών. Συνήθως οι ακολουθίες που χρησιμοποιούνται για αυτόν τον σκοπό είναι:

- ειδικές ακολουθίες ριβοσωμικού DNA 18S;
- το γονίδιο 5.8S.

Εκτός από τον προσδιορισμό αλληλουχίας και την επακόλουθη ευθυγράμμιση στη βάση δεδομένων, είναι δυνατή η ανάλυση των ενισχυμένων αλληλουχιών μέσω της τεχνικής rDNA PCR RFLP (πολυμορφισμός μήκους θραύσματος περιορισμού). Συνίσταται στην ενίσχυση συγκεκριμένων περιοχών του DNA, όπως αυτές που αναφέρθηκαν παραπάνω, και την υποβολή τους σε θεραπεία με περιοριστικά ένζυμα . Στη συνέχεια, μια ηλεκτροφορητική πορεία θα επιτρέψει την ταυτοποίηση του μεγέθους των θραυσμάτων, τα οποία είναι ειδικά για κάθε είδος, και έτσι θα επιτρέψει την αναγνώριση των ειδών που ενδιαφέρουν, όπως ο *P. roqueforti* σε αυτήν την περίπτωση. (**A. Abbas, A.D.W. Dobson, 2011**)

Penicillium roqueforti



2.2.4 *Penicillium camemberti*

Το *Penicillium camemberti* περιγράφηκε για πρώτη φορά από τον Thom και πιστεύεται ότι είναι μια εξημερωμένη μορφή του *P. commune*. Υπάρχουν διάφορα συνώνυμα για τα είδη, συμπεριλαμβανομένων των *P. rogeri*, *P. candidum*, *P. album* και *P. caseicolum*. Ο μύκητας βρίσκεται (σχεδόν αποκλειστικά) είτε στο τυρί είτε στο τυροκομείο και σπάνια βρίσκεται μακριά από αυτό το περιβάλλον.

Penicillium camemberti χρησιμοποιείται στην παραγωγή τυριών Camembert και Brie, στα οποία οι αποικίες του μύκητα σχηματίζουν μια λευκή κρούστα.

Χρησιμοποιείται επίσης ως καλλιέργεια εκκίνησης για προϊόντα με βάση το κρέας που έχει υποστεί ζύμωση και συχνά συναντάται ως ένας αυθόρμητος αποικιστής λουκάδικων που έχουν υποστεί ζύμωση που προέρχεται από τα μυκοβίδια της εγκατάστασης παραγωγής. Έχουν υπάρξει αναφορές για την ευρύτερη εκμετάλλευση του *P. camemberti* ειδικά στην απολύμανση των λυμάτων από μαλακό ξύλο, που περιέχουν υψηλά επίπεδα οικολογικά ανεπιθύμητων φαινολικών και χλωριωμένων φαινολικών ενώσεων. (**A. Abbas, A.D.W. Dobson, 2011**)



Το *Penicillium camemberti* είναι το μόνο αληθινά νηματώδες είδος που χρησιμοποιείται για τυρί λευκής μούχλας. Ο μύκητας τύπου ζυμομύκητα *Geotrichum candidum* μπορεί, ωστόσο, να είναι επίσης σε ορισμένες ποικιλίες μαλακών τυριών, ενώ συχνά υπάρχουν και άλλες ζύμες. Τα λευκά τυριά μούχλας κατασκευάζονται συχνά από ωμό ή παστεριωμένο αγελαδινό, κατσικίσιο ή πρόβειο γάλα. Τα τυριά τύπου Camembert και Brie προέρχονται από τη Γαλλία, αλλά παράγονται τώρα τόσο στην Ευρώπη όσο και στις Ηνωμένες Πολιτείες.

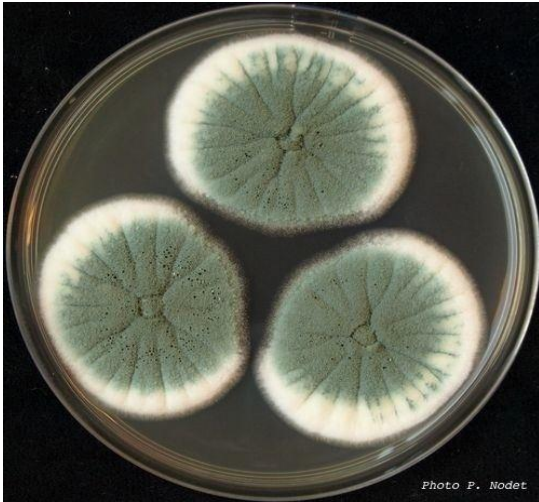
Τα τυριά Camembert έχουν μαλακό κρεμώδες κέντρο και γεύση καρυδιού και μανιταριού, η τελευταία γεύση που προκαλείται από την 1-οκτεν-3-όλη, έναν αναστολέα βλάστησης του κονιδίου. Μετά τη ζύμωση του γαλακτικού οξέος, η μαγιά μπορεί να αναπτυχθεί στα τυριά και το *P. Camemberti* θα καθιερωθεί στην επιφάνεια του τυριού. Υπάρχουν διαφορές μεταξύ των διαφορετικών στελεχών του *P. camemberti*: μερικά παράγουν μεγάλες ποσότητες λιπολυτικών και πρωτεολυτικών ενζύμων, και άλλα παράγουν μεγάλες ποσότητες κυκλοζονικού οξέος μυκοτοξίνης (τουλάχιστον σε καθαρή καλλιέργεια).

