

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

**«ΤΡΟΠΟΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΩΔΙΜΟΥ ΜΑΝΙΤΑΡΙΟΥ ΤΟΥ
ΓΕΝΟΥΣ *Pleurotus*»**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΗΣ ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑΣ
ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΥ ΦΩΤΕΙΝΗ



ΚΑΛΑΜΑΤΑ

2012

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

**«ΤΡΟΠΟΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΩΔΙΜΟΥ ΜΑΝΙΤΑΡΙΟΥ ΤΟΥ
ΓΕΝΟΥΣ *Pleurotus*»**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΗΣ ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑΣ
ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΥ ΦΩΤΕΙΝΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ
ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ Ph. D.

ΚΑΛΑΜΑΤΑ

2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτρια κα. Μαρία Παπαδοπούλου Ph. D. κυρίως για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, και την υπομονή που έκανε κατά τη διάρκεια της υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση της, για την επίλυση διαφόρων θεμάτων.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στους φίλους μου, οι οποίοι μου συμπαραστάθηκαν όλο αυτό τον καιρό. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου για την συμπαράστασή τους κατά την διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	6-7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	8
ABSTRACT.....	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10-11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΒΑΣΙΔΙΟΜΥΚΗΤΩΝ.....	12
1.1.Γενικά στοιχεία των μυκήτων.....	12-14
1.2.Οι Βασιδιομύκητες	14-24
1.3. Χημική σύσταση και θρεπτική-διαιτητική αξία	24-25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ <i>PLEUROTUS</i>	26
2.1.Μορφολογικά χαρακτηριστικά των ειδών του γένους <i>Pleurotus</i>	26-28
2.2.Ο βιολογικός κύκλος των μυκήτων του γένους <i>Pleurotus</i>	28-30
2.3 Στοιχεία φυσιολογίας.....	30-32
2.4.Ταξινομική θέση μυκήτων του γένους <i>Pleurotus</i>	32-35
2.5.Τα πιο σημαντικά είδη του γένους <i>Pleurotus</i>	35-46
2.5.1. <i>Pleurotus ostreatus</i>	35-37
2.5.2. <i>Pleurotus pulmonarius</i>	37-39
2.5.3. <i>Pleurotus populinus</i>	39-40
2.5.4. <i>Pleurotus eryngii</i>	40-42
2.5.5. <i>Pleurotus nebrodensis</i>	42-43
2.5.6. <i>Pleurotus citrinopileatus</i>	43-45
2.5.7. <i>Pleurotus djamor</i>	45-46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΩΝ ΜΑΝΙΤΑΡΙΩΝ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ <i>PLEUROTUS</i> .47	
3.1. Η διαδικασία παραγωγής των μανιταριών του γένους <i>Pleurotus</i>	47-55
3.2. Ασθένειες και επιβλαβή έντομα για την καλλιέργεια των <i>Pleurotus</i>	55-56
3.3. Το κόστος και οι μέθοδοι καλλιέργειας μανιταριών <i>Pleurotus</i>	56-58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ.....	58
4.1. Τα υποστρώματα στην καλλιέργεια των μανιταριών	58-65
4.2. Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα από πούλπα καφέ και από φλοιούς καφέ	65-71
4.3. Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα με αγριόχορτα.....	71-74
4.4. Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα με απόβλητα ελαιολιπών	74-83
4.5. Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα με ζαχαροκάλαμο	83-86
4.6. Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα με σπόρο βαμβακιού	86-90
4.7. Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα με <i>Eichhornia crassipes</i> και σε άλλα ποώδη φυτά	90-95
4.8. Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα με υπολείμματα μπανάνας	95-100
4.9. Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα με ποικιλία αποβλήτων αγρού... ..	100-104
4.10. Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα με ιλύς χειροποίητου χαρτιού και βιομηχανικών αποβλήτων χαρτονιού	105-108
4.11. Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα με φλούδες μανταρινιού και φύλλα δέντρων	108-112
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	113-114
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	115-137

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η γνώση για τα μανιτάρια ξεκινάει από τα αρχαία χρόνια. Δεν αναφέρονται μόνο ως τροφή αλλά και για τις φαρμακευτικές τους ιδιότητες. Υπήρχαν ακόμα πολλοί μύθοι και παραδόσεις γύρω απ' αυτά. Οι αρχαίοι Έλληνες και οι Ρωμαίοι τα θεωρούσαν εκλεκτό έδεσμα ισάξιο της αμβροσίας. Τα μανιτάρια ωστόσο κατέχουν σημαντική θέση στη θρησκεία και την μυθολογία των Ινδιάνων του Μεξικού και της Γουατεμάλας, οι οποίοι πιστεύουν ότι η εμφάνιση ορισμένων ειδών σχετίζεται με τους κεραυνούς και τις αστραπές (Ζερβάκης, 1998).

Οι μύκητες αποτελούν την δεύτερη πολυπληθέστερη μετά τα έντομα ομάδα οργανισμών στην βιόσφαιρα (Ζερβάκης, 1998). Είναι ευκαρυωτικοί οργανισμοί που στερούνται χλωροφύλλης, επομένως προσλαμβάνουν τις οργανικές ουσίες είτε από ζώντες είτε από νεκρά υπολείμματα και σήμερα εξετάζονται ως ένα ξεχωριστό βασίλειο (Παντίδου, 1990).

Τα μανιτάρια είναι ευμεγέθεις καρποφορίες που σχηματίζουν ορισμένες κατηγορίες μυκήτων κατά την διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου. Υπολογίζεται στη φύση έχουν καταγραφεί περίπου 75.000 είδη μυκήτων και εκτιμάται ότι αποτελούν μόλις το 5% των υπάρχοντων μυκήτων. Από τα 75.000 είδη τα 10.000 κατατάσσονται στους μακρομύκητες (μανιτάρια) και από αυτά τα 2.000 χαρακτηρίζονται ως εδώδιμα μανιτάρια ενώ μόλις τα 20 καλλιεργούνται σε εμπορική κλίμακα για ανθρώπινη κατανάλωση (Ζερβάκης, 1998).

Στην Ελλάδα έχουν καταγραφεί μέχρι σήμερα 2.500 περίπου είδη μυκήτων, από τα οποία πάνω από 900 κατατάσσονται στους μακρομύκητες. Ο αριθμός αυτός θεωρείται πολύ μικρός για να είναι αντιπροσωπευτικός, αν λάβουμε υπόψη μας τον περιορισμένο αριθμό επιστημονικών ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί για την καταγραφή των μυκήτων στην χώρα μας, την ποικιλομορφία των εδαφοκλιματικών περιβαλλόντων και των οικολογικών συνθηκών, την πλούσια χλωρίδα και μικροχλωρίδα της πατρίδας μας, καθώς και το συγκριτικά μεγάλο πλήθος ειδών μυκήτων που έχουν καταγραφεί από συστηματικές έρευνες σε άλλες χώρες που δεν παρουσιάζουν το γεωγραφικό ανάγλυφο και την ποικιλότητα των περιβαλλοντικών συνθηκών της Ελλάδας (π.χ. Ηνωμένο Βασίλειο: 12.000 είδη, Ελβετία: 10.000 είδη) (Ζερβάκης και Δήμου, 2000).

Η καλλιέργεια των μανιταριών αποτελεί μια σύγχρονη μεγάλης κλίμακας ελεγχόμενη εφαρμογή της μικροβιακής τεχνολογίας, για την επικερδή βιομετατροπή λιγνοκυτταριούχων υπολειμμάτων και αποβλήτων της γεωργίας ή της δασοκομίας σε τροφή σημαντικής διαιτητικής αξίας (Φιλιππούσης και Ζερβάκης, 1998).

Το πρώτο είδος μανιταριού καλλιεργήθηκε το 15^ο αιώνα στην Κίνα, ενώ σήμερα καλλιεργούνται πολλά είδη σε ολόκληρο τον κόσμο. Η καλλιέργεια των μανιταριών και ειδικότερα του *Pleurotus* ξεκίνησε στην Ελλάδα πριν από 20 περίπου χρόνια και εξελίσσεται με αργό ρυθμό. Τα τελευταία χρόνια η παγκόσμια παραγωγή τους παρουσιάζει αύξηση, όπου σύμφωνα με τους FAO STAT 2005, USDA 2005 και WBWDI 2007 η παραγωγή των μανιταριών ήταν: στην Κίνα 1,411 τ., 382 τ. στις Η.Π.Α., 245 τ. στην Ολλανδία, 139 τ. στη Γαλλία, 138 τ. στην Ισπανία, 135 τ. στην Πολωνία, 88 τ. στην Ιταλία, 80 τ. στην Καναδά, 77 τ. στην Ιρλανδία και 74 τ. στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Ο σκοπός της παρούσας βιβλιογραφικής εργασίας είναι η καλλιέργεια των μανιταριών του γένους *Pleurotus* σε διάφορα είδη υποστρωμάτων και κατά πόσο τα υλικά που τα απαρτίζουν είναι κατάλληλα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα μανιτάρια του γένους *Pleurotus* εκτιμάται ιδιαίτερα η γεύση τους και έχουν μελετηθεί λόγω των θρεπτικών και φαρμακευτικών τους ιδιοτήτων. Τα μανιτάρια αυτά έχουν υψηλή διατροφική αξία και μπορεί να είναι μια καλή πηγή πρωτεϊνών, υδατανθράκων, βιταμινών, ασβεστίου και σιδήρου. Επιπλέον, έχουν σημαντική αντικαρκινική και ανοσοδιεγερτική δραστηριότητα. Τα προϊόντα που προέρχονται από μυκήλια των *Pleurotus* προωθεί βιολογικές αντιδράσεις κατά τη διάρκεια της θεραπείας του καρκίνου σε ανθρώπους και έχουν χρησιμοποιηθεί ως αντιογκογενή φάρμακα.

Η καλλιέργεια των μανιταριών (*Pleurotus spp.*) έχει αυξηθεί δραματικά σε όλο τον κόσμο κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών. Αυτό το μανιτάρι αντιπροσωπεύει το 14,2% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής εδώδιμων μανιταριών το 1997. Αν και συνήθως καλλιεργούνται σε παστεριωμένο άχυρο από σιτάρι ή ρύζι και μπορούν να καλλιεργηθούν σε ευρεία ποικιλία υποστρωμάτων που περιέχουν λιγνίνη και κυτταρίνη. Η καλλιέργεια μανιταριών μπορεί να παίζει ένα σημαντικό ρόλο στη διαχείριση των οργανικών αποβλήτων που η διάθεσή τους έχει καταστεί προβληματική. Ο σκοπός της πτυχιακής μου εργασίας είναι η χρήση διαφορετικών υλικών για την καλλιέργεια των μανιταριών του γένους *Pleurotus*.

Στο πρώτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, αναφέρουμε στοιχεία βιολογίας μυκήτων, χημική και διατροφική αξία καθώς και μορφολογικά χαρακτηριστικά των Βασιδιομυκήτων. Στη συνέχεια, στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά στα μορφολογικά χαρακτηριστικά, στο βιολογικό κύκλο, στα στοιχεία φυσιολογίας των *Pleurotus* καθώς και ταξινόμηση και περιγραφή των πιο σημαντικών ειδών του γένους αυτού.

Στο τρίτο κεφάλαιο, αναφέρεται η διαδικασία καλλιέργειας των εδώδιμων μανιταριών του γένους *Pleurotus*, οι πιθανές ασθένειες και έντομα που είναι επιβλαβή. Στο τέλος του κεφαλαίου αυτού γνωστοποιούνται το κόστος και η λειτουργία μιας μονάδας καλλιέργειας, όπως επίσης και η μέθοδος καλλιέργειας των μανιταριών στο σπίτι.

Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο αυτής της πτυχιακής εργασίας αναφέρονται διάφορα υλικά ως υπόστρωμα κάποια από τα οποία βοηθούν στην απομάκρυνση και αξιοποίηση αποβλήτων και κατ' επέκταση μειώνουν τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Η βιβλιογραφική επισκόπηση αφορά τις έρευνες που πραγματοποιήθηκαν για την εφαρμογή καλλιεργειών των *Pleurotus* σε διάφορα υποστρώματα σε Κίνα, Μεξικό και Ελλάδα.

ABSTRACT

In mushrooms of the genus *Pleurotus* appreciated the taste and have been studied because of their nutritional and medicinal properties. Mushrooms have high nutritional value and can be a good source of protein, carbohydrates, vitamins, calcium and iron. Moreover, they have significant antitumor and immunostimulatory activity. Products derived from mycelia of *Pleurotus* promote biological responses during the treatment of cancer in humans and have been used as medicinal anticancer.

The cultivation of mushrooms (*Pleurotus spp.*) has increased dramatically throughout the world over the past decades. This mushroom accounts for 14.2% of total world production of edible mushrooms in 1997. Although usually grown in pasteurized straw from wheat or rice, and can be grown in a wide variety of substrates containing lignin and cellulose. Growing mushrooms can play an important role in the management of organic waste disposed of have become problem. The purpose of my final work is the use of various materials for the cultivation of mushrooms of the genus *Pleurotus*.

In the first chapter of this work, we report data fungal biology, chemical and nutritional value and morphological characteristics of Basidiomycetes. Then, the next chapter is about the morphological characteristics, the biological cycle, data *Pleurotus* physiology and classification and description of the most important species of this genus.

In the third chapter, refers to the process of cultivation of edible mushrooms of the genus *Pleurotus*, possible diseases and insects that are harmful. At the end of this chapter reported the cost and operation of a farm, as well as the method of growing mushrooms at home.

In the fourth and final chapter of this thesis mentioned various materials as substrate, some of which help to remove and reuse of waste and thereby reduce environmental pollution. The literature review of investigations carried out on the implementation of *Pleurotus* cultures on different substrates in China, Mexico and Greece.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα μανιτάρια είναι ευμεγέθεις καρποφορίες που σχηματίζουν ορισμένες κατηγορίες μυκήτων κατά τη διάρκεια του βιολογικού της κύκλου (Ζερβάκης, 1998). Τα μανιτάρια συγκαταλέγονται στο βασίλειο των μυκήτων (αγγλικά: fungi, προέρχεται από την ελληνική λέξη σπόγγος) και αποτελούν διακριτή κατηγορία μικροοργανισμών.

Μεγάλη είναι και η συμβολή ορισμένων μυκήτων στην παγκόσμια οικονομία. Οι μύκητες χρησιμοποιούνται στην φαρμακευτική βιομηχανία π.χ. στην παραγωγή του αντιβιοτικού πενικιλίνη από μύκητες του γένους *Penicillium*, στην οινοποιία, στην τυροκομία, στην αρτοποιία με τη βοήθεια σακχαρομυκητών ή ζυμών. Χρησιμοποιούνται ακόμη στην παραγωγή συντηρητικών, εντομοκτόνων, καυσίμων (αιθανόλη, βιοαέριο), στη γεωργική παραγωγή αλλά και στη βιοαπδόμηση υπολειμμάτων και παραπροϊόντων της γεωργίας και της βιομηχανίας.

Μια κατηγορία μυκήτων διασπά την κυτταρίνη και τη λιγνίνη, ουσίες ανθεκτικές στη μικροβιακή και χημική αποδόμηση. Κυριότερη λιγνινοκυτταρινούχοι αποδομητές είναι οι μύκητες λευκής σήψεως (βασιδιομύκητες) και από της εξέχοντα ρόλο παίζουν οι μύκητες του γένους *Pleurotus*, λόγω του ότι είναι οι πιο αποδοτικοί στην παραγωγή λιγνινοκυτταρινούχων ενζύμων.

Το *Pleurotus* είναι ένα γένος μανιταριών που περιλαμβάνει τα πιο ευρέως γνωστά εδώδιμα μανιτάρια. Τα είδη των *Pleurotus* μπορεί να ονομάζονται στρείδι, χαλιώτης (αντί της θάλασσας), κτένια ή δέντρο μανιταριών, όπου μερικά από τα πιο κοινά βρώσιμα μανιτάρια καλλιεργούνται σε ολόκληρο τον κόσμο (Chang and Miles, 2004). Τα *Pleurotus* έχουν χρησιμοποιηθεί σε μια διαδικασία βιολογικής αποκατάστασης των ρύπων όπως πετρελαϊκό και τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες για την βελτίωση του περιβάλλοντος (Stamets, 2005; Cohen *et al.*, 2002).

Οι μύκητες του γένους *Pleurotus* βρίσκονται τόσο σε τροπικά όσο και σε εύκρατα κλίματα σε όλο τον κόσμο (Chang and Miles, 2004). Τα περισσότερα είδη των *Pleurotus* είναι λευκής σήψεως σε σκληρό ξύλο δέντρων, αν και μερικοί αποσυντίθενται σε κωνοφόρα ξύλα (Cohen *et al.*, 2002). Πέραν του ότι είναι σαπροτροφικά, όλα τα είδη των *Pleurotus* είναι επίσης και νηματοφάγα, όπου τα νημάτια λαμβάνουν την τροφή τους με τη βοήθεια μιας τοξίνης (Barron and Thorn, 1987; Thorn *et al.*, 2000).

Τα μανιτάρια *Pleurotus* είναι μια αγορά με μεγάλα περιθώρια ανάπτυξης στην Ελλάδα αλλά και το εξωτερικό. Γενικά, η καλλιέργεια των μανιταριών εμφανίστηκε για πρώτη φορά στην Ελλάδα γύρω στο 1960 από καλλιεργητές με ελάχιστη γεωπονική

παιδεία. Η πρώτη μονάδα καλλιέργειας μανιταριών στην Ελλάδα ήταν αυτό του λευκού μανιταριού *Agaricus bisporus* που εγκαταστάθηκε το 1966 στους χώρους ενός παλιού οινοποιείου κοντά στον Μαραθώνα Αττικής και η δυναμικότητά της δεν ξεπερνούσε τα εκατό κιλά την ημέρα. Την περίοδο 1972-1978 εμφανίστηκαν οκτώ νέες μικρής ως μέσης δυναμικότητας μονάδες (100-300 κιλά/ημέρα), σε διάφορα γεωγραφικά διαμερίσματα της χώρας. Η πρώτη σύγχρονη μονάδα καλλιέργειας εγκαταστάθηκε το 1978 στο Αίγιο και ήταν δυναμικότητας τριακοσίων τόνων ετησίως, ενώ κατά τη διάρκεια της πενταετίας που ακολούθησε (1978-82), ιδρύθηκαν τρεις μεγαλύτερες επιχειρήσεις δυναμικότητας τριακοσίων έως τετρακοσίων τόνων ετησίως η κάθε μια.

Η ετήσια παραγωγή μανιταριών στη χώρα μας, μετά από μία φάση ταχείας ανόδου, έφτασε το 1985 το επίπεδο των χιλίων διακοσίων τόνων ετησίως και έκτοτε παραμένει σχεδόν σταθερή. Την τριετία 1991-93, παρουσίασε μικρή τάση κάμψης, ενώ πρόσφατα έφτασε ξανά στο επίπεδο των χιλίων διακοσίων πενήντα τόνων, από τους οποίους το 90% αφορά το μανιτάρι *Agaricus bisporus* και το 10% το *Pleurotus ostreatus*. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι το μερίδιο του μανιταριού *P.ostreatus*, η καλλιέργεια του οποίου αποτελεί μία σχετικά καινούργια παραγωγική δραστηριότητα, από 4% στο σύνολο της εγχώριας παραγωγής το 1988 υπερδιπλασιάστηκε και ανήλθε σε 10% το 1994. Έτσι, ενώ το μανιτάρι *Agaricus* παρουσιάζει στο διάστημα 1990-95 αύξηση παραγωγής 6%, η αντίστοιχη τιμή για τα *Pleurotus* είναι 43%. (Ζερβάκης, 1998). Από τις αρχές του 2000, η εγχώρια παραγωγή κινείται στους τρεις χιλιάδες τόνους ετησίως, με δύο είδη μανιταριών να καλλιεργούνται σε επιχειρηματική βάση, το λευκό μανιτάρι (*Agaricus*) και το πλευρωτό μανιτάρι (*Pleurotus*). Τα τελευταία χρόνια, λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής, η παραγωγή του λευκού μανιταριού (*Agaricus*) μειώνεται, με αντίστοιχη αύξηση του μεριδίου παραγωγής των μανιταριών *Pleurotus*.

Στην Ελλάδα η παραγωγή των *Pleurotus* έχει σταθεροποιηθεί τα τελευταία χρόνια γύρω στους εκατό τόνους. Η ποσότητα αυτή είναι πολύ μικρή αν ληφθούν υπόψη τα αντίστοιχα μεγέθη στις αγορές του εξωτερικού, η ζήτηση του συγκεκριμένου μανιταριού από τους καταναλωτές και η λιγότερη σύνθετη διαδικασία παραγωγής που παρουσιάζει σε σχέση με το μανιτάρι *Agaricus*.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΒΑΣΙΔΙΟΜΥΚΗΤΩΝ

1. 1. Γενικά στοιχεία βιολογίας μυκήτων

Ζουν ως παράσιτα ή σαπρόφυτα σε ποικιλία υποστρωμάτων και συνθηκών. Υπάρχουν και σχέσεις συμβίωσης που αναπτύσσουν οι μύκητες με της ζωντανούς οργανισμούς. Για παράδειγμα οι λειχήνες σχηματίζονται από τη συμβίωση φυκιών με μύκητες, ενώ οι μυκόρριζες είναι οι σχηματισμοί που αναπτύσσουν οι μύκητες με ρίζες ανώτερων φυτών. Μύκητες αναπτύσσονται και πάνω στην οργανική ουσία του εδάφους, τον χούμο.

Οι μύκητες είναι ετερότροφοι οργανισμοί, δηλαδή στερούνται χλωροφύλλης, για το λόγο αυτό προσλαμβάνουν οργανικές ουσίες όπως σάκχαρα, κυτταρίνη, λιγνίνη, αμινοξέα, βιταμίνες κ.α. από ζωντανούς ή νεκρούς οργανισμούς αφού δεν έχουν την ικανότητα να τις συνθέσουν οι ίδιοι. Προσλαμβάνουν τον άνθρακα που απαιτείται για την ανάπτυξή τους σε μορφή γλυκόζης, σακχαρόζης και μαλτόζης, ενώ χρησιμοποιούν το ίδιο αποδοτικά διάφορες πηγές αζώτου (οργανικού ή ανόργανου). Πολλά είδη μυκήτων έχουν την ικανότητα να συνθέσουν μόνοι τους τις βιταμίνες που χρειάζονται και άλλα χρειάζονται θειαμίνη και βιοτίνη. Οι κύριες μορφές αποθησαυριστικών ουσιών είναι το γλυκογόνο και διάφορα έλαια. Τα υλικά πάνω στα οποία αναπτύσσονται οι μύκητες ονομάζονται υποστρώματα (Ζερβάκης, 1998).

Επίσης είναι ευκαρυωτικοί, μονοκύτταροι μικροοργανισμοί και στερούνται κίνησης (εκτός των αναπαραγωγικών κυττάρων ορισμένων ειδών). Το σώμα των μυκήτων λέγεται θαλλός. Ο θαλλός μπορεί να είναι αμοιβαδοειδής, δηλαδή να συνιστάται από άμορφη πρωτοπλασματική μάζα, χωρίς κυτταρικό τοίχωμα ή μπορεί να είναι νηματοειδής, δηλαδή να σχηματίζεται από διακλαδιζόμενα νηματοειδή κύτταρα τα οποία ονομάζονται υφές. Αυτά διαθέτουν συμπαγή κυτταρικά τοιχώματα που αποτελούνται κυρίως από χιτίνη (ή κυτταρίνη ή και τις δύο), δηλαδή από ένα πολυσακχαρίτη μεγάλου μοριακού βάρους, που αποδομείται με μεγάλη δυσκολία. Σε μερικά της μανιτάρια τα κυτταρικά της τοιχώματα αποτελούνται από σύνθετα σάκχαρα και πρωτεΐνες (Διαμάντης, 1992). Το κυτταρικό τοίχωμα περικλείει το πρωτόπλασμα, το οποίο περιβάλλεται από πρωτοπλασματική μεμβράνη λιποπρωτεϊνικής σύστασης. Οι υφές διακλαδίζονται προς όλες τις κατευθύνσεις σχηματίζοντας την αποικία του μύκητα, η οποία αναπτύσσεται συνήθως κατά την έννοια της ακτίνας (νηματοειδής θαλλός – μυκήλιο). Οι υφές των περισσότερων μυκήτων που σχηματίζουν μυκήλιο χωρίζονται σε «κύτταρα» με εγκάρσια διαφράγματα (septa), οπότε

το μυκήλιο χαρακτηρίζεται ως πολυκύτταρο χαρακτηριστικό των ανώτερων μυκήτων (Ασκομύκητες - Βασιδιομύκητες – Δευτερομύκητες). Άλλοτε πάλι οι υφές στερούνται των septa και το μυκήλιο χαρακτηρίζεται ως κοινοκύτταρο, όπου και απαντάται στους κατώτερους μύκητες (Ωομύκητες – Ζυμομύκητες) (Ηλιόπουλος, 1996; Ζερβάκης, 1998, Παπαδοπούλου, 2009). Οι μύκητες αναπαράγονται με αγενή ή εγγενή αναπαραγωγή. Η αγενής αναπαραγωγή μπορεί να γίνει:

- Με τμήμα μυκηλίου
- Με σκληρώτια (μυκηλιακοί σχηματισμοί)
- Με ριζόμορφα (μυκηλιακοί σχηματισμοί)
- Με αγενή σπόρια που είναι και ο πιο διαδεδομένος τρόπος αγενούς

αναπαραγωγής.

Η εγγενής αναπαραγωγή διέρχεται από τρεις φάσεις:

- Την πλασμογαμία που είναι η ένωση δυο απλοειδών-μονοκαρύων υφών αντίθετου συζευκτικού τύπου και έχουμε το σχηματισμό ενός δικάρνου-ετεροκάρνου μυκηλίου.

- Τη καρυογαμία που είναι η σύντηξη των δύο απλοειδών πυρήνων.
- Τη μειωτική διαίρεση που μειώνει τον αριθμό των χρωμοσωμάτων στο

μισό (Ζερβάκης, 1998, Παπαδοπούλου, 2009).

Η επιβίωση των μυκήτων εξαρτάται όχι μόνο από το στρώμα ανάπτυξης αλλά και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, pH, οξυγόνο, φως). Ως προς τη θερμοκρασία οι περισσότεροι μύκητες είναι μεσοθερμόφιλοι, δηλαδή αναπτύσσονται σε θερμοκρασία 25-30°C. Υπάρχουν και είδη που χαρακτηρίζονται θερμόφιλα διότι η άριστη θερμοκρασία ανάπτυξής τους είναι 40°C, άλλοι πάλι διαβιούν σε πολύ θερμότερες ή ακόμη και σε πολύ ψυχρότερες συνθήκες.

Ένας πλέον καθοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη των μυκήτων είναι η υγρασία. Οι περισσότεροι μύκητες ζουν σε περιβάλλον με σχετική υγρασία πάνω από 85%, ενώ μερικοί ζουν και μέσα στο νερό. Η υγρασία του υποστρώματος είναι σημαντική καθώς οι μύκητες απορροφούν από αυτό τα θρεπτικά συστατικά οσμωτικά.

Όσο αφορά το pH, οι μύκητες θεωρούνται οξύφιλοι οργανισμοί και ευνοούνται σε υποστρώματα με pH 4,5-6,5 και με ακραίες τιμές 3 και 8. Γενικά οι μύκητες είναι αερόβιοι οργανισμοί, όμως υπάρχουν και κάποια είδη ζυμών που είναι προαιρετικά αναερόβιοι αλλά και αρκετοί χυτριομύκητες που είναι υποχρεωτικά αναερόβιοι. Τέλος, το φως δεν είναι αναγκαίο για την ανάπτυξη των μυκήτων, ορισμένοι μύκητες σχηματίζουν σπόρια μόνο με

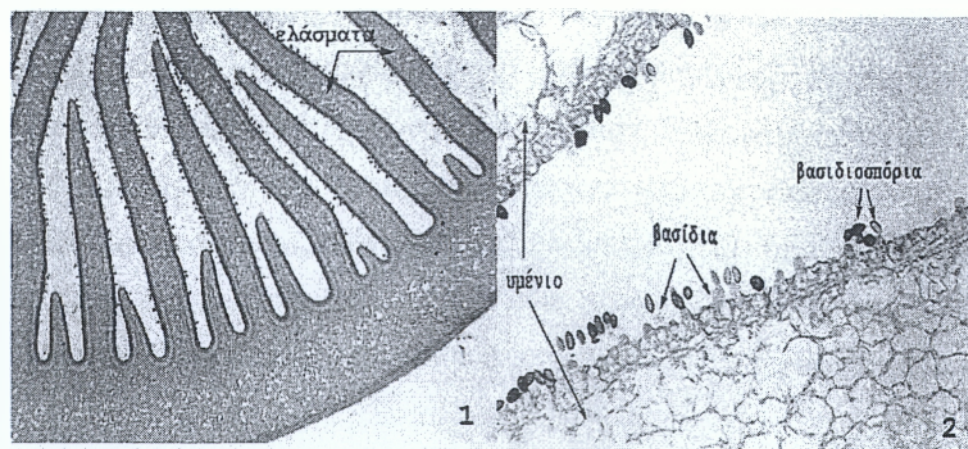
παρουσία φωτός, ενώ σε άλλους μύκητες το φως έχει καταστρεπτικές επιδράσεις (Ηλιόπουλος, 1996).

1. 2. Βασιδιομύκητες

Το φύλο των Βασιδιομυκήτων (*Basidiomycota*) περιλαμβάνει περίπου 22.000 καταγεγραμμένα είδη (δηλαδή το 35% των γνωστών ειδών των μυκήτων) (Taylor *et al.*, 2004) και αποτελεί μια μεγάλη και ετερογενή ταξινομική κατηγορία που περιλαμβάνει τα γνωστά μανιτάρια. Τα κυτταρικά τοιχώματα των βασιδιομυκήτων αποτελούνται από χιτίνη και γλυκάνες.

Η αγενής αναπαραγωγή στους Βασιδιομύκητες, γίνεται με τεμαχισμό του μυκηλίου, με ριζόμορφα, με εκβλαστήσεις αρθροσπορίων που είναι μονοπύρνα μυκηλιακά τεμάχια και προέρχονται από την διάσπαση υφών. Κατά την αγενή παραγωγή μερικά φυτοπαθογόνα είδη των Βασιδιομυκήτων σχηματίζουν κονίδια.

Βασικό χαρακτηριστικό των Βασιδιομυκήτων είναι η παραγωγή σπορίων εγγενούς αναπαραγωγής των βασιδιοσπορίων πάνω σε εξειδικευμένα, μικροσκοπικά γαμετάγγεια που ονομάζονται βασίδια. Τα βασιδιοσπόρια (Εικόνα 1.1) είναι γενικά μονοκύτταρα, απλοειδή και συνήθως περιέχουν έναν μόνο πυρήνα, εκτός από περιπτώσεις κατά τις οποίες σχηματίζονται δυο βασιδιοσπόρια, λόγω μιτωτικής διαίρεσης στα αρχικά στάδια. Τα βασιδιοσπόρια έχουν σχήμα λοβοειδή, ωσειδή, μπορεί να είναι είτε επιμήκης είτε κυλινδρικά (άχρωμα ή έγχρωμα), σχηματίζονται στην άκρη μικροσκοπικών νημάτων (στηρίγματα), τα οποία αναπτύσσονται εξωτερικά του βασιδίου (Alexopoulos and Mims, 1979; Hawksworth *et al.*, 1995, Παπαδοπούλου, 2009).



Εικόνα 1.1: Φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο. Αριστερά(1): τα ελάσματα Δεξιά(2): ο ψευδοϊστός των ελασμάτων, τα βασίδια και τα βασιδιοσπόρια. (1: [http:// io.uwinnipeg.ca](http://io.uwinnipeg.ca), 2: <http:// botit.botany.wisc.edu>).

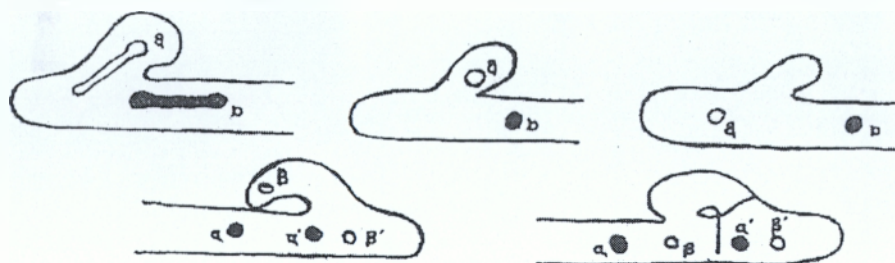
Τα βασιδιοσπόρια συνήθως αποκαλούνται βαλλιστοσπόρια επειδή εκτινάσσονται βίαια χάρις σε ένα ειδικό μηχανισμό απελευθέρωσης. Σχηματίζονται συνήθως ανά 4 σε κάθε βασίδιο στην κορυφή αποφύσεων που ονομάζονται στηρίγματα μετά από μια διαδικασία καρυογαμίας (σύντηξη πυρήνων) και μείωσης. Στην αρχή το βασίδιο είναι στενό και επίμηκες, αλλά σύντομα διευρύνεται, ενώ συγχρόνως γίνεται η συγχώνευση των δυο πυρήνων (καρυογαμία). Ακολουθούν δυο μειωτικές διαιρέσεις του διπλοειδούς πυρήνα, με αποτέλεσμα την δημιουργία τεσσάρων απλοειδών πυρήνων. Εντωμεταξύ, στην κορυφή του βασιδίου, αναπτύσσονται τέσσερις εκβλαστήσεις, τα στηρίγματα, στην άκρη των οποίων αρχίζει ο σχηματισμός των νεαρών βασιδιοσπορίων. Στη συνέχεια, ένας απλοειδής πυρήνας μαζί με το κυτόπλασμα μεταναστεύει μέσω των στηριγμάτων στα βασιδιοσπόρια. Έτσι δημιουργούνται τέσσερα απλοειδή βασιδιοσπόρια στην κορυφή και έξω από το βασίδιο.

Τα βασιδιοσπόρια απελευθερώνονται με εκτίναξη, καθώς ωριμάζει το σπόριο δημιουργείται μια μικρή φουσαλίδα στη βάση του, η οποία σπάζει και τινάζει τα σπόρια γι' αυτό το λόγο και τα βασιδιοσπόρια λέγονται βαλλιστοσπόρια.

Οι περισσότεροι Βασιδιομύκητες είναι ετεροθαλλικοί, το οποίο σημαίνει πως για την επιτυχή σύζευξη δύο μυκηλίων απαιτείται να διαφέρουν οι αλληλόμορφοι στο ένα (διπολικός ετεροθαλλισμός) ή στα δύο γονίδια (τετραπολικός ετεροθαλλισμός), που ελέγχουν το μηχανισμό της εγγενούς αναπαραγωγής. Οι υπόλοιποι είναι ομοθαλλικοί ή δευτερευόντως ομοθαλλικοί, άρα συνήθως δεν απαιτείται σύζευξη με άλλο συμβατό μυκήλιο για την ολοκλήρωση του βιολογικού τους κύκλου.

Το μυκήλιο των περισσότερων ετεροθαλλικών Βασιδιομυκήτων διέρχεται από τρία διαφορετικά στάδια εξέλιξης, πριν ο μύκητας ολοκληρώσει το βιολογικό του κύκλο. Το πρωτογενές μυκήλιο ή ομοκάρυο (όπως πολλές φορές αποκαλείται, λόγω του ότι όλοι οι πυρήνες, που περιέχει, είναι όμοιοι) σχηματίζεται με τη βλάστηση του βασιδιοσπορίου. Συνήθως περιέχει ένα μόνο πυρήνα ανά κύτταρο και η διάρκεια ζωής του είναι σχετικά περιορισμένη. Όταν έλθουν σε επαφή δυο συμβατά (δηλαδή αντίθετου συζευκτικού τύπου) ομοκάρυα μυκήλια, τότε αυτά αναστομώνονται, δηλαδή στο σημείο επαφής τους διαλύονται τα κυτταρικά τοιχώματα και επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ των δυο πρωτοπλαστών. Στη συνέχεια, σχηματίζεται το δευτερογενές ή ετεροκάρυο μυκήλιο ως αποτέλεσμα της πλασμογαμίας, δηλαδή της σύντηξης των υφών των δυο μυκήτων. Το νέο ετεροκάρυο ή δικάρυο μυκήλιο περιέχει συνήθως δυο διαφορετικούς πυρήνες (προερχόμενοι ο καθένας από διαφορετικό ομοκάρυο μυκήλιο), μέσω μιας διαδικασίας συζυγών διαιρέσεων των πυρήνων και μετακίνησης των θυγατρικών πυρήνων στα νέα

κύτταρα, τα οποία προκύπτουν (Ζερβάκης, 1998). Η ύπαρξη δυο διαφορετικών πυρήνων σε κάθε κύτταρο του μυκηλίου εξασφαλίζεται με την βοήθεια ειδικών χαρακτηριστικών κατασκευών που σχηματίζονται πάνω στις υφές, στα σημεία όπου δημιουργούνται τα σέπτα (*septa*, διαφράγματα), και ονομάζονται κρίκοι (*clamp connections*). Κατά την διάρκεια της διαίρεσης, ο κρίκος καμπυλώνει περισσότερο και αγγίζει το τοίχωμα του κυττάρου (**Εικόνα 1.2**), δημιουργώντας μια γέφυρα μεταξύ των θυγατρικών πυρήνων, ενώ παράλληλα πραγματοποιείται ο σχηματισμός σεπτών, που χωρίζουν το αρχικό κύτταρο σε δυο θυγατρικά κύτταρα, με αποτέλεσμα το καθένα να περιέχει τους δυο θυγατρικούς πυρήνες. Ο κρίκος παραμένει προσωρινά σαν μέρος της υφής και αποτελεί μορφολογικό χαρακτηριστικό γνώρισμα των Βασιδιομυκήτων, όπως και το γεγονός ότι έχουν δικάρυα υφή (Παντίδου, 1976; Moore, 1996). Όσον αφορά τα σέπτα, στους βασιδιομύκητες έχουν μια ιδιαίτερη μορφολογία αφού διαθέτουν έναν κεντρικό πόρο-άνοιγμα, ο οποίος έχει διογκωμένα άκρα (δολίπορο σέπτο) και περιβάλλεται από μια συνήθως διάτρητη ημισφαιρική μεμβράνη, που ονομάζεται παρενθόσωμα, η διαμόρφωση της οποίας είναι χρήσιμη για την διάκριση των κύριων ομάδων μεταξύ των Υμενομυκήτων (Taylor *et al.*, 2004).



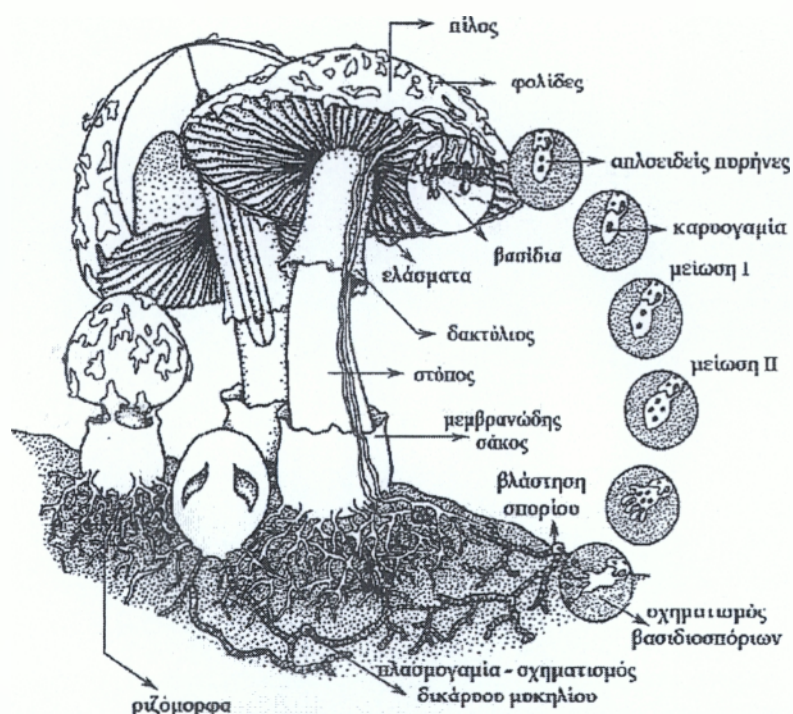
Εικόνα 1.2: Στάδια σχηματισμού του κρίκου και δημιουργία διπύρηνου μυκηλίου (Φραντζεσκάκης, 1990)

Το δικαρυωτικό μυκήλιο μπορεί να ζει για πολύ χρόνο μέσα στο υπόστρωμα το οποίο παρέχει θρεπτικά συστατικά. Όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές, ορισμένα θυγατρικά κύτταρα, με μια σειρά από πολύπλοκες μορφογενετικές διαδικασίες, θα σχηματίσουν τα βασιδιοκάρπια που συνήθως είναι μακροσκοπικά ορατά.

Οι ανώτεροι βασιδιομύκητες παράγουν τα βασίδια τους, σε οργανωμένες καρποφορίες διαφόρων τύπων. Οι περισσότεροι Βασιδιομύκητες παράγουν τα βασίδια τους στα βασιδιοκάρπια, εκτός από τα είδη της τάξης *Ustilaginales* και *Uredinales*, που προκαλούν στα φυτά ασθένειες γνωστές ως ανθρακώσεις, δαυλίτες και σκωρίαση.

Σε περίπτωση, σχηματισμού βασιδιοκαρπίων ο μύκητας όταν φτάσει στο κατάλληλο μορφογενετικό στάδιο, και σε συνδυασμό με την ύπαρξη ευνοϊκών περιβαλλοντικών συνθηκών, το τριτογενές πλέον μυκήλιο σχηματίζει οργανωμένους και εξειδικευμένους ψευδοϊστούς: αρχικά μια μικρή συμπαγή μάζα ψευδοϊστού (καταβολή καρποφορίας), η οποία εξελίσσεται σύντομα σε ώριμη καρποφορία (βασιδιοκάρπιο ή βασιδίσωμα) ολοκληρώνοντας τον εγγενή κύκλο αναπαραγωγής του βασιδιομύκητα (**Εικόνα 1.3**).

Στους βασιδιομύκητες με κλειστά βασιδιοκάρπια τα σπόρια όταν ωριμάσουν ελευθερώνονται με το νερό, τα έντομα, τον άνεμο ή με μηχανικά μέσα και διασκορπίζονται σε συνήθη μακρινές αποστάσεις. Έτσι διαφορετικά είδη ίδιων γενών διασταυρώνονται και ανταλλάσσουν γενετικό υλικό δημιουργώντας νέες ποικιλίες ή είδη. Η ποικιλομορφία εντός του είδους είναι αναγκαία για να διατηρήσει την ικανότητα προσαρμογής του (Ζερβάκης, 1998; Stamets, 1993; Moore, 1996).

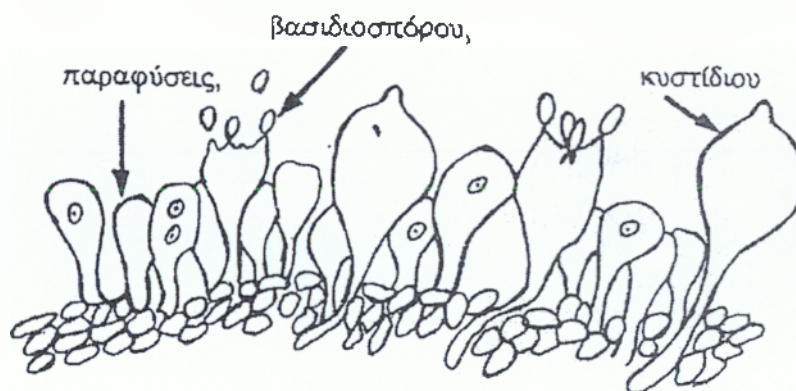


Εικόνα 1.3: Απεικόνιση βασιδιοκάρπιου και συνοπτική περιγραφή του βιολογικού κύκλου ενός τυπικού βασιδιομύκητα ([http:// www.ustboniface.mb.ca](http://www.ustboniface.mb.ca)).

Τα βασιδιοκάρπια μπορεί να είναι λεπτά, ζελατινοειδή, σαρκώδη, σπογγώδη, φελλώδη και σε πολλές άλλες δομές, το μέγεθος τους φτάνει το 1,5m σε διάμετρο, το βάρος τους μπορεί να ξεπεράσει τα 2,5kg. Η συνηθισμένη μορφή της καρποφορίας αποτελείται κατά βάση από τον πύλο και το στόπο. Στα περισσότερα είδη Βασιδιομυκήτων το γόνιμο στρώμα ή υμένιο (το οποίο αποτελείται από ελάσματα σε ακτινωτή διάταξη ή

μικρούς πόρους ή ακίδες ή διάφορες άλλες κατασκευές) βρίσκεται στην κάτω επιφάνεια του πύλου. Το υμένιο μπορεί να είναι εκτεθειμένο από τα αρχικά στάδια σχηματισμού του βασιδιοκάρπιου ή μόνο όταν το τελευταίο ωριμάσει. Επίσης, μπορεί να παραμείνει καλυμμένο μέχρι την αποσύνθεση της καρποφορίας ή τη θραύση της από εξωγενείς παράγοντες, όπως έντομα ή μικρά ζώα. Η δομή και η θέση του υμενίου πάνω στις καρποφορίες χρησιμοποιείται για τη διάκριση των βασιδιομυκήτων σε τάξεις και οικογένειες.

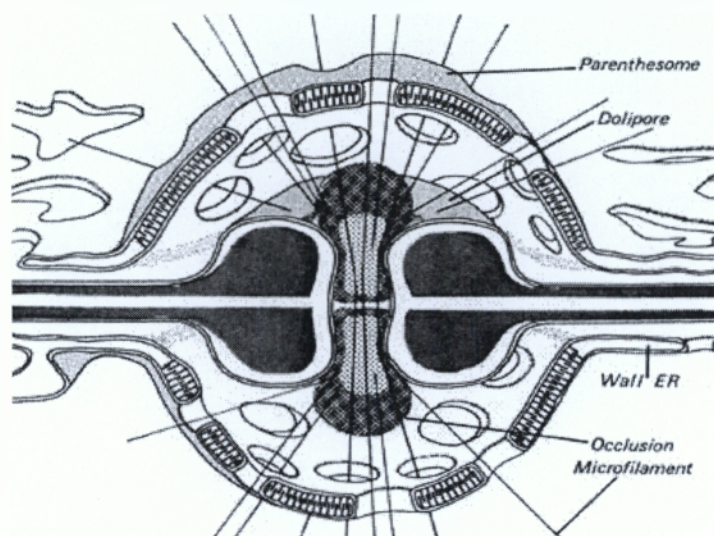
Στην επιφάνεια του υμενίου (Εικόνα 1.4) σχηματίζονται τα βασίδια, καθώς και στεία κύτταρα, που ονομάζονται παραφύσεις και κυστίδια. Τα βασίδια έχουν συνήθως ροπαλοειδές σχήμα και είναι μονοκύτταρα (ολοβασίδια). Ωστόσο υπάρχουν και βασίδια που διαιρούνται σε τέσσερα επιμέρους κύτταρα με διαμήκη ή εγκάρσια διαφράγματα (φραγμοβασίδια).



Εικόνα 1.4: Υμένιο των Βασιδιομυκήτων (Φραντζεσκάκης, 1990).

Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα ερευνητικά ευρήματα, που βασίζονται σε μοριακούς χαρακτήρες και ιδιαίτερα στην ανάλυση της ακολουθίας του ριβοσωματικού DNA, οι βασιδιομύκητες διαχωρίζονται σε τρεις μεγάλες ταξινομικές ομάδες: *Hymenomycetes*, *Ustilaginomycetes* και *Urediniomycetes* (Ζερβάκης, 1998; Taylor *et al.*, 2004).

Το κύριο μορφολογικό γνώρισμα των *Hymenomycetes* είναι ότι σχηματίζουν δολίπορα σέπτα (Εικόνα 1.5), παρενθόσωμα, προτιμούν ως κύρια πηγή άνθρακα τη γλυκόζη και δευτερευόντως τη μαννόζη και την ξυλόζη και σύμφωνα με τον Ζερβάκη (1998) διακρίνονται στις ακόλουθες Τάξεις και Ομάδες: *Agaricales*, *Gasteromycetes*, *Aphyllorphorales*, *Dacrymycetales*, *Ceratobasidiales*, *Tulasnellales* και *Tremellales* (η οποία μπορεί να μη φέρει παρενθόσωμα).



Εικόνα 1.5: Δολίπορα διαφράγματα με διάτρητο παρενθόσωμα (Moore and Marchant, 1972)

Η τάξη των *Agaricales* περιλαμβάνει γύρω στα 5.000 είδη που κατατάσσονται σε 15 Οικογένειες, από τις οποίες οι σημαντικότερες είναι:

- *Boletaceae*: όλα τα είδη σχηματίζουν μαλακές σαρκώδεις καρποφορίες και φέρουν υμένιο με κάθετους σωληνίσκους και πόρους στην εξωτερική τους επιφάνεια. Αναπτύσσουν συνήθως συμβιωτικές σχέσεις με πολλά είδη φυτών, ενώ πολλά από αυτά είναι εδώδιμα με εξαιρετική γεύση, π.χ. *Boletus*, *Suillus*.

- *Hygrophoraceae*: σχηματίζουν λευκά, λεπτότοιχα, βασιδιοσπόρια σε κυλινδρικά βασίδια, και το κυριότερο γένος είναι το *Hygrophorus* το οποίο περιλαμβάνει κυρίως μυκορριζικά είδη που συχνά σχηματίζουν καρποφορίες με έντονα χρώματα.

- *Russulaceae*: τα περισσότερα είδη αναπτύσσουν μυκορριζικές σχέσεις με αγγειόσπερμα φυτά. Περιλαμβάνει εδώδιμα αλλά και δηλητηριώδημανιτάρια και τα πιο σημαντικά γένη είναι τα *Lactarius* και *Russula*.

- *Tricholomataceae*: η πιο πολυμελής Οικογένεια που περιλαμβάνει μύκητες που κατά κανόνα σχηματίζουν λευκόχρωμα σπόρια και φέρουν ελάσματα. Πολλά εδώδιμα και καλλιεργούμενα είδη είναι τα *Pleurotus spp.*, *Flammulina velutipes*, *Lentinula edodes*, κ.τ.λ., ή παθογόνα όπως είναι το *Armillaria mellea*.

- *Amanitaceae*: περιλαμβάνει το γνωστό γένος *Amanita* που διακρίνεται από τα ελεύθερα λευκά ελάσματα, την ύπαρξη δακτυλίου και βολβό στο βασιδιοκάρπιο, επίσης περιλαμβάνει συμβιωτικά με φυτά, όπου τα είδη αυτά είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα ή

θανατηφόρα εάν καταναλωθούν από τον άνθρωπο επειδή παράγουν τοξικές ενώσεις, π.χ. *A. muscaria*, *A. phalloides*.

- *Agaricaceae*: περιλαμβάνει 25 γένη, τα περισσότερα είναι σαπροφυτικά, με γνωστότερο το *Agaricus* στο οποίο ανήκουν πολλά εδώδιμα είδη μεταξύ των οποίων και το καλλιεργούμενο λευκό μανιτάρι.

- *Strophariaceae*: αυτά σχηματίζουν βασιδιοσπόρια πορφυροκάστανου χρώματος. Περιλαμβάνουν είδη που αναπτύσσονται κυρίως σε υποστρώματα πλούσια σε αποσυντιθέμενη οργανική ύλη, με κυριότερα γένη τα *Stropharia* και *Psilocybe*, με το δεύτερο να παράγει βασιδιοκάρπια που περιέχουν παραισθησιογόνες ουσίες.

- *Copriniaceae*: περιλαμβάνει κυρίως είδη σαπροφυτικά με σκουρόχρωμα βασιδιοσπόρια με κυριότερο γένος το *Coprinus*, το οποίο σχηματίζει βασιδιοκάρπια που ωριμάζουν και αυτολύονται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

- *Pluteaceae*: σχηματίζουν βασιδιοσπόρια ρόδινου χρώματος και αναπτύσσονται κυρίως σαπροτροφικά. Ο πιο σημαντικός εκπρόσωπος είναι το είδος *Volvariella volvacea* που παράγει εκλεκτές εδώδιμες καρποφορίες και καλλιεργείται ευρέως στην Άπω Ανατολή.

- *Cortinariaceae*: περιλαμβάνει είδη που σχηματίζουν καστανά βασιδιοσπόρια, ενώ το *Cortinarius* είναι το πολυπληθέστερο γένος της *Agaricales* με είδη που φέρουν πέπλο πολύ λεπτό σαν ιστό αράχνης που εκτείνεται από την περιφέρεια του πύλου ως τον στύπο, όπου πολλά από αυτά είναι μυκορριζικά και δηλητηριώδη.

Οι *Gasteromycetes* αποτελούν ένα ετερογενές και πολυφυλετικό άθροισμα όπου κύριο χαρακτηριστικό του είναι ότι η ωρίμανση των βασιδιοσπορίων γίνεται σε κλειστά βασιδιοκάρπια (αγγειοκαρπικά βασιδιοκάρπια). Το εξωτερικό τοίχωμα του βασιδιοκαρπίου ονομάζεται περίδιο και μπορεί είτε να ανοίξει με διάφορους τρόπους είτε να παραμείνει κλειστό μέχρι την αποσύνδεσή του. Τα βασιδιοσπόρια σχηματίζονται στο εσωτερικό της καρποφορίας από ολοβασίδια που σχηματίζονται πάνω σε ένα γόνιμο στρώμα (γκλέμπα). Οι περισσότεροι *Gasteromycetes* είναι σαπροτροφικοί ή μυκορριζικοί, πολλά είδη είναι εδώδιμα, ενώ άλλα έχουν στυπτική και αντισηπτική δράση. Οι *Gasteromycetes* περιλαμβάνουν 5 Τάξεις και ένα τεχνητό άθροισμα όπου είναι:

- *Lycoperdales*: περιλαμβάνει είδη που σχηματίζουν υπέργειες, κλειστές, σφαιρικές καρποφορίες με λεπτό περίδιο και ανοιχτόχρωμη γκλέμπα. Αναπτύσσονται κυρίως σαπροφυτικά πάνω σε νεκρά φυτικά υπολείμματα και τα πιο γνωστά γένη είναι τα *Lycoperdon*, *Calvatia*, *Geastrum*.

- *Tulostomatales*: περιλαμβάνονται είδη που παράγουν υπέργειες καρποφορίες οι οποίες μοιάζουν με εκείνες των *Lycoperdales* με βασική διαφορά ότι σχηματίζονται στην κορυφή στελεχών που μπορεί να φθάσουν τα 30cm σε ύψος (γένος *Battarrea*).

- *Sclerodermatales*: χαρακτηρίζονται από βασιδιοκάρπια με χοντρό και σκληρό περίδιο, και με γκλέμπα σκούρου χρώματος. Περιλαμβάνει 3 Οικογένειες, τα είδη των οποίων αναπτύσσονται σαπροφυτικά ή μυκορριζικά. Το γένος *Scleroderma*, σχηματίζει σφαιρικές καρποφορίες, συχνά υπόγειες και δημιουργεί εκτομυκόρριζες όπως και το γένος *Astraeus* που όταν τα βασιδιοκάρπια του είναι νωπά έχουν σχήμα άστρου. Το πιο ενδιαφέρον είδος της Τάξης αυτής είναι το *Pisolithus tinctorius*, το οποίο έχει στο εξωτερικό σε προσπάθειες αναδάσωσης λόγω της στενής συμβιωτικής σχέσης που αναπτύσσει με κωνοφόρα δέντρα.

- *Phallales*: περιλαμβάνει είδη που σχηματίζουν βασιδιοκάρπια με χαρακτηριστικό σχήμα φαλλού, κέρατος ή δικτύου καθώς και υπόγειες καρποφορίες. Οι περισσότεροι διαμορφώνουν τις καταβολές των καρποφοριών του κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, αλλά αργότερα κατά την ωρίμανση μεγαλώνουν επίγεια.

- *Nidulariales*: περιλαμβάνει είδη που σχηματίζουν βασιδιοκάρπια που μοιάζουν με μικροσκοπικές φωλιές πουλιών. Οι διαστάσεις τους δε ξεπερνούν τα 15mm είναι συνήθως ημισφαιρικά, κενά στο εσωτερικό τους περιέχουν γόνιμα στρώματα φακοειδούς σχήματος (περιδιόλες) τα οποία περιέχουν τα βασιδιοσπόρια.

- Άλλοι *Gasteromycetes*: περιλαμβάνει είδη που παλιότερα υπάγονταν στην Τάξη *Hymenogastres* και χαρακτηρίζονται από την παραγωγή υπόγειων καρποφοριών («ψευδοτρούφες», γένος *Rhizopogon*) και επίγειων βασιδιοκαρπίων με διακριτό στύλο αλλά μη σαφώς διαμορφωμένο πύλο.

Η *Aphyllophorales* αποτελεί την πιο ετερογενή Τάξη των Βασιδιομυκήτων και συμπεριλαμβάνει κατά κύριο λόγο είδη που σχηματίζουν ολοβασιδία αλλά δεν φέρουν ελάσματα, και αναπτύσσονται σε γυμνοκαρπικά βασιδιοκάρπια. Όμως στις περιπτώσεις που φέρει πόρους ή ελάσματα στην επιφάνεια του τότε το βασιδιοκάρπιο είναι σκληρό και συμπαγές (ξυλώδες, δερματώδες, φελλώδες). Η Τάξη αυτή διαιρείται σε 23 Οικογένειες με βάση τις φυλογενετικές σχέσεις που εμφανίζουν τα μέλη της. Οι πιο σημαντικές είναι:

- *Hymenochaetaceae*: περιλαμβάνει είδη με πορώδες, λείο ή οδοντοειδές υμένιο και τα πιο γνωστά γένη είναι τα *Phellinus* και τα *Inonotus* που προκαλούν σήψεις σε πολλά είδη δέντρων.

- *Ganodermataceae*: περιλαμβάνει είδη με πορώδες υμένιο και βασιδιοκάρπια που έχουν βερνικωμένη όψη, ακόμα προκαλούν εκτεταμένες σήψεις σε δασικά δέντρα.

- *Fistulinaceae*: περιλαμβάνει το εδώδιμο είδος *Fistulina hepatica*.

- *Polyporaceae*: είναι πολύ ετερογενής, περιλαμβάνει πάνω από 300 είδη, μεταξύ των οποίων είναι τα δασικά παθογόνα *Heterobasidion annosum* και *Fomes fomentarius* καθώς επίσης και το κοινό σαπροφυτικό είδος *Trametes versicolor*.

- *Schizophyllaceae*: περιλαμβάνει τον πιο διαδεδομένο σε μελέτες γενετικής Βασιδιομύκητα *Schizophyllum commune*.

- *Cantharellaceae*: περιλαμβάνει το γένος *Cantherellus* με εκλεκτά εδώδιμα είδη, σπουδαιότερο των οποίων είναι το *C. cibarius*.

- *Clavariaceae*: περιλαμβάνει είδη με ροπαλοειδείς ή κοραλλιόμορφες καρποφορίες.

- *Coniophoraceae*: περιλαμβάνει είδη με λείο ή οδοντοειδές υμένιο, με πιο γνωστό το *Serpula lacrimans* που προκαλεί σημαντικές καταστροφές σε ξύλινες κατασκευές.

- *Stereaceae*: περιλαμβάνει πολλά ευρέως διαδεδομένα ξυλοσηπτικά είδη όπως αυτά του γένους *Stereum*.

- *Corticaceae*: είναι ιδιαίτερα πολυπληθές και ετερογενές άθροισμα που περιλαμβάνει σαπροτροφικά και μυκοπαρασιτικά είδη.

- *Hydnaceae*: περιλαμβάνει κυρίως είδη με σαρκώδεις καρποφορίες που φέρουν στύπο και υμένιο με ακίδες.

- *Hericiaceae*: περιλαμβάνει είδη με χαρακτηριστικά βασιδιοκάρπια που φέρουν λείο ή με πολύ επιμηκυμένες ακίδες υμένιο, π.χ. *Hericium erinaceus*.

Η *Auriculariales* αποτελεί τη μεγαλύτερη Τάξη των ζελατινοειδών Βασιδιομυκήτων και περιλαμβάνει 30 γένη, τα περισσότερα από τα οποία είναι σαπροτροφικά. Χαρακτηριστικό γνώρισμα είναι η μορφή του βασιδίου όπου χωρίζεται σε τέσσερα κύτταρα με εγκάρσια ή με επιμήκη διαφράγματα, και έχουμε και την ύπαρξη συνεχούς μη διάτρητου παρενθωσώματος. Οι πιο γνωστοί εκπρόσωποι είναι τα είδη του γένους *Auricularia* και ειδικά το *A. auricula-judae* που είναι το πιο διαδεδομένο και ευρέως καλλιεργούμενο είδος στην παγκόσμια παραγωγή όπου ετησίως πλησιάζει τους 500.000 τόνους. Άλλα γένη που παράγουν χαρακτηριστικές καρποφορίες είναι τα *Exidia*, *Phlogiotis*, *Pseudohydnum* και *Tremelloderdron*.

Η *Dacrymycetales* περιλαμβάνει μύκητες που προσβάλλουν τα νεκρά ξύλα και προκαλούν φαιές σήψεις. Παράγουν μικρές ζελατινώδεις ή κηρώδεις καρποφορίες διαφόρων σχημάτων κίτρινου ή πορτοκαλί χρώματος. Το βασίδιο τους είναι μονοκύτταρο, μικρό, διχαλωτό, και φέρει δύο βασιδιοσπόρια. Τα τελευταία μπορεί να διαιρεθούν μετά την απελευθέρωση τους και να σχηματίσουν μικροκονίδια. Τα πιο κοινά γένη είναι τα *Calocera* και *Dacrymyces*.

Τα περισσότερα είδη των *Ceratobasidiales* φέρουν ολοβασίδια με τέσσερα μεγάλα και καλοσχηματισμένα στηρίγματα, παράγουν δευτερογενή σπόρια και έχουν διάτρητο παρενθόσωμα. Τα πιο γνωστά είναι τα *Ceratobasidium* και *Thanatephorus*. Το πρώτο περιλαμβάνει το είδος *C. anceps* που προσβάλλει μεγάλο αριθμό φυτών, ενώ το δεύτερο περιλαμβάνει το είδος *T. cucumeris*, το οποίο αποτελεί την τέλεια μορφή του σημαντικού εδαφικού φυτοπαθογόνου *Rhizoctonia solani* που δημιουργεί σοβαρές ζημιές στις καλλιέργειες.

Η *Tulasnellales* χαρακτηρίζεται από το σχηματισμό διακριτού βασιδίου που φέρει τέσσερα στηρίγματα διογκωμένα στη βάση τους. Οι καρποφορίες τους είναι συνήθως επίπεδες και κηρώδεις. Επίσης, περιλαμβάνει σαπροτροφικά και συμβιωτικά είδη.

Τέλος, η *Tremellales* περιλαμβάνει είδη που επιδεικνύουν διμορφικό βιολογικό κύκλο, δηλαδή απλοειδή φάση στην οποία έχουν μορφή ζύμης και δικάρυα φάση στην οποία παρουσιάζουν μυκήλιο με κρίκους. Πολλά γένη είναι μυκοπαράσιτα και προσβάλλουν άλλους Βασιδιομύκητες ή και Ασκομύκητες ενώ άλλα είδη σχηματίζουν ευδιάκριτα βασιδιοκάρπια κυρίως πάνω σε φυτικά υπολείμματα, π.χ. το είδος *Tremella mesenterica* που παράγει έντονα κίτρινες, ζελατινοειδείς καρποφορίες, ή το *T. fuciformis* που καλλιεργείται για τα λευκά έως διαφανή, λοβώδη μανιτάρια όπου και χρησιμοποιούνται στη φαρμακευτική ή καταναλώνονται ως τροφή.

1. 3. Χημική σύσταση και θρεπτική-διαιτητική αξία των μανιταριών.

Η θρεπτική αξία των μανιταριών είναι γνωστή. Γενικά, τα μανιτάρια αποτελούνται από νερό σε ποσοστό 85-95%. Η ξηρή ουσία της περιέχει 20-40% πρωτεΐνες (σε μεγάλη αναλογία τα ελεύθερα αμινοξέα γλουταμινικό και ασπαρτικό οξύ, προλίνη, φαινυλανίνη, αργινίνη), 2-8% λιπαρά (υψηλή περιεκτικότητα σε πολυακόρεστα οξέα και ειδικά σε λινολεϊκό), 3-28% υδατάνθρακες (κυρίως μανιτόλη και μαννόζη) και 3-32% ίνες (χιτίνη) (Ζερβάκης, 1992; Φιλιπούσης και Ζερβάκης, 1998).

Η διαφορά στην θρεπτική ανάλυση των μανιταριών οφείλεται σε διάφορες επιδράσεις. Το ποσοστό των πρωτεϊνών επηρεάζεται από τον τύπο του υποστρώματος, από το μέσο αποικισμού καθώς και από την αναλογία των συστατικών του. Διαφορά στη θρεπτική σύσταση υπάρχει και ανάμεσα στα στελέχη του γένους *Pleurotus* (Stamets, 1993).

Επιπλέον, η περιεκτικότητα της σε βιταμίνες είναι σημαντική καθώς έχουν σε μεγάλη ποσότητα την βιταμίνη Α και βιταμίνες του συμπλέγματος Β (ριβοφλαβίνη, θιαμίνη, πυριδοξίνη, φολικό οξύ και χολίνη) ενώ σε μικρότερες ποσότητες της βιταμίνες D, E, K, C. Σε ικανοποιητικά επίπεδα είναι και τα ανόργανα στοιχεία της το νάτριο (Na), το κάλιο (K), το ασβέστιο (Ca), ο σίδηρος (Fe) αλλά κυρίως ο φώσφορος (P) (Crisan & Sands, 1978). Τέλος, περιέχονται ιχνοστοιχεία σε μικρές ποσότητες, τα οποία είναι απαραίτητα στον άνθρωπο για της διάφορες ενζυμικές διαδικασίες, στη σύνθεση ορμονών κ.τ.λ.

Τα μανιτάρια έχουν και φαρμακευτικές ιδιότητες, οι οποίες κατά καιρούς έχουν εξετασθεί και έχει διαπιστωθεί ότι ορισμένες ουσίες που περιέχουν δρουν κατασταλτικά σε διάφορες παθήσεις. Παρέχουν προστασία στον οργανισμό κατά των ιώσεων, επιπλέον, βοηθάει στην θεραπεία της αναιμίας με το υψηλό ποσοστό Fe και φολικού οξέος (Διαμάντης, 1992). Η κατανάλωση μανιταριών συμβάλει στο μεταβολισμό της χοληστερίνης και στη διατήρηση της σε χαμηλά επίπεδα λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας σε λίπη, παράλληλα βοηθά της διαβητικούς λόγω της μικρής συγκέντρωσης της σε σάκχαρα καθώς και των μεγάλων ποσοτήτων του φολικού οξέος (Στεφανάκης, 1995). Τέλος, βρέθηκε ότι έχουν απομονωθεί ουσίες από τα εδώδιμα μανιτάρια οι οποίες μειώνουν την πίεση στο κυκλοφοριακό σύστημα. Ειδικότερα της μύκητες *Pleurotus* υπάρχει η ουσία εριταδενίνη, η οποία αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα της καρδιοπάθειας και στη ρύθμιση της χοληστερόλης στο αίμα (Cochran, 1978).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ *PLEUROTUS*

2. 1. Μορφολογικά χαρακτηριστικά των ειδών του γένους *Pleurotus*

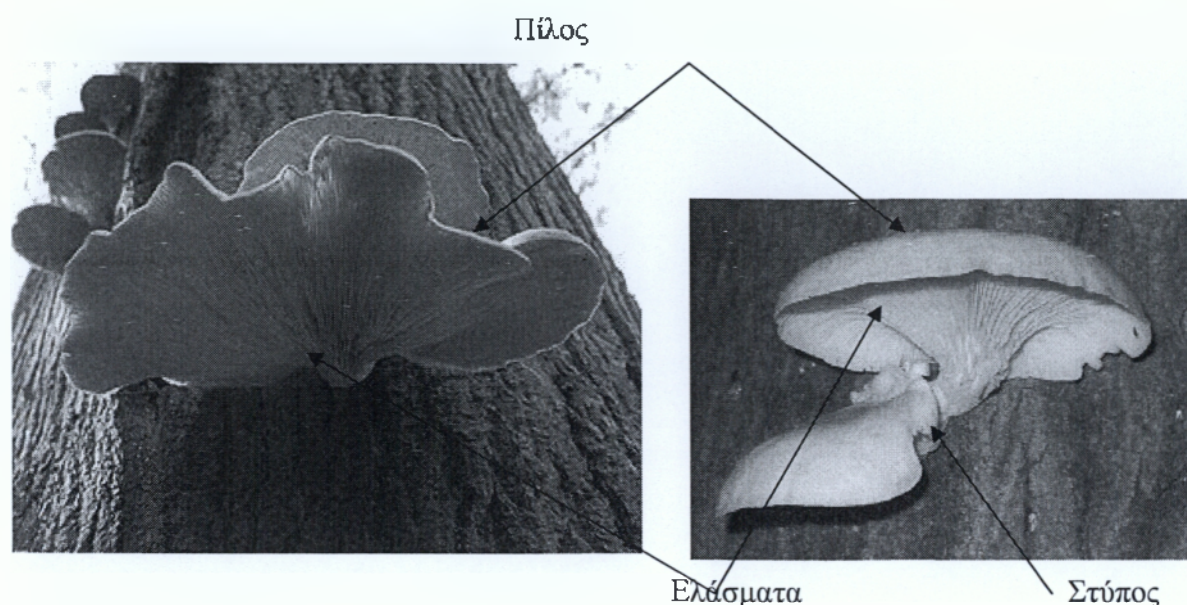
Σύμφωνα με της Ζερβάκης (1998), Γιατράς (1996) και Stamets (1993) συνοπτικά τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του γένους *Pleurotus* είναι τα παρακάτω:

Το μυκήλιο είναι ετεροκάρυο με ρυθμική (σε ομόκεντρες ζώνες) έως ακανόνιστη ανάπτυξη με ή χωρίς ατελή μορφή (κορέμια, γλαμυδοσπόρια), λευκού έως καστανού (λόγω της ύπαρξης γλαμυδοσπορίων) χρώματος, με ή χωρίς σχηματισμό κίτρινων χρωστικών και οσμής φρουτώδους (Singer, 1986).

Στις παραγωγικές υφές υπάρχουν πολυάριθμοι κρίκοι και εγκάρσια διαφράγματα (septa). Σχηματίζει συχνά κονίδια πάνω της υφές, καθώς και καταβολές καρποφοριών με ή χωρίς τη μεσολάβηση ψυχρού ερεθίσματος. Το ομοκάρυο μύκηλιο έχει κατά κανόνα μικρότερη ταχύτητα γραμμικής αύξησης απ' ότι το ετεροκάρυο και πολύ σπάνια παράγει κονίδια και καταβολές σποριοφόρων.

Ο πύλος του βασιδιοκαρπίου είναι μεγέθους 1,5-20cm, αρχικά κυρτός, στην συνέχεια οστρακόμορφος ως δισκόμορφος και τελικά επίπεδος ή κοίλος έως χωνοειδής με χρωματικές αποχρώσεις από κίτρινου ή καστανού έως κυανού χρώματος. Η περιφέρειά του συχνά διπλωμένη της τα κάτω. Η εξωτερική επιφάνεια του πύλου είναι λεία ή με ελαφρές σχισμές, λέπια ή φολίδες και το εσωτερικό (σάρκα) συνήθως συμπαγές, λευκού έως ανοιχτού κίτρινου χρώματος. Το σύστημα υφών του πύλου αποτελείται από παραγωγικές υφές, παράλληλα διατεταγμένες με λεπτά τοιχώματα, εγκάρσια διαφράγματα και κρίκους. Σε ορισμένα είδη παρατηρούνται της σκελετικές υφές, έντονα διακλαδισμένες, χωρίς κρίκους και με δευτερογενή εγκάρσια διαφράγματα.

Ο στύπος είναι έκκεντρος ή πλευρικός, λευκού έως τεφροκάστανου χρώματος, λείος ή χνοώδης, μακρύς και λεπτός έως κοντός και χονδρός (Εικόνα 2.1.). Τα χαρακτηριστικά που προαναφέρθηκαν, παρουσιάζουν σχετικά μικρές διαφορές μεταξύ των ειδών και επηρεάζονται από της υπάρχουσες περιβαλλοντικές συνθήκες (Ζερβάκης, 1992).



Εικόνα 2.1: Απεικόνιση των κυριότερων χαρακτηριστικών τωνμανιταριών *Pleurotus* (Παπαδοπούλου, 2012).

Τα ελάσματα της καρποφορίας είναι μακρόστενα, λεία, ακτινωτά, διατρέχοντα την κάτω επιφάνεια του πύλου έως την κορυφή του στύπου χρώματος λευκού έως ανοιχτού ερυθρού.

Τα βασίδια είναι κυλινδρικά, υαλώδη λεπτού κυτταρικού τοιχώματος διαστάσεων 25-35/3,5-4 μ m. Τα βασιδιοσπόρια είναι υποκυλινδρικά κυλινδρικά έως ελλειψοειδή, με λεπτά λεία τοιχώματα, μη αμυλώδη, εσωτερικό κυανόφιλο με ή χωρίς ελαιώδεις σταγόνες. Το ίχνος των βασιδιοσπορίων είναι λευκού έως ανοιχτού καστανού χρώματος. Τα βασίδια είναι κυλινδρικά, ροπαλοειδή, με τέσσερα στηρίγματα.

Οι καρποφορίες αγενών σπορίων της σύννημα και κορέμια εμφανίζονται μόνο στο υπογένος *Coremiopleurotus*. Ενώ τα γλαμυδοσπόρια απαντώνται μόνο στα είδη του υπογένους *Lentodiopsis*. Άλλες αναπαραγωγικές καρποφορίες περιλαμβάνουν κονίδια, που απαντώνται σ' όλα σχεδόν τα είδη *Pleurotus*, παραγόμενα από της σποριοφόρων υφές.

Στον παρακάτω πίνακα (**Πίνακα 1**) παραθέτονται τα κυριότερα μορφολογικά χαρακτηριστικά του είδους *P. cornucopiae* και της ποικιλίας *P. ostreatus* var. *columbinus* (Zervakis and Balis, 1996).

Πίνακας 1: Κυριότερα μορφολογικά χαρακτηριστικά του είδους *P. cornucopiae* και της ποικιλίας *P. ostreatus var. Columbinus*

Χαρακτηριστικά Στελεχών	<i>P. cornucopiae</i>	<i>P. ostreatus var. columbinus</i>
Μέγεθος Πύλου	3,5-8,0 cm	3,0-10,0 cm
Σχήμα Πύλου	Χωνοειδή	Επίπεδο οστρακόμορφο
Χρώμα Πύλου	Υπόλευκο έως κίτρινο πορφυρό	Καστανό έως τεφρό έως κυανό
Ύψος Στύπου	1,0-3,5 cm	0,5-2,5 cm
Σχήμα Στύπου	Κυλινδρικό	Κυλινδρικό
Σχήμα Βασιδίων	Κυλινδρικό	Κυλινδρικό
Μέγεθος Βασιδίων	25-36×5,6-6,8μm	20-45×4,0-8,5μm
Μέγεθος Βασιδιοσπορίων	6,5-13,5×3,0-5,0μm	8,0-11,5×3,5-5,0μm
Ίχθος Βασιδιοσπορίων (Spore-print)	Καστανό έως πορφυρό	Λευκό έως κρεμ
Παρουσία Κρίκων	ΝΑΙ	ΝΑΙ

2. 2. Ο βιολογικός κύκλος των μυκήτων του γένους *Pleurotus*

Ο βιολογικός κύκλος των μυκήτων του γένους *Pleurotus* είναι τυπικός της κατηγορίας των Ομοβασιδιομυκήτων και αποτελείται από τις εξής τρεις ευδιάκριτες φάσεις (Εικόνα 2.2):

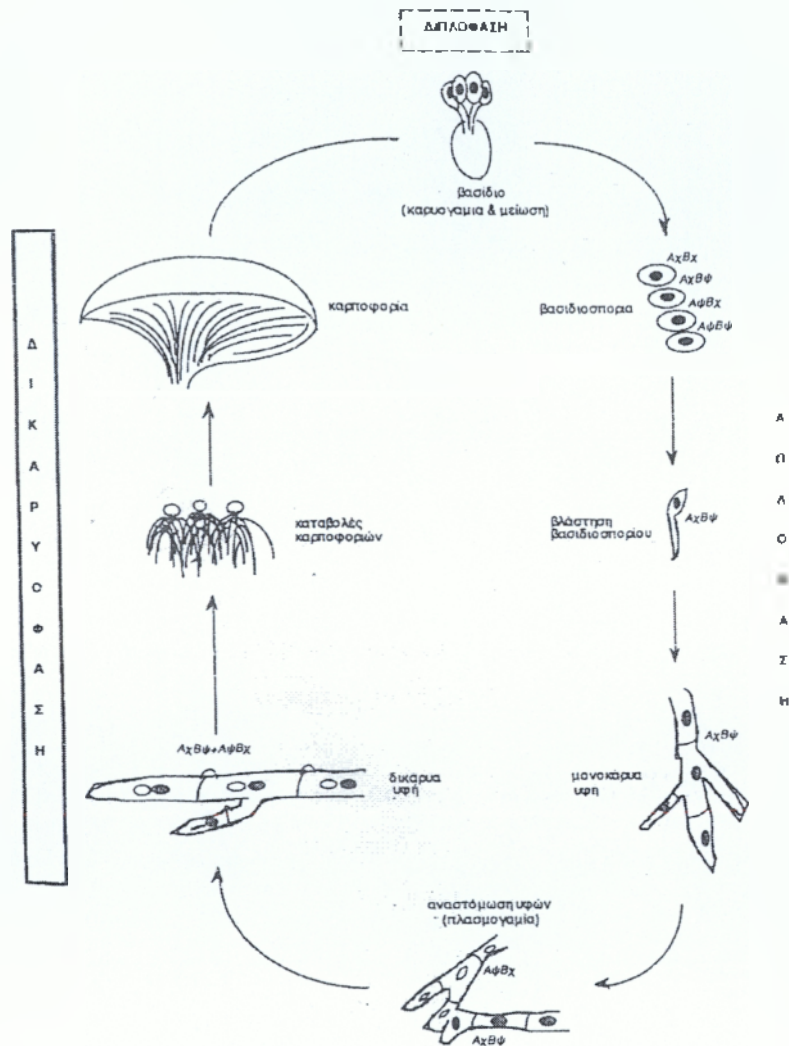
1. Διπλοειδής, η οποία λαμβάνει χώρα σε ειδικά αναπαραγωγικά επάκρια κύτταρα, τα βασίδια, που σχηματίζονται στο γόνιμο στρώμα (υμένιο) της καρποφορίας. Εκεί πραγματοποιείται η σύντηξη δυο διαφορετικών πυρήνων (καρυογαμία), για να ακολουθήσει ευθύς αμέσως η μειωτική διαίρεση. Οι τέσσερις απλοειδής πυρήνες που

προκύπτουν, μεταναστεύουν μεμονωμένα σε μια τετράδα εξωγενώς παραγομένων βασιδιοσπορίων. Η διπλοειδής φάση περιορίζεται μόνο σε μια γενιά διπλοειδών πυρήνων.

2. Ομοκάρυος (ή μονοκάρυος), η οποία αρχίζει με τη βλάστηση του βασιδιοσπορίου και το σχηματισμό μονοκαρύου υφής. Αυτή η μονοπύρηνη κατάσταση διατηρείται με τη μεσολάβηση μιας σύνθετης ενδοκυτταρικής διαδικασίας κατασκευής εγκάρσιων διαφραγμάτων, η οποία επιτρέπει τη κυττοπλασματική επικοινωνία, παρεμποδίζοντας όμως τη ταυτόχρονη δίοδο των πυρήνων. Η φάση αυτή διατηρείται μέχρι οι μονοκάρυες υφές να έρθουν σε επαφή με άλλες αντιθέτου συζευκτικού τύπου.

3. Έτεροκάρυος (ή δικάρυος), η οποία συντελείται με τη σύντηξη υφών (πλασμογαμία) συμβατών ομοκάρυων και τη μετανάστευση πυρήνων ανά δυο στα κύτταρα του νεοσχηματισθέντος μυκηλίου. Το τελευταίο χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη κρίκων που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της κυτταρικής διαίρεσης στα νέα εγκάρσια τοιχώματα εξασφαλίζοντας την παρουσία δύο διαφορετικών πυρήνων σε κάθε κύτταρο. Με την επίδραση γενετικών και περιβαλλοντικών παραγόντων, το δικάρυο μυκήλιο σχηματίζει καταβολές καρποφοριών γυμνοκαρπικού τύπου και δίνουν γένεση στις ώριμες καρποφορίες *Pleurotus* (Ζερβάκης, 1992).

Η εγγενής αναπαραγωγή στους μύκητες του γένους *Pleurotus* ελέγχεται μέσω ενός συστήματος ασυμβατότητας. Η μετάβαση από την απλοειδή στη δικάρυο φάση προϋποθέτει πλασμογαμία δυο, διαφορετικής γενετικής σύστασης, αλλά όμοιων μορφολογικά ομοκάρυων μυκηλίων. Έτσι στους μύκητες *Pleurotus* από ένα βασίδιο προκύπτουν τέσσερις τύποι μονοπύρηνων σπορίων, στους πυρήνες των οποίων υπάρχουν από δυο παράγοντες-γόνους συμβατότητας A και B με πολλαπλούς αλληλόμορφους. Ο σχηματισμός δικαρούου μυκηλίου πραγματοποιείται μόνο στην περίπτωση που οι μονοκάρυες προς σύζευξη υφές διαφέρουν και στους δυο παράγοντες ασυμβατότητας ($A \neq B \neq$) (Ηλιόπουλος, 1993; Ζερβάκης, 1998).



Εικόνα 2.2: Διαγραμματική απεικόνιση του βιολογικού κύκλου των μυκήτων *Pleurotus* (Ζερβάκης, 1992).

2. 3. Στοιχεία φυσιολογίας

Οι μύκητες του γένους *Pleurotus* χαρακτηρίζονται από την ικανότητά τους να αποικίζουν λιγνοκυτταρινούχα υποστρώματα. Χρησιμοποιούν την κυτταρίνη ως πηγή άνθρακα. Συνήθως αναπτύσσονται σε υποστρώματα που είναι φτωχά σε θρεπτικά στοιχεία και βιταμίνες και έχουν σχέση άνθρακα προς άζωτο (C/N) μεγαλύτερη του 50.

Οι απαιτήσεις σε άζωτο των *Pleurotus* είναι μικρότερες συγκριτικά με το κηπευτικό μανιτάρι, αυτό οφείλεται στην ικανότητά τους να δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο. Παρόλα αυτά η προσθήκη στο υπόστρωμα υλικών πλούσιων σε άζωτο, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης της καλλιέργειας.

Οι κυριότερες περιβαλλοντικές συνθήκες που επιδρούν κατά τη διάρκεια παραγωγής των μανιταριών του γένους *Pleurotus* είναι οι εξής:

- **Θερμοκρασία:** Η άριστη θερμοκρασία περιβάλλοντος για την ανάπτυξη του μυκηλίου δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 23°C, ώστε η θερμοκρασία του υποστρώματος να διατηρείται στους 25-28°C. Σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 40°C και για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 24 ωρών, το μυκήλιο νεκρώνεται. Για ορισμένα είδη του γένους *Pleurotus* είναι απαραίτητη η μεσολάβηση ψυχρού ερεθίσματος, με θερμοκρασίες κάτω των 10°C για διάστημα 4-7 ημερών και υψηλά ποσοστά υγρασίας για την ανάπτυξη καταβολών των καρποφοριών. Κατά την διάρκεια της ανάπτυξης των καρποφοριών η θερμοκρασία πρέπει να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις του κάθε στελέχους ξεχωριστά. Γενικά, η θερμοκρασία στο στάδιο της παραγωγής καρποφοριών κυμαίνεται από 15-25°C (Ζερβάκης, 1998).

- **Αερισμός:** Η ανάπτυξη του μυκηλίου ευνοείται από υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που φτάνουν σε ποσοστό 22-26%. Επομένως, απαιτούνται ημιαναερόβιες συνθήκες, γεγονός που δρα ανασταλτικά σε ανταγωνιστικούς μικροοργανισμούς του μυκηλίου. Παρόλο που η επίδραση του CO₂ είναι ευνοϊκή στην ανάπτυξη του μυκηλίου, ο εφοδιασμός του υποστρώματος με O₂ είναι αναγκαίος, κυρίως κατά την περίοδο ανάπτυξης των καρποφοριών, όπου οι απαιτήσεις σε CO₂ μειώνονται σε 600-800ppm (Zadrazil, 1975; Ζερβάκης, 1998).

- **Συγκέντρωση Υδρογονοκατιόντων (pH):** Το άριστο pH για την ανάπτυξη του μυκηλίου κυμαίνεται στο 6-6,5. Εάν το pH είναι μικρότερο του 4 και μεγαλύτερο του 7, δρα παρεμποδιστικά στην ανάπτυξη του μυκηλίου (Zadrazil, 1978).

- **Φωτισμός:** Το φως δεν είναι απαραίτητο στο στάδιο της επώασης, γι' αυτό και ο θάλαμος επώασης είναι σκοτεινός. Οι απαιτήσεις σε φως όμως αυξάνονται κλιμακωτά, από το στάδιο της επώασης στο στάδιο καρποφορίας. Σε επιχειρηματική κλίμακα οι θάλαμοι καλλιέργειας φωτίζονται επί 12 ώρες ανά ημέρα, με λαμπτήρες φθορίου ή νέου εντάσεως 1.000-2.000 Lux (Zadrazil, 1978).

- **Σχετική Υγρασία (RH) %:** Κατά την περίοδο της επώασης οι απαιτήσεις του μύκητα ανέρχονται στο 70% RH και καλύπτονται από την υγρασία του υποστρώματος που

έχει μετά την παστερίωση. Οι απαιτήσεις αυτές αυξάνονται στο στάδιο της επαγωγής και φτάνουν στο 95-98% RH ενώ στο στάδιο της καρποφορίας μειώνονται στο 80% RH (Ζερβάκης, 1998).

Οι κλιματολογικές συνθήκες επηρεάζουν την παραγωγή των μανιταριών και πρέπει να μεταβάλλονται ανάλογα με το στάδιο της καλλιέργειας και του καλλιεργούμενου είδους, ώστε να πετύχουμε την μεγαλύτερη δυνατή ποιοτική και ποσοτική απόδοση.

2. 4. Ταξινόμική θέση μυκήτων του γένους *Pleurotus*

Τα μανιτάρια του γένους *Pleurotus* υπάγονται στους Βασιδιομύκητες, όπως εξάλλου και τα περισσότερα μανιτάρια. Για πρώτη φορά το 1821 αναφέρθηκε ως *Agaricus trib. Pleurotus* από τον Fries και στη συνέχεια περιγράφηκε αναλυτικά ως ανεξάρτητο γένος σύμφωνα με τους Kummer (1871) και Quelet (1886).

Σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες αναφορές (Hawksworth *et al.* 1995) η ταξινόμική θέση του γένους *Pleurotus* είναι η παρακάτω αν και σύμφωνα με κάποιους άλλους επιστήμονες η ταξινόμηση διαφέρει (Πίνακας 2):

ΒΑΣΙΛΕΙΟ: *Fungi*

ΚΛΑΣΗ: *Basidiomycetes*

ΥΠΟΚΛΑΣΗ: *Homobasidiomycetes*

ΤΑΞΗ: *Poriales*

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ: *Lentinaceae*

ΓΕΝΟΣ: *Pleurotus*

Η ταξινόμηση των ειδών στο εσωτερικό του γένους *Pleurotus* είναι δύσκολη, λόγω της υψηλής φαινοτυπικής διακύμανσης σε γεωγραφικό εύρος, στη γεωγραφική επικάλυψη των ειδών, και στη συνεχή εξέλιξη των ειδών.