Μερικά στελέχη παράγουν ένα βαρύ λευκό μυκήλιο και άλλα ένα πιο επίπεδο μυκήλιο. Το χρώμα των αποικιών παραμένει συχνά λευκό, αλλά μερικά στελέχη *P. camemberti* θα παράγουν γκρι-πράσινα κονίδια. Στα τυριά νωπού γάλακτος, το *P.camemberti* μπορεί να αναπτύξει ροζ, κόκκινο ή κίτρινο χρώμα μυκηλίου με την πάροδο του χρόνου. Η ανοχή στο αλάτι μπορεί επίσης να διαφέρει κάπως. (J.C. Frisvad, , 2014)



2.2.5 *Penicillium expansum*

Το *Penicillium expansum* προκαλεί μπλε σήψη, το πιο κοινό και καταστροφικό πρόβλημα μετά τη συγκομιδή που αντιμετωπίζεται στα μήλα και τα αχλάδια . Ξεκινάει από την αρχή ως ένα μαλακό, ανοιχτόχρωμο σημείο που εξαπλώνεται γρήγορα σε όλη την επιφάνεια και βαθιά στον ιστό των φρούτων, με μπλε-πράσινες δομές καρποφόρου καρπού να εμφανίζονται στην επιφάνεια. Το *Penicillium expansum* παράγει πατουλίνη στα προσβεβλημένα φρούτα, επομένως αυτή η μυκοτοξίνη μολύνει συχνά προϊόντα μήλου και αχλαδιού, όπως πουρές, χυμούς, μηλίτη και μούρο.



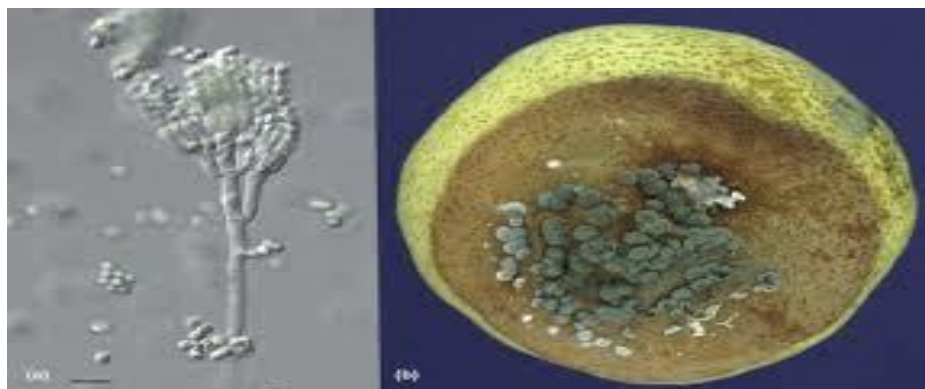
Το *Penicillium expansum* αναπτύσσεται σε χαμηλές θερμοκρασίες, επομένως μόνο η κρύα αποθήκευση επιβραδύνει την αλλοίωση. Τα μήλα και τα αχλάδια μπορεί επίσης να χαλάσουν από το *Penicillium solitum* , το οποίο προκαλεί συμπτώματα παρόμοια με το *P. expansum* και το *Botrytis cinerea*, που προκαλεί σήψη, γκρί μούχλας, στα αχλάδια και, λιγότερο συχνά, στα μήλα. Ορισμένοι άλλοι μύκητες μπορούν επίσης να προκαλέσουν ρίζες μετά τη συγκομιδή στα μήλα, αλλά έχουν λιγότερο οικονομική σημασία.

Ο βιολογικός έλεγχος με τη χρήση ζυμομυκήτων και βακτηριακών ειδών ερευνάται επίσης για τη μείωση της εξάρτησης από τα μυκητοκτόνα. Μήλα και τα αχλάδια είναι συνήθως χαλασμένα από το *Penicillium expansum* , το οποίο προκαλεί ένα χαρακτηριστικό

καφέ, εξαπλωμένο σάπιο. Στην καλλιέργεια, μετά από επώαση 7 ημερών στους 25°C, το *P. expansum* παράγει σχετικά γρήγορα αναπτυσσόμενες, βαθιές αποικίες με ευρύ λευκό περιθώριο (διαμέτρους 30-40 και 20-40 mm σε CYA και MEA αντίστοιχα). Το καφέ εξίδρωμα και η διαλυτή χρωστική παράγονται συνήθως στο CYA. Αυτό το είδος ταξινομείται σε υπογόνο *Penicillium*, έτσι και τα πενικιλικά *terverticillate*, φέρεται σε ρίγες με λείους, λεπτούς τοίχους. Τα κονίδια είναι ελλειψοειδή, μήκους 3,0-3,5 μm και λείες επιφάνειες. Το *Penicillium expansum* αναπτύσσεται μεταξύ -2 °C ή ακόμα χαμηλότερο, έως 35°C, και έως 0,83 ενεργότητας νερού (a_w) (Pitt J I, Hocking A D, 1997)

Έχει απομονωθεί από ένα ευρύ φάσμα άλλων φρούτων, όπως ντομάτες, φράουλες, αβοκάντο, μάνγκο και σταφύλια, υποδεικνύοντας ότι είναι ένα ευρέος φάσματος παθογόνο στα φρούτα. Ο έλεγχος της μόλυνσης των φρούτων ξεκινά στον οπωρώνα, με τη χρήση μυκητοκτόνων για την πρόληψη λοιμώξεων που επιτρέπουν την είσοδο από το *P. expansum*. Η πρόληψη της βλάβης στα φρούτα και η ταχεία επεξεργασία είναι επίσης σημαντική (Snowdon AL., 1990)

Το *Penicillium expansum* είναι εμπορικά σημαντικό τόσο ως ένας μεγάλος μύκητας αλλοίωσης όσο και ως η κύρια πηγή της μυκοτοξίνης πατουλίνης, η οποία εμφανίζεται στο χυμό μήλου και αχλαδιού ως αποτέλεσμα της σήψης των φρούτων λόγω του *P. expansum*. Τα επίπεδα της πατουλίνης στους χυμούς μπορούν να ελεγχθούν αποτελεσματικά με την απομάκρυνση των σάπιων φρούτων πριν από τη σύνθλιψη. Πολλά εργοστάσια χυμού χρησιμοποιούν ψεκασμούς νερού υψηλής πίεσης για να κόψουν τις σάπιες περιοχές των φρούτων πριν από την επεξεργασία. (Snowdon AL., 1990)



α) *Penicillium expansum*, bar= 10 μm β) τυπική σήψη *P. expansum* στο αχλάδι

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Μυκοτοξίνες

Το όνομα μυκοτοξίνη προκύπτει από το συνδυασμό της ελληνικής λέξης *mykes* «μύκητας» και της λατινικής λέξης *toxicum*, «τοξίνη-δηλητήριο». (Turner, N. W., Subrahmanyam, S., & Piletsky, S. A., 2009)

Είναι ένας τοξικός δευτεροταγής μεταβολίτης που παράγεται από οργανισμούς του μύκητα βασιλείου και είναι ικανή να προκαλέσει ασθένεια και θάνατο σε ανθρώπους και άλλα ζώα. (Bennett, J. W.; Klich, M, 2003) Ο όρος «μυκοτοξίνη» προορίζεται συνήθως για τα τοξικά χημικά προϊόντα που παράγονται από μύκητες που αποικίζουν εύκολα στις καλλιέργειες.

Μυκοτοξίνες είναι φυσικά προϊόντα χαμηλού μοριακού βάρους που παράγονται από καλούπια που είναι τοξικά για τα σπονδυλωτά σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι μυκοτοξίνες έχουν ακανόνιστη ταξινομική κατανομή, δηλαδή παράγονται από λίγα είδη μόνο σε ορισμένα είδη μυκήτων.

Τα ζώα εκτίθενται σε μυκοτοξίνες μέσω κατάποσης, εισπνοής ή / και επαφής με το δέρμα. Οι επακόλουθες ασθένειες που προκαλούνται από την έκθεση στη μυκοτοξίνη ονομάζονται μυκοτοξίκωση.

Πολλές μυκοτοξίνες είναι ισχυρές σε χαμηλές δόσεις, δηλαδή, αρκετά μικρές ποσότητες της ένωσης μπορούν να αντιπροσωπεύουν σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία. Δεδομένου ότι οι νηματοειδείς μύκητες είναι κοινοί και ευκαιριακοί οργανισμοί, οι μυκοτοξίνες είναι ευρέως διαδεδομένες.

Βρίσκονται σε τρόφιμα και ζωοτροφές σε όλο τον κόσμο και προκαλούν όλο και μεγαλύτερη ανησυχία ως πιθανές μολύνσεις στο εσωτερικό περιβάλλον. Μερικά από αυτά έχουν εμπλακεί ως χημικοί πόλεμοι. Όπως με όλες τις τοξίνες, η οδός έκθεσης (δηλ. πώς η ουσία εισέρχεται στο σώμα του ζώου), η δόση (πόσο υπάρχει η ουσία) και η διάρκεια (το χρονικό διάστημα που υπάρχει η μυκοτοξίνη) αλληλεπιδρούν για να επηρεάσουν τη σοβαρότητα του αποτελέσματος.

Οι μυκοτοξίνες είναι υπεύθυνες για καρκίνους, καθώς και για πολλές διαφορετικές διαταραχές που επηρεάζουν το γαστρεντερικό, ουρογεννητικό, αγγειακό, νεφρό και νευρικό σύστημα. Ορισμένες μυκοτοξίνες είναι ανοσοκατασταλτικές, μειώνοντας έτσι την αντίσταση σε μολυσματικές ασθένειες.

Εκτιμάται ότι το 25% των παγκόσμιων καλλιεργειών, συμπεριλαμβανομένων πολλών βασικών τροφίμων, μολύνονται από μύκητες που παράγουν μυκοτοξίνες.

Υπάρχει συνεχής ανάγκη προστασίας της υγείας των ανθρώπων και των ευπαθών ζώων περιορίζοντας την έκθεσή τους σε μυκοτοξίνες. Παρά την πολυετή έρευνα και την εισαγωγή καλών πρακτικών στην αλυσίδα παραγωγής, αποθήκευσης και διανομής τροφίμων, οι μυκοτοξίνες εξακολουθούν να αποτελούν πρόβλημα. Πολλές χώρες ρυθμίζουν τα επίπεδα μυκοτοξινών στα τρόφιμα και τις ζωοτροφές λόγω της σημασίας τους για τη δημόσια υγεία και του εμπορικού τους αντίκτυπου. **(J.W. Bennett, M. Klich, , 2009)**

Μυκοτοξίνες που προκαλούν ασθένειες στον άνθρωπο και στα ζώα είναι:

Αφλατοξίνη

Κιτρινίνη

Φουμονισίνες

Ωχρατοξίνη A

Πατουλίνη

Τριχοθεκένια

Ζεαραλενόνη και

Αλκαλοειδή ergot όπως η εργοταμίνη (**Bennett, J. W.; Klich, M, 2003**)

Στη συνέχεια περιγράφονται οι κυριότερες μυκοτοξίνες που παράγονται από τους μύκητες που προαναφέραμε

3.1 Αφλατοξίνη

Οι αφλατοξίνες είναι μια ομάδα μυκοτοξινών που παράγονται από τον μύκητα *Aspergillus* (*A.flavus* και *A.parasiticus*) και είναι ισχυρές ηπατοτοξίνες και καρκινογόνες ουσίες στο ήπαρ. Δομικά όλες οι αφλατοξίνες περιέχουν δακτύλιο κουμαρίνης και ακόρεστη λακτόνη. Οι αφλατοξίνες μπορούν να βρεθούν σε τρόφιμα μολυσμένα με *Aspergillus* που παράγουν αφλατοξίνες ή σε γάλα από ζώα που τρέφονται με μολυσμένες ζωοτροφές.

Η πιο καλά χαρακτηρισμένη αφλατοξίνης είναι αφλατοξίνη B₁ και ο μεταβολίτης της αφλατοξίνης M₁, η οποία εντοπίστηκε για πρώτη φορά στο γάλα.