Πίνακας 2: Ταξινόμηση των κυριότερων ειδών του γένους *Pleurotus*

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ	ΒΑΣΙΛΕΙΟ	ΚΛΑΣΗ	ΥΠΟΚΛΑΣΗ	ΤΑΞΗ	ΟΙΚΟΓΕ- ΝΕΙΑ	ΓΕΝΟΣ	ΕΙΔΟΣ
Kummer (1871)	Fungi	<i>Basidiomycota</i>	<i>Agaricomycetes</i>	<i>Agaricales</i>	<i>Pleurotaceae</i>	<i>Pleurotus</i>	<i>Pleurotus ostreatus</i>
Quelet (1872)	Fungi	<i>Basidiomycota</i>	<i>Agaricomycetes</i>	<i>Agaricales</i>	<i>Pleurotaceae</i>	<i>Pleurotus</i>	<i>Pleurotus pulmonarius</i>
Hilber & Mill (1993)	Fungi	<i>Basidiomycota</i>	<i>Agaricomycetes</i>	<i>Agaricales</i>	<i>Pleurotaceae</i>	<i>Pleurotus</i>	<i>Pleurotus populinus</i>
Quelet (1872)	Fungi	<i>Basidiomycota</i>	<i>Agaricomycetes</i>	<i>Agaricales</i>	<i>Pleurotaceae</i>	<i>Pleurotus</i>	<i>Pleurotus eryngii</i>
Quelet (1872)	Fungi	<i>Basidiomycota</i>	<i>Basidiomycetes</i>	<i>Agaricales</i>	<i>Pleurotaceae</i>	<i>Pleurotus</i>	<i>Pleurotus nebrodensis</i>
Singer (1943)	Fungi	<i>Basidiomycota</i>	<i>Agaricomycetes</i>	<i>Agaricales</i>	<i>Pleurotaceae</i>	<i>Pleurotus</i>	<i>Pleurotus citrinopileatus</i>
Boedijn (1959)	Fungi	<i>Basidiomycota</i>	<i>Agaricomycetes</i>	<i>Agaricales</i>	<i>Pleurotaceae</i>	<i>Pleurotus</i>	<i>Pleurotus djamor</i>

Ο Paul Kummer όρισε το γένος *Pleurotus* το 1871 και από τότε, το γένος περιορίστηκε με είδη που κυκλοφορούν σε άλλα γένη, όπως *Favolaschia*, *Hohenbuehelia*, *Lentinus*, *Marasmiellus*, *Omphalotus*, *Panellus*, *Pleurocybella* και *Resupinatu*. Ο Singer (1986) ταξινόμησε το γένος *Pleurotus* με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά. Τα πιο αντιπροσωπευτικά είδη του γένους *Pleurotus* κατατάσσονται στα παρακάτω υπογένη σύμφωνα με τους Hilber (1982) και Singer (1986):

1. *Lepiotarii* (Fr.) Pilat: *P. dryinus* (Pers.ex Fr.) Kummer

2. *Calyptrati* Sing.: *P. calyptratus* (Lindb. in Fr.) Sacc.

3. *Pleurotus*: *P. ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer, *P. columbinus* (Quel apud Bres.) Quelet, *P. pulmonarius* (Fr.) Quelet, *P. citrinopileatus* Sing., *P. flabellatus* (Berk. & Br.) Sacc., *P. eryngii* (D.C. ex Fr.) Quel., *P. sapidus* (Murr.) Murr, *P. ostreatoroseus* Sing., *P. opuntiae* (Dur. & Lev.) Sacc, *P. cornucopiae* (Paul. ex Fr.) Roll., *P. salignus* (Pers. ex Fr.) Kummer.

4. *Coremiopleurotus* (Hilber): *P. cystidiosus* O.K. Miller, *P. abalones* Hann, Chen & Cheng.

5. *Lentodiellum* (Murr.) Sing.: *P. sajor-caju* (Fr.) Sing., *P. squarulosus* (Mont.) Sing.

6. *Tubberegium* Sing.: *P. tubberegium* (Fr.) Sing (Ζερβάκης, 1998)

Πιο πρόσφατα, η μοριακή φυλογενετική χρησιμοποιήθηκε για να καθορίσει γενετικές και εξελικτικές σχέσεις μεταξύ ομάδων εντός του γένους (Gonzales and Labarere, 2000; Vilgalys and Sun, May 1994; Vilgalys *et al.*, 1996). Τα *Pleurotus*, λόγω στενής σχέσης με το γένος *Hohenbuehelia*, έχει αποδειχθεί ότι είναι μονοφυλετικά (Thorn *et al.*, March-April 2000).

Σύμφωνα με τους Gonzales and Labarere (2000), τους Vilgalys and Sun (May 1994), τους Vilgalys *et al.* (1996) και τους Peterson *et al.* (2011) τα είδη του γένους *Pleurotus* είναι:

- Η ομάδα *P. ostreatus* που περιλαμβάνει:
 1. *P. ostreatus*, *P. florida*
 2. *P. pulmonarius*, *P. columbinus*, *P. sapidus*
 3. *P. populinus*
 4. *P. eryngii*, *P. ferulae*, *P. fossulatus*, *P. nebrodensis*
 5. *P. abieticola*
 6. *P. albidus*
- Η ομάδα *P. djamor-cornucopiae* που περιλαμβάνει:
 1. *P. cornucopiae*, *P. citrinopileatus*, *P. euosmus*
 2. *P. djamor*, *P. flabellatus*, *P. salmoneo-stramineus*, *P. salmonicolor*

3. *P. opuntiae*
4. *P. calyptratus*
- Η ομάδα *P. cystidiosus* που περιλαμβάνει:
 1. *P. cystidiosus*, *P. abalonus*, *P. fuscusquamulosus*, *P. smithii*
 2. *P. dryinus*
 3. *P. levis*
 4. *P. tuber-regium*
 5. *P. australis*
 6. *P. purpureo-olivaceus*, *P. rattenburyi*

Υπάρχουν και κάποια είδη που δεν είναι ξεκάθαρη η σχέση τους και αυτά είναι: *P. gardneri*, *P. parsonsii*, *P. velatus*, *P. sajor-caju*, *P. nidiformis*.

2. 5. Τα πιο σημαντικά είδη του γένους *Pleurotus*

Τα πιο δημοφιλή βρώσιμα μανιτάρια του γένους *Pleurotus* ανήκουν στην οικογένεια *Pleurotaceae*. Μερικά από τα πιο γνωστά είδη του γένους αυτού, τα οποία θα αναλύσουμε στη συνέχεια, είναι το *Pleurotus ostreatus*, το *Pleurotus pulmonarius*, το *Pleurotus populinus*, το *Pleurotus eryngii*, το *Pleurotus nebrodensis*, το *Pleurotus citrinopileatus* και το *Pleurotus djamor*.

2.5.1. *Pleurotus ostreatus*

Το *Pleurotus ostreatus* γνωστό και ως μανιτάρι στρειδιών, είναι ένα κοινό εδώδιμο μανιτάρι. Για πρώτη φορά καλλιεργήθηκε στη Γερμανία ως μέτρο επιβίωσης κατά τη διάρκεια του Α΄ Παγκόσμιου Πολέμου (Eger *et al.*, 1976) και τώρα καλλιεργούνται για εμπορικούς σκοπούς σε όλο τον κόσμο ως τρόφιμα. Τα μανιτάρια μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στη βιομηχανία για σκοπούς βιολογικής αποκατάστασης. Το *Pleurotus ostreatus* μπορεί να θεωρηθεί ως φαρμακευτικό μανιτάρι, δεδομένου ότι περιέχει στατίνες (αναστολείς του ένζυμου HMG-CoA), όπως η λοβαστατίνη που βοηθούν στη μείωση της χοληστερόλης (Gunde-Cimerman & Cimerman, March 1995). Το *Pleurotus ostreatus* είναι ένα από τα πιο περιζήτητα άγρια μανιτάρια, που μπορεί να καλλιεργηθεί σε άχυρο και σε άλλα μέσα. Έχει συχνά το άρωμα του γλυκάνισου, εξαιτίας της παρουσίας της βενζαλδεϋδης (η οποία μυρίζει όπως τα αμύγδαλα) (Beltran-García *et al.*, 1997).

Τόσο τα λατινικά και τα κοινά ονόματα αναφέρονται στο σχήμα του σώματος καρποφορίας. Η λατινική λέξη *Pleurotus* (πλάγια) αναφέρεται στην πλάγια ανάπτυξη του στελέχους σε σχέση με το καπάκι, ενώ η λατινική λέξη *ostreatus* (και η αγγλική κοινή

ονομασία, στρείδι) αναφέρεται στο σχήμα του πόματος που μοιάζει με το δίθυρον του ίδιου ονόματος. Πολλοί επίσης πιστεύουν ότι το όνομα δόθηκε λόγω της ομοιότητας του ως προς τη γεύση με τα στρείδια. Τομανιτάρι έχει ένα ευρύ φάσμα δειγμάτων από λευκό σε γκρι ή μαύρο με σκούρο καφέ και διαφόρων σχημάτων καπάκια που εκτείνονται σε διαστάσεις 5-25cm, επίσης, φθάνουν στο μέγιστο τους σε νεαρή ηλικία, και είναι μαλακά και συχνά κάπως λοβωτά ή κυματιστά. Η σάρκα είναι λευκή, σταθερή, και ποικίλλει σε πάχος λόγω του στύπου. Τα βράγχια τουμανιταριού είναι λευκά έως κρεμ, και αν υπάρχουν κατεβαίνουν ως το μίσχο. Τα σπόρια τουμανιταριού είναι λευκά έως λιλά-γκρι. Ο στύπος τουμανιταριού αυτού συχνά δεν υπάρχει (Εικόνα 2.3), στις περιπτώσεις όμως που υπάρχει είναι κοντός και χοντρός.



Εικόνα 2.3: Ταμανιτάρια *Pleurotus ostreatus* χωρίς στύπο.

Τομανιτάρι στρειδιών είναι διαδεδομένο σε πολλές εύκρατες περιοχές, υποτροπικά δάση σε όλο τον κόσμο, απουσιάζει όμως από τις περιοχές του Βορειοδυτικού Ειρηνικού της Βόρειας Αμερικής, όπου και αντικαταστάθηκε από τον *P. pulmonarius* και τον *P. porulinus* (Trudell & Ammirati, 2009). Πρόκειται για ένα σαπροτροφικό μύκητα λευκής σήψεως που ενεργεί ως πρωταρχικό διάσπασης του ξύλου, ειδικά στα φυλλοβόλα δέντρα και στις οξιές (Phillips, 2006). Τομανιτάρι στρειδιών είναι ένα από τα λίγα γνωστά σαρκοφάγαμανιτάρια. Τομυκήλιο του μπορεί να σκοτώσει και να αφομοιώσει νημάτια, τα οποία είναι ένας τρόπος με τον οποίο τομανιτάρι αποκτά άζωτο. Το κοινό *Pleurotus*

ostreatus μπορεί να αναπτυχθεί σε πολλά μέρη, αλλά κάποια άλλα είδη αναπτύσσονται μόνο στα δέντρα. Ενώ αυτό μανιτάρι αυξάνεται σε νεκρά δέντρα σκληρού ξύλου, φαίνεται ότι δρα παρασιτικά. Καθώς το δέντρο πεθαίνει από άλλες αιτίες, το *P. ostreatus* μεγαλώνει ενώ η μάζα των νεκρών ξύλων αυξάνεται με ταχύ ρυθμό. Όλο αυτό μπορεί να ωφελήσει πραγματικά το δάσος λόγω της αποσύνθεσης των νεκρών ξύλων, επιστρέφοντας έτσι ζωτικής σημασίας στοιχεία και ανόργανα συστατικά για το οικοσύστημα σε μια μορφή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από άλλα φυτά και οργανισμούς (Stamets, 2000). Το μανιτάρι αυτό είναι καλύτερο όταν συγκομίζεται σε νεαρή ηλικία γιατί όσο ωριμάζει η σάρκα γίνεται σκληρή και η γεύση γίνεται δυσάρεστη. Τα μανιτάρια *Pleurotus ostreatus* καλλιεργούνται κυρίως σε μεγάλες σακούλες από πολυαιθυλένιο που περιέχουν στρώματα από άχυρο, και τα σπόρια τοποθετούνται μεταξύ αυτών των στρωμάτων. Περιέχουν μικρές ποσότητες από αραβιτόλη, αλκοολική ζάχαρη, η οποία μπορεί να προκαλέσει γαστρεντερικές ενοχλήσεις σε μερικούς ανθρώπους.

2.5.2. *Pleurotus pulmonarius*

Το *Pleurotus pulmonarius* (Εικόνα 2.4), γνωστό ως ινδικό στρείδι, μανιτάρι φοίνιξ ή στρείδι του πνεύμονα, είναι ένα μανιτάρι με παρόμοια χαρακτηριστικά με το *Pleurotus ostreatus*, αλλά με μερικές αξιοσημείωτες διαφορές. Τα καλύμματα των μανιταριών *pulmonarius* είναι πολύ πιο χλωμά και μικρότερα από των *ostreatus* και αναπτύσσονται περισσότερο. Το *Pleurotus pulmonarius* προτιμά θερμότερο καιρό από ότι το *ostreatus* και εμφανίζεται αργότερα το καλοκαίρι. Η γεύση και η καλλιέργεια των δύο ειδών περιγράφεται γενικά σε μεγάλο βαθμό το ίδιο (Stamets, 2000). Το *Pleurotus pulmonarius* είναι διαδεδομένο σε εύκρατα και υποτροπικά δάση σε όλο τον κόσμο. Στις ανατολικές περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών, αυτό το είδος βρίσκεται σε σκληρά ξύλα, ενώ στις δυτικές περιοχές βρίσκεται συνήθως σε κωνοφόρα (Stamets, 2000).



Εικόνα 2.4.: Τα μανιτάρια *Pleurotus pulmonarius* (Quelet 1872)

Το *P. pulmonarius* είναι το είδος μανιταριού στρείδι που καλλιεργείται περισσότερο στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική. Οι πιο δημοφιλείς ποικιλίες για καλλιέργεια είναι οι ποικιλίες θερμού κλίματος, όπου συχνά στην αγορά κυκλοφορούν από κατασκευαστές και καλλιεργητές γονιδίου υπό την εσφαλμένη ονομασία «*Pleurotus sajor-caju*». Στην πραγματικότητα, το *Pleurotus sajor-caju* είναι ένα ξεχωριστό είδος των μανιταριών, το οποίο επαναταξινομήθηκε στο γένος *Lentinus* από τον Pegler (1975), και καλείται τώρα *Lentinus sajor-caju* (Stamets, 2000). Η καλλιέργεια του *Pleurotus pulmonarius* γίνεται με παρόμοιο τρόπο όπως σε κάποια είδη του γένους *Pleurotus*, όπως είναι το *P. Ostreatus*, μεταφέροντας τα σπόρια του στο γονίδιο και στη συνέχεια τη μεταφορά του γονιδίου στο μυκήλιο που έχει αποικίσει σε υποστρώματα από άχυρο, ροκανίδια, πριονίδια, χαρτόνι, κατακάθια του καφέ, και άλλα υποστρώματα με βάση την κутταρίνη.

Αρκετές μελέτες που έγιναν σε ζώα και *in vitro* δείχνουν ότι το *P. pulmonarius* και τα προϊόντα αυτού μπορεί να έχουν ιατρικές εφαρμογές για ένα ευρύ φάσμα συνθηκών. Ένας πολυσακχαρίτης που ονομάζονται β-D-γλυκάνης που περιέχεται στο *P. pulmonarius* μειώνει την ευαισθησία στον πόνο (Baggio *et al.*, October 2010) και θα μπορούσε να είναι μια «ελκυστική» βάση για νέες αναλγητικές φαρμακευτικές αγωγές (Baggio *et al.*, 2011).

Σε μια διαφορετική μελέτη σε ποντίκια, μία γλυκάνη του *P. pulmonarius* έδειξε ισχυρές αντιφλεγμονώδεις και αναλγητικές ιδιότητες (Smiderle *et al.*, November 12 2008) καθώς επίσης και ένα εκχυλίσμα μεθανόλης του *P. pulmonarius* εμφάνισε αντιφλεγμονώδη και αντικαρκινική δράση συγκρίσιμη με το πρότυπο αναφοράς ναρκωτικών δικλοφενάκη και σισπλατίνη, αντιστοίχως (Jose *et al.*, 2002).

Μια μελέτη του 2010 κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα εκχυλίσματα του *P. pulmonarius* μπορούν να επιβραδύνουν τον πολλαπλασιασμό των καρκινικών κυττάρων με υψηλά επίπεδα galectin-3 (ένα είδος λεκτίνης), ενώ την ίδια στιγμή ρυθμίζουν με μείωση του όγκου που προσκολλάται στα κύτταρα, τα οποία σχετίζονται άμεσα με την εξέλιξη και την εξάπλωση του καρκίνου (Lavi *et al.*, February 2010), αυτά τα εκχυλίσματα μπορεί να είναι χρήσιμα ως ένα ανοσοενισχυτικό στη θεραπεία του καρκίνου σύμφωνα με τους Wasonga *et al.* (2008). Εκτός από τις επιδράσεις στον καρκίνο τα εκχυλίσματα του μανιταριού αυτού διαπιστώθηκε ότι βοηθά στην επιβράδυνση της προόδου του διαβήτη (Badole *et al.*, June 2008), στη θεραπεία της αλλεργικής ρινίτιδας με αναστολή της απελευθέρωσης της ισταμίνης (Yatsuzuka *et al.*, 2007) και στη θεραπεία της κολίτιδας (Lavi *et al.*, February 2010).

2.5.3. *Pleurotus populinus*

Το *Pleurotus populinus* (Εικόνα 2.5), είναι ένα ντόπιο μανιτάρι με «βράγχια» της Βόρεια Αμερικής, το συναντάμε σε νεκρά ξύλα λεύκας. Μολονότι μορφολογικά είναι παρόμοιο με το *Pleurotus ostreatus* και το *Pleurotus pulmonarius*, έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα ευδιάκριτο είδος ανίκανο διασταύρωσης (Vilgalys *et al.*, 1993).

Το *P. Populinus* είναι σαπροφυτικό μανιτάρι και αναπτύσσεται στις σχισμές νεκρών ξύλων προκαλώντας μια λευκή σήψη. Ο πύλος είναι 2-15cm κυρτός και γίνεται επίπεδος σε σχήμα βεντάλιας ή σχεδόν κυκλικός καθώς αναπτύσσεται στις κορυφές των κορμών. Συνήθως δεν έχει στύπο ή αν έχει είναι μικρός όταν το μανιτάρι αυξάνεται από την πλευρά του δέντρου. Όταν αναπτύσσεται επί των κορυφών των κορμών ή κλάδων, μπορεί να αναπτύξει ένα ουσιαστικό και παχύ στέλεχος που είναι ξηρό και ελαφρώς τριχωτό κοντά στη βάση. Το *P. populinus* αναφέρεται ότι ανήκει στα βρώσιμα μανιτάρια και καρποφορεί στα τέλη της άνοιξης και του καλοκαιριού.



Εικόνα 2.5: Ταμανιτάρια *Pleurotus populinus*

2.5.4. *Pleurotus eryngii*

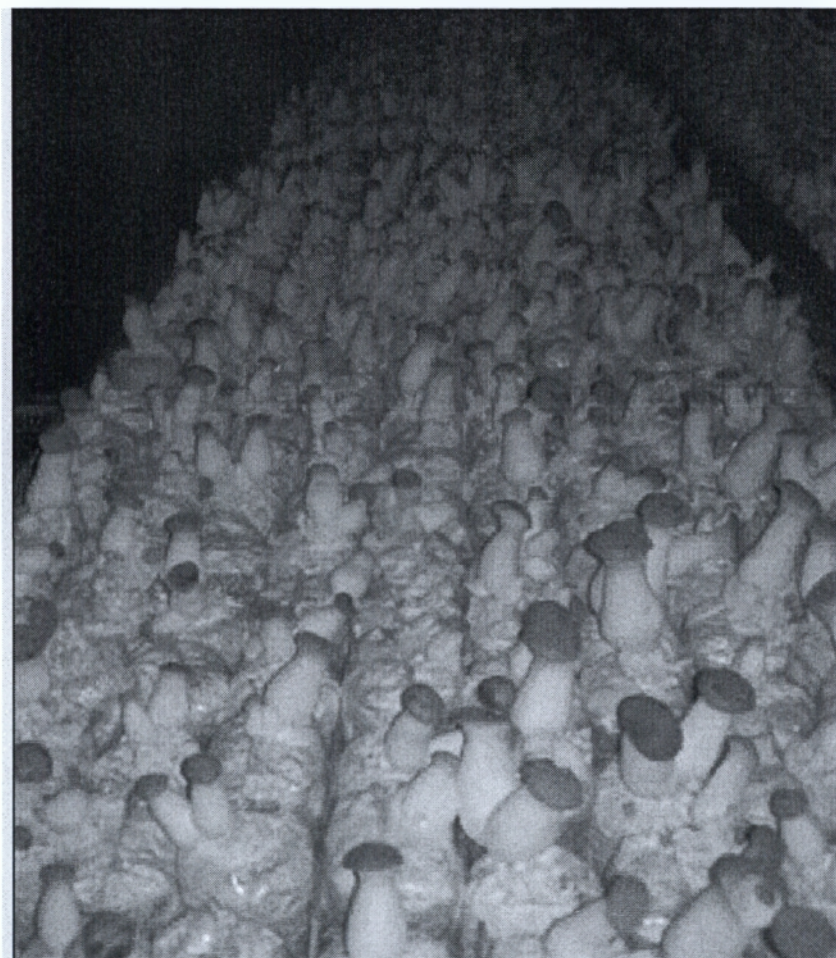
Τομανιτάρι *Pleurotus eryngii* είναιγνωστό ως «βασίλιás τρομπέτα», «γαλλικό κέρατο», «βασίλιás στρείδι», ανήκει σταεδώδιμαμανιτάρια και είναι το ντόπιομανιτάρι στις μεσογειακές περιοχές της Ευρώπης, της Μέσης Ανατολής και της Βόρειας Αφρικής, επίσης καλλιεργείται και σε μέρη της Ασίας.

Το *P. Eryngii* (**Εικόνα 2.6**) είναι το μεγαλύτερο είδος στο γένος τωνμανιταριών *Pleurotus*, το οποίο περιλαμβάνει επίσης τομανιτάρι *Pleurotus ostreatus*. Έχει ένα παχύ, λευκό σαρκωμένο στέλεχος και ένα μικρό μαυρισμένο πύλο. Σε αντίθεση με άλλα είδη *Pleurotus*, που είναι αποικοδομητές ξύλου, ο *P. Eryngii* λειτουργούν ως παράσιτα στις ρίζες των ποωδών φυτών, αν και μπορεί να καλλιεργηθεί σε οργανικά απόβλητα (Estrada & Royle, February 2008; Zervakis *et al.*, 2001).

Το όνομα του είδους αυτού προέρχεται από το γεγονός ότι αναπτύσσεται σε συνδυασμό με τις ρίζες του φυτού *Eryngium campestre* ή άλλα φυτά του είδους *Eryngium* (αγγλικά ονόματα: «Sea Holly» ή «Eryngo»). Το *P. eryngii* είναι ένα σύμπλεγμαμανιταριών, και μια σειρά από ποικιλίες που έχουν περιγραφεί, με διαφορετικές διασταυρώσεις φυτών στην οικογένεια του καρότου (*Ariaceae*).

- *P. eryngii var. eryngii* (DC.) Qué1 1872 - που συνδέεται με το *Eryngium ssp.*

- *P. eryngii* var. *ferulae* (Lanzi) Sacc 1887 - που συνδέεται με το *Ferula communis* (Lewinsohn et al., 2000).
- *P. eryngii* var. *tingitanus* Lewinsohn 2002 - που συνδέεται με το *Ferula tingitana* (Lewinsohn et al., 2000).
- *P. eryngii* var. *elaeoselini* Venturella, Zervakis & La Rocca 2000 - που συνδέεται με το *Elaeoselinium asclepium* (Venturella et al., 2000; Estrada & Royle, February 2008).
- *P. eryngii* var. *thapsiae* Venturella, Zervakis & Saitta 2002 - που συνδέεται με το *Thapsia garganica* (Venturella et al., 2002).



Εικόνα 2.6: Ταμανιτάρια *Pleurotus eryngii* στο θάλαμο καλλιέργειας.

Άλλα δείγματα του *P. eryngii* έχουν αναφερθεί σε συνδυασμό με τα φυτά του γένους *Ferulago Cachrys*, *Laserpitium*, και *Diplotaenia*. Μοριακές μελέτες έχουν δείξει ότι το *Pleurotus nebrodensis* είναι στενά συνδεδεμένο με το *P. eryngii* αλλά διαφέρουν μεταξύ τους, όμως το *Pleurotus fossulatus* μπορεί να είναι άλλο ένα συγγενικό είδος

(Zervakis *et al.*, 2001). Τέλος, το μανιτάρι αυτό έχει μια καλή διάρκεια ζωής και περιέχει φυσικά χημικά που διεγείρουν το ανοσοποιητικό σύστημα (Nozaki *et al.*, August 2008).

2.5.5. *Pleurotus nebrodensis*

Το *Pleurotus nebrodensis* (Εικόνα 2.7), γνωστό ως *Funicia di basilicu*, είναι ένας μύκητας που κηρύχθηκε από την IUCN ως απειλούμενο είδος προς εξαφάνιση το 2006 (Venturella, 2006). Αυτός ο μύκητας αναπτύσσεται μόνο σε ασβεστολιθικά εδάφη στη Βόρεια Σικελία σε συνδυασμό με το φυτό *Cachrys ferulacea* (οικογένεια *Ariaceae*) (Venturella, 2006). Τα χαρακτηριστικά του μανιταριού αυτού είναι λευκό έως κίτρινο χρώμα, η διάμετρος του κυμαίνεται μεταξύ 5-20cm, έχει εξαιρετικά γωνιώδη βράγχια, και ο πίλος «σπάει» κατά την ωρίμανση.



Εικόνα 2.7: Τα μανιτάρια *Pleurotus nebrodensis* (Quelet 1872)

Η πρώτη καταγραφή του μανιταριού αυτού ήταν το 1866 από τον ιταλικής καταγωγής βοτανολόγο Giuseppe Inzenga, ο οποίος το είχαν ονομάσει *Agaricus nebrodensis*. Χαρακτηρίστηκε ως «το πιο νόστιμο μανιτάρι της μυκολογικής χλωρίδας της Σικελίας» (Estrada & Roysse, February 2008). Το 1886, η γαλλικής καταγωγής μυκητολόγος Lucien Quélet μετέφερε το είδος αυτό στο γένος *Pleurotus*. Πρόσφατες

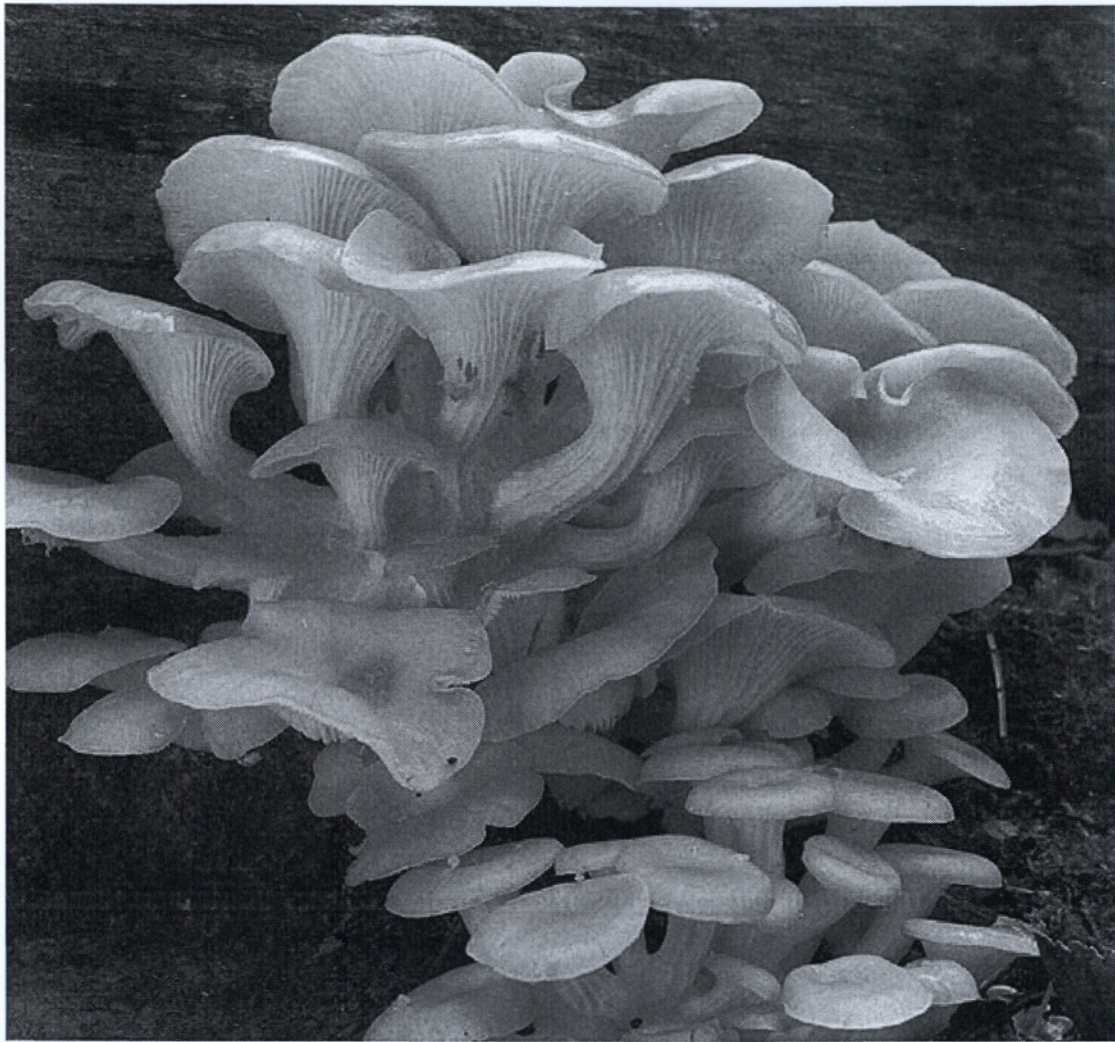
έρευνες έχουν δείξει ότι *P. nebrodensis* σχετίζεται στενά με το *Pleurotus eryngii*, και σχετίζεται με φυτά της οικογένειας *Apiaceae* (Zervakis *et al.*, 2001).

Το *P. nebrodensis* έχει χαρακτηριστεί ως άκρως απειλούμενο είδος επειδή βρίσκεται σε μια περιοχή μικρότερη από 100 τετραγωνικά χιλιόμετρα και ο πληθυσμός έχει μειωθεί (Venturella, 2006). Επιπλέον, δεν υπάρχουν και πολλά ώριμα μανιτάρια, και χάνουν το φυσικό τους περιβάλλον. Ένας πρόσθετος λόγος για την παρακμή είναι ότι οι συλλέκτες συλλέγουν πλέον ανώριμα μανιτάρια, όπου έχει οδηγήσει σε εξαφάνιση των ειδών. Αυτή τη στιγμή υπολογίζεται ότι λιγότερο από 250 είδη *Pleurotus nebrodensis* φθάσουν στην ωριμότητα κάθε χρόνο.

2.5.6. *Pleurotus citrinopileatus*

Το *Pleurotus citrinopileatus* (Εικόνα 2.8), το χρυσό μανιτάρι στρειδιών (tamogitake στα ιαπωνικά), είναι ένα εδώδιμο μανιτάρι με βράγχια. Είναι ντόπιο είδος στην ανατολική Ρωσία, τη βόρεια Κίνα, και την Ιαπωνία. Το χρυσό μανιτάρι στρειδιών είναι πολύ στενά συνδεδεμένο με το *P. cornucopiae* της Ευρώπης, με μερικούς συγγραφείς να το θεωρούν ότι ανήκει στη βαθμίδα των υποειδών (Ohira, 1990). Στην ανατολική Ρωσία, το *P. citrinopileatus* ονομάζεται il'mak και είναι ένα από τα πιο δημοφιλή άγρια εδώδιμα μανιτάρια (Parmasto, July 1987).

Οι καρποφορίες του *P. citrinopileatus* αναπτύσσονται σε συστάδες με φωτεινό κίτρινο έως καστανόχρυσο πύλο με βελούδινη, στεγνή στην υφή επιφάνεια. Ο πύλος κυμαίνεται από 20 έως 65mm σε διάμετρο. Η σάρκα είναι λευκή και λεπτή, με μια ήπια γεύση και χωρίς έντονη μυρωδιά. Οι μίσχοι είναι κυλινδρικοί, λευκού χρώματος, συχνά καμπυλωμένα ή λυγισμένα, και περίπου 20-50mm μήκος και 2-8mm σε διάμετρο. Τα βράγχια είναι λευκά, με στενά διαστήματα, και κατεβαίνουν προς το στέλεχος. Τα σπόρια του έχουν κυλινδρικό ή ελλειπτικό σχήμα, είναι λεία, υαλώδη, αμυλοειδές, και το μήκος του κυμαίνεται στο (6-9) × (2 έως 3,5)mm (Ohira, 1990; Parmasto, July 1987).



Εικόνα 2.8: Τα μανιτάρια *Pleurotus citrinopileatus* (Singer, 1943).

Το χρυσό μανιτάρι στρειδιών, όπως και τα άλλα είδη μανιταριών του γένους *Pleurotus*, είναι αποικοδομητές ξύλου. Στην άγρια φύση, το *P. citrinopileatus* πιο συχνά διασπά σκληρά ξύλα όπως φτελιά (Ohira, 1990; Parmasto, July 1987). Τα σπόρια μεταδίδονται με το σκαθάρι *Callipogon relictus*.

Το μανιτάρι αυτό καλλιεργείται εμπορικά, σε ένα μέσο συνήθως από σιτηρά, άχυρο, πριονίδι (Stamets, 2000). Τα είδη του γένους *Pleurotus* είναι μερικά από τα πιο συχνά καλλιεργούμενα μανιτάρια, ιδιαίτερα στην Κίνα, λόγω της ευκολίας στην καλλιέργεια και στην ικανότητά τους να μετατρέπουν 100gr των οργανικών απορριμμάτων σε 50-70gr νωπού μανιταριού, οι οποίες είναι μέχρι και 30% πρωτεΐνη (Chang & Miles, 2004). Τα μανιτάρια του *P. citrinopileatus* αποτελούν πηγή αντιοξειδωτικών (Yu-Ling Lee *et al.*, 2007) και τα εκχυλίσματα του έχουν μελετηθεί ως προς τις ιδιότητες τους αντιπεργλυκαιμικών, μειώνοντας τα επίπεδα σακχάρου του αίματος σε διαβητικούς

αρουραίους (Shu-Hui Hu *et al.*, March 2006). Επίσης έχει μελετηθεί ως πηγή υπολιπιδαιμικών φαρμάκων (Shu-Hui Hu *et al.*, 2006).

2.5.7. *Pleurotus djamor*

Το *Pleurotus djamor* (Εικόνα 2.9), γνωστό ως το ροζ μανιτάρι στρειδιών, είναι ένα είδος μύκητα της οικογένειας *Pleurotaceae*. Αρχικά ονομάστηκε *Agaricus djamor* από τη γερμανίδα βοτανολόγο Georg Eberhard Rumphius. Ήταν γνωστό με πολλά διαφορετικά ονόματα, προτού μεταφερθεί στο γένος *Pleurotus* από τον Karel Bernard Boedijn το 1959.



Εικόνα 2.9: Τα μανιτάρια *Pleurotus djamor* (Stamets, 2000).

Οι ροζ ποικιλίες είναι τα πιο κοινά άγρια *Pleurotus* που υπάρχουν σε τροπικές ζώνες σε όλο το κόσμο. Γνωστά χαρακτηριστικά είναι η ταχύτητα της καρποφορίας, η ικανότητα να ανθίσει σε μια ευρεία ποικιλία υλικών ως βάση, και η αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα περισσότερα στελέχη αναπτύσσουν ροζ αποχρώσεις, ειδικά καθώς το μυκήλιο ωριμάζει, στις επιμέρους περιοχές κατά τον πρωτογενή σχηματισμό. Μικροσκοπικά από την ίδια καρποφορία, ροζ σπόρια συλλέγονται από τα ροζ μανιτάρια,

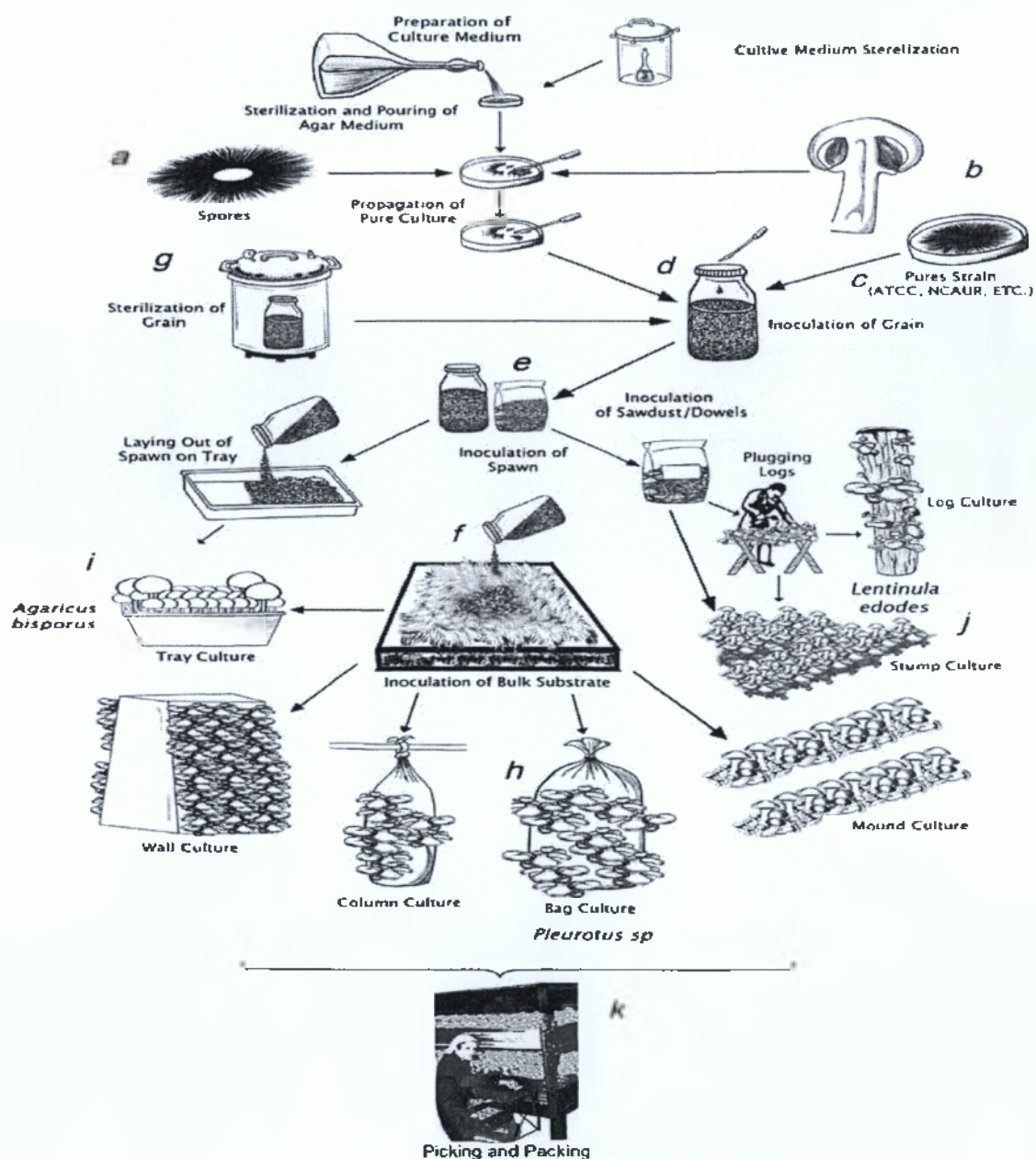
και ανοιχτό μπεζ σπόρια από τα μανιτάρια που ήταν αρχικά ροζ αλλά ξεθώριασαν ροζ σε λευκό.

Το σχήμα και γενικά η εμφάνιση του είναι παρόμοια με του *P. ostreatus* εκτός από το πρωτογενές φωτεινό κόκκινο-ροζ χρώμα όπου κατά την ανάπτυξη των μανιταριών παίρνουν ροζ απόχρωση, όταν ωριμάζει γίνεται θαμπό ροζ και όταν είναι υπερώριμα το χρώμα ξεθωριάζει και από ροζ γίνονται κίτρινα. Οι μεταβάσεις χρώματος δεν εξαρτάται μόνο από την ηλικία, αλλά διαφέρουν μεταξύ των στελεχών και επηρεάζονται από τις συνθήκες φωτισμού (Stamets, 2000). Τέλος, το *Pleurotus djamor* ανήκει στους αποικοδομητές ξύλου χρησιμοποιώντας ως βάση πριονίδι, άχυρο, καλαμπόκι, υπολείμματα καφέ, ζαχαροκάλαμο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΩΝ ΜΑΝΙΤΑΡΙΩΝ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ *PLEUROTUS*

3.1. Η διαδικασία παραγωγής των μανιταριών του γένους *Pleurotus*

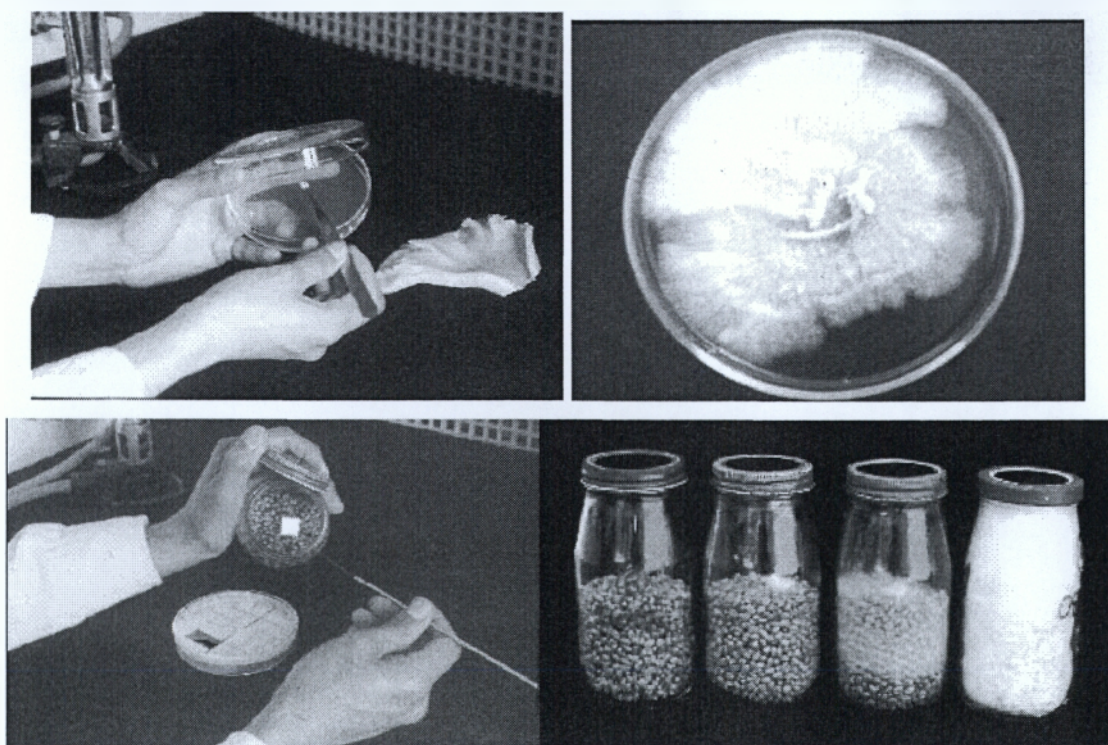
Πρώτα απ' όλα για να μπορέσουμε να παράγουμε μανιτάρια και στην συγκεκριμένη περίπτωση του γένους *Pleurotus*, πρέπει να φτιάξουμε τον «σπόρο» που στα μανιτάρια διαφέρει κατά πολύ από τους συνηθισμένους σπόρους άλλων καλλιεργειών καθώς επίσης και ολόκληρη η διαδικασία παραγωγής (Εικόνα 3.1).