Η αφλατοξίνη G₁ είναι επίσης εξαιρετικά τοξική και καρκινογόνος σε ορισμένα ζωικά μοντέλα. Αφλατοξίνες B₂, G₂ και M₂ είναι ισχυρά ηπατοτοξικά, αλλά δεν έχουν αποδειχθεί ότι είναι καρκινογόνα. Η έκθεση στον άνθρωπο αρκετά υψηλή για να προκαλέσει οξεία τοξικότητα, επίσης γνωστή ως αφλατοξίκωση, είναι σπάνια στις ανεπτυγμένες χώρες αλλά είναι πιο διαδεδομένη στις χώρες της Αφρικής και της Ασίας. Τα συμπτώματα της αφλατοξίκωσης περιλαμβάνουν αιμορραγική νέκρωση του ήπατος, οίδημα και λήθαργο.

Η μόλυνση από αφλατοξίνη των σπόρων, των μπαχαρικών και των βρώσιμων ξηρών καρπών είναι πιο διαδεδομένη σε θερμές και υγρές περιοχές του κόσμου όπου οι συνθήκες είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξη μούχλας. Η αποθήκευση αυτών των τροφίμων σε ακατάλληλες συνθήκες διευκολύνει επίσης την ανάπτυξη μούχλας και την παραγωγή αφλατοξίνης.

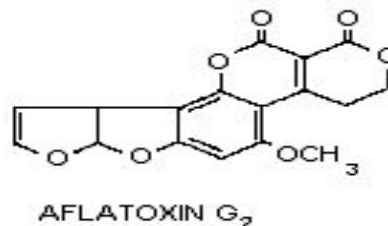
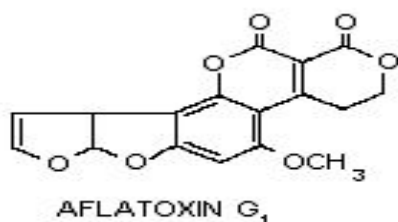
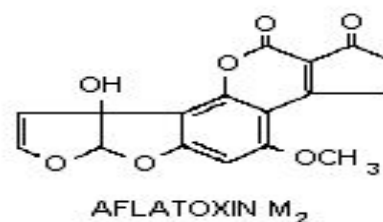
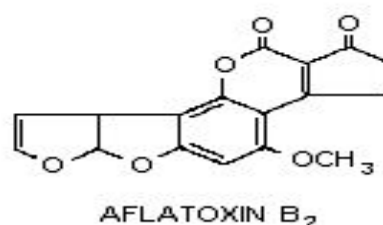
Για αυτόν τον λόγο, επιβάλλεται η παρακολούθηση των επιπέδων αφλατοξίνης και η αυστηρή ρύθμιση της αποθήκευσης σιτηρών στις Ηνωμένες Πολιτείες και σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες.

Αφλατοξίνη B₁ οξειδώνεται προς αφλατοξίνη M₁ μέσω CYP1A2 και CYP3A4. Η αφλατοξίνη M₁ είναι ιδιαίτερα αντιδραστικό οφείλεται στο σχηματισμό ενός τμήματος υποξειδίου και αντιδρά άμεσα με βάσεις γουανίνης, καθιστώντας το εξαιρετικά μεταλλαξιογόνο. Η δέσμευση της αφλατοξίνης στο DNA συνδέεται γενικά με την καρκινογένεση ενώ

τα πρωτεϊνικά προϊόντα συσχετίζονται με τοξικότητα. Η αποτοξίνωση της αφλατοξίνης περιλαμβάνει μία από τις δύο γνωστές οδούς που περιλαμβάνουν γλουταθειόνη S-τρανσφεράση A5 (GSTA5) ή αλδο-κετο αναγωγή 7A1 (AKR7A1). Οι συζευγμένες με γλουταθειόνη και μορφές διακοόλης αφλατοξίνης πιστεύεται ότι είναι λιγότερο τοξικές από την πατρική ένωση. Ωστόσο, αυτοί οι μεταβολίτες δείχνουν επίσης τοξικότητα.

Η έκθεση σε αφλατοξίνη παρακολουθείται κλινικά με ανίχνευση προϊόντων προσθήκης γουανίνης ή αλβουμίνης-αφλατοξίνης. Τα πρόσθετα γουανίνης μπορούν να μετρηθούν στα ούρα λιγότερο από 24 ώρες μετά την έκθεση σε αφλατοξίνη. Τα πρόσθετα λευκωματίνης χρησιμεύουν ως βιοδείκτης ορού για μακροχρόνια έκθεση αφλατοξίνης.

Η κατάποση μεγάλων δόσεων αφλατοξίνης σε σύντομο χρονικό διάστημα σχετίζεται με αφλατοξίκωση και αυξημένη συχνότητα κίρρωσης. Η θανατηφόρος, χρόνια έκθεση επηρεάζει την ανοσολογική λειτουργία και τη διατροφική απορρόφηση. Ωστόσο, τόσο η οξεία όσο και η χρόνια έκθεση σε αφλατοξίνη σχετίζεται με το ηπατοκυτταρικό καρκίωμα. (C.D. Williams, H. Jaeschke, , 2011)



3.2 Κιτρινίνη

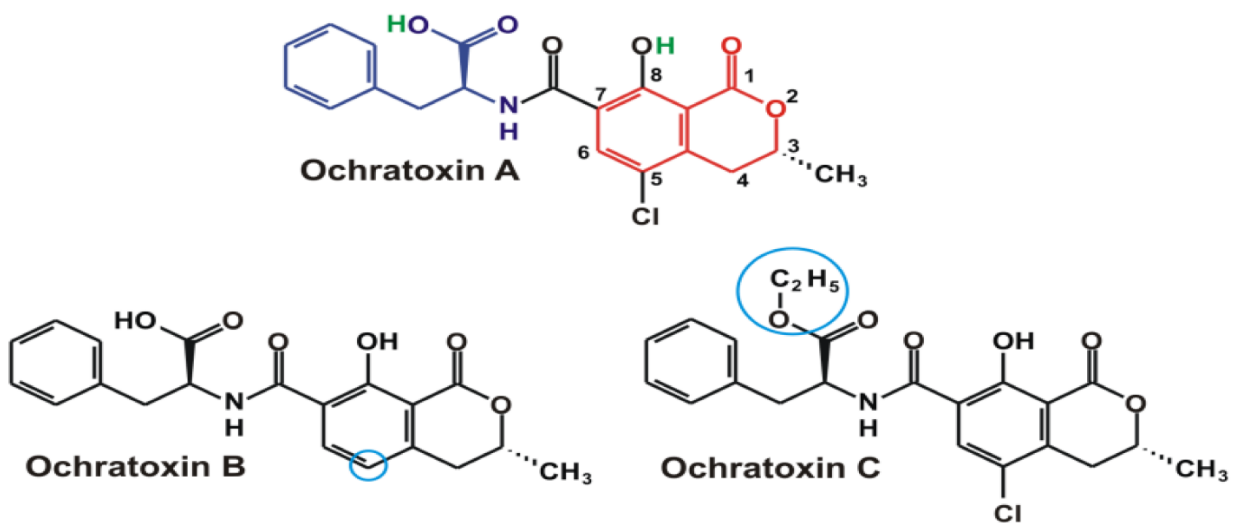
Η κιτρινίνη είναι μια τοξίνη που απομονώθηκε για πρώτη φορά από το *Penicillium citrinum*, αλλά έχει εντοπιστεί σε πάνω από δώδεκα είδη *Penicillium* και σε πολλά είδη *Aspergillus*. Μερικά από αυτά τα είδη χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ανθρώπινων τροφίμων όπως το τυρί (*Penicillium camemberti*), το σάκε, το miso και η σάλτσα σόγιας (*Aspergillus oryzae*). Η κιτρινίνη σχετίζεται με την κιτρινισμένη νόσο του ρυζιού στην Ιαπωνία και δρα ως νεφροτοξίνη σε όλα τα είδη ζώων που έχουν δοκιμαστεί. Αν και σχετίζεται με πολλές ανθρώπινες τροφές (σιτάρι, ρύζι, καλαμπόκι, κριθάρι, βρώμη, σίκαλη) η πλήρης σημασία της για την ανθρώπινη υγεία είναι άγνωστη. Η κιτρινίνη μπορεί επίσης να δράσει συνεργιστικά με την ωχρατοξίνη Α για να καταστέλλει τη σύνθεση RNA στα ποντίκια. (**Bennett, J. W.; Klich, M, 2003**)



3.3 Ωχρατοξίνη Α

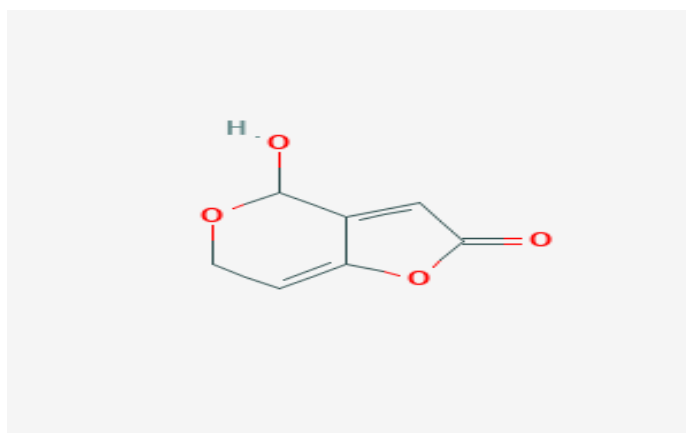
Η ωχρατοξίνη είναι μια μυκοτοξίνη που έρχεται σε τρεις δευτερεύουσες μορφές μεταβολίτη, Α, Β και Γ. Όλα παράγονται από είδη *Penicillium* και *Aspergillus*. Οι τρεις μορφές διαφέρουν κατά το ότι ωχρατοξίνη Β (ΟΤΒ) είναι μια nonchlorinated μορφή ωχρατοξίνη Α (ΟΤΑ) και ότι ωχρατοξίνη Γ (ΟΤΓ) είναι μια μορφή αιθυλεστέρας ωχρατοξίνη Α (Bayman P, Baker JL , 2006)

Aspergillus ochraceus βρίσκεται ως μολυντής της ένα ευρύ φάσμα εμπορευμάτων, συμπεριλαμβανομένων ποτών όπως μπύρα και κρασί. Το *Aspergillus carbonarius* είναι το κύριο είδος που βρίσκεται στα φρούτα της αμπέλου, το οποίο απελευθερώνει την τοξίνη του κατά τη διαδικασία παρασκευής χυμού. (Mateo R, Medina A, Mateo EM, Mateo F, Jiménez M , 2007) Το ΟΤΑ έχει χαρακτηριστεί ως καρκινογόνο και νεφροτοξίνη και έχει συνδεθεί με όγκους στο ανθρώπινο ουροποιητικό σύστημα, αν και η έρευνα στον άνθρωπο περιορίζεται από συγχρόνους παράγοντες. (Bayman P, Baker JL , 2006), (Mateo R, Medina A, Mateo EM, Mateo F, Jiménez M , 2007)



3.4 Πατουλίνη

Η πατουλίνη παράγεται κυρίως από τον *Penicillium expansum*. Άλλα είδη *Penicillium* και *Aspergillus* μπορούν επίσης να είναι παραγωγοί πατουλίνης. Εμπορεύματα που βρέθηκαν μολυσμένα με πατουλίνη είναι κυρίως φρούτα και χυμοί φρούτων στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική. Η πατουλίνη είναι αισθητά σταθερή στους χυμούς μήλων και σταφυλιών και μπορεί να αποτελεί πιθανή απειλή για τον άνθρωπο. Επί του παρόντος, 11 χώρες έχουν θέσει κανονιστικά όρια για την πατουλίνη σε χυμούς φρούτων που κυμαίνονται από 30 έως 50 ppb. Η τοξικότητα της πατουλίνης έχει μελετηθεί σε πολλά πειραματικά μοντέλα, όπως κοτόπουλο, ορτύκια, γάτα, βοοειδή, κουνέλια, ποντίκια και αρουραίους. Οι τοξικές επιδράσεις σε αυτά τα ζώα βρέθηκαν να είναι οίδημα και αιμορραγία στον εγκέφαλο και τους πνεύμονες. τριχοειδή βλάβη στο ήπαρ, τον σπλήνα και τα νεφρά. παράλυση των κινητικών νεύρων. και σπασμούς. Η πατουλίνη είναι επίσης ένας ανοσοκατασταλτικός παράγοντας που αναστέλλει πολλές πλευρές της λειτουργίας των μακροφάγων. (J.D. Groopman, T.W. Kensler,, 2005)



patulin

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι το κεφάλαιο «μύκητες» είναι πολύ μεγάλο. Με μόνο δύο γένη μυκήτων και μερικά από τα είδη τους, η βιβλιογραφία που αναφέρεται είναι τεράστια. Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν, στο σύνολό τους συνιστούν μια σοβαρή πηγή μόλυνσεως και αλλοιώσεως των τροφίμων.