Εικόνα 3.1: Διαδικασία παραγωγής μανιταριών (Παπαδοπούλου, 2012)

Η παραγωγή του «σπόρου» ή αλλιώς πολλαπλασιαστικό υλικό είναι μια σύνθετη διαδικασία που περιλαμβάνει: α) την διαδικασία συλλογής αυτοφυών απομονώσεων από την φύση, ταυτοποίησης, διασταυρώσεων, μια μακρόχρονη και επίπονη διαδικασία, β) διάφορα πειράματα που αφορούν την καλλιέργεια των μανιταριών, γ) την αξιολόγηση και εμπορική κατοχύρωση του τελικού προϊόντος- στελέχους, πριν ξεκινήσει η φάση αναπαραγωγής-ανάπτυξης του μυκηλίου στους σπόρους των σιτηρών και δ) την προώθηση του στους καλλιεργητές.

Συνοπτικά η διαδικασία παραγωγής σπόρου έχει ως εξής (Εικόνα 3.2): Καθαρή καλλιέργεια του μυκηλίου. Η ανάπτυξη αποκλειστικά και μόνο του επιθυμητού είδους μανιταριού που έχουν ως στόχο να καλλιεργηθεί. Το υπόστρωμα, πρέπει να είναι απαλλαγμένο από οποιονδήποτε άλλο οργανισμό. Το υλικό ή το εμβόλιο του μύκητα που πρόκειται να καλλιεργηθεί παραλαμβάνεται: α) από υβρίδια δικάρυα που αποτελούν προϊόντα διασταυρώσεων, β) από αποικίες που προκύπτουν από τη βλάστηση πολλών σποριών (πολύσπορες καλλιέργειες), γ) από τμήματα των υφών που προέχονται από τα εσωτερικά τμήματα καρποφοριών το μύκητα. Στη συνέχεια και αφού αυξηθεί στο τριβλίο το μυκήλιο-μύκητας, ακολουθεί ο τεμαχισμός του και η μεταφορά του σε βάζα-δοχεία με αποστειρωμένο υπόστρωμα. Το υπόστρωμα αυτό συνήθως είναι σπόροι σιταριού.



Εικόνα 3.2: Η παραγωγή του πολλαπλασιαστικού υλικού (Παπαδοπούλου, 2012)

Τα βασικά στάδια παραγωγής των μανιταριών *Pleurotus* είναι: 1.Επεξεργασία πρώτων υλών - Παρασκευή υποστρώματος (2-4 ημέρες), 2. Παστερίωση υποστρώματος (2-3 ημέρες), 3. Εμβολιασμός ('σπορά') και γέμισμα σάκων (δοχείων) καλλιέργειας, 4. Επώαση μυκηλίου-αποικισμού υποστρώματος καλλιέργειας (η «σπορά» και η επώαση διαρκούν 15-20 ημέρες), 5. Σχηματισμός καρποφοριών (8 ημέρες), 6.Ανάπτυξη καρποφοριών και συγκομιδή (7 ημέρες), 7. Τυποποίηση και εμπορία του προϊόντος (Ζερβάκης, 1998; Φιλιπούσης, 1999) τα οποία περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

1. Επεξεργασία πρώτων υλών - Παρασκευή υποστρώματος: Πρώτες ύλες κατάλληλες για την ανάπτυξη του μυκηλίου *Pleurotus* μπορούν να αποτελέσουν ένας μεγάλος αριθμός γεωργικών υπολειμμάτων και παραπροϊόντων όπως: άχυρο σιταριού και κριθαριού, σπάδικες καλαμποκιού, πριονίδια ξύλου, στελέχη βαμβακιού κ.λπ. Στην Ελλάδα, χρησιμοποιείται συνηθέστερα άχυρο σιταριού και η διαδικασία που ακολουθείται για την προετοιμασία του υποστρώματος περιλαμβάνει καταρχήν την άλεση του άχυρου σε σφυρόμυλο. Κατά αυτό τον τρόπο, τα δεμάτια του άχυρου τεμαχίζονται σε πολύ μικρά κομμάτια, ώστε να αποκτήσουν μέγεθος από δύο ως τέσσερα εκατοστά περίπου, όχι μεγαλύτερο από δέκα εκατοστά. Έτσι, διευκολύνεται σημαντικά ο χειρισμός και η περαιτέρω επεξεργασία του υποστρώματος. Στη συνέχεια, το άχυρο συσσωρεύεται σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο, όπου αποκτά την επιθυμητή περιεκτικότητα σε νερό (σχετική υγρασία: 70-75%). Κατόπιν, πραγματοποιείται η προσθήκη των υπολοίπων υλικών στο υπόστρωμα όπως μικρή ποσότητα τριφυλλιού ή μηδικάλευρου ή σογιάλευρου για να εμπλουπιστεί σε άζωτο, επίσης, γύψος για τη διατήρηση της τιμής του pH στα επιθυμητά για την ανάπτυξη του μυκηλίου επίπεδα και μυκητοκτόνου Benomyl (όποτε κρίνεται απαραίτητο) για να παρεμποδιστεί η ανάπτυξη ανταγωνιστικών προς των *Pleurotus*, άλλων μυκήτων (Ζερβάκης, 1998).

2. Παστερίωση υποστρώματος: Ο στόχος της παστερίωσης είναι η απαλλαγή του υποστρώματος (μέσω της θέρμανσης) από ανταγωνιστικά και επιβλαβή μικρόβια, έντομα, ακάρεα και νηματώδεις, ενώ ταυτόχρονα, στόχος είναι και η δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για την επικράτηση ωφέλιμων θερμοφίλων βακτηρίων και μυκήτων. Τα τελευταία, επιταχύνουν την αποδόμηση του άχυρου και αυξάνουν την περιεκτικότητά του σε οργανικές ενώσεις οι οποίες διευκολύνουν τον ταχύτερο αποικισμό του υποστρώματος από το μυκήλιο του *Pleurotus*. Κατά την παστερίωση του υποστρώματος η αύξηση της θερμοκρασίας επιτυγχάνεται αρχικά με τη διαβίβαση υπέρθερμου ατμού και στη συνέχεια αυτόνομα, λόγω της αυξημένης βιολογικής δραστηριότητας των μικροοργανισμών που περιέχει. Το τούνελ παστερίωσης γεμίζεται μέχρι το μισό του ύψους του με υπόστρωμα, με

τη βοήθεια μηχανικού φτυαριού. Η θερμική επεξεργασία του συνίσταται στη ρύθμιση αρχικά της εσωτερικής θερμοκρασίας του αέρα στους 50° C (μέσα σε 12 ώρες), με διοχέτευση υπέρθερμου ατμού, έτσι ώστε να διατηρείται παράλληλα και η υγρασία σε υψηλά επίπεδα, για να αποφευχθεί η αφυδάτωση του υποστρώματος. Σαν συνέπεια της αύξησης της θερμοκρασίας, αρχίζει η μικροβιολογική δραστηριότητα που προκαλεί νέα αύξηση της θερμοκρασίας στους 60-65°C. Η θερμοκρασία αυτή διατηρείται σταθερή για 15-18 ώρες και ακολούθως με ελεγχόμενη εισαγωγή φρέσκου φίλτραρισμένου αέρα ρυθμίζεται στους 50-55° C, όπου και παραμένει για 60 περίπου ώρες (φάση ανάπτυξη θερμόφιλης μικροχλωρίδας). Τέλος, η θερμοκρασία υποβιβάζεται στους 25-28° C, για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί ο εμβολιασμός με το μυκήλιο του μύκητα *Pleurotus*. Σε όλη τη διάρκεια της παστερίωσης, η οποία διαρκεί πέντε με έξι ημέρες συνολικά, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην παροχή υπέρθερμου ατμού και φρέσκου αέρα. Είναι πολύ σημαντικό να αποφευχθούν αναερόβιες συνθήκες και να επιτευχθεί η κατά το δυνατό καλύτερη κυκλοφορία των αερίων που θα επιτρέψουν την ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας σε όλη τη μάζα του υποστρώματος. (Ζερβάκης, 1998).

3. Εμβολιασμός ('σπορά') και γέμισμα σάκων (δοχείων) καλλιέργειας: Ο εμβολιασμός του υποστρώματος (**Εικόνα 3.3**) πραγματοποιείται αμέσως μετά την ολοκλήρωση της φάσης παστερίωσης και γίνεται σε χώρο δίπλα στο τούνελ, ο οποίος πρέπει να διατηρείται επιμελώς καθαρός. Το παστεριωμένο υπόστρωμα μεταφέρεται με μηχανικό φτυάρι και αδειάζεται στο πρώτο τμήμα της μηχανής σποράς. Στη συνέχεια, με μεταφορική ταινία οδηγείται στο δεύτερο τμήμα της, όπου αδειάζεται ο σπόρος ('spawn') του μανιταριού και ταυτόχρονα γίνεται η ανάμειξη τους. Έτσι, επιτυγχάνεται η ομοιόμορφη διασπορά του εμβολίου (που προστίθεται σε αναλογία 2% περίπου), σε όλη τη μάζα του υποστρώματος. Ακολουθεί πλήρωση των πλαστικών σάκων καλλιέργειας με 15-20 κλά εμβολιασμένου υποστρώματος μέσω του τρίτου τμήματος (εξόδου) της μηχανής σποράς. (Ζερβάκης, 1998).



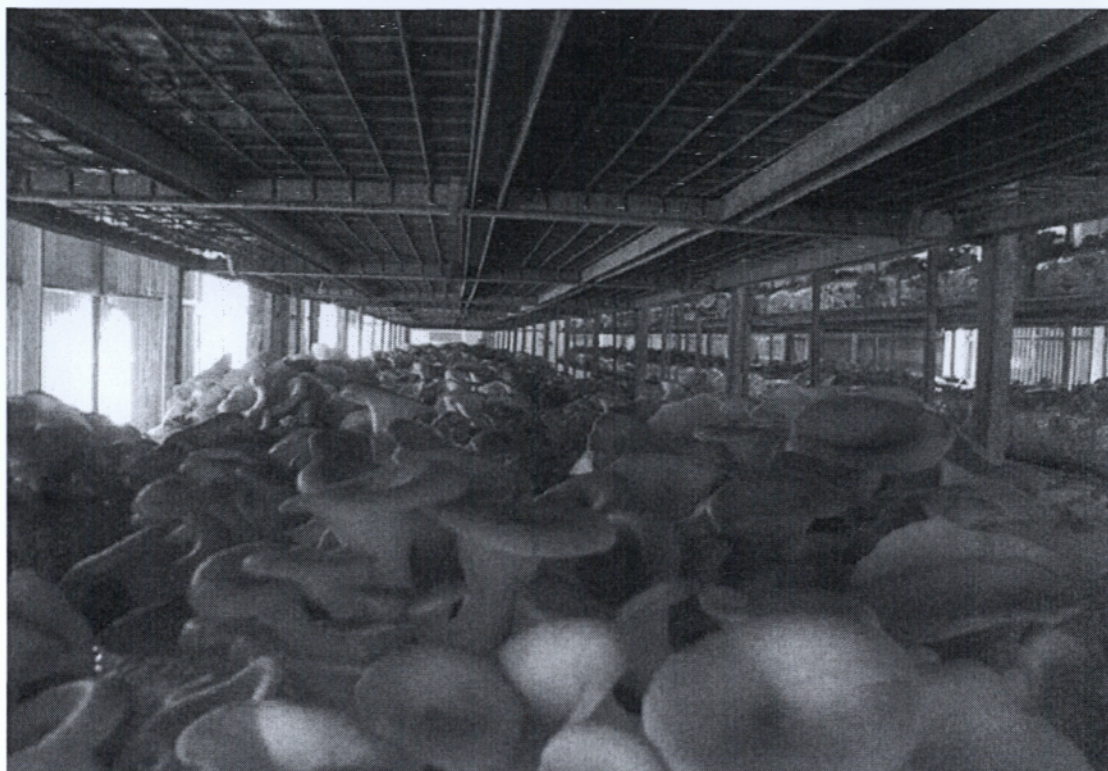
Εικόνα 3.3: Ο εμβολιασμός του υποστρώματος (Παπαδοπούλου, 2012)

4. Επώαση μυκηλίου – Αποικισμός υποστρώματος καλλιέργειας: Η φάση επώασης ακολουθεί μετά τον εμβολιασμό του υποστρώματος. Οι σάκοι μεταφέρονται μέσα στους θαλάμους καλλιέργειας (**Εικόνα 3.4**) όπου τοποθετούνται σε στοίβες ή σε ράφια ή σε πασσάλους. Η φάση της επώασης χαρακτηρίζεται από έντονη δραστηριότητα του μυκηλίου, το οποίο εκμεταλλεύόμενο τα θρεπτικά συστατικά του υποστρώματος και εφόσον βρεθεί σε άριστες περιβαλλοντικές συνθήκες που ρυθμίζονται με ακρίβεια (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, φωτισμός και αερισμός), αναπτύσσεται ταχύτατα και αποικίζει το μέσο καλλιέργειας σε τρεις εβδομάδες περίπου. Η θερμοκρασία του υποστρώματος διατηρείται στους 25-28° C, που σημαίνει ότι η θερμοκρασία του αέρα δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 23° C, αλλιώς υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης και καταστροφής του μυκηλίου. Επιπλέον αερισμός, υγρασία και φωτισμός δεν παρέχεται, καθώς σε αυτό το στάδιο η ανάπτυξη του μυκηλίου ευνοείται από υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα και την ύπαρξη σκοταδιού, ενώ η αρχική υγρασία που είχε το υπόστρωμα μετά την παστερίωση είναι επαρκής. (Ζερβάκης, 1998).



Εικόνα 3.4: Θάλαμος καλλιέργειαςμανιταριών *Pleurotus* στάδιο επώασης.

5. Σχηματισμός καταβολών καρποφοριών: Μόλις ολοκληρωθεί ο αποικισμός του υποστρώματος από το λευκό μυκήλιο του *Pleurotus*, πρέπει να μεταβληθούν οι περιβαλλοντικές συνθήκες έτσι ώστε να δοθεί το κατάλληλο ερέθισμα-μήνυμα στο μύκητα για να περάσει από τη βλαστική-μυκηλιακή φάση αύξησης στη φάση παραγωγής καρποφοριών. Αυτό επιτυγχάνεται με τον υποβιβασμό της θερμοκρασίας στους 8-20° C, αναλόγως του καλλιεργούμενου είδους, με τη ρύθμιση της σχετικής υγρασίας στα 95-98% και την ταυτόχρονη παροχή φωτισμού και αερισμού. Το στάδιο αυτό ολοκληρώνεται με την εμφάνιση των καταβολών των καρποφοριών (**Εικόνα 3.5**) και διαρκεί από τέσσερις



Εικόνα 3.5: Θάλαμος καλλιέργειας μανιταριών *Pleurotus* στάδιο σχηματισμού καρποφοριών.

6. Ανάπτυξη καρποφοριών και συγκομιδή: Όταν παρουσιαστούν οι καταβολές των καρποφοριών, οι περιβαλλοντικές συνθήκες πρέπει να αλλάξουν μία ακόμη φορά για να επιτρέψουν την όσο το δυνατό ταχύτερη και αρτιότερη παραγωγή μανιταριών. Έτσι, η θερμοκρασία ανέρχεται στους 14-26° C αναλόγως του καλλιεργούμενου είδους. Η σχετική υγρασία ρυθμίζεται στο 80% περίπου, ενώ παρέχεται επιπλέον φωτισμός και αερισμός. Η ωρίμανση των καρποφοριών ολοκληρώνεται μέσα σε 5-8 ημέρες και ακολουθεί η συλλογή τους λίγο πριν να αρχίσει το “καρούλιασμα” των μεγαλύτερων σε μέγεθος μανιταριών. Η συγκομιδή γίνεται κόβοντας με μαχαίρι από τη βάση ολόκληρη την καρποφορία («τσαμπί») και την τοποθέτησή της σε κατάλληλα δοχεία. Οι φάσεις σχηματισμού καταβολών και ανάπτυξης καρποφοριών μπορούν να επαναληφθούν άλλες δύο με τρεις φορές, ώστε να αυξηθεί η παραγόμενη ποσότητα μανιταριών από έναν καλλιεργητικό κύκλο. Στο τέλος κάθε καλλιεργητικού κύκλου, ο θάλαμος αδειάζεται από τους σάκους με το εξαντλημένο υπόστρωμα και απολυμαίνεται με χημικά μέσα για να εξαλειφθούν πιθανές εστίες μόλυνσης (από παθογόνους μικροοργανισμούς, έντομα κ.λπ.) που

αναπτύχθηκαν στο εσωτερικό του κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας που προηγήθηκε. (Ζερβάκης, 1998).

7. Τυποποίηση και εμπορία του προϊόντος: Τα μανιτάρια μετά τη συγκομιδή μεταφέρονται στο χώρο του συσκευαστηρίου όπου πραγματοποιείται επιμελής διαλογή, καθαρισμός και κοπή-διαχωρισμός τους. Ακολουθεί συσκευασία σε πλαστικά δοχεία των πεντακοσίων γραμμαρίων (συνηθέστερα) ή σε μεγαλύτερα τελάρα των 2-3kg. Στη συνέχεια τοποθετούνται σε χαρτοκιβώτια και μεταφέρονται σε ψυγείο για συντήρηση λίγων ημερών ή κατευθείαν στο όχημα διανομής για προώθηση στην αγορά. (Ζερβάκης, 1998).

Οι κύριοι καλλιεργητικοί παράγοντες που επιδρούν σημαντικά στην ανάπτυξη των μανιταριών του γένους *Pleurotus* συνοπτικά είναι:

- Η πυκνότητα του επιφανειακού μυκηλίου που είναι έτοιμο να δεχθεί το ερέθισμα της επαγωγής σε συνδυασμό με την ένταση αερισμού, καθορίζει τον αριθμό των μανιταριών ανά μονάδα επιφάνειας.
- Η ξηρά ουσία του μανιταριού αυξάνεται όταν το ύψος του επιστρώματος είναι μικρότερο (Kalbejer, 1995).
- Οι λευκές ποικιλίες αναπτύσσονται καλύτερα όταν η θερμοκρασία κατά την καρποφόρηση είναι 16⁰C, ενώ οι υπόλευκες όταν η θερμοκρασία είναι 18⁰C. Τα μανιτάρια *Pleurotus* σε θερμοκρασίες 20-28⁰C, αναπτύσσονται βλαστητικά, που σημαίνει ότι η ανάπτυξη τους περιορίζεται μόνο στην ανάπτυξη μυκηλίου, χωρίς να εμφανίζονται μανιτάρια. Η μετατροπή της φάσης αυτής, στη φάση της αναπαραγωγής γίνεται σε θερμοκρασίες κάτω των 18⁰C.
- Χαμηλή υγρασία επιστρώματος βοηθά το σχηματισμό πολλών καταβολών, με αρνητικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη. Επίσης, η ιδανική σχετική υγρασία για το σχηματισμό των μανιταριών είναι το 90%. Κατά την ανάπτυξη των μανιταριών, η σχετική υγρασία θα πρέπει να είναι 80%-85%. Αλλά το υπερβολικό πότισμα δημιουργεί κοιλότητες στο στύπο (Burton, 1990).
- Επίσης, ο ελλιπής φωτισμός οδηγεί σε αποτυχία της καλλιέργειας ή σε μείωση των μανιταριών. Τα *Pleurotus*, απαιτούν φωτισμό τουλάχιστον 120lux. Πρόκειται για ένταση φωτός ικανή να μπορούμε να διαβάσουμε μέσα σε ένα δωμάτιο. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, δεν πειράζει ο θάλαμος να παραμείνει στο σκοτάδι. Εάν το φως είναι ανεπαρκές, τότε το χρώμα των μανιταριών είναι ανοιχτό έως άσπρο και το κοτσάνι επιμηκώνεται.

- Χρειάζονται επίσης, ικανή ποσότητα φρέσκου αέρα προκειμένου να καρποφορήσουν επιτυχώς. Ο φρέσκος αέρας έχει σκοπό να απομακρύνει το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από την αναπνευστική δραστηριότητα του μύκητα. Ωστόσο, συνίσταται στους παραγωγούς των μανιταριών να χρησιμοποιούν σύστημα κλιματισμού με αεραγωγό πολυαιθυλενίου, έτσι ώστε να διοχετεύσουν στο θάλαμο καλλιέργειας την απαιτούμενη ποσότητα φρέσκου αέρα.

- Σημαντικό ρόλο στην καλλιέργεια παίζει η καταπολέμηση εχθρών και ασθενειών.

- Ο προγραμματισμός των κυμάτων συλλογής, καθώς και οι χειρισμοί κατά τη συλλογή.

3.2. Ασθένειες και επιβλαβή έντομα για την καλλιέργεια των *Pleurotus*

Οι κυριότεροι σαπροφυτικοί μύκητες που δρουν ανταγωνιστικά στην καλλιέργεια των *Pleurotus* είναι οι εξής: α) Οι μύκητες του γένους *Coprinus* και ιδιαίτερα το γένος *Coprinus radiatus* θεωρούνται εξαιρετικά επικίνδυνοι ανταγωνιστές του υποστρώματος καλλιέργειας. Αυτό είναι ιδιαίτερα προφανές σε οργανικά υποστρώματα πλούσια σε άζωτο. Η παρουσία αυτών των μανιταριών θα μπορούσε να συνδεθεί με υπερβολικές θερμοκρασίες υποστρώματος κατά τη διάρκεια της σποράς. β) Ο *Trichoderma viride* ο οποίος εμφανίζεται σαν πράσινο εξάνθημα πάνω στο υπόστρωμα. Το χρώμα οφείλεται στην παραγωγή κονιδίων από τον μύκητα. Η προσβολή αυτή οφείλεται συνήθως σε άσχημες συνθήκες παστερίωσης, καθώς και σε υψηλές θερμοκρασίες. Ο μύκητας αυτός δρα παρεμποδιστικά στην ανάπτυξη του μυκηλίου, και συνήθως καταπολεμείται με την ενσωμάτωση του Benomyl στο υπόστρωμα. Σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί αποδείχθηκε ότι χρήση 16 ppm του Benomyl δεν παρουσίασε διαταραχές στην ανάπτυξη του μυκηλίου (Houdeau *et al.*, 1991). γ) Ο *Trichurus spirales* γίνεται αντιληπτός μόνο με αυστηρή παρακολούθηση δειγμάτων υποστρώματος και εμφανίζεται με τη μορφή μαύρου χνοώδους στρώματος. δ) Η παρουσία του *Chrysonilia sitophila* ήταν έντονη στις αρχές της καλλιέργειας και εμφανίζεται ως ροζ στρώμα πάνω στο υπόστρωμα. Ο μύκητας δεν προκαλεί έντονα προβλήματα στην καλλιέργεια, εφόσον απομακρυνθούν εγκαίρως οι προσβεβλημένοι σάκοι καλλιέργειας (Eicker, 1995).

Οι μύκητες των γενών *Penicillium*, *Mucor*, *Mortierella*, *Aspergillus*, *Stysanus*, καθώς και οι ζύμες, εμφανίζονται ανταγωνιστικά στο υπόστρωμα κυρίως λόγω των

πρόσθετων υποστρώματος. Στην αρχή της καλλιέργειας που έχει γίνει χρήση πρόσθετων στο υπόστρωμα, μπορεί να παρατηρηθούν μύκητες όπως *Alternaria*, *Fusarium*, *Acremonium*, *Exophiala*, *Cladosporium*, οι οποίοι όμως δεν θεωρούνται συνήθως ανταγωνιστικοί.

Τα επιβλαβή έντομα και οι νηματώδεις γίνονται αντιληπτά κατά την επικράτηση υψηλών θερμοκρασιών. Τα έντομα που προσβάλλουν την καλλιέργεια συνήθως είναι επιβλαβείς μύγες που ανήκουν σε διάφορα γένη και είδη όπως: *Megaselia halterata*, *Macrobra sp.*, *Lycoriella mali* και *Sciara sp.* (Eicker, 1995).

Στα καλλιεργούμενα μανιτάρια τα σοβαρότερα προβλήματα προκαλούνται από Δίπτερα και συγκεκριμένα των οικογενειών *Phoridae*, *Sciaridae*, *Cecidomyiidae*. Αυτά τα παράσιτα των μανιταριών είναι μια ποικιλία από μικρή μύγα και κουνούπι. Η προνύμφες τρέφονται με το μυκήλιο μυκήτων στο λίπασμα, αλλά μπορεί επίσης να απομυζούν τα όργανα καρποφορίας. Μια σειρά από είδη ακάρεων μπορεί να επηρεάσει την καλλιέργεια μανιταριών. Μερικά προκαλούν βλάβες άμεσα στα καρποφόρα όργανα, άλλα πάλη εγκαθίστανται και τρέφονται με το μυκήλιο και μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες απώλειες στην παραγωγή. Υπάρχουν και μερικά αρπακτικά ακάρεα που επιτίθενται σε άλλα ακάρεα, στα αυγά, νηματώδεις ή βακτήρια (Παπαδοπούλου, 2012).

3.3. Το κόστος και οι μέθοδοι καλλιέργειας μανιταριών *Pleurotus*

Το κόστος μιας μονάδας παραγωγής μανιταριών, πρέπει να τονιστεί πως είναι σχετικά μεγάλο. Πιο συγκεκριμένα, μία μονάδα καλλιέργειας μανιταριού *Pleurotus*, απαιτεί έκταση τεσσάρων ως έξι στρεμμάτων με το κόστος της επένδυσης να ξεκινάει από 240.000 ευρώ. Η παραγωγική δυναμικότητα μίας τέτοιας μονάδας είναι 70 ως 150 τόνοι ανά έτος.

Η καλλιέργεια αυτού του μανιταριού μπορεί να γίνει σε: α) Δορυφορικές μονάδες (προϋποθέτει την παραγωγή από κεντρική μονάδα υψηλής ποιότητας και χαμηλού κόστους εμβολιασμένου υποστρώματος, που μεταφέρεται για την παραγωγή των μανιταριών σε μικρότερες δορυφορικές μονάδες οι οποίες διαθέτουν χαμηλού κόστους θερμοκηπιακού ή άλλου τύπου θαλάμους). Η παραγωγική δυναμικότητα μιας δορυφορικής μονάδας είναι 70-150 τόνοι ανά έτος (απαιτείται έκταση 4-6 στρέμματα) και το κόστος της κυμαίνεται μεταξύ 250.000-400.000 ευρώ, ανάλογα με τη δυναμικότητα και με το αν η ψύξη των θαλάμων γίνεται με πάνελ δροσισμού ή με ψυκτικές εγκαταστάσεις. β) Κάθετες μονάδες

(παραγωγή υποστρώματος και μανιταριών), οι οποίες διαθέτουν σύγχρονο κτιριακό μηχανολογικό εξοπλισμό, καθώς και εργαστηριακή υποδομή αναλύσεων και ποιοτικού ελέγχου. Η παραγωγική δυναμικότητα μιας τέτοιας μονάδας κυμαίνεται μεταξύ 300-500 τόνων ανά έτος (απαιτείται έκταση 15-30 στρέμματα) και το κόστος της ανέρχεται σε 1.200.000 Ευρώ, περίπου.

Μία πρωτότυπη ιδέα που μπορεί εύκολα και με ελάχιστο οικονομικό κόστος να συμπληρώσει το οικογενειακό εισόδημα μοιάζει να αποτελεί η καλλιέργεια μανιταριών ακόμα και στο σπίτι. Χωρίς την ανάγκη απόκτησης ειδικού εξοπλισμού και με μοναδικό κόστος την αγορά υποστρωμάτων πάνω στο οποίο αναπτύσσονται τα μανιτάρια, μπορεί κάποιος να στήσει τη δική του μικρή μονάδα παραγωγής μανιταριών με σκοπό τη διάθεσή τους στο εμπόριο, ακόμα και απευθείας σε επιχειρήσεις μαζικής εστίασης.

Το υπόστρωμα κυκλοφορεί σε δύο τύπους. Ο ένας τύπος είναι το «σπαρμένο υπόστρωμα» και αφορά το υπόστρωμα εκείνο που είναι ο σπόρος του μανιταριού αλλά ενσωματωμένος στο εσωτερικό του και ο άλλος τύπος είναι εκείνος όπου ο σπόρος έχει αναπτυχθεί στο υπόστρωμα, έχει διανύσει δηλαδή την περίοδο της επώασης και λέγεται «επωασμένο». Στην περίπτωση που κάποιος προμηθευτεί το σπαρμένο υπόστρωμα, θα πρέπει πριν κάνει οτιδήποτε για να ξεκινήσει την καλλιέργεια να το «επώασει», δηλαδή, να το τοποθετήσει σε έναν χώρο κλειστό και ζεστό για 17 ημέρες. Στη συνέχεια το υπόστρωμα είναι έτοιμο να περάσει στη φάση της καρποφορίας, οπότε, ακολουθούμε τους γενικούς κανόνες για την παραγωγή των μανιταριών.

Επιπλέον θα πρέπει να γνωρίζουμε ότι το υπόστρωμα χρειάζεται ένα μέρος σκιερό, φωτεινό, δροσερό, χωρίς να φυσάει άνεμος, όπως για παράδειγμα μία αποθήκη, ένα μπαλκόνι σε προστατευμένο μέρος από τον αέρα, κάτω από μία σκάλα ή σε ένα θερμοκήπιο. Το κάθε είδος μανιταριού έχει τελείως διαφορετικές απαιτήσεις, τόσο στο υπόστρωμα καλλιέργειας όσο και στις συνθήκες παραγωγής. Σύμφωνα με τους εξειδικευμένους γεωπόνους, κάποιος που θέλει να μάθει την καλλιέργεια των μανιταριών να ξεκινήσει πρώτα με τα *Pleurotus*. Η καλλιέργεια αυτού του μανιταριού είναι ευκολότερη, συγκρινόμενη με αυτή του λευκού μανιταριού και είναι απλούστερη η διαδικασία παρασκευής του υποστρώματος. Κάτω από καλές συνθήκες θα ξεκινήσουν να φυτρώνουν σε 7-14 ημέρες και αφού έχει βγάλει τουλάχιστον 3 κύματα παραγωγής συγκεντρώνουν συνολικά περίπου 7-8 kg.

Τα *Pleurotus* χρειάζονται φως επομένως θα πρέπει το μέρος όπου έχουμε τοποθετήσει το υπόστρωμα να είναι φωτεινό, αλλά όχι απευθείας στον ήλιο. Το φως στο οποίο μπορούμε να διαβάσουμε είναι αρκετό. Κατά τη διάρκεια της νύχτας μπορούν να

παραμείνουν στο σκοτάδι. Η ιδανική θερμοκρασία για να φυτρώσουν τα μανιτάρια είναι 6-18°C. Σε θερμοκρασίες κάτω των 6°C δε χαλάνε, αλλά καθυστερούν. Σε θερμοκρασίες πάνω από 25° C, δε φυτρώνουν. Ο πιο εύκολος τρόπος να δημιουργήσουμε συνθήκες υγρασίας στο περιβάλλον γύρω από το υπόστρωμα είναι μία υγρή επιφάνεια που να έχει μόνιμα νερό. Εάν το δάπεδο πάνω στο οποίο έχουμε τοποθετήσει το υπόστρωμα είναι χώμα ή τσιμέντο, τότε απλά το διατηρούμε υγρό βρέχοντας το. Σε περίπτωση που το υλικό από κάτω είναι πλακάκι ή μάρμαρο, θα πρέπει να στρώσουμε μία μοκέτα, αφρολέξ ή κάτι άλλο το οποίο όταν το βρέχουμε να κρατάει υγρασία.

Η συλλογή τους διεξάγεται με ένα απλό τράβηγμα ολόκληρης της καρποφορίας από το σημείο που φυτρώνει. Συνήθως το υπόστρωμα σταματάει να παράγει μανιτάρια ύστερα από 3-4 μήνες. Όμως, όταν σταματήσει να παράγει μανιτάρια μπορούμε να τα ανακυκλώσουμε και το περιεχόμενο να το ενσωματώσουμε στο χώμα για λίπασμα. Αποτελεί άριστο εδαφοβελτιωτικό και είναι ιδανικό για κηπευτικά και δενδρώδεις καλλιέργειες.

Το κόστος των υποστρωμάτων αυτών κυμαίνεται σε διάφορες τιμές ξεκινώντας από τα 7-8 ευρώ ενώ η χονδρική τιμή πώλησης των μανιταριών φθάνει τα 4 ευρώ το κιλό. Είναι μία συμφέρουσα ενασχόληση, που εκτός από την ιδιωτική παραγωγή στο σπίτι για παραγωγή τροφής υψηλής διαιτητικής αξίας, μπορεί να προσφέρει κάλλιστα ένα πρόσθετο εισόδημα σε αγροτικές οικογένειες και όχι μόνο, σε όλες τις περιοχές της Ελλάδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Η καλλιέργεια των μανιταριών για εμπορικό σκοπό ξεκίνησε από τα ορυχεία, τις σπηλιές και τα υπόγεια. Με την πάροδο του χρόνου εξαπλώθηκε σε όλες τις ηπείρους και εξελίχθηκε στην χρησιμοποίηση στεγασμένων προκατασκευασμένων χώρων με το κατάλληλο μηχανολογικό εξοπλισμό, για την εξασφάλιση των συνθηκών που είναι απαραίτητες για τη σωστή ανάπτυξη και καρποφορία του μύκητα. Η σύγχρονη καλλιέργεια των μανιταριών αποτελεί μια ελεγχόμενη εφαρμογή της μικροβιακής τεχνολογίας, για την επικερδή βιομετατροπή λιγνοκυτταρινούχων υπολειμμάτων και αποβλήτων της γεωργίας ή της δασοκομίας σε τροφή σημαντικής διαιτητικής αξίας. Δηλαδή ως πρώτες ύλες για την παραγωγή των μανιταριών χρησιμοποιούνται τα υπολείμματα και παραπροϊόντα γεωργικών εκμεταλλεύσεων, βιομηχανιών τροφίμων, υλοτομίας και επεξεργασίας ξύλου. Έτσι αυτά τα άχρηστα υπολείμματα ή τα οργανικά υλικά μικρής οικονομικής σημασίας, αλλά ρυπογόνο για το περιβάλλον μετατρέπονται σε τροφή με αξιόλογες οργανοληπτικές ιδιότητες. Επίσης, παράγονται υποπροϊόντα, όπως το εξαντλημένο υπόστρωμα καλλιέργειας που διατίθεται περαιτέρω ως ζωοτροφές, βιολιπάσματα ή βελτιωτικά εδάφους.

4. 1. Τα υποστρώματα στην καλλιέργεια των μανιταριών.

Το χαρακτηριστικό της καλλιέργειας των μανιταριών είναι ότι βασίζεται στην ανάπτυξη του μύκητα σε ειδικά προετοιμασμένο υπόστρωμα. Συνεπώς, για να έχει θετικό αποτέλεσμα η καλλιέργεια μανιταριών πρέπει ο παραγωγός να ακολουθήσει μια διαδικασία η οποία ξεκινάει με την παρασκευή του υποστρώματος, την παστερίωση του και μετά ακολουθεί η σπορά του υποστρώματος με το μυκήλιο του μύκητα, απαιτείται να γίνει η επώαση του μύκητα για να καταλήξει η όλη διαδικασία στην παραγωγή των καρποφοριών. Το υπόστρωμα είναι το μέσο μέσα στο οποίο αναπτύσσεται ο μύκητας, για αυτό και πρέπει να παρέχει σε αυτόν άριστες συνθήκες ανάπτυξης.

Η παραγωγή του υποστρώματος ξεκινά από την διερεύνηση των πρώτων υλών. Υπάρχουν διάφορα υλικά που χρησιμεύουν ως υποστρώματα για την καλλιέργεια των μανιταριών μετά από μια επεξεργασία ζύμωσης, έτσι ώστε να γίνει κατάλληλο για την

τροφή των μυκήτων. Η επιλογή του υποστρώματος ασφαλώς εξαρτάται από το είδος του μύκητα που πρόκειται να καλλιεργηθεί.



Εικόνα 4.1 Το καλλιέργεια *Pleurotus* στη φύση.

Μερικά είδη μανιταριών όπως τα *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes* μπορούν να καλλιεργηθούν σε κορμούς δέντρων (Εικόνα 4.1). Η καλλιέργεια μανιταριών σε φυσικά υποστρώματα όπως τα τεμάχια βλαστών δένδρων είναι μία πολύ παλιά μέθοδος. Οι πρώτες μαρτυρίες της καλλιέργειας μανιταριών με αυτή τη μέθοδο χρονολογούνται στην Κίνα από το 600 π.Χ.. Είναι μία σχετικά απλή μέθοδος και η καλλιέργεια με κορμούς ξύλου σε ελεγχόμενο περιβάλλον δίνει καλύτερα αποτελέσματα από την καλλιέργεια στο δάσος.

Σύμφωνα με τους ειδικούς, το ξύλο που θα επιλεγεί για να χρησιμοποιηθεί στην καλλιέργεια των διαφόρων ειδών μανιταριών πρέπει απαραίτητος να είναι υγιές. Τα φυλλοφόρα φυτά ενδείκνυνται καλύτερα για την καλλιέργεια των φαρμακευτικών μανιταριών, επειδή τα κωνοφόρα περιέχουν στη ρητίνη μία ουσία που προκαλεί παρεμπόδιση της ανάπτυξης του μύκητα. Η χρησιμοποίηση δέντρων με μαλακά φύλλα, όπως η λεύκα, επιτρέπει την παραγωγή μανιταριών σε συντομότερο χρόνο (6-12 μήνες μετά τον εμβολιασμό), ενώ η διάρκεια της παραγωγής είναι 3-4 έτη, σε φυτά που έχουν σκληρά φύλλα όπως είναι ο σφένδαμος. Το δέντρο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή μανιταριών περισσότερο είναι η δρυς. Το ξύλο της δρυός είναι πυκνό και ο φλοιός της παχύς, στοιχεία που αποτελούν πολύ μεγάλα πλεονεκτήματα για την καλλιέργεια των μανιταριών. Κορμοί δέντρων βάρους 3,5 τόνων, η αξία των οποίων σαν καυσόξυλα δεν

υπερβαίνει τα 150 ευρώ, μπορούν να δώσουν καθαρό εισόδημα από την παραγωγή και πώληση φαρμακευτικώνμανιταριών της τάξης των 4.000 ευρώ.

Η καλλιέργεια τωνμανιταριών αυτών γίνεται με εμβολιασμό στους κορμούς των δέντρων. Συνήθως δημιουργούνται τρύπες, (Εικόνα 4.2) τοποθετείται το μυκήλιο τουμανιταριού και στη συνέχεια σφραγίζονται. Η διάρκεια που πρέπει να περιμένει κανείς μεταξύ του εμβολιασμού και της παραγωγής ποικίλλει ανάλογα με το είδος του μύκητα, τις κλιματικές συνθήκες, τα είδη των δέντρων που χρησιμοποιούνται κ.λ.π και υπολογίζεται περίπου σε 6-12 μηνών, ενώ η συγκομιδή γίνεται την άνοιξη και το φθινόπωρο.

Πλεονεκτήματα της χρήσης των κορμών :

- Δεν απαιτεί σημαντικά κεφάλαια για την καλλιέργεια.
- Το κόστος των ημερομισθίων κατά τη φάση της συντήρησης είναι μικρό.
- Το κόστος της ενέργειας είναι σχεδόν μηδενικό.
- Ταμανιτάρια που παράγονται με αυτή τη μέθοδο έχουν μία ιδιαίτερη γεύση.
- Αξιοποιείται η ξυλεία χαμηλής εμπορικής αξίας με την παραγωγήμανιταριών υψηλής αξίας.

Έχει όμως η μέθοδος αυτή μερικά μειονεκτήματα, όπως:

- Δεν έχει μεγάλη παραγωγικότητα
- Δεν είναι εύκολο να διασφαλισθεί μία σταθερή παραγωγήμανιταριών κατά τη διάρκεια των ετών.
- Η παραγωγή επηρεάζεται από τις κλιματικές μεταβολές αλλά και από την επίδραση βιολογικών παραγόντων (έντομα, ανταγωνιστικοί μύκητες).



Εικόνα 4.2 Εμβολιασμός κορμού και καλλιέργεια *Pleurotus*.

Η σύγχρονη καλλιέργειαμανιταριών αξιοποιεί διαθέσιμα γεωργικά υπολείμματα κάθε είδους όπως άχυρα σιτηρών και ψυχανθών, υπολείμματα αποφλοίωσης ρυζιού,

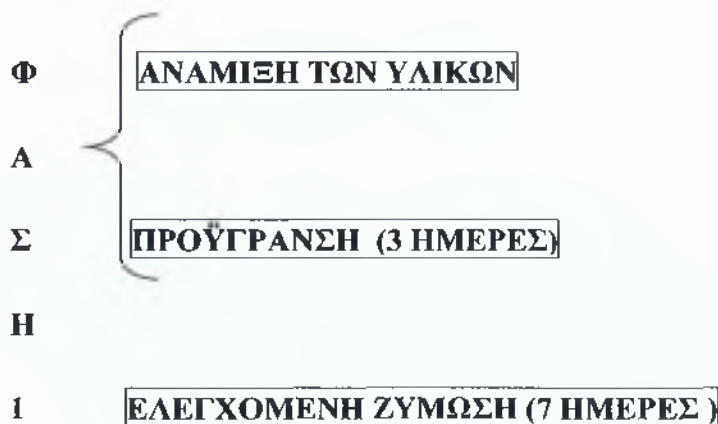
σπάδικες και στελέχη (φυτών) καλαμποκιού, υπολείμματα υλοτομιών (πριονίδια δασικών δένδρων), στέμφυλα (τσιπούρα) και υποπροϊόντα οινοποιίας, υποπροϊόντα από την άλεση σιταριού, υπολείμματα από εκκοκκιστήρια βαμβακιού, απόβλητα ανακύκλωσης χαρτιού και ζυθοποιίας. Επίσης χρησιμοποιείται η κοπριά αλόγου (προτιμότερο), πουλερικών, και κάποια πηγή υδατανθράκων (μελάσα) και ο γύψος.

Βάσει αυτής της μεθόδου, η καλλιέργεια των μανιταριών γίνεται σε τεχνητό υπόστρωμα που δημιουργείται με την μίξη διάφορων υλικών. Π. χ. Ένα υπόστρωμα είναι αυτό που έχει σαν βάση το χονδροαλεσμένο σιτάρι που πολλές φορές το συνδυάζουν με πριονίδι βελανιδιάς και το εμπλουτίζουν με αλεύρι και γύψο.

Κατά την διαδικασία παρασκευής του υποστρώματος το προεπιλεγμένο υλικό υφίστανται μικροβιακές και φυσικοχημικές επιδράσεις κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας τους, που εξελίσσεται σε εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται μηχανολογικός εξοπλισμός που είναι ανάλογος οικονομικής επιφάνειας και επομένως του μεγέθους της επιχείρησης.

Σήμερα η σταθερότητα των περιβαλλοντικών συνθηκών σε όλη την παραγωγική διαδικασία υποστηρίζεται με ηλεκτρονικό έλεγχο των περιβαλλοντικών παραμέτρων (θερμοκρασία, αερισμός, CO₂, σχετική υγρασία). Όλη η διαδικασία προετοιμασίας του τεχνητού υποστρώματος είναι μια σύνθετη διαδικασία αερόβιων ζυμώσεων που διακρίνεται σε δύο κύριες φάσεις, τη ζύμωση και την παστερίωση – ωρίμανση.

➤ ΠΡΩΤΗ ΦΑΣΗ



Για την καλύτερη ζύμωση (δράση μικροοργανισμών) στα επιλεγμένα υλικά προστίθεται αρκετό νερό κατά την ανάμειξη τους. Έτσι κατά την ανάμειξη των υλικών δραστηριοποιείται ο αερόβιος μικροβιακός πληθυσμός (αερόβια ζύμωση) που σκοπό έχει την αποδόμηση των υλικών σε βαθμό που θα καταστήσει όλες τις ουσίες ιδιαίτερα το άχυρο (περιέχει κυτταρίνη, λιγνίνη), προσιτές σε άλλα μικρόβια απαραίτητα για ένα σωστό υπόστρωμα. Στη πρώτη φάση παίζει ρόλο η ποιότητα του νερού, το χτίσιμο και η διαδοχή των υλικών ώστε να προχωρήσει ανεμπόδιστα η ζύμωση. Στην πορεία εξετάζεται το χρώμα των υλικών η δομή, η οσμή και τα στοιχεία που προκύπτουν από χημικές αντιδράσεις τόσο προ όσο και μετά τη ζύμωση. Το τελικό προϊόν κατάλληλο για την καλλιέργεια των μικροοργανισμών πρέπει να έχει ορισμένα χαρακτηριστικά όπως ολικό άζωτο σε ξηρά ουσία 1,5%, αναλογία άνθρακα με άζωτο 1,4, οξύτητα 8,5, και υγρασία 72 – 74%.