Πολλοί από αυτούς μπορεί να χρησιμοποιηθούν επωφελώς για την βιομηχανία τροφίμων, όπως την παραγωγή ενζύμων, στην παραγωγή τυριών (π.χ. μπλε τυριά), την παραγωγή αντιβιοτικών (π.χ. το *Penicillium chrysogenum* χρησιμοποιείται συνήθως για τις αντιβιοτικές του δυνατότητες γιατί παράγει την υδρόφοβη ένωση πενικιλίνης β-λακτάμης). Όμως ως επί το πλείστον, η παρουσία τους στα τρόφιμα προκαλεί αλλοιώσεις οι οποίες ζημιώνουν την εμφάνιση των τροφίμων ώστε να μην γίνονται αποδεκτά από το καταναλωτικό κοινό.

Λόγω της ιδιότητάς τους να είναι μεσόφιλοι ως ψυχρότροφοι, και μόνο ελάχιστα είδη να αναπτύσσονται σε θερμοκρασία ανώτερη των 27-30°C, αναπτύσσονται εύκολα ακόμη και στους ψυκτικούς θαλάμους, και ιδιαίτερα αν υπάρχει μεγάλη σχετική υγρασία και παρουσία οξυγόνου (αερόβιοι οργανισμοί), αλλοιώνοντας έτσι τα αποθηκευμένα τρόφιμα.

Αναπτύσσονται σε ελαφρώς όξινα προϊόντα με pH 4,5- 6,5, σε προϊόντα πλούσια σε σάκχαρα (μαρμελάδες, σταφίδες, ξηρά σύκα) ακόμη και σε πολύ αλατισμένα προϊόντα (άλμη τουρσιών, ελιών και φέτας). Τα *Penicillium* και *Aspergillus* μπορούν να αναπτυχθούν ακόμη και σε κεκορεσμένη άλμη ως προς το χλωριούχο νάτριο.

Οι μύκητες μεταφέρονται ευκολότερα στα τρόφιμα επειδή φορέας των κονιδίων τους είναι ο αέρας και η σκόνη. Πραγματοποιούν τις αλλοιώσεις κυρίως με την έκκριση ενζύμων όπως πηκτινестεράσες, αμυλάσες και λιπάσες, με αποτέλεσμα την αποικοδόμηση των ιστών.

Επίσης οι μύκητες παράγουν μυκοτοξίνες, όπως αφλατοξίνη, πατουλίνη, ωχρατοξίνη και άλλες, οι οποίες είναι πολύ επικίνδυνες για τον άνθρωπο. Στις περισσότερες πε-

ριπτώσεις, οι μυκοτοξίνες έχουν ακανόνιστη ταξινομική κατανομή, δηλαδή παράγονται από λίγα γένη μόνο σε ορισμένα είδη μυκήτων.

Οι μυκοτοξίνες είναι υπεύθυνες για καρκίνους, καθώς και για πολλές διαφορετικές διαταραχές που επηρεάζουν το γαστρεντερικό, ουρογεννητικό, αγγειακό, νεφρικό και νευρικό σύστημα. Το 25% των παγκόσμιων καλλιεργειών, συμπεριλαμβανομένων πολλών βασικών τροφίμων, μολύνονται από μύκητες που παράγουν μυκοτοξίνες. Ακόμη και ορισμένα στελέχη του *P. roqueforti* εκκρίνουν μυκοτοξίνες στο αντίστοιχο τυρί. Υπάρχουν σε τρόφιμα και ζωοτροφές σε όλο τον κόσμο και προκαλούν όλο και μεγαλύτερη ανησυχία για πιθανές μολύνσεις στο εσωτερικό περιβάλλον.

Εν κατακλείδι, λόγω της ποικιλότητας και πολυπλοκότητας των μυκήτων που εμφανίζονται στα τρόφιμα, εμείς ως Τεχνολόγοι Τροφίμων, έχουμε την ευθύνη και υποχρέωση να διασφαλίσουμε την ποιότητα των τροφίμων τηρώντας τις κατάλληλες συνθήκες, από την αρχή της καλλιέργειας των προϊόντων, τη συγκομιδή τους, την επεξεργασία και την αποθήκευση των τροφίμων.

Οπότε πρέπει να ακολουθούμε κάποιους κανόνες ώστε να αμυνθούμε έναντι των μυκήτων όπως:

Εξασφάλιση πλήρους αναεροβίωσης με αεροστεγή συσκευασία των προϊόντων

Ήπια θερμική επεξεργασία για την εξουδετέρωση μυκήτων και των σπορίων τους

Χώροι αποθήκευσης με χαμηλή σχετική υγρασία

Αποθήκευση προϊόντων σε ψυκτικούς χώρους ελεγχόμενης ατμόσφαιρας, γιατί με την μείωση του οξυγόνου και αύξηση του CO₂ παρεμποδίζεται η ανάπτυξη των μυκήτων

Τέλος χρήση μυκητοκτόνων στους χώρους αποθήκευσης, στην άλμη των προϊόντων (π.χ. σορβικό οξύ) και στην ενσωμάτωση στη μάζα των τροφίμων κατά την παρασκευή τους (π.χ. προπιονικό οξύ), σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Κώδικα Τροφίμων και Ποτών.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- A. Abbas, A.D.W. Dobson. (2011). *Yeasts and Molds | Penicillium camemberti*.
- Bayman P, Baker JL . (2006). "Ochratoxins: a global perspective". *Mycopathologia*, σσ. 215–23.
- Bennett, J. W.; Klich, M. (2003). "Mycotoxins". *Clinical Microbiology Review*, σσ. 497–516.
- Cloherly J . (2012). *Manual of neonatal care*. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- Demain, A.L., Elander, R.P. . (1998). "The β-lactam antibiotics: past, present, and future". *Antonie Van Leeuwenhoek*, σσ. 5-19.
- A. Bianchini, L.B. Bullerman. (2014). *Potential Toxicity of Penicillium roqueforti*. Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition).
- Accensi F, Abarca ML, Cano J, Figuera L, Cadanes FJ. (2001). Distribution of ochratoxin A producing strains in the *A. niger* aggregate. *Antonie van Leeuwenhoek, International Journal of General and Molecular Microbiology*, σσ. 365-370.
- Adrian, B.L., Burdette, S.D., and Herchline, T.E. . (2005). "Intestinal invasion and dis-seminated disease associated with *Penicillium chrysogenum*". *Ann Clin Micro-biol Antimicrob*, σ. 21.
- Araujo, Ricardo; Pina-Vaz, Cidalia; Rodrigues, Acacio Gonçalves . (2007). Suscep-tibility of environmental versus clinical strains of pathogenic *Aspergillus*. *International Journal of Antimicrobial Agents*, σσ. 108–111.
- Bañuelos, O., Naranjo, L., Casqueiro, J., et al. . (2003). "Co-transformation with auton-omous replicating and integrative plasmids in *Penicillium chrysogenum* is highly efficient and leads in some cases to rescue of the intact integrative plasmid". *Fungal Genetics*, σσ. 83-92.
- Barkai-Golan, R. . (1974). "Species of *Penicillium* causing decay of stored fruit in Is-real". *Mycopathologia*, σσ. 141-145.
- Bennett JW. (2010). "An Overview of the Genus *Aspergillus*". *Aspergillus: Molecular Biology and Genomics*.
- Bhatnagar-Mathur P, Sunkara S, Bhatnagar-Panwar M, Waliyar F, Sharma KK. (2015). Biotechnological advances for combating *Aspergillus flavus* and aflatoxin contamination in crops. *plant Science*, σσ. 119-132.
- Boysen M, Skouboe P, Frisvad J. (1996). "Reclassification of the *Penicillium roqueforti* group into three species on the basis of molecular genetic and biochemical profiles". *Microbiology*, σσ. 541-549.
- C.D. Williams, H. Jaeschke, . (2011). *Encyclopedia of Environmental Health*.
- C.J Alexopoulos CWM, M.Blackwell. (1996). *Introductory Mycology*. John Wiley & Sons.
- C.J. ALEXOPOULOS CWM, M. BLACKWELL. (1996). *INTRODUCTORY MYKOLOGY*. JOHN WILEY SONS.
- Cabañes FJ, Bragulat MR, Castellá G. (2010). Ochratoxin A producing species in the genus *Penicillium*. *Toxins*, σσ. 1111-1120.

- Castillo, N.I., Fierro, F., Gutiérrez, S., et al. . (2006). "Genome-wide analysis of differentially expressed genes from *Penicillium chrysogenum* grown with a repressing or a non-repressing carbon source". *Current Genetics*, σσ. 85-96.
- Chen FC, Chen CF, Wei RD. (1982). "Acute toxicity of PR toxin, a mycotoxin from *Penicillium roqueforti*". *Toxicon*, σσ. 433-441.
- Donahue, S., J. Khoury, R. Kowalski. . (1996). Common Ocular Infections. *A Prescriber's Guide*. , σσ. 526-540 .
- Du, L., T. Zhu, Y. Fang, H. Liu, Q. Gu, and W. Zhu. . (2007). Aspergiolide A (I), a novel anthraquinone derivative with naphtho[1,2,3-de]chromene-2,7-dione skeleton isolated from a marine-derived fungus *Aspergillus Glaucus*. *Tetrahedron* 63, σσ. 1085-1088.
- Eschete, M.L., King, J.W., West, B.C., et al. . (1981). "*Penicillium chrysogenum* endophthalmitis". *Mycopathologia*, σσ. 125-127.
- Fierro, F., Gutierrez, S., Diez, B., et al. (1993). "Resolution of four large chromosomes in penicillin-producing filamentous fungi: the penicillin gene cluster is located on chromosome II (9.6 Mb) in *Penicillium notatum* and chromosome I (10.4 Mb) in *Penicillium chrysogenum*. *MGG*, σσ. 573-578.
- Fleming, A. . (1929). "On the antibacterial action of cultures of *Penicillium*, with special reference to their use in the isolation of *B. Influenzae*". *British Journal of Experimental Pathology*, σσ. 226-236.
- Frisvad, Jens C. Thrane, Ulf Samson, Robert A. Pitt, John I. (2006). Important mycotoxins and the fungi which produce them. *Advances in Food Mycology*, σσ. 3-31.
- H.-Y. Tai, M. F. Tam, H. Chou, H.-J. Peng, S.-N. Su, D.-W. Perng, H.-D. Shen. . (2006). "Pen ch 13 allergen induces secretion of mediators and degradation of occludin protein of human lung epithelial cells". *Allergy*, σσ. 382-388.
- Hubka, V., M. Kolarik, A. Kubátová, and S. Peterson. . (2013). Taxonomic revision of *Eurotium* and transfer of species to *Aspergillus*. *Mycologia*, σσ. 912-937.
- Hubka, V. Kolarík, M. Kubátová, A. Peterson, S. W. (2013). Taxonomic revision of *Eurotium* and transfer of species to *Aspergillus*. *Mycologia*, σσ. 912-937.
- Inglis, G.D., Sigler, L., and Goette, M.S. . (1993). "Aerobic microorganisms associated with alfalfa leafcutter bees (*Megachile rotundata*)". *Microbial Ecology*, σσ. 125-143.
- J.C. Frisvad, . (2014). *Penicillium/Penicillia in Food Production*. Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition).
- J.D. Groopman, T.W. Kensler,. (2005). *Encyclopedia of Human Nutrition (Second Edition)*,.
- J.F. Martín, M. Coton, . (2017). *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*.
- J.W. Bennett, M. Klich, . (2009). Mycotoxins.
- Jka, D.K., Sharma, G.D., and Mishra R.R. . (1992). "Ecology of soil microflora and mycorrhizal symbionts in degraded forests at two altitudes". *Biology and Fertility of Soils*, σσ. 272-278.