Πρέπει να εξασφαλιστούν κατά το στάδιο αυτό παρασκευής υποστρώματος: α) κανονική υγρασία διότι η υπερβολική προκαλεί την ανάπτυξη αναερόβιων συνθηκών και μικρό πληθυσμό χρήσιμων μικροοργανισμών. β) καλή ανάμειξη πρώτων υλών με μικρή προσθήκη κοπριάς στο πρώτο στάδιο και την υπόλοιπη στις δυο επόμενες μείξεις ώστε να παραχθεί αμμωνιακό άζωτο το οποίο απαιτείται για την αποδόμηση του άχυρου.

Μερικά είδη μανιταριών του γένους *Pleurotus* όπως το *P. ostreatus* καλλιεργούνται σε υποστρώματα πλούσια σε κυτταρίνες και λιγνίνες και μάλιστα σε υποστρώματα που δεν έχουν υποστεί ζύμωση, διότι διαθέτουν ένζυμο με το οποίο διασπούν τις κυτταρίνες του υποστρώματος, μετατρέποντας το σε τροφή υψηλής θρεπτικής αξίας. Το υπόστρωμα αυτό μπορεί να αποτελείται από λεπτοκομμένα τεμάχια άχυρου (2-4 cm) χειμερινών σιτηρών (κριθάρι, σιτάρι, βρώμη, σίκαλη), καλαμποκιού, ψυχανθών (μηδική, ρεβίθι, μπιζέλι, σόγια), χόρτου λειμώνων, πριονίδια και άχυρα ρυζιού σε διάφορες αναλογίες.

➤ Δεύτερη φάση

Φ Α Σ Η 2 { ΠΑΣΤΕΡΙΩΣΗ-ΩΡΙΜΑΝΣΗ (6-7 ΗΜΕΡΕΣ)

Είναι η φάση της παστερίωσης κατά την οποία δημιουργούνται συνθήκες που εξασφαλίζονται με τον μηχανολογικό εξοπλισμό του παστεριωτηρίου για την θανάτωση

ανταγωνιστικών μικροοργανισμών και εντόμων, νηματωδών και ακάρεων.

Η διεργασία αυτή απαιτεί θερμοκρασία 55° C με αύξηση της μέχρι 57 - 58 ° C και διάρκεια μέχρι 8 ώρες. Η ακτινομύκητες που αναπτύσσονται σε συνθήκες αυτές βοηθούν την μετατροπή του αμμωνιακού αζώτου σε πρωτεϊνικό. Αλλά για να γίνει αυτό μειώνεται η θερμοκρασία μετά της 8 ώρες από 58° C στους 48° C . Έτσι η διαδικασία περνά στο στάδιο ωρίμανσης που διαρκεί 6 ώρες. Στο τέλος του σταδίου η συγκέντρωση της αμμωνίας φτάνει μόλις στο 10 ppm, το ολικό άζωτο σε 1, 9 %, η οξύτητα σε 7,5 η αναλογία C / N σε 1 : 6 και η υγρασία 68%. Η συνολική απώλεια βάρους είναι 25%.

Σε άλλες περιπτώσεις η παστερίωση του υποστρώματος γίνεται είτε στους 60-65°C για 1-3 μέρες, είτε για 2 ώρες στους 130°C ή για 10 ώρες στους 95°C. Και οι δυο τεχνικές (παστερίωση και αποστείρωση) γίνονται με ατμό σε ειδικούς θαλάμους και μετά το πέρας αυτών αφήνετε να πέσει η θερμοκρασία στους 20-25°C. Αμέσως μετά την ολοκλήρωση της ζύμωσης και παστεριώσεις το υπόστρωμα εμβολιάζεται με τον «σπόρο» ("spawn"). Ο σπόρος ανακατεύεται με το υπόστρωμα σε αναλογία βάρους 1-2%, αναλόγως του πάχους του υποστρώματος της χρησιμοποιούμενης ποικιλίας του μύκητα και του συστήματος καλλιέργειας. Η σπορά πραγματοποιείται στο μεν μονοζωικό σύστημα ύστερα από το τέλος της διαδικασίας ωρίμανσης, στο δε διζωνικό κατά το γέμισμα των κλινών. Το έτοιμο, ζυμωμένο υπόστρωμα τοποθετείται στις κλίνες καλλιέργειας, μέσα στους θαλάμους καλλιέργειας. Οι κλίνες αυτές είναι είτε ξύλινα τελάρα τα οποία τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο, είτε επάλληλα μεταλλικά ράφια σε σειρές κατά μήκος του θαλάμου. Οι θάλαμοι καλλιέργειας διαθέτουν σύστημα αερισμού, υδρονέφωσης, θέρμανσης και ψύξης και είναι εφοδιασμένοι με τα σχετικά όργανα ελέγχου και ρύθμισης.

Σε περιοχές που επικρατεί σύστημα μικρών και οικογενειακών εκμεταλλεύσεων, η καλλιέργεια πραγματοποιείται σε πλαστικούς σάκους των 20-30 kg και το υπόστρωμα διατίθεται έτοιμο και πολλές φορές εμβολιασμένο, από κεντρικές μονάδες.

Η άριστη θερμοκρασία για τον αποικισμό του υποστρώματος με το μυκήλιο του μύκητα εξαρτάται από το καλλιεργούμενο είδος και ποικιλία, κυμαίνεται δε μεταξύ 22-26 ° C. Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στο περιβάλλον της καλλιέργειας διατηρείται σε επίπεδα 0,5-2,0% και η σχετική υγρασία του αέρα γύρω στο 95%. Κατά τη διάρκεια της επώασης του μυκηλίου αποφεύγεται το πότισμα ώστε να μη δημιουργηθούν συνθήκες κορεσμού και έλλειψης καλού αερισμού.

Άριστες είναι οι συνθήκες όταν δεν δρουν ανταγωνιστικοί μύκητες στο υπόστρωμα, το pH να βρίσκεται μεταξύ 6.5 και 7, η υγρασία είναι 70-75% και η σχέση άνθρακα προς άζωτο είναι από 50:1 μέχρι 500:1.

Η ευρεία εξάπλωση και εντατικοποίηση που γνώρισε πρόσφατα σε όλο τον κόσμο η καλλιέργεια των μανιταριών που ανήκουν στο γένος *Pleurotus*, οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην εύκολη και ταχεία ανάπτυξη τους σε ένα μεγάλο εύρος φθηνών λιγνοκυτταρινούχων υποστρωμάτων, όπως κορμούς (εικόνα) και κούτσουρα δένδρων, πριονίδια, άχυρα και άλλα υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών βαμβακιού, αραβοσίτου, καπνού, ρυζιού κ.λπ.), καθώς και στις μικρές σχετικά απαιτήσεις σε εγκαταστάσεις παραγωγής και καλλιεργητικές φροντίδες. Τα μανιτάρια του γένους *Pleurotus spp.* μπορούν να παράγουν καρποφορίες σε άχυρα από ρύζι (*Oryza sativa*), σιτάρι (*Triticum vulgare*), κριθάρι (*Elucine coracana*) (Anakalo *et al.*, 2008; Nageswaran *et al.*, 2003; Shah *et al.*, 2004), κεχρί (*Pennisetum typhoides*), σόργο (*Sorghum vulgare*), αραβόσιτο (*Zea mays*) (Bano *et al.*, 1987; Goswami *et al.*, 1987), ή απλώς σε ξύλο από λεύκες (*Populus robusta*), δρυς (*Quercus leucotrichopora*), Horse Chestnut (*Aesculus indica*), *Acasia sp.* (Pant *et al.*, 1987), ψλοκομμένη μπανάνα (Singh and Tandon, 1987) ή υπολείμματα αυτής (Reddy *et al.*, 2003), στέλεχος βαμβακιού, μπιζέλι, πριονίδι (Philippoussis *et al.*, 2001; Zervakis *et al.*, 2001) κόκκους καφέ (Dias *et al.*, 2003) και υπολείμματα ζαχαροκάλαμου (Syed *et al.*, 2009; Dias *et al.*, 2003; Klibansky *et al.*, 1993; Mane *et al.*, 2007). Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιούνται βιομηχανικά παραπροϊόντα, όπως λύματα και τα απόβλητα χαρτιού μετά από αναερόβια επεξεργασία τους, (έχουν αναφερθεί ότι για να τροποποιήσουν τη μέση σύνθεση στην καλλιέργεια μανιταριών) (Baysal *et al.*, 2003; Pant *et al.*, 2006). Σε ορισμένες χώρες, ο «υδάτινος» υάκινθος (*Eichhornia crassipes*) χρησιμοποιείται ως συμπλήρωμα στο υπόστρωμα για την καλλιέργεια μανιταριών (Anakalo *et al.*, 2008; Murugesan *et al.*, 1995; Nageswaran *et al.*, 2003).

Από τα μέσα της δεκαετίας του '90, πολλές από τις μελέτες που σχετίζονται με την εφαρμογή των υποστρωμάτων από ζύμωση στερεάς ύλης (SSF) επικεντρώθηκαν στην αύξηση της προστιθέμενης αξίας των αγρο-βιομηχανικών υπολειμμάτων (Pandey *et al.*, 2000). Π. χ. έχουν αναπτυχθεί διάφορες διεργασίες για να ενισχύσουν την περιεκτικότητα πρωτεΐνης σε απόβλητα αμυλούχων φρούτων (Smail *et al.*, 1995), τη σύνθεση των μεταβολιτών (Pallares *et al.*, 1996) ή και την παραγωγή ενζύμων (Mazutti *et al.*, 2006).

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η πηγή των θρεπτικών ουσιών δρα επίσης ως ένας υποστηρικτικός παράγοντας για την ανάπτυξη μικροβίων τα οποία αποικοδομούν το υπόστρωμα, όπως στην ζύμωση στερεάς ύλης SSF που αποδίδεται στην απελευθέρωση

του συνδεδεμένου με το κύτταρο ενζύμου ή με τα εξωκυτταρικά ένζυμα στο εξωτερικό περιβάλλον (Nandakumar *et al.*, 1994). Στο SSF οι διεργασίες που υπάρχουν είναι τρεις φυσικές φάσεις: αέριο, υγρή και στερεά. Η υδατική φάση απορροφάται σε στερεές επιφάνειες και είναι επίσης σε επαφή με την αέρια φάση, η διεπαφή αερίου-υγρού αντιπροσωπεύει ένα σύνορο για την ανταλλαγή αερίων οξυγόνου-διοξειδίου του άνθρακα και τη μεταφορά θερμότητας. Η ενζυματική δράση επί του υποστρώματος εξαρτάται από το μέγεθος της επιφάνειας του, το οποίο καθορίζεται από τις φυσικές ιδιότητες των συμπεριλαμβανομένων υλικών τον κρυσταλλικό ή άμορφο χαρακτήρα, την προσβάσιμη επιφάνεια και το εμβαδόν της, το πορώδες και κυρίως το μέγεθος των σωματιδίων (Knapp and Howell, 1980; Viniestra-González *et al.*, 2003; Rodríguez and Sanromán, 2005). Έτσι, η δομή και το μέγεθος των υποστρωμάτων επιτρέπουν την χρήση διαφορετικών υλικών για μικροβιακή αποικοδόμηση (Pandey, 2003). Συνεπώς ο μηχανικός διαχωρισμός οποιοδήποτε υποστρώματος μπορεί να είναι χρήσιμος για ειδικούς σκοπούς, όπως η καλλιέργεια των εδώδιμων μανιταριών, η παραγωγή ζωοτροφών (Zadrazil and Puniya, 1995) ή πιο συγκεκριμένα η παραγωγή εκχυλισμάτων εξωκυτταρικού ενζύμου (Mazutti *et al.*, 2006).

4. 2. Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα από πούλπα και από φλοιούς καφέ

Η πούλπα καφέ, είναι ένα από τα κύρια υποπροϊόντα της υγρής διαδικασίας της παραγωγής του καφέ (*Coffea arabica L.*), και η οποία αποτελεί σχεδόν το 40% του υγρού βάρους των κόκκων καφέ. Είναι πλούσια σε υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, ανόργανα άλατα, και αξιόλογες ποσότητες από τανίνες, καφεΐνη και κάλιο (Bresanni, 1979).

Στο Μεξικό κάθε χρόνο παράγεται περίπου 100.000 τόνοι της πούλπας καφέ, και η πλειοψηφία των αποβλήτων αυτών δεν έχει καμία άλλη οικονομική χρήση, αντί αυτού οι καλλιεργητές του καφέ το εξαπλώνουν στο χωράφι όπου αφήνεται να αποσυντεθεί. Παρόλο που έχουν προταθεί διάφορες τεχνολογίες για τη χρήση των παραπροϊόντων που παράγονται από τη βιομηχανία του καφέ (Pandey *et al.*, 2000), η καλλιέργεια των βρώσιμων μανιταριών σε πούλπα καφέ φαίνεται ιδιαίτερα ελκυστική, δεδομένου ότι αντιπροσωπεύει την άμεση μετατροπή ενός γεωργικού απόβλητου στην ανθρώπινη τροφή. Μεταξύ των βρώσιμων μανιταριών που αξιολογήθηκαν για αυτή την εμπορική δραστηριότητα, τα είδη του γένους *Pleurotus* φαίνεται να είναι πιο κατάλληλα, κατά κύριο λόγο επειδή η βιολογική αποτελεσματικότητά τους μπορεί να υπερβαίνει το 100% (Υγρή

βάση) (Martínez-Carrera *et al.*, 1985; Martínez-Carrera, 1989). Έτσι ο Salmones *et al.* (2005) με τους συνεργάτες του μελέτησαν τη δυνατότητα καλλιέργειας των τριών ειδών του γένους *Pleurotus*, τα *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus pulmonarius* και *Pleurotus djamor* σε υποστρώματα που περιέχουν πούλπα καφέ και άχυρο από σιτάρι. Η έρευνα των Salmones *et al.* (2005) είναι μέρος μιας σειράς ερευνών που επικεντρώνονται στη βελτιστοποίηση της χρήσης της πούλπας καφέ ως μέσο για καλλιέργειες μανιταριών. Ο σκοπός τους ήταν, αφενός μεν να χαρακτηριστούν διαφορές στη παραγωγή βιομάζας από το βλαστικό στάδιο και τα καρποφόρα όργανα παραγωγής των στελεχών, και αφετέρου να μελετηθούν ενδεχόμενες αλλαγές της περιεκτικότητας του υποστρώματος σε λιγνίνη και πολυσακχαρίτη (κυτταρίνη και ημικυτταρίνη), γεγονός που αποδίδεται στις διαφορετικές ικανότητες χρήσης του υποστρώματος από τα διάφορα είδη. Επίσης μελετήθηκε η αποικοδόμηση των τοξικών συστατικών, ιδιαίτερα των φαινολών και της καφεΐνης του υποστρώματος κατά την καλλιέργεια των μανιταριών (Πίνακας 4.1). Ο πρακτικός τους στόχος όμως ήταν να εντοπιστούν πιθανά πλεονεκτήματα για την αντικατάσταση του εμπορικά δημοφιλή υποστρώματος από άχυρου σιταριού με την πούλπα δηλαδή από αγροτοβιομηχανική των αποβλήτων της εξεργασίας του καφέ. Για αυτό το λόγω τα στελέχη των εξεταζόμενων μανιταριών αξιολογήθηκαν για την ικανότητα τους να αναπτυχθούν σε πούλπα καφέ. Βρέθηκε ότι τα έξι στελέχη του μύκητα του γένους *Pleurotus* (*P. djamor* (2), *P. ostreatus* (2) και *P. pulmonarius* (2)) που καλλιεργήθηκαν σε πούλπα καφέ και άχυρο σιταριού παρουσίασαν διαφορές στη μεταβολική δραστηριότητα και παραγωγή βιομάζας από κάθε στέλεχος, καθώς και στην αποικοδόμηση της λιγνίνης, πολυσακχαριτών (κυτταρίνη και ημικυτταρίνη), φαινολικών ενώσεων και στη καφεΐνη που περιέχονταν στα δείγματα του υποστρώματος.

Σύμφωνα με τους Salmones *et al.* (2005) η καταλληλότητα ενός μανιταριού να καλλιεργηθεί σε υπόστρωμα εξαρτάται, σε μεγάλο μέρος, από την σύνθεσή του, στην διαθεσιμότητα του υποστρώματος και στο κόστος καλλιέργειας. Σε αυτό το πλαίσιο, τα πλεονεκτήματα της πούλπας καφέ είναι:

α) ως θρεπτικό υπόστρωμα είναι επαρκές για την αύξηση και την ανάπτυξη μανιταριών,

β) είναι διαθέσιμο ως ένα γεωργικό προϊόν αποβλήτων με χαμηλό κόστος, ασφαλώς στις χώρες παραγωγής του καφέ και

γ) μπορεί να αφυδατωθεί και να αποθηκεύεται για μεγάλες χρονικές περιόδους χωρίς να υπάρξουν εμφανείς επιδράσεις στις αποδόσεις των μανιταριών, καθώς είναι ένας

αντισταθμιστικός παράγοντας στην εποχιακή διαθεσιμότητά του ως φρέσκο υλικό (Martínez-Carrera *et al.*, 1996).

Η καλλιέργεια του γένους *Pleurotus* σε πούλπα καφέ δείχνει ότι αυτό το υπόστρωμα έχει πλεονεκτήματα έναντι εναλλακτικών υποστρωμάτων με απόβλητα και θα μπορούσε να χρησιμεύσει ως υποκατάστατο για το άχυρο σιταριού.

Πίνακας 4.1 Συνθέσεις κυτταρικού τοιχώματος στην καλλιέργεια στελεχών *Pleurotus* σε υπόστρωμα από άχυρο σιταριού και πούλπας καφέ (Salmones *et al.*, 2005).

Υπόστρωμα	Στάδιο μυκηλιακής ανάπτυξης	NDF	Ημικυττα- ρίνη	Κυττα- ρίνη	Λιγνί- νη	Cellulose:Lignin ratio	
Άχυρο (μάρτυρας)	S1	91.3	31.4	49.2	10.8	4.55	
	S5	90.1	32.1	47.5	10.0	4.75	
	S9	89.4	32.7	46.2	10.1	4.57	
<i>P. djamora</i>	S5	83.2	25.6	47.4	10.2	4.64	
	IE-121	S8	65.6	20.6	37.4	7.6	4.92
	IE-218	S5	78.2	26.4	42.6	9.1	4.68
		S8	58.3	19.6	33.5	5.2	6.44
<i>P. ostreatus</i>	S5	72.3	27.3	38.8	6.1	6.36	
	IE-38	S8	68.4	22.3	40.5	5.6	7.23
	IE-49	S5	72.6	22.3	40.7	8.8	4.62
		S8	58	17.8	35.5	4.7	7.55
<i>P. pulmonarius</i>	S5	78.8	28.3	42.7	7.8	5.47	
	IE-137	S8	68.1	20.9	41.1	5.9	6.96
	IE-225	S5	56.6	29.4	42.1	9.1	4.62

	S8	58.9	20.9	33.4	4.6	7.26
Πούλπα καφέ (μάρτυρας)	S1	67.7	17.1	24.5	26	0.94
	S5	64.4	15.3	23.2	25.9	0.89
	S9	63.5	15.1	23	25	0.92
<i>P. djamor</i> IE-121 IE-218	S5	59.3	14	23.5	21.8	1.07
	S8	51.2	13.3	18.3	19.7	0.92
	S5	54	14.2	20.4	19.4	1.05
	S8	51.9	13.4	18.9	19.6	0.96
<i>P. ostreatus</i> IE-38 IE-49	S5	55.9	14.2	22.3	19.4	1.14
	S8	50.1	12.1	23	15	1.53
	S5	55.6	11.2	23.3	21.1	1.10
	S8	53.6	11	22.3	20.3	1.09
<i>P. pulmonarius</i> IE-137 IE-225	S5	50.9	11.2	24.3	15.4	1.57
	S8	49.5	11.5	24.1	13.9	1.73
	S5	57	14.3	22.9	19.8	1.15
	S8	47.9	12.2	21.5	14.2	1.51

Τιμές για κάθε συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος υπολογίστηκαν ως επί τοις εκατό ξηρό βάρος και μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια των σταδίων ανάπτυξης μυκηλίου S1, S5 και S8 (ή S9 για δείγματα ελέγχου).

Ωστόσο, θα πρέπει να γίνουν και άλλες μελέτες για να βρεθούν στελέχη που να αποικοδομούν αποτελεσματικά την πούλπα καφέ, ιδιαίτερα τις φαινόλες και τη καφεΐνη, δεδομένου ότι πολλοί παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν τη σύνθεση του υποστρώματος και τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών του για την καλλιέργεια μανιταριών. Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να περιλαμβάνουν (αλλά δεν περιορίζονται να

χρησιμοποιούνται): α) διαφορές στις μεθόδους για τον διαχωρισμό των κόκκων καφέ από την πούλπα, β) φυτοχημικές διαφορές σε πούλπα που μπορεί να αποδοθεί σε διαφορετικές ποικιλίες κόκκων του καφέ, και γ) διαφορές στα καλλιεργητικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για να αυξηθεί η παραγωγή του καφέ. Οι συνέπειες από αυτούς τους παράγοντες στη καλλιέργεια των μανιταριών είναι ήδη γνωστές από μελέτες διάφορων επιστημόνων. (Chaloux *et al.*, 1995; Labuschagne *et al.*, 2000).

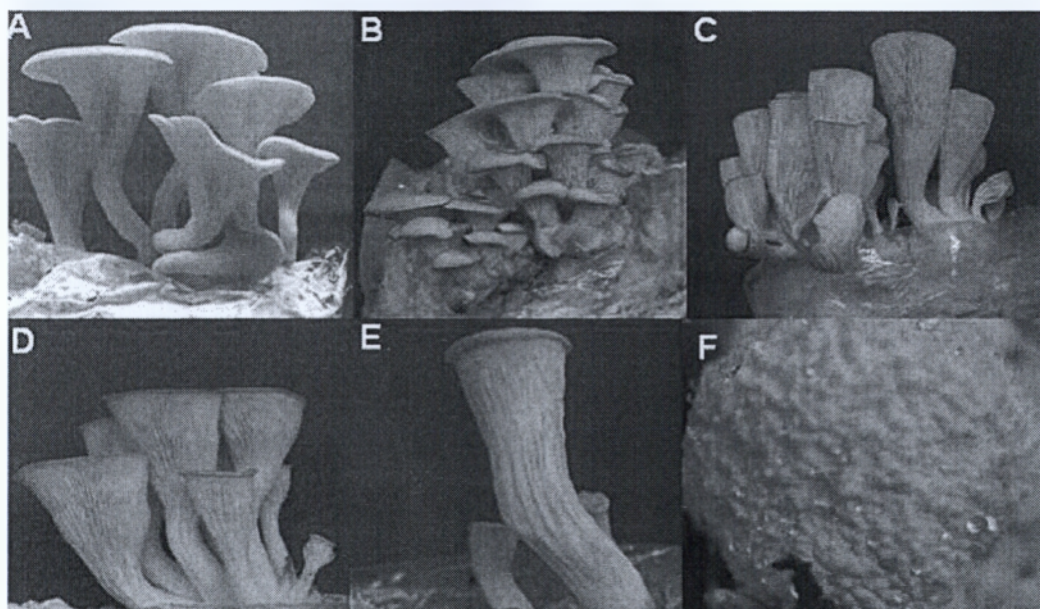
Τέλος, η υποβαθμισμένη πούλπα καφέ από τις καλλιέργειες των μανιταριών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συμπλήρωμα στην επεξεργασία των ζωοτροφών, στα προϊόντα κομποστοποίησης, και στα οργανικά λιπάσματα.

Σύμφωνα με τους Silva *et al.* (2012) διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι το Se (σελήνιο) ενσωματώνεται στη βιομάζα των *P. ostreatus*, επίσης το στοιχείο αυτό βρέθηκε να σχετίζεται με τη μεμβράνη (44%) και το κυτταρικό τοίχωμα (56%). Η ενσωμάτωση του Se σε μυκητιακές πρωτεΐνες αποκαλύπτει τις μεγάλες δυνατότητες για τη βελτίωση της θρεπτικής αξίας του μανιταριού (Munoz *et al.*, 2006). Το σελήνιο (Se) είναι απαραίτητο για την ανθρώπινη διατροφή, και είναι σε χαμηλή συγκέντρωση στο έδαφος, και συνεπώς στα τρόφιμα. Στα εμπλουτισμένα μανιτάρια, η βιοδιαθεσιμότητα του Se επαληθεύτηκε χρησιμοποιώντας *in vivo* μέθοδο όπου χρησιμοποιήθηκαν τα μανιτάρια στην τροφή. Τα υψηλότερα επίπεδα απορρόφησης του Se βρέθηκαν σε αρουραίους που τρέφονταν με μανιτάρια εμπλουτισμένα με Se (Silva *et al.*, 2010). Λόγω της υψηλής ζήτησης των τροφίμων σε ολόκληρο τον κόσμο, ο εμπλουτισμός των μανιταριών με τα βασικά μικροθρεπτικά συστατικά, όπως το στοιχείο Se, είναι ζωτικής σημασίας. Ωστόσο, είναι γνωστό ότι το Se μπορεί να είναι τοξικό αν διατεθεί σε υψηλές συγκεντρώσεις (Gasó *et al.*, 2000; Hartikainen, 2005). Η συνιστώμενη δόση για ένα ενήλικο, αρσενικό ή θηλυκό, είναι 55 $\mu\text{g day}^{-1}$ (IOM, 2000). Το σελήνιο συμβάλει σε αρκετές φυσιολογικές λειτουργίες που συνδέεται με την δραστηριότητα πρωτεΐνης, και στην ενίσχυση της λειτουργίας του ανοσοποιητικού του συστήματος, μειώνοντας τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου (Finley, 2006), στα ασφαλή αποτελέσματα της χημειοθεραπείας (Sieja & Talerczyk, 2004) και στη λειτουργική δραστηριότητα της μετάστασης του καρκίνου (Finley *et al.*, 2005).

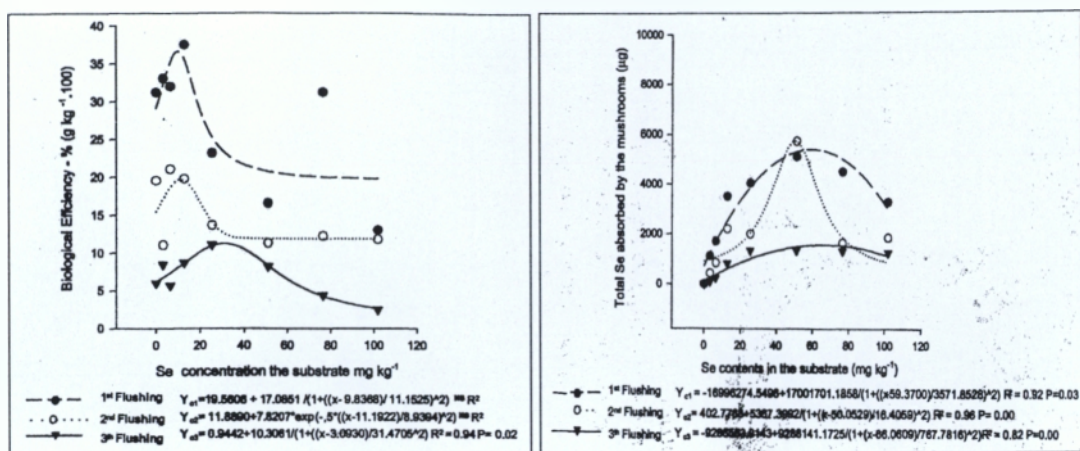
Για αυτό, έγιναν έρευνες από τον Silva και συνεργάτες του (2012) για την ανάπτυξη τα *P. ostreatus* σε υπόστρωμα από φλούδες καφέ εμπλουτισμένο με διάφορες συγκεντρώσεις σελήνιο σε μορφή αλάτων νατρίου. Η βιολογική αποτελεσματικότητα του *P. ostreatus* επηρεάστηκε από την προσθήκη υψηλών συγκεντρώσεων Se (Εικόνα 4.3). Το υψηλότερο επίπεδο της απορρόφησης Se ελήφθη με προσθήκη 51 mg kg^{-1} σεληνίτη νατρίου. Τα μανιτάρια από την πρώτη έκπλυση περιείχαν περισσότερο Se από ότι στις

περαιτέρω εκπλύσεις. Αυτά τα αποτελέσματα αποδεικνύουν το μεγάλο δυναμικό των φλοιών του καφέ για την παραγωγή μανιταριών εμπλουτισμένα με Se και δείχνουν την ικανότητα αυτού του μύκητα για απορρόφηση του Se.

Οι αποδόσεις των μανιταριών και η χημική σύνθεσή τους μπορεί να επηρεασθούν από τα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη τους (Shashirekh *et al.*, 2005). Για παράδειγμα οι αποδόσεις, και η χημική σύνθεση είναι ενισχυμένη με την προσθήκη αιθέριων στοιχείων, όπως το Se. Η προσθήκη του σεληνίτη νατρίου στο υπόστρωμα που χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια *Ganoderma lucidum* οδήγησε σε ανάλογη αύξηση του περιεχομένου Se στα μανιτάρια (Zhao, 2004). Συμπερασματικά η καλλιέργεια των μανιταριών που εμπλουτίστηκε με Se στο υπόστρωμα από φλοιούς καφέ ήταν αποτελεσματική, δείχνοντας αυξημένη βιολογική απόδοση και απορρόφηση του Se (Εικόνα 4.4). Ακόμη και η χαμηλότερη συγκέντρωση Se που προστέθηκε στους φλοιούς καφέ (3,2 mg kg⁻¹) οδήγησε τα μανιτάρια *P. ostreatus* να περιέχουν επαρκές ποσότητες Se για να παρέχουν την ημερήσια πρόσληψη Se στους ενήλικες (Silva *et al.*, 2012). Τέλος αυτά τα αποτελέσματα καταδεικνύουν το μεγάλο δυναμικό των φλοιών καφέ στην παραγωγή μανιταριών εμπλουτισμένα με Se και δείχνουν την ικανότητα των μυκήτων αυτών να απορροφούν και να βιομεγεθυνθούν το Se.



Εικόνα 4.3 Μορφολογία των μανιταριών *Pleurotus ostreatus* που καλλιεργούνται σε υποστρώματα από φλοιό καφέ με απουσία (A) και παρουσία του Se (6,4 mg kg⁻¹), (B) 12,8 mg kg⁻¹, (C) 25,4 mg kg⁻¹, (D) 51 mg kg⁻¹, (E) 102 mg kg⁻¹, (F) (Silva *et al.*, 2012).



Εικόνα 4.4 Βιολογική αποτελεσματικότητα των μανιταριών που καλλιεργούνται σε υποστρώματα από φλοιούς καφέ εμπλουτισμένα με διαφορετικές συγκεντρώσεις Se (1) και συνολικό ποσό του Se στα *Pleurotus ostreatus* που παράγονται σε εμπλουτισμένο με Se υπόστρωμα από φλοιούς καφέ (2) (Silva *et al.*, 2012).

4.3 Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα με αγριόχορτα

Η λέξη «αγριόχορτο» χρησιμοποιείται γενικά για τα μη καλλιεργούμενα φυτά. Η κατάλληλη χρησιμοποίηση αυτών είναι ένα ενδιαφέρον θέμα καθώς τα περισσότερα αγριόχορτα χρησιμοποιούνται ακόμη και ως ζωοτροφή, εξαιτίας το ότι είναι πλούσια σε λιγνίνη και αντι-μεταβολιτών όπως οι φαινολικές, οι γλυκόσιδες, φλαβονοειδής και άλλες ενώσεις (Fianu *et al.*, 1981). Η διάθεση αυτών των φυτών μέσω της καύσης προκαλεί περιβαλλοντική ρύπανση, καθώς απελευθερώνουν υψηλό επίπεδο CO₂, καθώς και είναι η αιτία της άσκοπης σπατάλης της μεγάλης ποσότητας οργανικών υλικών (Croan, 2000).

Από τους Das και Mukherjee (2007) έγιναν μελέτες για την καλλιέργεια του *Pleurotus ostreatus* σε υποστρώματα με αγριόχορτα: *Leonotis sp*, *Sida acuta*, *Parthenium argentatum*, *Ageratum conyzoides*, *Cassia sophera*, *Tephrosia purpurea* και *Lantana camara* (Πίνακας 4.2). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι για την καλλιέργεια του προαναφερόμενου μύκητα το καλύτερο υπόστρωμα για την παραγωγή των μανιταριών αυτών είναι το *Leonotis* όταν αναμιχθεί με άχυρο ρυζιού (1:1, υγρό βάρος / υγρό βάρος) *sp*. Ο χρόνος καρποφορίας για το *P. ostreatus* είναι μικρότερος στο *Leonotis sp*, από ότι σε άλλα υποστρώματα με άχυρο. Ενώ το αγριόχορτο *T. purpurea* ήταν το λιγότερο κατάλληλο για την καλλιέργεια μανιταριών. Το κύριο πρόβλημα της καλλιέργειας των μανιταριών αυτών σε υποστρώματα με άχυρο βρέθηκε να είναι η χαμηλή απόδοση καλλιέργειας σε

δεύτερη φάση που θα μπορούσε να ξεπεραστεί με την ανάμειξη των αγριόχορτων με άχυρο ρυζιού. Στις καρποφορίες μανιταριών η πρωτεΐνη που περιέχεται προέρχεται από τα *Cassia sophera*, *Parthenium argentatum* και *Leonotis sp.* που είναι όχι μόνο καλύτερα από το άχυρο ρυζιού, αλλά επίσης από το άχυρο ρυζιού συμπληρωμένου των αγριόχορτων.

Πίνακας 4.2 Βιολογική αποδοτικότητα της καλλιέργειας μανιταριών *Pleurotus ostreatus* (φρέσκα μανιτάρια σε kg / kg ξηρού υποστρώματος) σχετικά με το μη-θερμικά επεξεργασμένο άχυρο ρυζιού και ζιζανίων (Das & Mukherjee, 2007).

Υπόστρωμα	Βιολογική αποδοτικότητα των μανιταριών πρώτη και δεύτερη φάση (kg/kg υπόστρωμα)				Χρόνος έναρξης των φάσεων	
	Μέσο ^a	Απόκλιση	p- Αξία	Στατιστικό	1st Φάση	2nd Φάση
Ρύζι + <i>Leonotis sp.</i> (1:1)	1.390	0.0307		A	9.66	16.66
Ρύζι	1.208	0.0544	<0.05	B	15.33	22.33
Ρύζι + <i>Cassia sophera</i> (1:1)	1.171	0.0374	>0.05	B	17.66	25.66
Ρύζι + <i>Sida acuta</i> (1:1)	1.170	0.0299	>0.05	B	10.00	19.00
Ρύζι + <i>Tephrosia purpurea</i> (1:1)	1.073	0.0213	<0.05	C	13.66	21.66
Ρύζι + <i>Ageratum conyzoides</i> (1:1)	1.060	0.0378	>0.05	C	11.66	18.33
Ρύζι + <i>Lantana camara</i> (1:1)	1.057	0.0324	>0.05	C	13.66	20.66
<i>Leonotis sp.</i>	1.024	0.0485	<0.05	D	9.66	17.66
Ρύζι + <i>Parthenium argentatum</i> (1:1)	1.01	0.0275	>0.05	D	15.00	22.00
<i>Sida acuta</i>	0.906	0.0287	<0.05	E	10.00	18.00

<i>Ageratum conyzoides</i>	0.885	0.0223	<0.05	F	11.33	18.33
<i>Lantana camara</i>	0.806	0.0256	<0.05	G	15.66	22.66
<i>Cassia sophera</i>	0.696	0.0294	<0.05	H	18.66	24.33
<i>Parthenium argentatum</i>	0.593	0.0304	<0.05	I	16.66	24.66
<i>Tephrosia purpurea J</i>	0.229	0.0299	<0.05	J	14.33	—

Οι καρποφορίες δεν ανιχνεύθηκαν. Το μέσο των 15 επαναλήψεων για κάθε υπόστρωμα κατατάχθηκε σύμφωνα με το Student's t-test στο 5%.

Το συμπέρασμα είναι: τα προαναφερόμενα παραπάνω αγριόχορτα μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιτυχώς ως υποστρώματα για την καλλιέργεια μανιταριών. Τα αγριόχορτα δεν αποδεικνύονται μόνο ως εναλλακτικό υπόστρωμα για την καλλιέργεια μανιταριών, επίσης μπορούν να αυξήσουν την περιεκτικότητα της πρωτεΐνης και μείωση του χρόνου παραγωγής (Πίνακας 4.3) (Das & Mukherjee, 2007).

Πίνακας 4.3 Αξία πρωτεΐνης των καρποφοριών του *Pleurotus ostreatus* (δύο φάσεων) που καλλιεργούνται σε μη θερμικό επεξεργασμένο άχυρο ρυζιού και σε είδη ζιζανίων τα οποία συλλέχθηκαν μετά από τρεις ημέρες από τον πρώτο σχηματισμό καρποφορίας (Das & Mukherjee, 2007).

Υπόστρωμα	Πρωτεΐνη mg/g νωπού βάρους καρποφοριών			
	Μέσο	Απόκλιση	p- Αξία	Στατιστικά
<i>Cassia sophera</i>	10.85	0.96		A
<i>Parthenium argentatum</i>	10.13	1.05	>0.05	A
<i>Leonotis sp.</i>	8.44	0.82	<0.05	B
Ρύζι + <i>Leonotis sp.</i>	7.52	0.12	<0.05	C

<i>Ageratum conyzoides</i>	7.23	0.84	<0.05	D
<i>Lantana camara</i>	6.94	0.73	>0.05	D
Ρύζι	6.7	0.82	>0.05	D
Ρύζι + <i>Ageratum conyzoides</i>	6.52	0.59	>0.05	D
Ρύζι + <i>Sida acuta</i>	6.34	0.23	<0.05	E
Ρύζι + <i>Cassia sophera</i>	6.09	0.68	<0.05	F
Ρύζι + <i>Tephrosia purpur</i>	6.08	0.58	>0.05	F
<i>Sida acuta</i>	5.8	0.68	>0.05	F
Ρύζι + <i>Lantana camara</i>	5.79	0.42	>0.05	F
Ρύζι + <i>Parthenium argentatum</i>	5.75	0.6	>0.05	F
<i>Tephrosia purpurea</i>	5.2	0.72	<0.05	G

Συμπληρώνοντας υπόστρωμα αγριόχορτων με άχυρο ρυζιού αυξάνεται η συσσώρευση των βιολογικών αποτελεσμάτων των μανιταριών, κυρίως διεγείροντας την παραγωγή σε δεύτερη φάση. Τα *Leonotis sp.* έχουν προσδιοριστεί ως το καλύτερο υπόστρωμα για την καλλιέργεια μανιταριών σε σχέση με τη ΒΕ και το χρόνο καρποφορίας. Ως εκ τούτου, η καλλιέργεια των μανιταριών αποδεικνύεται ότι είναι υψηλής απόδοσης μέθοδος για την εξάλειψη των αγριόχορτων, καθώς και την παραγωγή πλούσιων σε πρωτεΐνες των τροφίμων.

4.4 Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα με απόβλητα ελαιοτριβείων

Στη βιομηχανία τροφίμων το κύριο προϊόν που σχετίζεται με την επεξεργασία του ελαιοκάρπου το είναι το ελαιόλαδο. Κατά την επεξεργασία του ελαιοκάρπου δημιουργούνται τα δευτερεύοντα προϊόντα τα λεγόμενα απόβλητα όταν είναι τελείως

άχρηστα ενώ όταν περιέχουν συστατικά χρήσιμα και αποτελούν αντικείμενο περαιτέρω επεξεργασίας καλούνται υποπροϊόντα ή παραπροϊόντα. Τα απόβλητα των ελαιουργείων συγκαταλέγονται στα ιδιαίτερα τοξικά, από άποψη ρυπαντικού φορτίου, αγροτοβιομηχανικά απόβλητα. Δεδομένου ότι από ένα τόνο επεξεργάσιμου ελαιοκάρπου παράγονται μόλις 200 kg ελαιόλαδο και ταυτόχρονα 400-1200 l υγρά απόβλητα και 400-800 kg στερεά απόβλητα (ανάλογα τη μέθοδο που χρησιμοποιείται), γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η ρύπανση που προκαλείται από τα ελαιουργεία είναι ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που απασχολούν τις χώρες της Μεσογείου. Στην περίπτωση της ελαιουργίας τα υγρά παραπροϊόντα γνωστά ως λιόζουμα, απόνερα ή κασιόγαρος, (olive mill waste-water (OMW), olive press waste-water, olive vegetation water, olive vegetable water (OVW)) (Fiestas Ros de Ursinos and Borja-Padilla, 1992), αποτελούν προϊόντα χωρίς εμπορική αξία, αλλά είναι πλούσια σε πολύτιμα συστατικά όπως σάκχαρα, πρωτεΐνες, υπολείμματα λαδιού, φαινολικές ουσίες, χρωστικές και χλωροφύλλες. Αυτά έχουν μια μεγάλη απαίτηση σε χημικό οξυγόνο και περιέχουν υψηλά επίπεδα φαινολικών ενώσεων, και είναι συνεπώς η αιτία της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Στα φαινολικά που έχουν ανιχνευθεί θα πρέπει να προστεθούν επίσης πολυμερείς ουσίες καστανόμαυρου χρώματος που δεσμεύονται δευτερογενώς μέσω ενζυμικών αντιδράσεων που αρχίζουν αμέσως μετά την έκθλιψη του ελαιοκάρπου (Μπλίκια, 2009). Περισσότερες από 30 διαφορετικές φαινολικές ενώσεις έχουν ανιχνευθεί στα ΥΑΕ (υγρά απόβλητα ελαιοτριβείου) και έχουν δημοσιευθεί από διάφορους ερευνητές. Σε ότι αφορά το μοριακό τους βάρος (MB), παρατηρούνται δύο βασικές κατηγορίες (Tsagaraki *et al.*, 2006).

Η παραγωγή ελαιολάδου είναι μία από τις κύριες πηγές έγχρωμου φαινολικού απόβλητου (απόνερα) στις Μεσογειακές ελαιοπαραγωγικές χώρες. Γενικά πρόκειται για υγρά απόβλητα σκούρου χρώματος (με απόχρωση από κίτρινο-πράσινο έως καφέ-μαύρο), θολά, με χαρακτηριστική έντονη οσμή η οποία οφείλεται κυρίως σε πτητικά οξέα. Επίσης εμφανίζουν όξινο pH, υψηλή ρυθμιστική ικανότητα και επιφανειακή τάση, και είναι πλούσια σε ανόργανα και οργανικά υδατοδιαλυτά συστατικά (Πίνακας 4.4) (Μπαλατσούρας, 1997). Τα ΥΑΕ παράγονται κυρίως από φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία τριών φάσεων και προέρχονται από το υγρό κλάσμα του χυμού του ελαιοκάρπου και του νερού που προστίθενται στην πλύση του καρπού, τη μάλαξη, τη φυγοκέντριση στον οριζόντιο φυγοκεντρικό διαχωριστήρα (decanter) και στον ελαιοδιαχωριστήρα κατά το διαχωρισμό του ελαιολάδου. Στα φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία τριών φάσεων, από 100 kg ελαιοκάρπου παράγονται περίπου, 20 kg ελαιόλαδο, 4 kg ελαιόφυλλα, 40 kg ελαιοπυρήνα

και περίπου 100 kg ΥΑΕ, λόγω του νερού που προστίθεται για την εκχύλιση του ελαιόλαδου από τη ζύμη. (Μπλίκια, 2009.)

Οι μεσογειακές χώρες παράγουν ετησίως μεγάλες ποσότητες όχι μόνο υγρών αλλά και στερεών αποβλήτων από την επεξεργασία του ελαιοκάρπου, που προκαλούν σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα. Ήδη στην Ελλάδα η ετήσια παραγωγή ελαιολάδου τετραπλασιάστηκε τα τελευταία 40 χρόνια. Η αύξηση αυτή στην παραγωγή οδήγησε, όπως ήταν φυσικό, και στην αντίστοιχη αύξηση παραγωγής αποβλήτων (Μπλίκια, 2009).

Τα κυριότερα προβλήματα διαχείρισης των ΥΑΕ, που εμφανίζονται στη χώρα μας οφείλονται: α) στη θεαματική αύξηση παραγωγής ελαιολάδου, άρα και υγρών αποβλήτων, όπως και σε όλες τις Μεσογειακές ελαιοπαραγωγικές χώρες. β) στην αύξηση της σχέσης αποβλήτου-ελαιοκάρπου. Η γενικευμένη χρήση στα ελαιοτριβεία φυγοκεντρικών συγκροτημάτων τριών φάσεων, συντέλεσε στην μεταβολή της σχέσης ποσότητας (όγκου) παραγόμενου αποβλήτου σε αναλογία με τον επεξεργασμένο ελαιοκάρπο από 1 σε 0,65, που ήταν με την παλαιότερη επικρατούσα χρήση των υδραυλικών πιεστηρίων, σε 1:1 με την χρήση φυγοκεντρικών μεθόδων διαχώρισης. γ) στην ανεπάρκεια εγκαταστάσεων διαχείρισης.

Τα κυριότερα προβλήματα από τα απόβλητα από την επεξεργασία του ελαιοκάρπου δημιουργούνται εξαιτίας του υψηλού οργανικού και ανόργανου περιεχόμενου το οποίο είναι δύσκολο στη διαχείριση, όπως ακριβώς και τα υγρά απόβλητα από την επεξεργασία των ελιών (**Πίνακας 4.5**). Τα στερεά απόβλητα έχουν υψηλό περιεχόμενο COD και BOD₅, πολυφαινόλες που εμποδίζουν τη δραστηριότητα βακτηρίων και μυκήτων, υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα, κλπ. Η απόρριψη των αποβλήτων στο περιβάλλον ή η διάθεση τους στο έδαφος χωρίς προηγούμενη επεξεργασία, δεν αποτελεί λύση του προβλήματος, αλλά καθιστά την κατάσταση χειρότερη δεδομένου ότι υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

Πίνακας 4.4 Κύρια φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των Υγρών Απόβλητων Ελαιοτριβείου (ΥΑΕ) (Fiestas Ros de Ursinos and Borja-Padilla, 1992; Hamdi and Ellouz, 1992).

Παράμετρος	Όρια τιμών
Νερό %	83-94
Οργανικά συστατικά %	4-16
Ανόργανα συστατικά %	1-2

Πυκνότητα (g/cm ³)	1,024
Αγωγιμότητα (μS/cm)	80.000-160.000
pH	4,5-6,5
Βιολογικά απαιτούμενα οξυγόνο (BOD ₅) mg/L	14.000-110.0000
Χημικά απαιτούμενα οξυγόνο (COD) mg/L	41.400-130.000

Πίνακας 4.5 Κύρια συστατικά των ΥΑΕ (Zervakis and Balis, 1996).

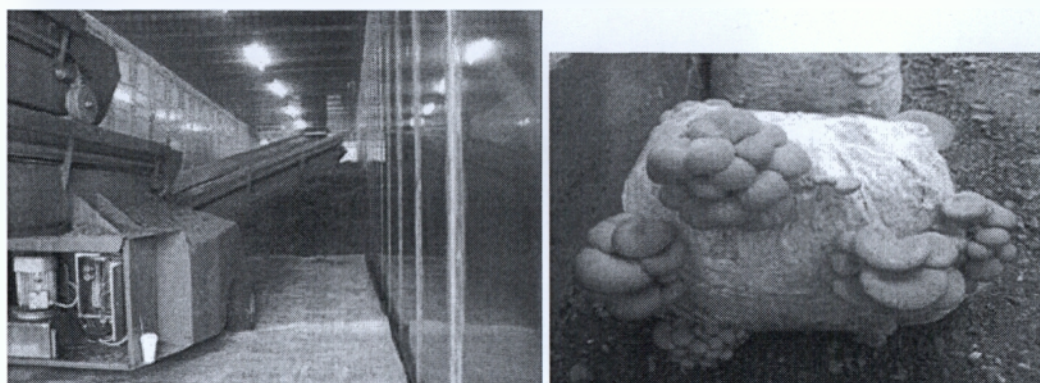
Συστατικό	Συγκέντρωση(%)	Κύρια συστατικά
Νερό		83-92
Λίπη	0,03-1,00	Υπολείμματα ελαίου
Αζωτούχες ουσίες	1,2-2,4	Γλουταμίνη, Γλυκίνη, Αργινίνη, Ιστιδίνη, Προλίνη, Τυροσίνη, Φαινυλαλανίνη, Λυσίνη, Μεθειονίνη, Γλυκοζαμίνη κ.ά.
Σάκχαρα	2,0-8,0	Ραφινόζη, Μανόζη, Σακχαρόζη, Γλυκόζη, Αραβινόζη, Ραμνόζη, Γαλακτόζη, Ξυλόζη
Οργανικά οξέα	0,5-1,5	Οξικό, Ηλεκτρικό, Κιτρικό, Γλυκερικό, Γαλακτικό, Μηλικό, Μηλονικό, Οξαλικό, Τρυγικό, Φουμαρικό,
Πολυαλκοόλες	0,5-1,5	Γλυκερίνη, Μανιτόλη
Πηκτίνες, Ταννίνες	0,4-1,5	Πηκτίνες, Ταννίνες
Φαινολικές ενώσεις	0,3-0,8	Φλαβονοειδή: Απεγινίνη, Λουτεολίνη, Κερσετίνη, Λουτεολίνη. Φαινόλες: Καφεϊκό, Κιναμικό, 2,6-δωδροξυβενζοϊκό, π-υδροξυβενζοϊκό, Συρινγγικό, Φερούλικό, π-κουμαρικό, Βανιλλικό, Βερατρικό, Πρωτοκατεχικό, Υδροξυτυροσολή, Τυροσολή, Πυροκατεχικό Ελαιοευρωπαϊνή
Ανόργανα συστατικά	0,4-1,5	K, P, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Cl, S

Αξιοσημείωτο είναι ότι η χρήση ορισμένων μυκήτων στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική εξαιτίας της ικανότητας που έχουν να παράγουν εξωκυτταρικά ένζυμα. Η ικανότητά τους αυτή τους καθιστά καλούς αποδομητές των φαινολικών ενώσεων, τανινών και άλλων ενώσεων παρεμφερών δομών που είναι τοξικές. Μεταξύ των άλλων οι μύκητες του γένους *Pleurotus*, είναι από τους πιο αποδοτικούς, όσον αφορά την παραγωγή κυτταρινολυτικών και λιγνινολυτικών ενζύμων. Στο γένος αυτό, τα ένζυμα που είναι υπεύθυνα για τη διάσπαση της λιγνίνης, είναι οι λακκάσες, ενώ πρόσφατα ανιχνεύτηκε η LiP (Burla *et al.*, 1992). Κατά συνέπεια αν και το κύριο υπόστρωμα που χρησιμοποιείται στην παραγωγή του σπορογόνου *Pleurotus* είναι το άχυρο σιταριού, λόγω των λιγνολυτικών ενζύμων που παράγουν τα *Pleurotus spp.* μπορούν εύκολα να παραχθούν σε μια ποικιλία γεωργικών αποβλήτων. Έτσι κάθε χρόνια με πολύ χαμηλή αξία των γεωργικών αποβλήτων, αυτά μπορούν να μετατραπούν σε υψηλής αξίας προϊόντα τροφίμων με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Ενδεικτικά αναφέρουμε, ότι κατά την καλλιέργεια τεσσάρων ειδών του γένους *Pleurotus*, σε υγρά απόβλητα ελαιουργείου διαπιστώθηκε ότι τα είδη αυτά που παρήγαγαν περισσότερη λακκάση, αποδομούσαν τις φαινολικές ενώσεις ταχύτερα και πληρέστερα. Επίσης διαπιστώθηκε ότι η αύξηση της βιομάζας προκαλεί ταυτόχρονη αύξηση παραγωγής ενζύμου (Kerem *et al.*, 1992). Άρα γίνεται φανερό ότι, η λειτουργία του ενζυμικού συστήματος βιοαποδόμησης των μυκήτων του γένους *Pleurotus*, ενεργοποιείται από μια σειρά ενώσεων που υπάρχουν στα υγρά απόβλητα ελαιουργείων όπως οι πολυφαινόλες, οι αρωματικές αμίνες, οι διμέθυλο-τριμέθυλοφαινόλες κ.α., έχοντας ως τελικό αποτέλεσμα τη μείωση της τοξικότητας των αποβλήτων (Μπλίκια, 2009.).

Την καταλληλότητα παραπροϊόντων ελαιουργίας για την χρήση ως υπόστρωμα για την ανάπτυξη του μυκηλίου και για την παραγωγή μανιταριών του γένους *Pleurotus* έχει μελετήσει ο Ζερβάκης στο εργαστήριο Γενικής & Γεωργικής Μικροβιολογίας, του Τμήματος Γεωπονικής Βιοτεχνολογίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Σε εργαστηριακή κλίμακα αξιολογήθηκε τα στελέχη των ειδών *P. pulmonarius* και *P. eryngii* αναπτύχθηκαν πολύ ικανοποιητικά όταν ως υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκε πυρηνόξυλο χωρίς προσθήκη λιόζουμων ή όταν η προσθήκη λιόζουμων γινόταν σε συγκεντρώσεις ως 12,5% για το *P. eryngii* και 25% για το *P. pulmonarius*. Οι τιμές που αφορούν την πρωιμότητα εμφάνισης των καρποφοριών κυμάνθηκαν για το μεν *P. pulmonarius* μεταξύ 40 και 50 ημερών (μάρτυρας-άχυρο: 40-45 ημέρες), για το δε *P. eryngii* μεταξύ 75 και 85 ημερών (μάρτυρας-άχυρο: 80-85 ημέρες). Ανάλογα υψηλές ήταν και οι τιμές για άλλες καλλιεργητικές παραμέτρους που εξετάστηκαν (ποσότητα και η ποιότητα των

καρποφοριών, καθώς και ο δείκτης βιολογικής αποδοτικότητας). Στο πυρηνόξυλο στο οποίο δεν είχε γίνει καμία προσθήκη ΥΑΕ παρατηρήθηκε γενικά υψηλή παραγωγή και στα δύο είδη *Pleurotus* (32 έως 181 gr., ή 9-46% Β.Α) που εξετάστηκαν, ενώ αξιοσημείωτη είναι η ικανότητα του *P. pulmonarius* να εμφανίζει τη μεγαλύτερη βιολογική αποδοτικότητα σε υπόστρωμα που είχε προηγουμένως διαβραχεί με συγκέντρωση 25% ΥΑΕ.

Ακολούθησαν οι δοκιμές μεγάλης (εμπορικής) κλίμακας και για την αξιολόγηση της καταλληλότητας των παραπροϊόντων ελαιουργίας ως υποστρώματα καλλιέργειας εδώδιμων μανιταριών *Pleurotus*, παρασκευάστηκαν τέσσερα υποστρώματα με βάση το πυρηνόξυλο, δηλ. 1: Άχυρο σιταριού (Μάρτυρας), 2: Πυρηνόξυλο, 3: Πυρηνόξυλο + Τριφύλλι, 4: Πυρηνόξυλο + Πίτουρο, αφού είχαν προηγηθεί προκαταρκτικά πειράματα με ανάμιξη διαφόρων πρώτων υλών. Στα ανωτέρω υποστρώματα εξετάστηκαν δύο εμπορικά στελέχη του είδους *P. ostreatus*. Τα εν λόγω υλικά αφού διαβρέχτηκαν, αναμίχτηκαν και παστεριώθηκαν (κύρια φάση: 65 C επί 20 ώρες) εμβολιάστηκαν με το πολλαπλασιαστικό υλικό και τοποθετήθηκαν σε σάκους των 3 κιλών (Εικόνα 4.4).

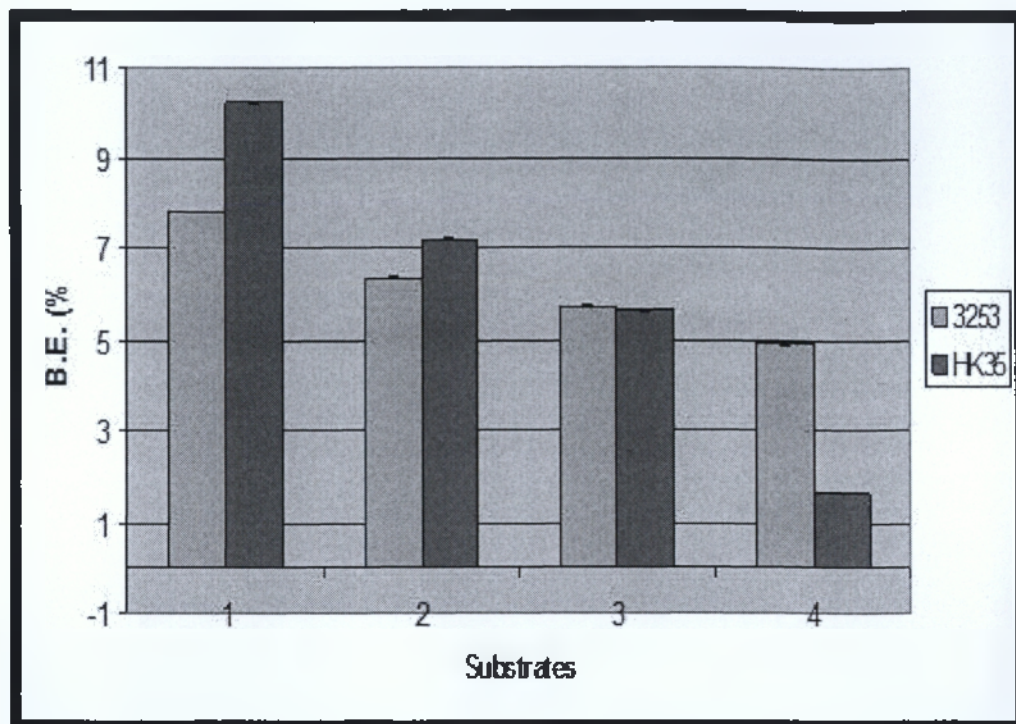


Εικόνα 4.4 Παραγωγή μανιταριών του γένους *Pleurotus* σε υποστρώματα με τα απόβλητα από την επεξεργασία του ελαιοκάρπου (Ζερβάκης, 1992).

Η επώαση του μυκηλίου πραγματοποιήθηκε σε θερμοκρασία αέρα 23 °C και σε σχετική υγρασία 90%. Η εμφάνιση των καρποφοριών σημειώθηκε στις 27 έως 33 ημέρες για το πρώτο στέλεχος (ταχύτερος αποικισμός επιτεύχθηκε στο εμπλουτισμένο πυρηνόξυλο) και από 26 έως 52 ημέρες για το δεύτερο στέλεχος (ταχύτερος αποικισμός επιτεύχθηκε στον μάρτυρα).

Οι μετρήσεις έδειξαν ότι η βιολογική αποδοτικότητα (Εικόνα 4.5) των δύο στελεχών ήταν παρόμοια στα δύο από τα τέσσερα υποστρώματα και παρατηρήθηκε ελαφρώς χαμηλότερη σε σχέση με τον μάρτυρα στις επεμβάσεις που χρησιμοποιήθηκε

πυρηνόξυλο και πυρηνόξυλο εμπλουτισμένο με τριφύλλι (τιμές για το πρώτο κύμα παραγωγής: 8-10% έναντι 6-7%), ενώ η ποιότητα των παραγόμενων καρποφοριών ήταν πολύ καλή σε όλες τις επεμβάσεις (Ζερβακης, 1992).



Εικόνα 4.5 Η βιολογική αποδοτικότητα των δύο στελεχών του είδους *P. ostreatus*.

Ο κύριος στόχος της μελέτης των Kalmis & Sargin (2004) ήταν να διερευνήσουν τη χρήση των απόνερων ως πηγή υγρασίας για την καλλιέργεια μανιταριών. Τα *Pleurotus sajor-caju* και τα *P. cornucopiae var. citrinopileatus* αναπτύχθηκαν σε υπόστρωμα από άχυρο σιταριού εμποτισμένο με διάφορα απόνερα. Όσο αφορά την ανάπτυξη του μυκηλίου, το χρόνο έναρξης της πρωτογενούς καλλιέργειας και την απόδοση της, βρέθηκε ότι το υπόστρωμα που υγραίνεται με μείγματα που περιέχουν 25% και 50% απόνερων είναι κατάλληλα για την καλλιέργεια των δύο αυτών μανιταριών σε σύγκριση με το μάρτυρα το οποίο περιέχει νερό βρύσης ως ενυδατικό. Ωστόσο, όταν χρησιμοποιούμε για ενυδατικό μίγμα που περιέχει 75% ή 100% απόνερα δεν ήταν δυνατή η καλλιέργεια των εν λόγω οργανισμών.

Ένα από τα πιο σημαντικά αποτελέσματα της μελέτης των Kalmis & Sargin (2004) με τα δύο είδη του *Pleurotus spp.* ήταν ότι το βρεγμένο με απόνερα υπόστρωμα από άχυρο σιταριού και πίτυρα, που αραιώθηκαν σε νερό βρύσης σε 25% (v/v) δεν είχε κανένα αρνητικό αποτέλεσμα για το χρόνο που απαιτείται για τον αποικισμό του μυκηλίου και την

έναρξη πρωτογενούς ή την απόδοση του μανιταριού σε σχέση με τους ελέγχους των βρεγμένων μόνο με νερό βρύσης υποστρωμάτων. Ωστόσο, με την εφαρμογή των απόνερων 50% υπήρξε ένας βαθμός επιμήκυνσης στο χρόνο και μείωση στην απόδοση (Πίνακες 4.6 και 4.7).

Πίνακας 4.6 Μυκηλιακός αποικισμός και έναρξη αρχέγονου των ειδών του *Pleurotus* που καλλιεργούνται σε τροποποιημένο υπόστρωμα άχυρο σίτου / πίτουρο με απόνερα. (Kalmis & Sargin, 2004).

ΥΑΕ (%)	Αξία pH		χρήση CaCO ₃ (%)	<i>Pleurotus cornucopiae</i> <i>var citrinopileatus</i>		<i>Pleurotus sajor-caju</i>	
	Πριν CaCO ₃	Μετά CaCO ₃		Μυκηλιακός αποικισμός (ημέρες)	Έναρξη καρποφορίας (ημέρες)	Μυκηλια- κός αποικισμός (ημέρες)	Έναρξη καρπο- φορίας (ημέρες)
0 (Μάρτυρ)	6.05	7.05	2	19	22	21	28
25	5.65	7.03	2.3	20	24	24	35
50	5.20	6.95	2.6	24	30	27	39
75	5.10	6.92	3.1	28	39	32	46
100	5.05	6.95	3.5	32	43	36	53

Υπολογίστηκαν με βάση υγρό υπόστρωμα (1:2 kg). Μέσα σε τρεις επαναλήψεις.

Πίνακας 4.7 Βάρος των συγκομισμένων καρποφόρων οργάνων σε διαφορετικές φάσεις και ΒΕ του *Pleurotus* σε τροποποιημένο υπόστρωμα άχυρο σίτου / πίτουρο με απόνερα. (Kalmis & Sargin, 2004).

	<i>P. cornucopiae var. citrinopileatus</i>	<i>Pleurotus sajor-caju</i>
	ΥΑΕ. (%)	ΥΑΕ. (%)

	0	25	50	75	100	0	25	50	75	100
Καλλιεργητική περίοδο (ημέρες)	25	25	29	35	40	40	43	49	58	58
Αριθμός Φάσεων	3	3	3	2	1	3	3	3	2	1
1. Φάση	98:5a	98:0a	94:8a	65:5b	NT	138:	130:8a	116:2b	97:9c	NT
2. Φάση	40:9ab	45:2a	40:4b	9:2c	NT	57c	54:6c	45:6b	8:7a	NT
3. Φάση	11:7a	8:7b	6:6c	NT	NT	22:4	18:8b	11:3a	9:3a	NT
Σύνολο ^d	151:1a	151:9a	141:8a	74:7b	NT	217:	204:2c	173:1b	115:9a	NT
BE (%) ^a	33.50	33.70	30.60	14.30	NT	70.2	65.90	55.80	34.20	NT
	1SEM = 4:3324, 2SEM = 4:0979 3SEM = 2:2488, 4SEM = 10:1927					1SEM = 4:9006, 2SEM = 5:9116 3SEM = 1:7191, 4SEM = 12:4089				

Οι αξιοσημείωτες στατιστικά επιβλαβείς επιδράσεις στον αποικισμό και στην απόδοση της καλλιέργειας σημειώθηκαν κατά την εφαρμογή του 75% των απόνερων, και στο 50% είχαμε μείωση στο βιολογική αποδοτικότητα (BE), που συνδέεται με την αρνητική επίδραση που έχει αναφερθεί και για τα δύο *Pleurotus spp.* σύμφωνα με τους Zervakis *et al.* (1996). Αυτή η ικανότητα του *Pleurotus spp.* να αναπτύσσεται σε γεωργικά απόβλητα οφείλεται στα λιγνολυτικά ένζυμα τους και σε άλλα προσαρμοστικά ένζυμα που συνήθως είναι απαραίτητα για την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής των μυκήτων (Martinez *et al.*, 1994; Jennings and Lysek, 1999). Ο σχηματισμός των οργάνων καρποφορίας είναι ένα διαφορετικό στάδιο στον κύκλο ζωής (η παραγωγική φάση), από τον αποικισμό του υποστρώματος με το μυκήλιου, το βλαστικό στάδιο, και οι υπάρχουσες φυσικές, χημικές και γενετικές διαφορές μεταξύ των δύο σταδίων (Zadrazil, 1978; Stamets and Chilton, 1983; Danaí *et al.*, 1998; Jennings and Lysek, 1999).

Υπήρξαν μερικές μελέτες σχετικά με την καλλιέργεια του *P. cornucopiae var citrinopileatus*. Η εμπορική σημασία του οργανισμού δεν είναι αξιοσημείωτη, αλλά στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε ως δοκιμαστικό. Η παραγωγικότητα των ελέγχων (χωρίς απόνερα) στην παρούσα μελέτη ήταν μικρότερη από ότι διαπίστωσε ο Royse (2002)

στην αποτελεσματικότητα των προσθέτων στην παραγωγή μανιταριών από τον *P. cornucopiae* var. *citrinopilateus*. Ομοίως, σε μια άλλη μελέτη (Philippoussis *et al.*, 2000) το *P. sajor-caju* καλλιεργήθηκαν επί της ίδιας συνθέσεως υποστρώματος και από την άποψη της ΒΕ αξίες τα αποτελέσματα που επιτεύχθηκαν ήταν υψηλότερες από αυτές που ελήφθησαν στη μελέτη μας. Διαφορές στα στελέχη μπορεί να αντιπροσωπεύουν αυτές τις διαφορές μεταξύ των ερευνών, αλλά μπορεί να επίσης να οφείλεται στην ποιότητα του χρησιμοποιούμενου γόνου και στην ανεπάρκεια στο φωτισμό κατά τη διάρκεια της παραγωγής. Υψηλότερες αποδόσεις μπορούν να επιτευχθούν με τη χρήση διαφορετικών ποσοτήτων γόνου από διάφορες εταιρείες. Περαιτέρω, η προσθήκη των διεγερτών ανάπτυξης στο υπόστρωμα ανάπτυξης μπορεί επίσης να αυξήσει την απόδοση του μανιταριού.

Όπως σημειώθηκε στην προηγούμενη ενότητα σε σχέση με την αποστείρωση, κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας στο βρεγμένο υπόστρωμα με αδιάλυτα απόνερα, περίπου το 80% βρέθηκαν να έχουν μολυνθεί με πράσινη μούχλα. Τα απόνερα περιέχουν διάφορους μύκητες και βακτήρια (Ramos-Cormenzana *et al.*, 1995, 1996). Επομένως η χρήση των απόβλητων ελιάς και των άλλων γεωργικών αποβλήτων ως μέσο για την καλλιέργεια μανιταριών απαιτεί και την διερεύνηση των καταλλήλων συνθηκών αποστείρωσης. Έχουν εφαρμοστεί από διάφορους ερευνητές, η αποστείρωση της «πίτας» ελιάς στους 121 °C για 2 ώρες (Zervakis *et al.* 1996), και δύο διαδοχικές αποστειρώσεις των γεωργικών αποβλήτων στους 121 °C για 1 ώρα έχουν (Ilbay and Agaoglu, 1996; Philippoussis *et al.*, 2001), αλλά επίσης έχει χρησιμοποιηθεί η αποστείρωση στους 60 °C για 15 λεπτά (Rajarathnam *et al.* 2001) η οποία όπως αποδεικνύεται ήταν πιο αποτελεσματική. Κατά τη χρήση αραιωμένου απόνερου, όμως προκύπτει ότι εάν τα απόνερα, χρησιμοποιούνται για την ύγρανση του υποστρώματος, ανεξάρτητα από τη διαδικασία που ακολουθείται για την αποστείρωση του, η διαδικασία αυτή θα είναι αποτελεσματική κατά τον πληθυσμών των βακτηρίων και των μυκήτων.

Εν κατακλείδι, πολλοί παραγωγοί χρησιμοποιούν διαφορετικά γεωργικά απόβλητα για την παραγωγή του *Pleurotus spp.* Υψηλά ποσά νερού χρησιμοποιούνται για την διαβροχή των υψηλών ποσοτήτων των υποστρωμάτων. Σε αυτή τη μελέτη, παρατηρήθηκε ότι τα απόνερα, μπορεί να χρησιμοποιούνται σε συγκεντρώσεις 25-50% σε συνδυασμό με το νερό ύγρανσης του υποστρώματος. Όλο αυτό παρέχει μια οικονομικά αποδεκτή εναλλακτική λύση παραγωγής για την καλλιέργεια μανιταριών και μειώνει τα προβλήματα που προκαλούνται από τη διάθεση απόνερα.

4.5 Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα με ζαχαροκάλαμο

Από τους ερευνητές έγιναν προσπάθειες αξιολόγησης διάφορων φυτικών υπολειμμάτων για την χρήση τους ως υπόστρωμα για την καλλιέργεια των μανιταριών. Σύμφωνα με τους Membrillo *et al.* (2008) χρησιμοποιώντας δύο στελέχη των *Pleurotus ostreatus* που καλλιεργούνται σε στελέχη ζαχαροκάλαμου, ανέφεραν διαφορές στην παραγωγή των λιγνοκυτταρινολυτικών ενζύμων (ξυλανάσες, λακάσες και κυτταρινάσες) και στην παραγωγή πρωτεϊνών, ως απάντηση στην γεωμετρία του τεμαχίου ωστόσο, η μελέτη επικεντρώθηκε στη διαφοροποίηση μεταξύ των μεμονωμένων στελεχών. Στην πιο πρόσφατη όμως έρευνα τους το 2011 αναφέρθηκαν στην ανάλυση της ανάπτυξης του *P. ostreatus* σε υπόστρωμα από ζαχαροκάλαμο χρησιμοποιώντας τρία μεγέθη τεμαχίων, που αφορούν αυτά τα αποτελέσματα στα πρότυπα λιγνοκυτταρινολυτικά ένζυμα και στο προφίλ της πρωτεΐνης, εκτός από την αποικοδόμηση του κάθε συστατικού (λιγνίνη, κυτταρίνη και ημικυτταρίνη) σαν μία συνάρτηση της γεωμετρίας του τεμαχίου στο SSF (στερεό υπόστρωμα ζύμωσης). Η επίδραση του μεγέθους των σωματιδίων επί της ανάπτυξης και του σχηματισμού του προϊόντος έχει μελετηθεί από διάφορους συγγραφείς (Roukas, 1994; Reddy *et al.*, 2003). Η ανάπτυξη του *Pleurotus ostreatus* που ανέλυσαν οι Membrillo *et al.* (2011) σε τρία μεγέθη από στελέχη ζαχαροκάλαμου ήταν 0,92 χιλιοστά και 1,68 χιλιοστά σε διάμετρο, εκτός από τις ετερογενείς ίνες (μέσος όρος 2,9 χιλιοστά σε διάμετρο). Ο συγκεκριμένος ρυθμός ανάπτυξης σε ετερογενή σωματίδια ήταν χαμηλότερη ($\lambda = 0,043 \text{ h}^{-1}$), αν και η παραγωγή διαλυτής πρωτεΐνης ήταν μέγιστη (809 $\mu\text{g} / \text{g}$ ξηρού βάρους). Οι υψηλότερες τιμές μ επιτεύχθηκαν με τα άλλα δύο μεγέθη σωματιδίων (0,049 έως $0,05 \text{ h}^{-1}$) με λιγότερο διαλυτή πρωτεΐνη (500 $\mu\text{g} / \text{g}$ ξηρού βάρους). Οι ξυλανάσες και οι λακάσες ευνοήθηκαν σε ετερογενή σωματίδια ενώ η υψηλότερη εκλεκτικότητα για ξυλανάσες πάνω σε κυτταρινάσες παρατηρήθηκε σε 1,68 χιλιοστά σωματίδια, που αντιστοιχούν με τη μέγιστη κατανομή ημικυτταρίνης. Η λιγνίνη και η κυτταρίνη ήταν υποβαθμισμένη προτίμηση σε μικρότερα σωματίδια.

Ως τελικές παρατηρήσεις, στη μελέτη των Membrillo *et al.* (2011) δείχνει ότι η γεωμετρική αναλογία, το σχήμα και το μέγεθος των ινών του στελέχους του ζαχαροκάλαμου επηρεάζουν έντονα την πυκνότητα του υποστρώματος SSF, με αντίκτυπο στην παραγωγή εξωκυτταρικών ενζύμων, στους ρυθμούς ανάπτυξης και στις αλλαγές στην σύνθεση του υποστρώματος. Οι ξυλανάσες και λακάσες (Εικόνα 4.6) ευνοούνται σε ετερογενή και επίμηκες υπόστρωμα, αν και η υψηλή εκλεκτικότητα επαγωγής στις ξυλανάσες παρατηρήθηκε σε μικρά στελέχη. Τα συστατικά της ίνας, όπως η λιγνίνη και η

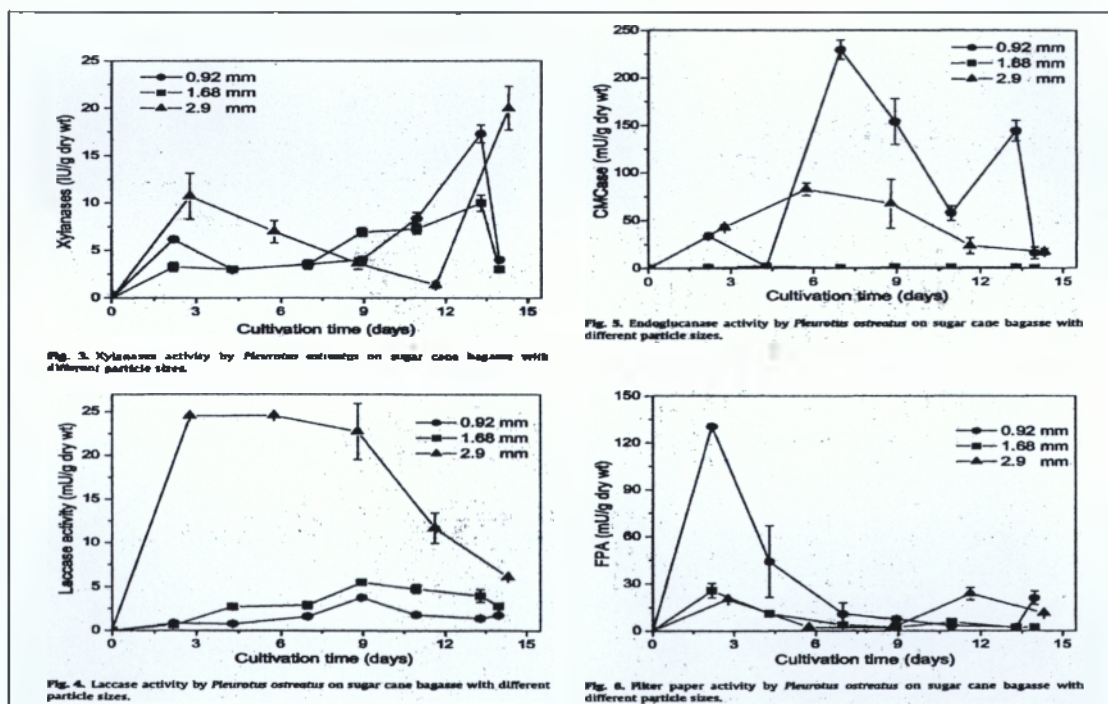
κυτταρίνη είναι κατά προτίμηση αποικοδομήσιμα σε μικρότερα σωματίδια, ενώ η κατανομή της ημικυτταρίνης έφθασε στο υψηλότερο επίπεδο σε μέσου μεγέθους σωματιδίων. Έτσι, η ταξινόμηση του υποστρώματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα κριτήριο για να κατευθύνουν τη σύνθεση των συγκεκριμένων ενζύμων, την τροποποίηση των ινών και τον εμπλουτισμό πρωτεΐνης από τον *P. ostreatus* σε στερεές καλλιέργειες με συγκεκριμένες τεχνικές εφαρμογές.

Η παραγωγή της βιομάζας (Εικόνα 4.7) προσδιορίστηκε χρησιμοποιώντας τη μέτρηση της γλυκοζαμίνης σαν ένα ειδικό συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος (Scotti *et al.*, 2001) προκειμένου να εκτιμηθεί η μυκητιακή βιομάζα. Στο SSF, τα σχέδια ανάπτυξης μπορούν να τοποθετηθούν σε μη-γραμμικά προφίλ όπως η λογιστική εξίσωση των οποίων η ολοκληρωμένη μορφή είναι (Mitchell *et al.*, 2004):

$$X_m$$

$$X = \frac{X_m}{1 + ((X_m / X_0) - 1) \exp^{-\mu t}}$$

$$1 + ((X_m / X_0) - 1) \exp^{-\mu t}$$



Εικόνα 4.6 Δραστηριότητα ξυλανάσων (α), ενδογλυκανάσων (β), λακασών (γ), φίλτρων χαρτιού (δ) από το *Pleurotus ostreatus* σε υπόστρωμα από ζαχαροκάλαμο διαφορετικών μεγεθών τεμαχίων (Membrillo *et al.*, 2011).

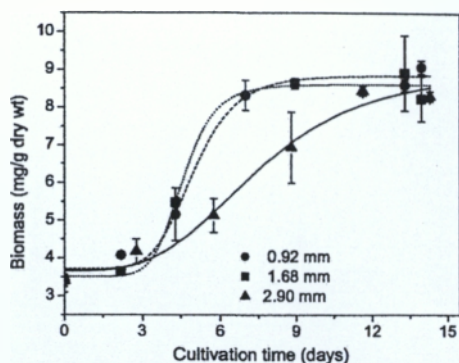


Fig. 1. Biomass production by *Pleurotus ostreatus* on sugar cane bagasse with different particle sizes. Dotted lines: 0.92 mm (●) and 1.68 mm (■) particles. Solid line: heterogeneous particles (▲).

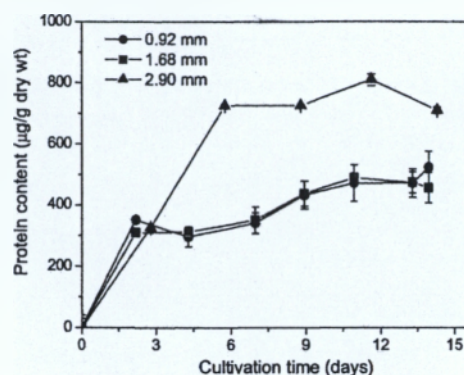


Fig. 2. Protein production by *Pleurotus ostreatus* on sugar cane bagasse with different particle sizes.

Εικόνα 4.7 Η παραγωγή βιομάζας των *Pleurotus ostreatus* σε ζαχαροκάλαμο με διαφορετικά μεγέθη τεμαχίων. Διακεκομμένες γραμμές: 0,92 mm και 1,68 mm τεμάχια. Γραμμή: ετερογενείς τεμάχια 2,90mm (Membrillo *et al.*, 2011).

4.6 Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα με σπόρους βαμβακιού

Τα *Pleurotus florida* (Block & Tsao) είναι ένα μανιτάρι που καλλιεργούνται σε άχυρο ρυζιού / σιταριού για την παραγωγή καλλιεργειών λευκών, ελκυστικών καρποφοριών με ευχάριστη γεύση (Rajarathnam & Zakia, 1987; Rajarathnam *et al.*, 1988; Rajarathnam *et al.*, 2001a; Rajarathnam *et al.*, 2003). Σύμφωνα με τους Shashirekha *et al.* (2005) σε έναν κύκλο 20 ημερών, από την ωτοκία του υποστρώματος ανάπτυξης, το μανιτάρι έφτασε στο 140% της απόδοσης του (παραγωγής φρέσκων μανιταριών σε στεγνό υπόστρωμα) (Shashirekha *et al.*, 2001). Σε προηγούμενες έρευνες, με άλλα είδη *Pleurotus*, διαπιστώθηκε ότι συμπληρώνοντας κατά την ανάπτυξη στο υπόστρωμα κέικ ελαιούχων σπόρων θα μπορούσε να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό την παραγωγή των μανιταριών (Rajarathnam *et al.*, 1986; Zakia *et al.*, 1993), και ειδικότερα στους σπόρους βαμβακιού βρέθηκε να διπλασιάζει την απόδοση μανιταριών. Αυτό το εύρημα έχει μια μεγάλη επίδραση στην τεχνολογία της παραγωγής μανιταριών δεδομένου ότι, ανά μονάδα επιφανείας, χωρίς σημαντική παράταση στο γόνο την περίοδο λειτουργίας, η αποδοτικότητα της βιομετατροπής (BCE) του εν λόγω είδους, θα μπορούσε να αυξηθεί στο διπλάσιο. Οι βαμβακόσποροι φαίνεται να δρουν ως ένα ζωτικό συμπληρωματικό παράγοντα για το υπόστρωμα ανάπτυξης, το οποίο αλλιώς περιορίζει την παραγωγή της ενισχυμένης καλλιέργειας μανιταριών (Shashirekha *et al.*, 2002).

Στο πλαίσιο αυτό, το ενδιαφέρον επικεντρώθηκε στη χημική φύση των μανιταριών που παράγονται στο υπόστρωμα από άχυρο ρυζιού που συμπληρώνεται με σκόνη σπόρων βαμβακιού. Συνεπώς, η ανάλυση τους έγινε με σκοπό να προσδιορισθεί η σχέση ποσοτικής κατανομής των υδατανθράκων, των πρωτεϊνών, των αμινοξέων, των λιπιδίων και των λιπαρών οξέων. Δεδομένα σχετικά με την καθαρή παραγωγή των οργανικών ενώσεων των μανιταριών στα καρποφόρα όργανα, σε σύγκριση με τη χημική σύνθεση του άχυρου ρυζιού ως υπόστρωμα ανάπτυξης, θα μπορούσε να βοηθήσει. Η βελτιωμένη σύνθεση των χαρακτηριστικών των μανιταριών στα καρποφόρα όργανα, ιδιαίτερα για πρωτεΐνες / αμινοξέα, αναβαθμίζει τη θρεπτική αξία.

Η ενσωμάτωση των σπόρων βαμβακιού σε σκόνη (3%), με υπόστρωμα άχυρο από ρύζι, κατά την καλλιέργεια *Pleurotus florida*, ενίσχυσε την απόδοση των μανιταριών και την παραγωγή πρωτεϊνών (Shashirekha *et al.*, 2005). Τα ελεύθερα σάκχαρα και οι πολυμερείς υδατάνθρακες ήταν 13,2% και 39,6% στα μανιτάρια που καλλιεργούνται στο άχυρο ρυζιού (RS-M) και 8,3% και 19,8% στα μανιτάρια που καλλιεργούνται στο άχυρο ρυζιού μαζί με τους σπόρους βαμβακιού (CS-M). Υπήρξε μία σημαντική μείωση στην ολική περιεκτικότητα σε διαιτητικές ίνες λόγω του συμπληρώματος με σπόρους βαμβακιού. Υπήρξε ένα επιθυμητό μαλάκωμα (περίπου 45% μείωση στη σταθερότητα) που παρατηρήθηκε στο CS-M όπως μετράτε με όργανο υψής το Zenken. Τα ελεύθερα αμινοξέα παρουσίασαν αύξηση περίπου 125% στο CS-M σε σύγκριση με το RS-M (Πίνακας 4.8). Υπήρξε μια σημαντική αύξηση στα περισσότερα από τα απαραίτητα αμινοξέα, όπως λευκίνη, ισολευκίνη, βαλίνη, κυστεΐνη, μεθειονίνη και φαινυλαλανίνη. Η συνολική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (Kjeldahl N * 4.38) έδειξε περίπου 90% αύξηση στο CS-M. Τα ολικά λιπίδια αυξήθηκαν κατά 35%, λόγω των σπόρων βαμβακιού που συμπληρώθηκε στο υπόστρωμα άχυρου από ρύζι, και υπήρχε επικράτηση των ακόρεστων λιπαρών οξέων, και ειδικότερα του λινελαϊκού οξέος.

Η έρευνα λοιπόν των (Shashirekha *et al.*, 2005) καταδεικνύει σαφώς τις επιπτώσεις και την επιρροή της σύνθεσης του υποστρώματος ανάπτυξης χημικά στην καλλιέργεια μανιταριών που παράγεται. Το άχυρο ρυζιού, που κυριαρχείται από τους υδατάνθρακες, έχει περιορισμένη περιεκτικότητα σε άζωτο = 0,8% (5% πρωτεΐνη, η οποία βασίζεται σε 6,25 συντελεστή μετατροπής) (Rajarathnam *et al.*, 1979) ενώ τα καρποφόρα όργανα του μανιταριού, σε ξηρή βάση, περιέχουν 22% πρωτεΐνη και 63% υδατάνθρακες (Πίνακας 4.9, 4.10 και 4.11) (Rajarathnam *et al.*, 1998). Ως ευκαρυωτικοί, τα μανιτάρια εξαρτώνται εντελώς από την περιεκτικότητα σε άζωτο στο υπόστρωμα ανάπτυξης (Rajarathnam & Zakia, 1989). Το συμπλήρωμα σκόνης σπόρων βαμβακιού, σε ιχνοποσότητες, διπλασιάζει

την απόδοση του μανιταριού που ενεργοποιείται μέσω μιας έκκρισης κυτταρολυτικών και λιγνολυτικών ένζυμων, που ευνοούν την ενεργό βιοαποικοδόμηση του υποστρώματος από άχυρο ρυζιού (Zakia *et al.*, 1993).

Πίνακας 4.8 Ελεύθερα αμινοξέα στο RS-M και CS-M.

Αμινοξέα	RS-M	CS-M
Aspartic acid	0.03	–
Threonine	0.77	–
Proline	0.60	–
Glycine	0.29	0.26
Alanine	0.45	0.54
Cysteine	1.16	2.38
Valine	1.30	4.73
Isoleucine	0.28	2.79
Leucine	0.43	1.37
Tyrosine	0.22	2.25
Phenylalanine	0.36	2.89
Histidine	0.02	2.17
Arginine	0.01	0.10
Methionine	8.92	20.2

Πίνακας 4.9 Υδατάνθρακες (%) από RS-M και CS-M

Υδατάνθρακες	RS-M	CS-M
Αλκοόλη – διαλυτή (A)	13.2 (1.10) ^b	8.25 (0.75)
Αλκοόλη – αδιάλυτη (B)	39.6 (2.15)	19.8 (1.72)
Σύνολο (A + B)	52.8	28.1

A. Επί ξηρού βάρους B. Καθεμία από τις τιμές είναι ο μέσος όρος των τριών ξεχωριστών πειραμάτων. Οι αριθμοί στις παρενθέσεις αντιπροσωπεύουν τυπικές αποκλίσεις.

Πίνακας 4.10 Διαιτητικές ίνες και υφή νοπού στο RS-M και CS-M.