- John I. Pitt ADH. (2009). *Fungi and Food Spoilage*. Springer Science & Business Media.
- K.Gomi. (2014). *Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition)*.
- Latifa A, Idriss T, Hassan B, Amine SM, El Hassane B, Abdellah ABA. (2011). Effects of organic acids and salts on the development of *Penicillium*. *Plant Pathology Journal*, σσ. 99-107.
- Lyratzopoulos, G.Ellis, M.Nerringer, R.Denning, D. W. (2002). Invasive Infection due to *Penicillium* Species other than *P. marneffeii*. *Journal of Infection*, σσ. 184-195.
- Mateo R, Medina A, Mateo EM, Mateo F, Jiménez M . (2007). "An overview of ochratoxin A in beer and wine". *Int. J. Food Microbiol*, σσ. 79–83.
- O'brien M, Egan D, O'kiely P, Forristal PD, Doohan FM, Fuller HT. (2008). "Morphological and molecular characterisation of *Penicillium roqueforti* and *P. paneum* isolated from baled grass silage". σσ. 921-932.
- Panasenko, Vasil T. (1967). Ecology of microfungi. *The Botanical Review*, σσ. 189-215.
- Pérez-Alfonso CO, Martínez-Romero D, Zapata PJ, Serrano M, Valero D, Castillo S: . (2012). The effects of essential oils carvacrol and thymol on growth of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* involved in lemon decay. *International Journal of Food Microbiology*, σσ. 101-106.
- Pitt J I, Hocking A D. (1997). *Fungi and Food Spoilage*.
- Schuster E, Dunn-Coleman N, Frisvad JC, Van Dijck PW. (2002). On the safety of *Aspergillus niger*-a review. *Appl Microbiol Bbiotechnol*, σσ. 426-435.
- Snowdon AL,. (1990). A Colour Atlas of Postharvest Diseases and Disorders of Fruits and Vegetables. *General Introduction and Fruits*.
- Sonjak, S., Frisvad, J.C., and Gunde-Cimerman, N. . (2006). "*Penicillium* mycobiota in Arctic subglacial ice". *Microbial Ecology*, σσ. 207-216.
- Sun, X., X. Zhou, M. Cai, K. Tao, and Y. Zhang. . (2006). Identified biosynthetic pathway of aspergiolide a and a novel strategy to increase its production in a marine-derived fungus *Aspergillus Glaucus* by feeding of biosynthetic precursors and inhibitors simultaneously. *Bioresource Technology*, σσ. 4244-4251.
- Sweeney MJ, Dobson ADW. (1998). Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. *International Journal of Food Microbiology*, σσ. 141-158.
- Thom C, Church M . (1926). *The Aspergilli*. Baltimore: The Williams & Wilkins Company.
- Thom C. (1909). "Fungi in cheese ripening; Camembert and Roquefort". *Bureau of Animal Industry Bulletin*, σσ. 1-39.
- Thuerig, B., Binder, A., Boller, T., et al. . (2006). "An aqueous extract of the dry mycelium of *Penicillium chrysogenum* induces resistance in several crops under controlled and field conditions". *European Journal of Plant Pathology*, σσ. 185-197.

- Thuerig, B., Binder, A., Boller, T., et al. (2006). "An aqueous extract of the dry mycelium of *Penicillium chrysogenum* induces resistance in several crops under controlled and field conditions". *European Journal of Plant Pathology*, σσ. 185-197.
- Tournas VH, Katsoudas E. (2005). Mould and yeast flora in fresh berries, grapes and citrus fruits. *International Journal of Food Microbiology*.
- Traboulsi, R.S., M.M. Kattar, O. Dbouni, G.F. Araj, S.S. Kanj. . (2007). Fatal brain infection caused by *Aspergillus Glaucus* in an immunocompetent patient identified by sequencing of the ribosomal 18S-28S internal transcribed spacer. . *European Journal of Clinical Microbiology and Infections Diseases*, σσ. 747-750.
- Turner, N. W., Subrahmanyam, S., & Piletsky, S. A. (2009). Analytical methods for determination of mycotoxins. *Analytica Chimica Acta*, σσ. 168-180.
- Visagie, C. M., Houbraken, J., Frisvad, J. C., Hong, S. B., Klaassen, C. H. W., Perrone, G., Seifert, K. A., Varga, J., Yaguchi, T., Samson, R. A. (2014). Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*. *Studies in Mycology*, σσ. 343-371.
- Xu, Z., A. van den Berg, M., Scheuring, C., et al. (2005). "Genome physical mapping from large-insert clones by fingerprint analysis with capillary electrophoresis: a robust physical map of *Penicillium chrysogenum*". *Nucleic Acids Research*.
- Yu J, Cleveland TE, Nierman WC, Bennett JW. (2005). *Aspergillus flavus* genomics: gateway to human and animal health, food safety, and crop resistance to diseases. *Rev Iberoam Micol*, σσ. 194-202.
- Μπαλατσούρας Γ. (2006). *Μικροβιολογία Τροφίμων*. Εκδόσεις Έμβρυο.
- Χ.ΧΡΙΣΤΙΑΣ. (1999). *ΜΥΚΗΤΟΛΟΓΙΑ* . ΑΓΡΟΤΥΠΟΣ ΑΕ.