Υδατάνθρακες		RS-M	CS-M
Σύνολο διαιτητικών ινών (g kg ⁻¹ ξηράς ουσίας)	σπόρος	382 (36.2)	202 (19.0)
	κοτσάνι	495 (45.6)	269 (23.2)
Υφή (kg V ⁻¹)	σπόρος	11.20 (10.5)	6.16 (5.9)
	κοτσάνι	24.64 (23.1)	12.12 (11.20)

Πίνακας 4.11 Υπολογισμένες τιμές ενέργειας (EV) από RS-M και CS-M (Shashirekha *et al.* 2005)

Συστατικά	RS-M (%)	EV	CS-M (%)	EV
Υδατάνθρακες	52.8	184	28.1	97.7
Πρωτεΐνες	19.6	51.3	37.2	97.4

Λίπη	4.0	33.4	5.4	45.1
Σύνολο EV	269		240	

Η βιομάζα, που παράγεται ως καρποφορίες μανιταριών, δείχνουν καθαρά τις χημικές διαφορές από την μη συμπλήρωση του υποστρώματος από άχυρο ρυζιού. Μικρές ποσότητες συμπληρώματος σκόνης από σπόρους βαμβακιού διαμορφώνουν το μανιτάρι χημικά κατά τέτοιο τρόπο ώστε ο διπλασιασμός των αμινο-ενώσεων μείωσε τον περιεχόμενο υδατάνθρακα. Το 125% αύξησης στην FAA είναι μια πολύ σημαντική παρατήρηση της παρούσας μελέτης. Αυτό, πιθανώς αντανακλά στην προσρόφηση και απορρόφηση των αμινοξέων από τη σκόνη βαμβακόσπορου που συμπληρώνει το υπόστρωμα από άχυρο ρυζιού. Αυτό σημαίνει ότι χημικά το υπόστρωμα ανάπτυξης έχει μια άμεση επιρροή στην χημική σύνθεση των καρποφοριών των μανιταριών. Η αύξηση του ακόρεστου λιπαρού οξέος, ιδιαίτερα του λινολενικού οξέος, έχει μεγάλη σημασία στην αναβάθμιση της θρεπτικής αξίας της καλλιέργειας μανιταριών.

4.7 Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα με *Eichhornia crassipes* και με άλλα ποώδη φυτά

Πολλά είδη *Pleurotus* συνήθως καλλιεργούνται σε ένα ευρύ φάσμα λιγνοκυτταρινούχων υλικών (Sanchez, 2004). Μερικά πειράματα με τα γεωργικά απόβλητα μελετήθηκαν ως υποστρώματα για τα *Pleurotus spp.* (Thomas *et al.*, 1998; Philippoussis *et al.*, 2001; Osemwegie *et al.*, 2002; Zhang *et al.*, 2002; Obodai *et al.*, 2003; Bonatti *et al.*, 2004; Mandeel *et al.*, 2005; Pant *et al.*, 2006). Τα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται σε κάθε περιοχή εξαρτώνται από τα τοπικά διαθέσιμα γεωργικά απόβλητα (Cohen *et al.*, 2002). Παρατηρήθηκε ότι τα γεωργικά απόβλητα των υποστρωμάτων που χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια του *Pleurotus spp.* δύσκολα θα μπορούσε να προωθήσει τη θρεπτική σύνθεση των οργάνων καρποφορίας (Ragunathan & Swaminathan, 2003). Εκτός από τα γεωργικά απόβλητα, ορισμένα φυτά έχουν αναφερθεί ότι είναι χρησιμοποιήσιμα ως ένα υπόστρωμα για την καλλιέργεια του *Pleurotus spp.*, π.χ., ο υδάτινος υάκινθος (Murugesan *et al.*, 1995), το φυτό «ομπρέλα» (Ohga & Royse, 2004), και τα ζιζάνια (Das & Mukherjee, 2007). Φαίνεται ότι ορισμένα τοπικά φυτά έχουν τη

δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν ως υπόστρωμα για την καλλιέργεια του μανιταριού «στρείδι», έτσι ώστε η βιομετατροπή από λιγνοκυτταρινούχα απόβλητα ή άλλα υλικά σε τρόφιμα και διαιτητικά συμπληρώματα από μανιτάρια μπορεί να επιτευχθεί κατά τα τελευταία έτη (Thomas *et al.*, 1998; Philippoussis *et al.*, 2001). Τα μανιτάρια έχουν ορισμένα κατάλληλα ένζυμα για τη μετατροπή του οργανικού μακρομόριου σε απλές ενώσεις, οι οποίες έχουν αξιοποιηθεί ως παράγοντες βιοαποικοδόμησης (Philippoussis *et al.*, 2001).

Στην έρευνα των Chen *et al.* (2010) διεξήχθησαν πειράματα για να ελεγχθεί η βιωσιμότητα της καλλιέργειας *Pleurotus geesteranus* σε μέσα που περιέχουν ποικίλες ποσότητες θρυμματισμένου υδάτινου υάκινθου, το οποίο ήταν εμποτισμένο σε χοιροτροφική μονάδα υγρών και ξηρών βιοαερίων. Ο υάκινθος ως υλικό χρησιμοποιήθηκε για να αντικαταστήσει το πριονίδι στα μέσα για την καλλιέργεια μανιταριών. Μεταξύ των άλλων στα συγκομισθέντα μανιτάρια εκτιμήθηκε η περιεκτικότητα σε αμινοξέα και βαρέα μέταλλα. Μεταξύ των οκτώ δειγμάτων, η μεγαλύτερη απόδοση και υψηλότερη περιεκτικότητα σε αμινοξέα στα μανιτάρια παρατηρήθηκαν όταν αυτά καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα που είχε ίσες αναλογίες υάκινθου και πριονιδιού (Πίνακας 4.12). Οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων, Hg, Pb και Cd, στα περισσότερα από τα δείγματα αυτά δεν υπέρβαιναν τα μέγιστα επιτρεπόμενα επίπεδα σε αναλογία με τα όρια που καθορίζονται από την υγιεινή των τροφίμων και τους κανονισμούς ασφαλείας για τα βρώσιμα μανιτάρια στην Κίνα (Πίνακας 4.13). Η προτεινόμενη αξιοποίηση των αποβλήτων των «υδάτινων» υάκινθων θα μπορούσε ενδεχομένως να ωφελήσει το περιβάλλον σε διάφορες πτυχές, συμπεριλαμβανομένης της διατήρησης του δάσους με τη μείωση της ζήτησης για φυσικό ξύλο για την παραγωγή μανιταριών.

Από τη μελέτη των Chen *et al.* (2010) συμπεραίνεται ότι τα υπολείμματα των υδάτινων υάκινθων χρησιμοποιούνται περαιτέρω ως υπόστρωμα για την καλλιέργεια *P. geesteranus*. Ειδικότερα, όταν στην σοδειά, το περιεχόμενο των αμινοξέων και η ασφάλεια των τροφίμων λαμβάνονται υπόψη, η εφαρμογή του υδάτινου υάκινθου σε συνδυασμό με πριονίδι σε ίση αναλογία στο μέσο καλλιέργειας θα να είναι πιο επιθυμητή. Η αξιοποίηση των αποβλήτων του υδάτινου υάκινθου θα μπορούσε να θεωρητικά ωφελούν το περιβάλλον σε διάφορες πτυχές, όπως τη μείωση του κόστους της διαχείρισης των αποβλήτων στο χοιροτροφείο, ενισχύοντας την ποιότητα του νερού με τη χρήση υδάτινων υάκινθων απαλλάσσοντας το από τους ρύπους και βοηθά στη διατήρηση των δασών με τη μείωση της τεράστιας ζήτησης για ξυλεία στην βιομηχανία των μανιταριών.

Πίνακας 4.12 Μέση απόδοση, βιολογική αποτελεσματικότητα και σύνολο περιεχομένου αμινοξέων του *Pleurotus geesteranus* συμμετέχουν στην παρούσα έρευνα. (Chen *et al.*, 2010)

Ομάδα	Υπόστρωμα (g/bag)	Βιολογική αποτελεσματικότητα (%)	Περιεκτικότητα σε αμινοξέα επί ξηρού με βάση το βάρος (%)
G1	161.50 ± 8.70f	70.22 ± 3.78f	31.37 ± 0.46d,e
G2	179.00 ± 7.07e	77.83 ± 3.07e	31.69 ± 0.18c,d
G3	201.00 ± 2.16d	87.39 ± 0.94d	33.19 ± 0.61a,b
G4	233.50 ± 5.80b	101.52 ± 2.52b	33.77 ± 0.21a
G5	245.25 ± 3.86a	106.63 ± 1.68a	32.79 ± 0.60b
G6	228.25 ± 5.74b	99.24 ± 2.49b	32.07 ± 0.46c
G7	215.25 ± 7.93c	93.59 ± 3.45c	30.79 ± 0.37e
G8	199.50 ± 7.59d	86.74 ± 3.30d	25.02 ± 0.35f

Πίνακας 4.13 Οι μέσες συγκεντρώσεις του Hg, Pb και Cd στην παρούσα δείγματα του *Pleurotus geesteranus* (Chen *et al.*, 2010)

Ομάδα	Hg (mg kg ⁻¹ ξηρού βάρους)	Pb (mg kg ⁻¹ ξηρού βάρους)	Cd (mg kg ⁻¹ ξηρού βάρους)
G1	0.229 ± 0.033b	0.681 ± 0.080a	0.500 ± 0.042b
G2	0.384 ± 0.030a	0.295 ± 0.071d	0.351 ± 0.039c
G3	0.238 ± 0.029b	0.254 ± 0.045d	0.335 ± 0.039c,d
G4	0.139 ± 0.029c	0.592 ± 0.064a,b	0.272 ± 0.047d
G5	0.101 ± 0.030c,d	0.420 ± 0.057c	0.322 ± 0.039c,d

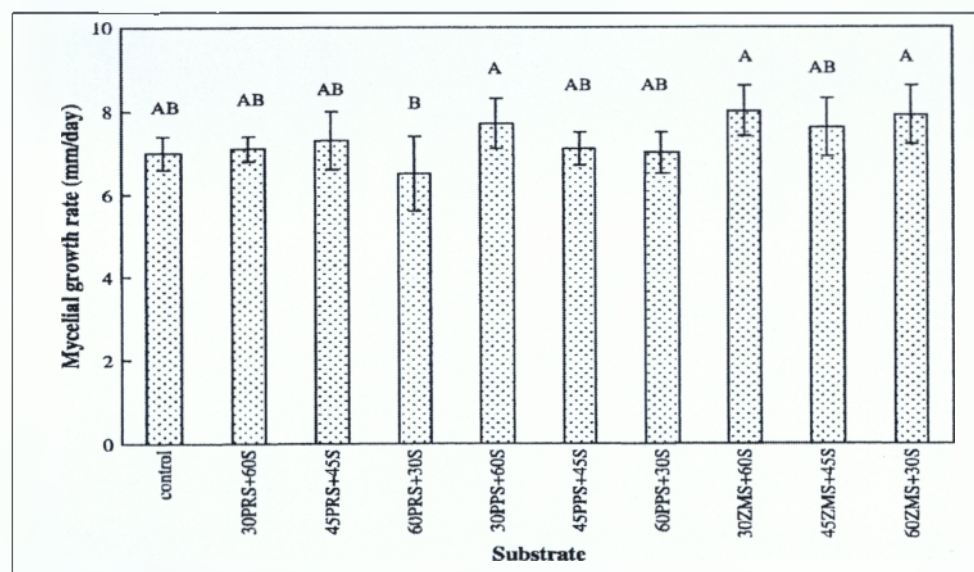
G6	0.049 ± 0.018e	0.421 ± 0.051c	0.323 ± 0.032c,d
G7	0.062 ± 0.022d,e	0.662 ± 0.050a,b	0.691 ± 0.050a
G8	0.121 ± 0.033c	0.572 ± 0.063b	0.714 ± 0.054a

Στην μελέτη των Liang *et al.* (2009) χρησιμοποίησαν άλλα ποώδη φυτά. Τα *Panicum repens*, *Pennisetum purpureum*, και *Zea mays* είναι τρία εκ των κυριότερων ποωδών φυτών στην Ταϊβάν. Το *P. repens*, επίσης γνωστή ως «*Torpedograss*», είναι ένα ανθεκτικό πολυετές ποώδες, ένα εξωτικό φυτό που αναπτύσσεται ταχέως και εκτεταμένα και υπάρχει ευρέως σε υψόμετρο λιγότερο από 1500 m στην Ταϊβάν. (Hanlon & Langeland, 2000). Το *P. purpureum*, επίσης γνωστή ως χόρτο ελέφαντα, είναι ένα ψηλό πολυετές φυτό. Έχει πολύ υψηλή παραγωγικότητα, τόσο ως ένα κτηνοτροφικό φυτό για τα ζώα και ως καλλιέργεια βιοκαυσίμων. Κάθε έτος στη Ταϊβάν παράγονται 420.000 τόνοι του *P. purpureum* το οποίο χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή (Council of Agriculture, 2006). Επιπλέον, τα άγρια *P. purpureum* πολλαπλασιάζονται στο ύπαιθρο, όπως σε χερσαία περιοχή, σε λοφώδης περιοχές, και οι δύο πλευρές των μονοπατιών, και ούτω καθεξής. Το *Z. mays* καλλιεργείται ευρέως σε όλη την Ταϊβάν, η παραγωγή του έχει υπερβεί 130.000 τόνους / έτος τα τελευταία χρόνια, με ταυτόχρονη ετήσια παραγωγή τουλάχιστον 1,2 εκατομμύρια μετρικούς τόνους του στελέχους *Z. mays* (Council of Agriculture, 2006). Η κύρια χρήση του στέλεχος είναι ως τροφή για βοοειδή, ενώ, μια μεγάλη ποσότητα του καίγεται ή ενσωματώνεται στο χώμα.

Το κύριο συστατικό του υποστρώματος που χρησιμοποιείται για την εμπορική καλλιέργεια του *Pleurotus* είναι το πριονίδι. Ωστόσο, η καλλιέργεια των μανιταριών με τη χρήση μεγάλων ποσοτήτων πριονιδιού είναι η αιτία μείωσης των δασικών περιοχών. Τα τελευταία χρόνια έχει υπάρξει μια αύξηση στη συνειδητή προστασία του δάσους εξάλλου, οι ενδεχόμενες ελλείψεις πριονιδιού τόνισαν την ανάγκη να εντοπιστούν εναλλακτικές λύσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βιώσιμη καλλιέργεια μανιταριών *Pleurotus* στο μέλλον. Με βάση την βιολογική απόδοση του υποστρώματος, ο στόχος της μελέτης των Liang *et al.* (2009) ήταν να αξιολογηθεί η καταλληλότητα των βλαστών των παραπάνω προαναφερόμενων τριών ειδών φυτών για να αντικαταστήσει εν μέρει το πριονίδι στο υπόστρωμα για την καλλιέργεια του *Pleurotus citrinopileatus*.

Έτσι στα πειράματα των Liang *et al.* (2009) τα στελέχη διαφόρων ποωδών φυτών, όπως *Panicum repens* (PRS), *Pennisetum purpureum* (PPS) και την *Zea mays* (ZMS),

χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή *Pleurotus citrinopileatus*. Μελετήθηκε ο ρυθμός ανάπτυξης του μυκηλίου, η βιολογική αποτελεσματικότητα και το βάρος μανιταριών που λαμβάνεται κατά την καλλιέργεια του *P. citrinopileatus* σε υποστρώματα με διαφορετικούς συνδυασμούς. Από την έρευνα προέκυψε ότι το πλέον κατάλληλο υπόστρωμα για την ανάπτυξη του μυκηλίου ήταν το 30% ZMS + 60% πριονίδια (S), ακολουθεί το υπόστρωμα με αναλογία συστατικών: 60% ZMS + 30% S και 30% PPS + 60% S. Όλα τα υποστρώματα που περιέχουν στέλεχος του *P. repens*, *P. purpureum* και στέλεχος του *Z. mays*, είχαν υψηλότερες βιολογικές αποδόσεις (Εικόνα 4.8) από εκείνη του μάρτυρα (40,75%), κατά τη διάρκεια των 3 μηνών της καλλιέργειας. Αλλά το πιο κατάλληλο υπόστρωμα για την υψηλή βιολογική απόδοση ήταν 45% ZMS + 45% S (65,40%), ακολουθούμενη από 45% PRS + 45% S (57,58%), ZMS 60S + 30% S (57,23%), 60% PRS + 30% S (56,85%) και 30% PPS + 60% S (53,58%). Το μεγαλύτερο βάρος των μανιταρι σε διαφορετικές επεμβάσεις, για όλα σχεδόν τα υποστρώματα ήταν στη δεύτερη φάση, εκτός από το υπόστρωμα που περιείχε 30% PRS + 60% S και 60% PPS + 30% S. Με βάση την βιολογική αποτελεσματικότητα των εξεταζόμενων υποστρωμάτων, το στέλεχος του *Z. mays* φάνηκε να είναι το καλύτερο εναλλακτικό υλικό για την καλλιέργεια του *P. citrinopileatus*.



Εικόνα 4.8 Βιολογική αποτελεσματικότητα (%) του *P. citrinopileatus* σε διαφορετικές φάσεις ανάπτυξης σε διαφορετικά υποστρώματα (Liang *et al.*,2009).

Όμως από την μελέτη των Liang *et al.* (2009), προκύπτει ότι στα μεμονωμένα ποώδη φυτά που χρησιμοποιήθηκαν ως υποστρώματα η ανάπτυξη του μυκηλίου ήταν βραδύτερη από ό, τι στα υποστρώματα σε συνδυασμούς που εξεταστήκαν, αυτό μπορεί να

οφείλεται στην έλλειψη αρκετών πόρων στα συμπαγή υποστρώματα (όπως δημιουργήθηκαν όταν χρησιμοποιήθηκε πριονίδι), που οδήγησε σε καθυστέρηση της ανάπτυξης του μυκηλίου και στη συνέχεια, επηρέασε την απόδοση καλλιέργειας του μανιταριού. Οι Roysse και Sanchez-Vazquez (2001) αναφέρουν ότι οι μικροί χώροι αέρας προκαλούν την επιβράδυνση την ανταλλαγή αερίων, η οποία περιορίζει την απόδοση του *L. edodes*. Σε αυτή τη μελέτη, τα στελέχη των ποωδών φυτών δεν ήταν ένα βέλτιστο υπόστρωμα για το *P. citrinopileatus*, διότι περιόριζαν την ανταλλαγή αερίου εντός του υποστρώματος.

Με βάση των αποτελεσμάτων της μελέτης των Liang *et al.* (2009), τα στελέχη των τριών φυτών που χρησιμοποιήθηκαν μπορούν να θεωρηθούν πρακτικά και οικονομικά εφικτά για την καλλιέργεια του *P. citrinopileatus* εξαιτίας της διαθεσιμότητάς τους όλο το χρόνο σε μεγάλες ποσότητες και μπορεί να είναι μια εναλλακτική λύση της χρήσης του πριονιδιού που είναι το βασικό συστατικό ως πηγή κυτταρίνης που χρησιμοποιείται σε συνθετικούς σχηματισμούς των υποστρωμάτων για την καλλιέργεια των ειδών *Pleurotus* (Cohen *et al.*, 2002; Sanchez, 2004). Το κόστος του πριονιδιού δεν είναι χαμηλό και η ανάπτυξη των δένδρων είναι χρονοβόρα. (Thomas *et al.*, 1998; Obodai *et al.*, 2003; Mukherjee & Nandi, 2004; Mandeel *et al.*, 2005). Ειδικότερα, τα στελέχη του *Z. mays* που παρουσίασαν μία σχετικά υψηλή βιολογική απόδοση, θα μπορούσαν να είναι ένα εναλλακτικό συστατικό του υποστρώματος για την καλλιέργεια του *P. citrinopileatus*.

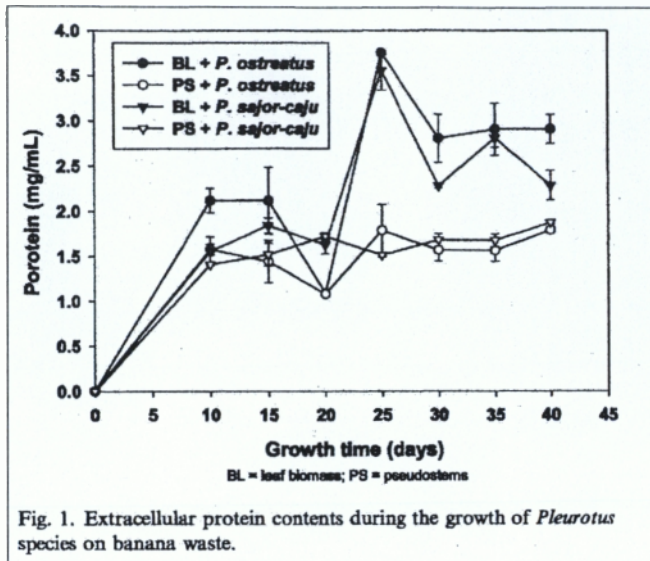
4.8 Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα με υπολείμματα μπανάνας

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει σημαντικό ενδιαφέρον για την αποδοτική χρήση των αγρο-βιομηχανικών υπολειμμάτων (Pandey *et al.*, 1999; Rosales *et al.*, 2002), όπως αυτών της μπανάνας για την καλλιέργεια των μανιταριών. Αν και αυτά τα υλικά όπως η μπανάνα μπορούν να μετατραπούν σε βιοαέριο ή λίπασμα, η μεταφορά κάνει αυτή τη πρακτική αντοικονομική (Krishna & Chandrasekharan, 1996).

Η μπανάνα είναι ένα από τα πιο ευρέως γνωστά φρούτα που καταναλώνονται σε ολόκληρο το κόσμο και αντιπροσωπεύει το 40% του παγκόσμιου εμπορίου στα φρούτα. Η Ινδία είναι μία από τις μεγαλύτερες χώρες παραγωγής της μπανάνας, που καλλιεργείται σε $4,796 * 10^5$ εκτάρια και αποδίδει $16,37 * 10^6$ τόνους (ICME, 2001). Κάθε εκτάριο καλλιέργειας μπανάνας παράγει σχεδόν 220 τόνους υπολειμμάτων των φυτών που αποτελείται κυρίως από λιγνοκυτταρινικό υλικό. Όπως είναι γνωστό οι μύκητες του

γένους *Pleurotus*, είναι από τους πιο αποδοτικούς, όσον αφορά την παραγωγή κυτταρινολυτικών και λιγνινολυτικών ενζύμων. Στο γένος αυτό, τα ένζυμα που είναι υπεύθυνα για τη διάσπαση της λιγνίνης, είναι οι λακκάσες, ενώ πρόσφατα ανιχνεύθηκε η LiP (Burla et al., 1992). Επίσης διαπιστώθηκε ότι η αύξηση της βιομάζας προκαλεί ταυτόχρονη αύξηση παραγωγής ενζύμου (Kerem et al., 1992). Άρα γίνεται φανερό ότι, η λειτουργία του ενζυμικού συστήματος βιοαποδόμησης των μυκήτων του γένους *Pleurotus*, ενεργοποιείται από μια σειρά ενώσεων που υπάρχουν στα απόβλητα.

Διερευνήθηκε η ικανότητά των μυκήτων *Pleurotus ostreatus* και τα *P. sajor-caju*, να παράγουν διάφορα λυγνολυτικά και κυτταρινολυτικά ένζυμα όπως λακκάση, λιγνίνη υπεροξειδωμένη, ξυλανάση, ενδο- 1,4-b-D-γλυκανάση (CMC) και εξω- 1,4-b-D-γλυκανάση (FP) στα γεωργικά απόβλητα μπανάνας σε στερεό υπόστρωμα ζύμωσης. Τα πρότυπα παραγωγής αυτών των εξωκυτταρικών ενζύμων μελετήθηκαν κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των μυκήτων αυτών για μια περίοδο 40 ημερών. Η υπό μελέτη μύκητας παρουσίασαν παρόμοια επίπεδα ενζυμικής δραστηριότητας και παρόμοιο τρόπο παραγωγής. Η βιομάζα των φύλλων βρέθηκε να είναι πιο κατάλληλο υπόστρωμα σε σύγκριση με στελέχη της μπανάνας για την παραγωγή των ενζύμων. Πολύ χαμηλά επίπεδα των κυτταρινολυτικών ενζύμων ανιχνεύθηκαν σε σύγκριση με τη λιγνίνη στα ένζυμα αποικοδόμησης και από τους δυο οργανισμούς. Μέγιστες ειδικές δραστηριότητες των ενζύμων ελήφθησαν μεταξύ 10 και 20 ημερών στο στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας. Το δυναμικό των γεωργικών αποβλήτων από τα υπολείμματα των φύλλων μπανάνας και του κορμού μπανάνας για χρήση τους ως υποστρώματα για την παραγωγή λιγνολυτικών και κυτταρινολυτικών ενζύμων από τους *P. ostreatus* και *P. sajor-caju* εκτιμήθηκε σύμφωνα με τη στερεά κατάσταση τους. Τα εκχυλίσματα των εξωκυτταρικών πρωτεϊνών που απελευθερώνονται από οργανισμούς κατά τη ανάπτυξή τους σε βιομάζα αποβλήτων μπανάνας ήταν η λακκάση, η υπεροξειδωμένη λιγνίνη, η ξυλανάση, καθώς και η CMC η FP. Η ποσότητα της εξωκυτταρικής πρωτεΐνης των δυο ειδών μυκήτων που παράγεται από βιομάζα των φύλλων ήταν σχεδόν δύο φορές υψηλότερη από εκείνη του που παράγεται στο υπόστρωμα με ψευδοκορμό της μπανάνας (Εικόνα 4.9) (Reddy et al., 2003). Είναι γνωστό ότι οι καλλιεργητικές συνθήκες επηρεάζουν την ανάπτυξη της καλλιέργειας και τις δραστηριότητες του ενζύμου (Ginterova et al., 1981).



Εικόνα 4.9 Περιεκτικότητα της εξωκυτταρικής πρωτεΐνης κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των ειδών *Pleurotus* στα απόβλητα μπανάνας (Reddy *et al.*, 2003).

Στη μελέτη των Reddy *et al.* (2003), η παραγωγή των διαφόρων λιγνοκυτταρινολυτικών ενζύμων των *P. ostreatus* και των *P. sajor-caju* από τη βιομάζα των φύλλων μπανάνας ήταν πολύ υψηλότερη από εκείνη της βιομάζας του στέλεχος, το οποίο μπορεί να οφείλεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια της βιομάζας των φύλλων που ευνοεί την ανάπτυξη. Πρόσφατα, Venelampi *et al.* (αγνώστου ημερομηνίας) ανέφεραν ότι η διάταξη των ινών της κυτταρίνης θα μπορούσε να επηρεάσει την βιοδιασπασσιμότητα των διαφόρων προϊόντων χαρτιού.

Στην έρευνα αυτή (Reddy *et al.*, 2003) η δραστηριότητα της λακκάσης ήταν υψηλή σε σχέση με τις κυτταρινάσες και την ξυλανάση κατά το αρχικό στάδιο της αποικοδόμησης. Η λακκάση είναι ένα τροποποιημένο εξωκυττάριο ένζυμο λιγνίνης του οποίου η οξειδοαναγωγική δραστηριότητα του φαίνεται να ρυθμίζεται σε συνδυασμό με τη μορφογένεση και συχνά με την ανάπτυξη των καρποφόρων οργάνων. (Phillips & Leonard, 1976; Wood, 1984). Η δραστηριότητά του αυξάνεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των μυκηλίου και της υψηλής δραστηριότητας που συνέπεσε με τη μέγιστη δυνατή ανάπτυξη του μυκηλίου επί των υποστρωμάτων από τους δύο οργανισμούς. Η αύξηση της δραστηριότητας της λακκάσης έγινε κατά την βλαστική φάση μέχρι την εμφάνιση των φορέων καρποφορίας όπως έχει αναφερθεί σε *Schizophyllum commune* (Leonard & Phillips, 1973), *Agaricus bisporus* (Wood, 1980), *L. edodes* (Leatham & Stahmann, 1981) και *Coprinus congregatus* (Ross, 1982).

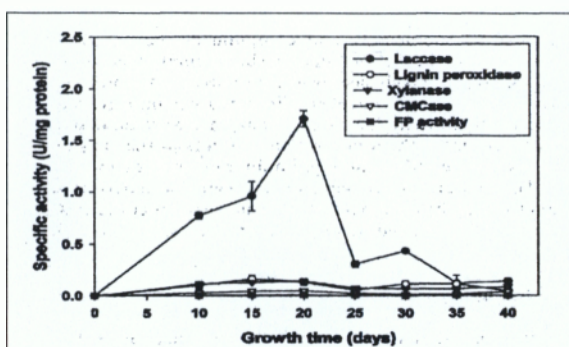


Fig. 2. Production patterns of lignolytic and cellulolytic enzymes on leaf biomass of banana waste by *P. ostreatus*.

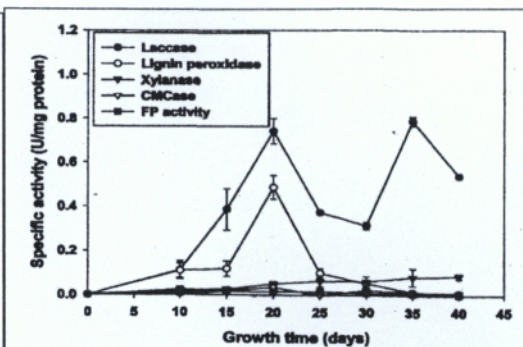


Fig. 5. Production patterns of lignolytic and cellulolytic enzymes on pseudostems of banana waste by *P. sajor-caju*.

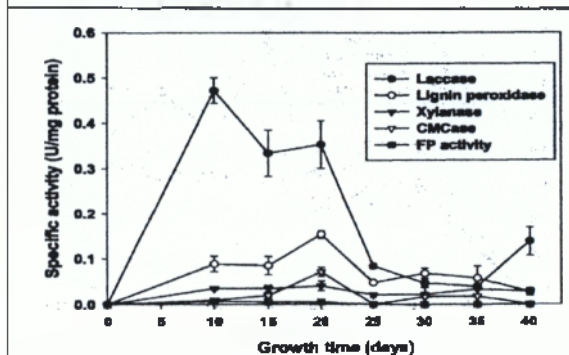


Fig. 3. Production patterns of lignolytic and cellulolytic enzymes on pseudostems of banana waste by *P. ostreatus*.

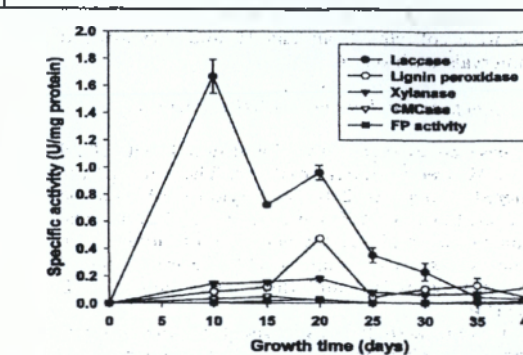


Fig. 4. Production patterns of lignolytic and cellulolytic enzymes on leaf biomass of banana waste by *P. sajor-caju*.

Εικόνα 4.10 Πρότυπα καμψύλης παραγωγής λιγνολυτικών και κυτταρινολυτικών ενζύμων (α) σε βιομάζα φύλλων αποβλήτων μπανάνας από το *P. ostreatus* (β) σε κορμό αποβλήτων μπανάνας από το *P. sajor-caju* (γ) σε κορμό αποβλήτων μπανάνας από το *P. ostreatus* (δ) σε βιομάζα φύλλων αποβλήτων μπανάνας από το *P. sajor-caju* (Reddy *et al.*, 2003),

Οι δραστηριότητες της λακκάσης του *P. ostreatus* και του *P. sajor-caju* άρχισε να μειώνεται πριν από την 20^η ημέρα σε υπόστρωμα με φύλλα μπανάνας σε σχέση με το υπόστρωμα με τον κορμό. Αυτά τα δύο είδη *Pleurotus* και το *P. ostreatus* και το *P. sajor-caju* λαμβάνουν συνεπώς λιγότερο από 20 ημέρες για την εγκατάσταση του μυκηλίου στο υπόστρωμα από τα απόβλητα μπανάνας. Παρόμοιες αποδόσεις λακκάσης και υπεροξειδωμένης λιγνίνης ληφθήκαν στο σύστημα SSF χρησιμοποιώντας το *P. chrysosporium* (Laplante & Chahal, 1993).

Σύμφωνα με τους Reddy *et al.* (2003) τα απόβλητα της μπανάνας μπορεί να χρησιμοποιούνται ως εναλλακτικό υπόστρωμα για την καλλιέργεια των μανιταριών ενάντια άλλων γεωργικών /αγρο-βιομηχανικών απόβλητων, όπως το άχυρο του σιταριού, το πριονίδι κ.α., τα οποία χρησιμοποιούνται ήδη για την παραγωγή λιγνολυτικών και κυτταρινολυτικών ενζύμων (Martinez *et al.*, 2002). Οι αποδόσεις των λιγνολυτικών ενζύμων μεταβάλλεται σε μεγάλο βαθμό σε διαφορετικά στελέχη του *P. ostreatus* και του

P. pulmonarius όταν καλλιεργήθηκαν σε άχυρο σιταριού με διαφορετικές καλλιεργητικές συνθήκες (Velazquez-Cedeno *et al.*, 2002; Eichlerova *et al.*, 2000). Η μέγιστη παραγωγή της λακκάσης που λαμβάνεται σε φύλλα μπανάνας ήταν 1,7106 και 1,6669 mg⁻¹ πρωτεΐνης από *P. ostreatus* και *P. sajor-caju*, αντίστοιχα (Reddy *et al.* (2003). Οι αποδόσεις αυτών των ενζύμων, όμως είναι πολύ χαμηλές για να κάνει μια επιχείρηση εμπορικά βιώσιμη. Ωστόσο, οι αποδόσεις μπορούν να βελτιωθούν με την βελτιστοποίηση των συνθηκών καλλιέργειας και την υιοθέτηση διαφορετικών τεχνικών καλλιέργειας όπως, βελτίωση στελέχους, προσθήκη ιχνοστοιχείων κ.λ.π. (Eichlerova *et al.*, 2000; Eichlerova-Volakova & Homolka, 1997; Karem & Hadar, 1995). Η λακκάση που λαμβάνεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποτοξίνωση των διαφόρων ρύπων και την επεξεργασία βιομηχανικών λυμάτων (Robinson *et al.*, 2001; Bollag *et al.*, 1988; Hublik & Schinner, 2000). Η υπεροξειδωμένη λιγνίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για βιοαποκατάσταση των πεντοχλωροφαινολών και άλλων χλωριωμένων τοξικών ενώσεων (Lamar, 1992; Pointing, 2001). Η καλλιέργεια του *Pleurotus* σε απόβλητα μπανάνας μπορεί να οδηγήσει στην βελτιστοποίηση της διαδικασίας, στην απλοποίηση και στη μείωση του κόστους για την παραγωγή αυτών των ενζύμων.

Η καλλιέργεια των *P. ostreatus* και *P. sajor-caju* στη βιομάζα του φύλλου και το κορμό οδήγησε σε πολύ χαμηλά επίπεδα την CMC άσης. Παρόμοια επίπεδα κυτταρινολυτικών δραστηριοτήτων έχουν αναφερθεί σε *Pleurotus spp.* κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης στο άχυρο ρυζιού, καμία όμως δραστηριότητα δεν αναφέρθηκε στο φίλτρο χαρτιού και παρατηρήθηκαν πολύ χαμηλά επίπεδα δραστηριότητας της CMC άσης (Rai & Saxena, 1990). Οι Buswell *et al.* (1993) ανέφεραν επίσης ότι καμία κυτταρολυτική δραστηριότητα ένζυμου δεν ανιχνεύεται στα υπερκείμενα καλλιέργειας των *P. sajor-caju* και των *Lentinula edodes* που καλλιεργούνται σε κρυσταλλική κυτταρίνη και κατά τη διάρκεια της καλλιέργειάς τους σε πριονίδι. Στην μελέτη των Reddy *et al.* (2003) μεταξύ των κυτταρινών, χαμηλότερες δραστηριότητες καταγράφηκαν στην FP δραστηριότητα σε σύγκριση με της CMCάσης. Η χαμηλή δραστηριότητα FP περιορίζει το ρυθμό με τον οποίο οι μύκητες λευκής σήψεως εκφυλίζουν την φυσική κυτταρίνη. Η δράση της είναι αναγκαία για την αποικοδόμηση ιδιαίτερα των υψηλών μορφών (κρυσταλλικών) κυτταρίνης όπου δρα συνεργατικά με τα ενεργά ένζυμα της CMCάσης (MacKenzie *et al.*, 1984; Leatham, 1985). Αυτό το πρότυπο αποικοδόμησης επιτρέπει τη χρησιμοποίηση της λιγνίνης χωρίς απώλεια της κυτταρίνης από το λιγνοκυτταρινικό υλικό από ορισμένους λευκούς μύκητες (Ander & Eriksson, 1977). Η ανάπτυξη του *P. ostreatus* και *P. sajor-caju* σχετικά με τα απόβλητα μπανάνας ως επί το πλείστον χρησιμοποιεί την περιεχόμενη

λιγνίνη, υποστηριζόμενη από τη μεγαλύτερη ποσοστιαία μείωση της λιγνίνης (52% μείωση σε φύλλα μπανάνας, 23% κατά του κορμού) όταν συγκρίνεται με το περιεχόμενο κυτταρίνης (4% μείωση σε φύλλα μπανάνας, 1,5% σε κορμό) (Reddy, 1980). Το λιγνοκυτταρινικό υλικό απαλλαγμένο από λιγνίνη είναι μια καλή πηγή ζωοτροφών.

Τα αποτελέσματα αυτά δίνουν μια εικόνα για τη δυναμική του σχηματισμού του εξωκυτταρικού ενζύμου κατά τη διάρκεια της αποικοδόμησης του στα απόβλητα μπανάνας από τους *P. ostreatus* και *P. sajor-caju*. Οι έρευνες για την παραγωγή των διαφόρων λιγνολυτικών και κυτταρινολυτικών ενζύμων από τα *P. ostreatus* και *P. sajor-caju* σε υπόστρωμα από απόβλητα μπανάνας έχουν δείξει να είναι φθηνότερα λόγω της εύκολης διαθεσιμότητας των υπολειμμάτων μπανάνας. Τα παρόντα περιβαλλοντικά προβλήματα εξαιτίας της συσσώρευσης των αποβλήτων του φυτού της μπανάνας μπορούν επίσης να εξαλειφθούν από την παραγωγή των βιομηχανικά σημαντικών ενζύμων (Reddy *et al.*, 2003).

4.9 Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα με ποικιλία αποβλήτων αγρού

Η βιολογική αποτελεσματικότητα των υποστρωμάτων έμμεσα υποδηλώνει την καταλληλότητα των υποστρωμάτων για την καλλιέργεια συγκεκριμένων στελεχών του μανιταριού. Λογικά όσο υψηλότερη είναι η βιολογική απόδοση, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η καταλληλότητα του υποστρώματος για την καλλιέργεια αυτού του συγκεκριμένου στελέχους του μανιταριού.

Οι Bisaria *et al.* (1987) ανέφεραν ότι η βιολογική αποτελεσματικότητα σε άχυρο ρυζιού ήταν 11,66%, οι Chang *et al.* (1981) ανέφεραν ότι το *P. sajor-caju*, καλλιεργούνται σε άχυρο ρυζιού και σε υπολείμματα βαμβακιού, δίνοντας βιολογικές αποδόσεις της τάξης του 177,41 και 79,81%, αντίστοιχα. Οι Mathew *et al.* (1996) παρατήρησαν ότι η βιολογική απόδοση σε πέντε *Pleurotus spp.* που καλλιεργούνται σε διάφορα απόβλητα αγρού φθάνει στο 0,30 έως 0,80%. Οι Ragunathan *et al.* (1996) βρήκαν την βιολογική αποδοτικότητα του 35,94% σε φυτικές ίνες κοκκοφοίνικα. Οι Kumar *et al.* (2000) βρήκαν τη μέγιστη βιολογική αποτελεσματικότητα της τάξης των 98,0% σε *Ageratum twigs*, ακολουθούμενο ποσοστό το 90% στο άχυρο ρυζιού.

Στη μελέτη των Ragunathan & Swaminathan (2003), η βιολογική αποτελεσματικότητα των *Pleurotus spp.* σε μίσχο βαμβακιού παρατηρήθηκε να είναι στο

εύρος των 32,69 - 41,42%, σε φυτικές ίνες κοκκοφοίνικα ήταν από 23,64 έως 27,33%, σε κοτσάνια σόργου ήταν 32,17-36,84% και στα μικτά υποστρώματα η βιολογική απόδοση ήταν 31,51-35,21%.

Τα τρία είδη *Pleurotus*, *P. sajor-caju*, *P. platypus* και *P. citrinopileatus* καλλιεργήθηκαν σε διαφορετικά αγρο-απόβλητα: στελέχη βαμβακιού, ίνες κοκκοφοίνικα, κοτσάνια σόργου και μείγματα από αυτά τα απόβλητα. Η αρχέγονη ημέρα έναρξης παρατηρήθηκε μεταξύ του 21ης και 30ης ημέρας μετά την ωοτοκία. Η μέγιστη απόδοση τωνμανιταριών *P. sajor-caju* και *P. citrinopileatus* ήταν στα στελέχη βαμβακιού. Ενώ το *P. platypus* απέδωσε το μέγιστο στα κοτσάνια σόργου. Η βιολογική αποτελεσματικότητα, η θρεπτική σύνθεση, η ενεργειακή αξία και η ανάκτηση ενέργειας από τα όργανα φρούτων εκτιμήθηκαν στην έρευνα των Rangunathan & Swaminathan (2003). Επίσης στη μελέτη των Rangunathan & Swaminathan (2003), παρατηρήθηκε ότι ο τύπος του υποστρώματος που χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια των *Pleurotus spp.* δεν θα μπορούσε να επηρεάσει τη θρεπτική σύνθεση των καρποφοριών. Η καρποφορία του *Pleurotus spp.* που καλλιεργήθηκαν, περιείχαν 90,14-93,08% υγρασία, 40,13-46,2% υδατάνθρακα, 25,63-44,3% ακατέργαστη πρωτεΐνη, 2,98-8,63 mg/g αζωτούχες ενώσεις, 0,95 - 3,16 mg/g λίπος, 0,64-2,10 mg/g ασβέστιο, 06,01-12,07 mg/g σίδηρο, 10,3-33,2 mg/g κάλιο, 9,40-18,9 mg/g μαγνήσιο, 0,78-1,15 mg/g νάτριο και 118-220 mg/g φώσφορο (Πίνακας 4.14). Η πολυμερής περιεχόμενη ουσία ήταν 27,4-46,2% της κυτταρίνης, 23,40- 40,30% της ημικυτταρίνης, 14,00-20,40% της λιγνίνης και 11,40-20,48% της ακατέργαστης ίνας (Πίνακας 4.15). Οι καρποφορίες του *Pleurotus spp.*, ειδικά αυτές που καλλιεργούνται σε ίνες κοκκοφοίνικα, ήταν πλούσιες σε υδατάνθρακα, ακατέργαστης ίνας, αζωτούχες ενώσεις και νάτριο, το περιεχόμενο λίπος ήταν πολύ χαμηλό. Οι καρποφορίες του *P. platypus* περιείχαν υψηλές ποσότητες λιπαρών, ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου και φωσφόρου, ενώ οι καρποφορίες του *P. citrinopileatus* ήταν πλούσιες σε κάλιο. Σε πολυμερείς ουσίες, το *P. sajor-caju* περιέχει συγκριτικά υψηλές ποσότητες κυτταρίνης και ινωδών ουσιών, το *P. platypus* ήταν πλούσιο σε ημικυτταρίνη και το *P. citrinopileatus* περιείχε υψηλές ποσότητες λιγνίνης.

Πίνακας 4.14 Περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά των καρποφοριών του *Pleurotus* spp. που καλλιεργούνται σε υπολείμματα αγρού (Ragunathan & Swaminathan, 2003).

Συστατικά	Υποστρώματα											
	Στέλεχος βαμβακιού			ΐνα κοκοφοίνικα			Κοτσάνια σόργου			Μείγμα υποστρωμάτων		
	Ps	Pp	Pc	Ps	Pp	Pc	Ps	Pp	Pc	Ps	Pp	Pc
Υγρασία	93.08 6	91.03 +0.3	92.87 _0.5	91.12 _0.8	90.84 _0.6	90.14 _0.8	90.14 _0.1	91.18 _0.5	90.8	91.03 _1,0	92.08 _0.8	91.4 _0.
Υδατάνθρα	42.7	40.1	44.2	45.2	44.5	42.8	43.2	41.8	44.4	46.2	45.3	41.5
Ακατέργασ πρωτεΐνη	31.4	36.8	31.1	44.3	32.5	30.1	36.2	33.2	36.8	38.3	25,6+	40.6
Αμινοάζωτ	6.18	6.34	3.26	4.75	6.14	3.18	6.34	5.98	2.98	8.36	5.7	3.4
Λίπη	0.95	2.4	2.84	1.22	3.16	1.7	1.41	2.88	2.9	1.19	3.15	2.74
Ασβέστιο	0.68 _0.03	1.98	1.14	1.64	2.1	0.78	1.12	1.73	0.7	1.38	1.1	0.64
Σίδηρο	8.66 _0.17	7.18	5.84	12.7	10.48 _0.0	6.24	9.24	11.41 _0.6	5.28	11.21 _0.2	11.24 _0.5	6.1
Κάλιο	16.3 _0.22	11.2	10.3	14.3	14.2	11.3	12.2	12.8	14	14.7	12	33.8

Μαγνήσιο	10.3_	13.3_	12.4_	12.2_	18.9_	11.2_	11.3_	13.4_	9.4_0	10.4_	10.2_	11.4_0.
Νάτριο	0.84_0.04	1.1_0	0.9_0	0.76_	0.78_	0.62_	0.94_	1.15_	0.78_	1.15_	0.8_0	1.14_0.
Φώσφορο	158_	118_	168_	195_	220_0	165_	211_	170_	170.4_0.3	142_	165_	161_0.

Πίνακας 4.15 Περιεκτικότητα λιγνοκυτταρινικών καρποφοριών του *Pleurotus spp.* που καλλιεργούνται σε διάφορα υπολείμματα αγρού (Ragunathan & Swaminathan, 2003).

Συστατικά	Υποστρώματα											
	Στέλεχος βαμβακιού			ΐνα κοκοφοίνικα			Κοτσάνια σόργου			Μείγμα υποστρωμάτων		
	Ps	Pp	Pc	Ps	Pp	Pc	Ps	Pp	Pc	Ps	Pp	Pc
Κυτταρίνη	46.20-0.16	36.40-0.25	34.60-0.48	27.40-0.29	43.40-0.31	38.80-0.27	42.30-0.19	40.10-0.35	36.40-0.33	40.30-0.48	39.80-0.44	41.300-0.14
Ημικυτταρίνη	26.10-0.09	32.20-0.42	3.40-0.27	31.40-0.31	28.60-0.39	31.40-0.28	27.40-0.74	30.60-1.00	26.50-0.24	28.40-0.25	40.30-0.62	29.30-0.65
Λιγνίνη	14.00-0.25	18.00-0.49	14.80-0.36	16.00-0.42	16.00-0.28	16.80-0.20	14.40-0.18	17.80-0.38	17.00-0.42	17.2-0.18	17.60-0.14	20.40-0.12

Ακατέργαστη ίνα	20.48-0.22	20.1-0.35	21.6-0.2]	16.40-0.24	11.40-0.17	18.3-0.05	15.00-0.04	17.40-0.10	16.80 - 0.35	16.20-0.11	18.40 0.06	19.40-0.19
Στάχτη	8.40 - 0.25	7.40 0.19	8.00 - 0.10	6.40- 0.13	6.20 - 0.34	6.10 - 0.12	5.40 - 0.22	5.80 - 0.14	6.30 - 0.11	7.00 - 0.07	5,50- 0.21	6.10 - 0.16

Με βάση την ακατέργαστη πρωτεΐνη, τους υδατάνθρακες και το περιεχόμενο λίπος, η ενεργειακή αξία των καρποφοριών του *Pleurotus spp.* υπολογίστηκαν στην μελέτη των Ragunathan & Swaminathan (2003) (Πίνακας 4.16). Οι τιμές της ενέργειας των καρποφοριών του *P. sajor-caju* παρατηρήθηκαν να είναι 272, 316, 288 και 304 (k/cal/100 g υποστρώματος), αντίστοιχα, για τα στελέχη βαμβακιού, τις φυτικές ίνες κοκκοφοίνικα, τα κοτσάνια σόργου και το μικτό υπόστρωμα. Οι τιμές ενέργειας του *P. platypus* ήταν 280, 298, 287, και 284 (k/cal/100 g υποστρώματος), για το *P. citrinopileatus* οι τιμές ήταν 295, 274, 307, και 325 (k/cal/100 g υποστρώματος), αντιστοίχως. Ομοίως, οι τιμές ενέργειας των υποστρωμάτων, με βάση το περιεχόμενο τους από κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη, υπολογίστηκαν. Οι τιμές ενέργειας των υποστρωμάτων ήταν, 406, 378, 413, και 514 k.cal/100 g υποστρώματος, αντίστοιχα, για τα στελέχη βαμβακιού, ίνες κοκκοφοίνικα, τα κοτσάνια σόργου και το μικτό υπόστρωμα. Βασισμένο στις δύο αυτές τιμές, η ανάκτηση ενέργειας επί τοις εκατό του υποστρώματος στις καρποφορίες ήταν: η υψηλότερη ανάκτηση ελήφθη στο *P. sajor-caju* στα στελέχη βαμβακιού (10,12%), ακολουθούμενη από το *P. platypus* (9,6%), και με τη χαμηλότερη ανάκτηση ενέργειας στο *P. citrinopileatus* (8,9%). Οι Bisaria *et al.* (1987), ανέφεραν την ανάκτηση του στο 5,0-0,0% στο άχυρο ρυζιού και οι Ragunathan *et al.* (1996) ανέφεραν την ανάκτηση του στο 1,1-10,05% σε διάφορα απόβλητα-κατάλοιπα αγρού.

Πίνακας 4.16 Ενεργειακή αξία καρποφοριών του *Pleurotus spp* και υπολειμμάτων αγροτικών φυτών σε υπόστρωμα (Ragunathan & Swaminathan, 2003).

Υπό-στρώμα	Ενεργειακή αξία υποστρώματος (kcal/100 g)	Ενεργειακή αξία μανιταριού (k/cal/100 μανιτάρι)	καλλιέργεια μανιταριού (kcal/100 g υπόστρωμα)	Ενεργειακή αξία μανιταριού (kcal/100 g υπόστρωμα)	Ενεργειακή αξία υποστρώματος Στο μανιτάρι(%) (4)_100/1 (5)
------------	---	---	---	---	--

	υπόστρωμα (1)	(2)			(3)			(4)=2X3/100					
		Ps	Pp	Pc	Ps	Pp	Pc	Ps	Pp	Pc	Ps	Pp	Pc
Στέλεχος βαμβα- κιού	406	272	280	292	45.5	41	37.0	41.2	38.8	36.4	10.1	9.60	8.90
Ίνα κοκο- φοίνικα	338	316	298	273	34.2	33	32.8	36.0	33.5	30.1	9.52	8.90	7.90
Κοτσάνια σόργου	413	288	287	308	41.3	37	32.2	39.7	36.1	33.1	9.06	8.80	7.90
Μείγμα υποστρ.	514	304	284	304	40.5	36	32.0	41.1	34.9	34.6	7.99	6.80	6.70

Τέλος, σύμφωνα με τους Ragunathan & Swaminathan (2003) παρατηρήθηκε ότι τα *Pleurotus spp.* θα μπορούσαν να καλλιεργηθούν σε οικονομικά κατάλοιπα αγρού. Τα στελέχη βαμβακιού θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την καλλιέργεια του *P. sajor-caju*, οι ίνες κοκκοφοίνικα για το *P. platypus* και τα κοτσάνια σόργου για το *P. citrinopileatus*. Οι καρποφορίες είναι πλούσιες σε θρεπτικά συστατικά και μέταλλα με χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά. Επιπλέον, η καλλιέργεια του *Pleurotus spp.* σε αγρο-υπολείμματα βοηθά στην αποτελεσματική διάθεση των αποβλήτων αυτών.

4.10 Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα με ιλύς χειροποίητου χαρτιού και βιομηχανικών απόβλητων χαρτονιού

Η ταχεία εκβιομηχάνιση οδηγεί στην συσσώρευση των απορριμμάτων και τη μόλυνση του περιβάλλοντος από τους βιομηχανικούς ρύπους που είναι τώρα ένα παγκόσμιο περιβαλλοντικό πρόβλημα. Η αξιοποίηση των αποβλήτων (επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση), είναι πολύ σημαντικό στη διακυβέρνηση της οικονομίας και της φυσική ισορροπίας. Τα βιομηχανικά απόβλητα μπορούν να

διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες, δηλαδή τα βιοδιασπώμενα και τα μη βιοδιασπώμενα. Τα απόβλητα που μπορούν να διαλυθούν από ζωντανούς οργανισμούς ονομάζονται βιοδιασπώμενα, διαφορετικά μη βιοδιασπώμενα. Η αξιοποίηση των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων είναι δυνατόν να γίνει όταν διαχωρίζονται από τα μη βιοαποδομήσιμα απόβλητα διαφορετικά, αυτά γίνονται απόβλητα του δήμου. Λαμβάνοντας αυτό υπόψη, η καλύτερη στρατηγική είναι ο διαχωρισμός του απόβλητου σε βιομηχανικό επίπεδο ή στην πηγή του πριν από την ανάμειξη με την άλλα απόβλητα. Το χειροποίητο χαρτί (HMPI) και οι βιομηχανίες χαρτονιού (CI) είναι οι δύο μεγάλες βιομηχανίες που παράγουν τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα υπό μορφή πούλπας των αχρησιμοποίητων υπολειμάτων. Και οι δύο βιομηχανίες, που βρίσκεται στο Sanganer, στη Jaipur, είναι διάσημες για την παραγωγή χειροποίητου χαρτιού και χαρτονιού, αντιστοίχως.

Αυτές οι βιομηχανίες χρησιμοποιούν βαμβάκι και είδη καλτσοποιίας για την κατασκευή χαρτιού που είναι πλούσια σε κυτταρίνη και εκπληρώνουν κυτταρινικά υπολείμματα σε μορφή λάσπης. Το χαρτόνι είναι ένα παχύ φύλλο χαρτιού που χρησιμοποιούνται κυρίως για συσκευασία. Το χαρτόνι είναι το τελευταίο στάδιο της λήψης της τεχνολογίας χαρτιού και παράγεται όταν ίνες της πούλπας γίνουν τόσο πολύ μικρές για να ανακυκλωθούν και να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή χαρτιού. Τα χαρτόνια είναι πλούσια σε λιγνοκυτταρινικά κατάλοιπα και συνεπώς, αυτές οι βιομηχανίες παράγουν λιγνοκυτταρινούχα υπολείμματα που περιέχονται στην ιλύς. Οι πιο αποτελεσματικοί βιολογικοί τρόποι με τους οποίους τα κυτταρινικά και λιγνοκυτταρινικά γεωργικά υπολείμματα και βιομηχανικά απόβλητα μπορεί να ανακυκλωθούν είναι, η χρήση αυτών των υπολειμμάτων για την καλλιέργεια των μανιταριών (Madan *et al.*, 1987; Moda *et al.*, 2005; Holtz *et al.*, 2009). Τα αγροβιομηχανικά και βιομηχανικά απόβλητα έχουν γίνει αντικείμενο εκμετάλλευσης για αιώνες στην Ασία για την παραγωγή των μανιταριών στρεϊδιών (Ζερβάκης *et al.*,

1996; Sivrikaya *et al.*, 2002; Kuforiji & Fasidi, 2009; Kulshreshtha *et al.*, 2010b). Πρόκειται για μια διαδικασία προστιθέμενης αξίας για να μετατρέψει αυτά τα υλικά, τα οποία θεωρούνται απόβλητα, σε ανθρώπινα τρόφιμα. Στη μελέτη των Kulshreshtha *et al.* (2013), θεωρήθηκε ότι το HMPI και τα CI απόβλητα θα είναι ένα καλό υπόστρωμα για την καλλιέργεια των μανιταριών. Τα *Pleurotus spp.* έχουν την ικανότητα να χρησιμοποιούν διάφορα λιγνοκυτταρινούχα απόβλητα και να βοηθούν στη βιοαποκατάσταση των λιγνοκυτταρινούχων και κυτταρινικών υπολειμμάτων που περιέχουν τα απόβλητα (Wang *et al.*, 2001) λόγω του ότι έχουν ενζυματικούς μηχανισμούς. Σε όλο τον κόσμο και ιδιαίτερα σε αναπτυσσόμενες χώρες, υπάρχει ένα πρόβλημα από υποσιτισμό πρωτεΐνης. Η

παραγωγή μανιταριών μπορεί να είναι η κατάλληλη λύση στο πρόβλημα αυτό, διότι είναι μια πηγή πρωτεϊνών πολύτιμων για τη διατροφή. Η καλλιέργεια του *Pleurotus spp.* έχει καταλάβει τη δεύτερη θέση σε παγκόσμιο επίπεδο μεταξύ των καλλιεργούμενων εδώδιμων μανιταριών, λόγω της εύκολης παραγωγής τους και το χαμηλό κόστος της καλλιέργειας (Banik & Nandi, 2004; Akavia *et al.*, 2005).

Κρατώντας το σκοπό αυτό, στη μελέτη αυτή, οι ΗΜΠΙ και οι CI λάσπες μεμονωμένα και οι συνδυασμοί τους με άχυρο σιταριού δοκιμάστηκαν για καλλιέργεια του *Pleurotus citrinopileatus* χρησιμοποιώντας την τεχνική που περιγράφεται από Kulshreshtha *et al.* (2010β). Το μανιτάρι βρέθηκε να παράγει βρώσιμες αναπαραγωγικές δομές. Έτσι, οι στόχοι των Kulshreshtha *et al.* (2013), ορίζεται ως-πρώτη, η χρήση του χειροποίητου χαρτιού και των βιομηχανικών αποβλήτων χαρτονιού και ο συνδυασμός τους ως νέο υπόστρωμα για την καλλιέργεια *P. citrinopileatus*. Εκτός από τη βιολογική αποτελεσματικότητα των μανιταριών, έγινε η ανάλυση του υποστρώματος για την παρουσία μεταλλαξιγένεσης. Δεύτερον, για τον προσδιορισμό πρωτεΐνης, υδατάνθρακα, λίπους, τέφρας και υγρασίας στο εσωτερικό των καρποφοριών των καλλιεργημένων *P. citrinopileatus*. Τρίτον, για την αξιολόγηση της μεταλλαξιγένεσης του πρώτου υδατικού εκχυλίσματος των καλλιεργούμενων καρποφοριών του *P. citrinopileatus* για να διασφαλιστεί η ασφαλής κατανάλωση.

Η μελέτη ασχολήθηκε με την καλλιέργεια του *Pleurotus citrinopileatus* σε ιλύς (λάσπη) χειροποίητου χαρτιού και βιομηχανικών απόβλητων χαρτονιού. Αυτά τα βιομηχανικά απόβλητα είναι πλούσια σε κυτταρίνη και σε πούλπα λιγνοκυτταρινούχων υπολειμμάτων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως νέο υπόστρωμα για την καλλιέργεια των μανιταριών. Αυτά ήταν τα βιομηχανικά απόβλητα χρησιμοποιούνται μόνο τους και σε συνδυασμό με άχυρο σίτου για την καλλιέργεια των μανιταριών. Για την αξιολόγηση της καταλληλότητας των μανιταριών (καρποφορίες) για κατανάλωση, οι καλλιεργούμενες καρποφορίες αναλύονται για τα θρεπτικά συστατικά και τη γονοτοξικότητα με τυποποιημένες μεθόδους AOAC και τεστ Ames, αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε μια σημαντική μείωση στη βιολογική αποτελεσματικότητα, στη πρωτεΐνη και στο λίπος του εν λόγω μανιταριού (μόνο στις αναφερθείσες λάσπες), ωστόσο, οι καρποφορίες διέθεταν ένα υψηλό ποσό των μεταλλαξιογόνων σε πλαίσιο μετατοπίσεως με αποτέλεσμα να είναι μη αναλώσιμα. Αντιθέτως, οι καρποφορίες που αναπτύχθηκαν σε συνδυασμό απόλυτης ισότητας της βιομηχανικής ιλύς και σε άχυρο σιταριού βρέθηκαν να κατέχουν υψηλή βιολογική απόδοση, πρωτεΐνη, υδατάνθρακες και λιπαρά, ενώ στις μεταλλαξιογόνες υπήρξε μείωση. Στο βρασμό του υδατικού εκχυλίσματος του μανιταριού,

μια περαιτέρω μείωση παρατηρήθηκε στα μεταλλαξιγόνα. Συμπερασματικά, η χρήση του συνδυασμού της ιλύς και του άχυρου από σιτάρι δεν αύξησε μόνο την βιολογική απόδοση, αλλά επίσης μείωσε τις μεταλλαξιγόνες καρποφορίες και τις μεταλλαξιγένεσεις αυτών που πραγματοποιείτε με περαιτέρω βρασμό.

Συμπερασματικά, η αξιοποίηση της λάσπης αποβλήτων του χειροποίητου χαρτιού και του βιομηχανικού χαρτονιού για την παραγωγή του *P. citrinopileatus* μπορεί να λύσει ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα των στερεών αποβλήτων. Αυτή η λύση παρέχει μια οικονομική απολαβή και προστασία στο περιβάλλον ενώ παρέχει μια θρεπτική πηγή διατροφής, όπως είναι τα μανιτάρια. Ωστόσο, σε αυτές τις περιπτώσεις, τα διατροφικά χαρακτηριστικά των καλλιεργούμενων μανιταριών θα πρέπει να μελετηθούν. Στη μελέτη των Kulshreshtha *et al.* (2013) η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λίπος και το περιεχόμενο όλων των καρποφοριών βρέθηκαν να μειώνουν σημαντικά τον έλεγχο στις περισσότερες περιπτώσεις. Σε αντίθεση, η περιεκτικότητα σε υγρασία όλων των καρποφοριών βρέθηκε να αυξάνεται πάνω από τον έλεγχο. Όταν ο συνδυασμός της ιλύς και του άχυρου από σιτάρι χρησιμοποιήθηκε για την καλλιέργεια μανιταριών, οι καρποφορίες έδειξαν πολύ λιγότερη μείωση σε θρεπτικά χαρακτηριστικά. Εκτός από αυτό, οι καρποφορίες βρέθηκαν να κατέχουν μεταλλαξιγόνους πλαισιοτροποποιητικές από την ιλύς η οποία δεν μειώθηκε με το μαγείρεμα του υδατικού εκχυλίσματος. Συνδυασμός της ιλύς με άχυρο σιταριού βρέθηκε να μειώνει τους μεταλλαξιγόνους πλαισιοτροποποιητικές τα οποία μειώνονται περαιτέρω σε ένα ασφαλές επίπεδο με το μαγείρεμα του υδατικού εκχυλίσματος για 10 λεπτά. Σε αντίθεση με αυτό, τα ζεύγη βάσεων των μεταλλαξιγόνων δεν βρέθηκαν σε καρποφορίες ενώ υπήρχαν ζεύγη βάσεων της μεταλλαξιγένεσης στη βιομηχανική λάσπη. Είναι πιθανόν να οφείλεται σε αποικοδόμηση των ζευγών βάσεων των μεταλλαξιγόνων από καρποφορίες μανιταριών κατά τη διάρκεια της ανάπτυξή τους στα απόβλητα. Μετά το μαγείρεμα, οι καρποφορίες καλλιεργούνται στα βιομηχανικά απόβλητα που είναι ασφαλές για κατανάλωση. Έντονα συνιστάται το διατροφικό και γενοτοξικολογικό προφίλ του μανιταριού / καρποφορία που επηρεάζεται από το υπόστρωμα πάνω στο οποίο αυτά καλλιεργούνται ωστόσο, θα πρέπει να αναλυθούν σωστά πριν από την κατανάλωση.

4.11 Καλλιέργεια μανιταριών σε υποστρώματα με φλούδες μανταρινιού και φύλλα δέντρων

Σύμφωνα με την μελέτη των Elisashvili *et al.* (2006) έχει αποδειχθεί ότι το μανιτάρι *Pleurotus dryinus* που είναι αποικοδομητής ξύλου είναι σε θέση να παράγει αποτελεσματικά κυτταρινάσες, ξυλανάση, λακκάση, και υπεροξειδωμένο μαγγάνιο βυθισμένο σε ζυμωμένες φλούδες μανταρινιού και φύλλα δέντρων. Η σταδιακή αύξηση της συγκέντρωσης των λιγνοκυτταρινούχων υποστρωμάτων από 1 έως 4-6% αύξησε τη συσσώρευση ενζύμου σε υγρή καλλιέργεια. Ένα απλό και ανέξοδο μέσο που περιέχει φλούδες μανταρινιού και εκχύλισμα ζύμης ως μοναδική πηγή άνθρακα και αζώτου επέτρεψαν την ταυτόχρονη παραγωγή υψηλών επιπέδων υδρολασών και οξειδάσων του *P. dryinus*. Η συμπλήρωση αυτού του μέσου με χαλκό και μαγγάνιο που προκαλούν νωρίτερα και ταχύτερα τη συσσώρευση της λακκάσης και του υπεροξειδωμένου μαγγανίου αυξάνει την απόδοση τους κατά 1,5 και 7,5 φορές, αντίστοιχα. Επιπλέον, με την προσθήκη μαγγανίου προς το μέσο, είναι δυνατό να ρυθμιστεί η αναλογία της λακκάσης και του MnP στο πλαίσιο παρασκευής του ενζύμου. Η παρουσία του λιγνοκυτταρινούχου υποστρώματος είναι απαιτούμενη για την παραγωγή MnP από τον *P. dryinus* δεδομένου ότι δεν υπήρχε παραγωγή των MnP, όταν μανιτάρι έχει καλλιεργηθεί σε συνθετικό μέσο με διαφορετική πηγή άνθρακα. Μεταξύ των δοκιμασμένων πηγών άνθρακα μόνο η χρησιμοποίηση της γλυκόζης οδήγησε σε 21-πλάσια αύξηση της ειδικής δραστηριότητας της λακκάσης του μύκητα συγκριτικά με το μάρτυρα- μέσο που δεν είχε πηγή άνθρακα. Η καρβοξυμέθυλοκυτταρινάση και η ξυλανάση φάνηκε να είναι παρακινητικά ένζυμα.

Το *P. dryinus* δεν είχε προηγουμένως μελετηθεί ως παραγωγό λιγνοκυτταρινολυτικό ένζυμο. Συνεπώς, στη μελέτη των Elisashvili *et al.* (2006), αξιολογήθηκε το παραγωγικό δυναμικό του ενζύμου του *P. dryinus* σε ποικίλες συνθέσεις του μέσου σε βυθισμένη καλλιέργεια του μύκητα. Διάφορες προσεγγίσεις έχουν διερευνηθεί με σκοπό να αυξηθεί παραγωγή των λιγνοκυτταρινολυτικών ενζύμων. Μεταξύ αυτών, η πλέον αποτελεσματική φαίνεται να είναι η προσθήκη στο θρεπτικό μέσο ειδικών επαγωγέων (ή διεγέρτες) της σύνθεσης αυτών των ενζύμων. Ωστόσο, διάφορα έγγραφα ανέφεραν ότι η καλλιέργεια των Βασιδιομυκήτων στην παρουσία ορισμένων κατάλοιπων των λιγνοκυτταρινών τονώσει σημαντικά την έκκριση ενζύμων χωρίς συμπληρώματα στο μέσο καλλιέργειας με συγκεκριμένους επαγωγείς (Rosales *et al.*, 2005; Kapich *et al.*, 2004; Tsiklauri *et al.*, 1999). Τα δεδομένα που αναφέρονται στον Πίνακα 4.17 δείχνουν σαφώς την ιδιαιτερότητα των φλουδών μανταρινιού για την παραγωγή λιγνολυτικών ενζύμων, σε

σύγκριση με τα φύλλα των δέντρων. Αυτό είναι πιθανό να οφείλεται στο γεγονός ότι οι φλούδες μανταρινιού, σε αντίθεση με τα φύλλα των δέντρων, αντιπροσωπεύουν ένα υπόστρωμα ανάπτυξης με σημαντικό περιεχόμενο των ελεύθερων μονοσακχαριτών, δισακχαριτών, και των οργανικών οξέων εξασφαλίζοντας άφθονη ανάπτυξη των διαφόρων Βασιδιομυκήτων (Tsiklauri *et al.*, 1999; Elisashvili *et al.*, 1992). Επιπλέον, οι υδατοδιαλυτές αρωματικές ενώσεις (φλαβόνες και οι φλαβονόλες) είναι ικανές να επάγουν ή να διεγείρουν τη βιοσύνθεση των λιγνολυτικών ενζύμων.

Πίνακα 4.17 Η δραστηριότητα ενζύμου του *Pleurotus dryinus* σε σχέση με το μέσο καλλιέργειας από φλούδες μανταρινιού και φύλλα δέντρων.

Concentration (%)	CMC (U mL ⁻¹)		Ξυναλάσση (U mL ⁻¹)		FPA (U mL ⁻¹)		Λακκάση (U)		MnP (U L ⁻¹)	
	MP	TL	MP	TL	MP	TL	MP	TL	MP	TL
1.0	13.4	17.2	22.8	40.9	2.3	2.6	984	108	34	5
2.0	17.4	34.9	34.7	46.7	2.8	3.5	2772	150	83	9
4.0	47.7	39.4	71.7	44.8	4.0	3.9	4902	173	79	4
6.0	45.8	47.0	59.0	41.8	4.1	4.2	6493	226	72	4
8.0	33.7	33.8	48.9	35.7	4.2	2.8	6196	142	48	3

Επομένως, μαζί με την λιγνοκυτταρινική αύξηση της συγκέντρωσης του υποστρώματος, αυξήθηκαν επίσης, το περιεχόμενο εκχύλισμα των διαλυτών υδατανθράκων, οι αρωματικές ενώσεις, και τα ιχνοστοιχεία, κατά την διάρκεια αποστείρωσης του μέσου, προωθώντας έτσι την καλύτερη ανάπτυξη των μυκήτων και τη παραγωγή ενζύμων. Σε αυτή τη περίπτωση, η παραγωγή της λακκάσης φάνηκε να είναι

στενά συνδεδεμένη με τη συνολική περιεκτικότητα ορισμένων εξορυκτικών ενώσεων όταν διαφορετικές συγκεντρώσεις υποστρώματος χρησιμοποιήθηκαν. Περαιτέρω, η παρουσία των λιγνοκυτταρινικών υποστρωμάτων και των υποστρωμάτων με υδατοδιαλυτές εξορυκτικές ουσίες ήταν υποχρεωτική για την παραγωγή του MnP από το *P. dryinus* δεδομένου ότι δεν υπήρχε παραγωγή του MnP, όταν το στέλεχος καλλιεργήθηκε στο πρότυπο μέσο με διαφορετική πηγή άνθρακα. Τα στοιχεία αυτά είναι σύμφωνα με άλλες εκθέσεις όσον αφορά την τόνωση (Ardon *et al.*, 1996; Elisashvili *et al.*, 2002) και την επαγωγή (Karich *et al.*, 2004) της επίδρασης των φυτικών εκχυλισμάτων για παραγωγή λιγνολυτικών ενζύμων.

Η καλλιέργεια του *P. dryinus* σε πρότυπο μέσο με διαφορετικές πηγές άνθρακα έδειξε ότι, σε αντίθεση με το MnP, η δραστηριότητα της λακκάσης μπορούσε να ανιχνευθεί σε όλα τα υπό εξέταση μέσα συμπεριλαμβανομένου το μάρτυρα που περιέχει μόνο εκχύλισμα ζύμης ως πηγή άνθρακα. Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι στη μελέτη Elisashvili *et al.* (2006), σε αντίθεση με το *Trametes versicolor* (Lee *et al.*, 1999), το *Pycnoporus cinnabarinus* (Lomascolo *et al.*, 2003), και το *Pycnoporus coccineus* (Jaouani *et al.*, 2005), η συμπλήρωση του μέσου ελέγχου με αιθανόλη δεν αυξάνει την εξωκυτταρική συσσώρευση λακκάσης μολονότι παρέχονται στη καλή ανάπτυξη του μύκητα. Μόνο η παρουσία εύκολα μεταβολίσιμης ζάχαρης, γλυκόζης, εξασφάλισε πολύ αποτελεσματικά τη παραγωγή λακκάσης ενώ η Avicel φαίνεται να είναι το φτωχότερο υπόστρωμα για αυτή την έκκριση ενζύμου. Ως εκ τούτου, ο άνθρακας ως πηγή που προέρχονται από φλούδες μανταρινιού θα μπορούσε να εμπλακεί στη ρύθμιση της σύνθεσης της λακκάσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι φλούδες μανταρινιού όπως και πολλά άλλα λιγνοκυτταρινούχα υποστρώματα σχηματίζουν σκούρου χρώματος υλικά στο υγρό καλλιέργειας. Συνεπώς, το γεγονός ότι η λακκάση αποτελεσματικά παράγεται από το *P. dryinus* σε βυθισμένη καλλιέργεια σε συνθετικό θρεπτικό υλικό με γλυκόζη θα μπορούσε να είναι πλεονεκτικό για μια διαδικασία καθαρισμού αυτού του ενζύμου.

Πολλές μελέτες έδειξαν τη ρυθμιστική επίδραση της ξυλιδίνης και της βερατρυλικής αλκοόλης (Karich *et al.*, 2004; Ardon *et al.*, 1996; Elisashvili *et al.*, 2002; Munoz *et al.*, 1997) καθώς και του χαλκού και του μαγγανίου (Jaouani *et al.*, 2005; Galhaup *et al.*, 2002; Palmieri *et al.*, 2000; Fu *et al.*, 1997) για σύνθεση λιγνολυτικών ενζύμων. Ωστόσο, στη μελέτη των Elisashvili *et al.* (2006) παρατηρήθηκε η απουσία της διακριτής διέγερσης της δραστηριότητας της λακκάσης με συμπλήρωση του μέσου με αυτούς τους επαγωγείς. Αυτό φαινόμενο μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι περιέχει επαρκείς ποσότητες από φλούδες μανταρινιού μερικών ενώσεων διέγερσης, ή το *P.*

dryinus παράγει από μόνο του άλλες αρωματικές ενώσεις εξασφαλίζοντας σημαντικό σχηματισμό λακκάσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι κανένα από τα χρησιμοποιηθέντα μικροστοιχεία ή αρωματικές ενώσεις ανέστειλαν τη παραγωγή της κυτταρινάσης ή της ξυλανάσης από το *P. dryinus*. Ως εκ τούτου, μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι η αναστολή της ανάπτυξης δεν έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας μανιταριών σε παρουσία των συγκεντρώσεων των επαγωγέων.

Αν και το *P. dryinus* έδειξε μεγάλες διαφορές στη παραγωγή λακκάσης και του MnP σε απόκριση προς τα λιγνοκυτταρινούχα απορρίμματα, φύλλα δέντρων, όπως φλούδες μανταρινιού φαίνεται να είναι βολικό υπόστρωμα ανάπτυξης για την κυτταρίνη και την παραγωγή ξυλανάσης. Είναι αξιοσημείωτο ότι σε ζύμωση βυθισμένων λιγνοκυτταρινών αυτού του μύκητα παράγονται πολύ υψηλότερα επίπεδα από κυτταρίνη και ένζυμα αποικοδόμησης από ό, τι πολλούς άλλους Βασιδιομύκητες (Reddy *et al.*, 2003; Tsiklauri *et al.*, 1999; Mikiashvili *et al.*, 2004; Elisashvili *et al.*, 1992; Baldrian & Gabriel, 2003; Elisashvili *et al.*, 2002a; Elisashvili *et al.*, 2002b). Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι το *P. dryinus* ξεχωρίζει με ιδιαίτερα υψηλή δραστηριότητα FPA. Κατά συνέπεια, η υψηλή δραστηριότητα αυτών των υδρολασών παρέχει σταθερή τροφοδοσία του μύκητα, με τις αναγκαίες πηγές άνθρακα και ενέργειας από την υποβάθμιση της λιγνοκυτταρίνης. Όταν ο *P. dryinus* καλλιεργήθηκε σε στάνταρ μέσο που περιείχε διάφορες πηγές άνθρακα, η υψηλότερη δραστηριότητα κυτταρινάσης και ξυλανάσης παρατηρήθηκε σε μέσο που παρέχεται από κρυσταλλική κυτταρίνη, φτάνοντας τη μέγιστη αξία σε 5 ημέρες, νωρίτερα από ό, τι σε άλλα μέσα. Αναλύοντας τα δεδομένα, αξίζει να σημειωθεί ότι η ειδικά CMCάση (2.47Umg^{-1}) και ξυλανάσης (10.93Umg^{-1}) δραστηριότητα του *P. dryinus* ήταν σημαντικά υψηλότερη σε μέσο Avicel, σε σύγκριση με τις τιμές των 0,07 έως 0,16 και 0,28-0,89 Umg^{-1} , αντίστοιχα, σε μέσα με γλυκόζη, γλυκερόλη ή αιθανόλη. Αυτά τα δεδομένα έδειξαν ότι η σύνθεση της κυτταρίνης και της ξυλανάσης από τον *P. dryinus* φαίνεται να είναι επαγωγίμη, και η παρουσία της ξυλάνης προφανώς απαραίτητη για την επαγωγή της ξυλανάσης. Τέλος, η σύγκριση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι κανένας δοκιμαζόμενος υδατάνθρακας δεν εκμειεύεται ως υψηλή κυτταρινάση ή ξυλανάσης όπως φλούδες μανταρινιού ή τα φύλλα των δέντρων, που δείχνει ότι η χρήση του συμπλόκου της πηγής άνθρακα είναι ευνοϊκό για παραγωγή υδρολασών.

Πολλές προηγούμενες μελέτες απέδειξαν ότι τόσο η φύση και συγκέντρωση των πηγών αζώτου είναι καθοριστικοί θρεπτικοί παράγοντες στη ρύθμιση παραγωγής των λιγνοκυτταρινικών ενζύμων από τους Βασιδιομύκητες (αποικοδομητές ξύλου) (Elisashvili *et al.*, 2001; Galhaup *et al.*, 2002; Fu *et al.*, 1997). Ωστόσο, η μελέτη δείχνει ότι οι φλούδες

μανταρινιού και το εκχύλισμα ζύμης, χωρίς πρόσθετη πηγή αζώτου, εξασφαλίζει τη καλή ανάπτυξη του *P. dryinus* και το σχηματισμό του πίνακα των λιγνοκυτταρινικών ενζύμων. Συμπερασματικά, η μελέτη των Elisashvili *et al.* (2006) υπογραμμίζει την ανάγκη για διερεύνηση περισσότερων οργανισμών και λιγνοκυτταρινούχων υποστρωμάτων με διαφορετική σύνθεση για την αξιολόγηση του πραγματικού δυναμικού των μυκήτων που παράγουν υδρολάσες και οξειδωτικά ένζυμα. Ως αποτέλεσμα της εν λόγω προσέγγισης, ένα απλό και φθηνό μέσο μπορεί να περιέχει μόνο φλούδες μανταρινιού και εκχύλισμα ζυμομυκήτων ως μοναδική πηγή άνθρακα και αζώτου. Τέλος, η διαλεύκανση του ρόλου των εκχυλισμάτων από φλούδες μανταρινιού ως πιθανό διεγέρτη της παραγωγής λιγνολυτικών ενζύμων είναι υπό έρευνα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα μανιτάρια του γένους *Pleurotus* έχουν ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα σε σχέση με άλλα καλλιεργούμενα είδη μανιταριού. Αυτό το πλεονέκτημα έγκειται στο γεγονός ότι το συγκεκριμένο είδος μανιταριού καλλιεργείται σε υποστρώματα πλούσια σε κυτταρίνες και λιγνίνες και μάλιστα σε υποστρώματα που δεν έχουν υποστεί ζύμωση. Το μανιτάρι αυτό καταφέρνει να αναπτυχθεί σε τέτοια υποστρώματα διότι διαθέτει ένζυμο με το οποίο διασπάει τις κυτταρίνες του υποστρώματος, μετατρέποντας τες σε τροφή υψηλής θρεπτικής αξίας.

Για να έχει θετικό αποτέλεσμα η καλλιέργεια μανιταριών πρέπει ο παραγωγός να ακολουθήσει μια διαδικασία η οποία ξεκινάει με την παρασκευή του υποστρώματος, την παστερίωση του και την σπορά του με το μυκήλιο του μανιταριού. Για το υπόστρωμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν κορμοί δέντρων και διάφορα γεωργικά υπολείμματα κάθε είδους ακόμα και τα απόβλητα των ελαιοτριβείων. Έτσι, διάφορα υπολείμματα και απόβλητα που είναι ρυπογόνα για το περιβάλλον μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καλλιέργεια μανιταριών.

Πολύ σημαντικό ρόλο στη χώρα μας παίζει η καλλιέργεια των μανιταριών αυτών, γιατί όχι μόνο απασχολεί μεγάλο αριθμό ανθρώπινου δυναμικού αλλά με την καλλιέργεια αυτή χρησιμοποιούν υπολείμματα και παραπροϊόντα γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Έτσι και τα άχρηστα και επιζήμια προϊόντα για το περιβάλλον μετατρέπονται σε τροφή με αξιόλογες οργανοληπτικές ιδιότητες αλλά και τα υποστρώματα μετά την καλλιέργεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κομπόστ και εδαδοβελτιωτικό σε άλλες καλλιέργειες.

Στην καλλιέργεια μανιταριών και ειδικά στο γένος *Pleurotus* κυρίαρχο ρόλο έχουν τα υποστρώματα ανάπτυξης. Επειδή τα είδη αυτά χρησιμοποιούν ένα μεγάλο εύρος υλικών τα οποία προσδιορίζουν τόσο την ποιότητα όσο και την ποσότητα. Κάθε χώρα παραγωγής μανιταριών είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσει ως υπόστρωμα υλικά από απόβλητα και παραπροϊόντα των βασικών καλλιεργειών κάθε χώρας. Έτσι έγιναν πολλές μελέτες από πολλούς ερευνητές για την σύνθεση των υποστρωμάτων με την χρήση αυτών των υλικών.

Στις χώρες παραγωγής του καφέ, η χρήση πούλπας και φλοιών αυτού του υλικού σε υπόστρωμα για καλλιέργεια *Pleurotus* σύμφωνα με τις μελέτες που διεξήχθησαν, έδειξαν ότι αυτό το υπόστρωμα έχει πλεονεκτήματα έναντι εναλλακτικών υποστρωμάτων με απόβλητα και θα μπορούσε να χρησιμεύσει ως υποκατάστατο για το άχυρο σιταριού. Σε άλλες χώρες από άλλους ερευνητές έγιναν μελέτες για την χρήση διαφόρων υπολειμμάτων φυτικών καλλιεργειών όπως σπόρος βαμβακιού, φλούδες μανταρινιού και φύλλα δέντρων,

ζαχαροκάλαμο, κορμό και φύλλα μπανάνας, ποικιλία αποβλήτων αγρού, διάφορα ποώση φυτά, υπολείμματα αγριόχορτων ακόμα και ιλύς χειροποίητου χαρτιού και βιομηχανικών αποβλήτων χαρτονιού. Στην Νότια Αμερική κυρίως Βραζιλία, Περού και Κολομβία χρησιμοποιούν για καλλιέργεια μανιταριού υπόστρωμα που περιέχει *Eichhornia crassipes* (υδάτινο υάκινθο) προς αντικατάσταση του πριονιδιού όπως έδειξαν οι μελέτες, όπου και συμπέραναν ότι η χρήση αυτού του υλικού βοηθά στη μείωση του κόστους της διαχείρισης των αποβλήτων στο χοιροτροφείο, ενισχύοντας την ποιότητα του νερού με τη χρήση υδάτινων υάκινθων απαλλάσσοντας το από τους ρύπους και βοηθά στη διατήρηση των δασών με τη μείωση της τεράστιας ζήτησης για ξυλεία στην βιομηχανία των μανιταριών

Στις ελαιοπαραγωγικές χώρες που έχουν περιβαλλοντικό πρόβλημα με τα απόβλητα των ελαιοτριβείων προτείνεται η χρήση τους στην παραγωγή υποστρώματος προς παραγωγή μανιταριών. Βεβαίως σε μερικά από τα προαναφερόμενα συστατικά των υποστρωμάτων έχουν ως βάση το άχυρο του ρυζιού ή σιταριού.

Στο σύγχρονο εμπόριο παραγωγής μανιταριών στην Ελλάδα και στο εξωτερικό χρησιμοποιούν υποστρώματα από άχυρο σιταριού και ρυζιού όπου σε περίπτωση έλλειψης των συστατικών αυτών μπορούν να αντικαταστούν με διάφορα άλλα υλικά που αναφέρονται παραπάνω. Όπως έδειξε η βιβλιογραφική ανασκόπηση αυτή η αντικατάσταση είναι δυνατή χωρίς απώλειες παραγωγής μανιταριών και μεγάλο οικονομικό κόστος με θετικά αποτελέσματα στη μείωση ρύπανσης του περιβάλλοντος εφόσον πρόκυτε σε πολλές περιπτώσεις για υπολείμματα και απόβλητα.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γιατράς Π. (1996). Μελέτη της βιολογίας των εδώδιμων μανιταριών. Αθήνα.
- Διαμαντής Σ. (1992) Τα μανιτάρια της Ελλάδας. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΙΩΝ.
- Ζερβάκης Γ. (1992) Γενετική και ταξινομική ανάλυση μυκήτων του γένους *Pleurotus*. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Γεωργικής Βιολογίας & Βιοτεχνολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.
- Ζερβάκης Γ. (1998) Εισαγωγή στη μυκητολογία και στοιχεία καλλιέργειας εδώδιμων μανιταριών. Διδακτικές σημειώσεις. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Καλαμάτας.
- Ηλιόπουλος Α.Γ. (1993). Σημειώσεις φυτοπροστασίας 1. ΑΤΕΙ Καλαμάτας. Καλαμάτα.
- Ηλιόπουλος Α.Γ. (1996). Εργαστηριακές ασκήσεις γενικής φυτοπαθολογίας. Σημειώσεις ΑΤΕΙ Καλαμάτας. Καλαμάτα.
- Μπαλατσούρας Γ. Δ. (1997). Το Ελαιόδεντρο, Αθήνα.
- Μπλικά Παρασκευή Σ. (2009). Βιοτεχνολογικές μέθοδοι επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστημίου Πατρών, ΠΑΤΡΑ.
- Παντίδου Μ. (1979). Βασικές γνώσεις μυκητολογίας. Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ίδρυμα.
- Παπαδοπούλου Μ. (2009). Εργαστηριακές ασκήσεις γενικής φυτοπαθολογίας. Σημειώσεις ΑΤΕΙ Καλαμάτας. Καλαμάτα.
- Παπαδοπούλου Μ. (2012). Εργαστηριακές ασκήσεις γενικής φυτοπαθολογίας. Σημειώσεις ΑΤΕΙ Καλαμάτας. Καλαμάτα.
- Στεφανάκης Κ. (1995). Τα μανιτάρια. Αθήνα – Πειραιάς: Εκδόσεις Α. Σταμούλης.
- Φιλίππουσης Α. και Ζερβάκης Γ. (1998). Παραγωγή και κατανάλωση εδώδιμων μανιταριών στην Ελλάδα και διεθνώς, ανάλυση της υφισταμένης κατάστασης και των προοπτικών για την ανάπτυξη της καλλιέργειας. *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα*. 9, 60-72.
- Φραντζεσκάκης Ι. (1990). Μανιτάρια: Βιολογία και καλλιέργεια των βρώσιμων μανιταριών. Εκδόσεις Γαρταγάνης.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Akavia E., Wasser S.P. and Nevo, E. (2005). Prospective of the cultivation of new culinary medicinal mushrooms in Israel on Agro-industrial waste. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 7, pp. 371–372.

Alexopoulos C.J. and Mims C.W. (1979). *Introductory Mycology* (3rd Edition), New York, J. Wiley & Sons, Inc.

Anakalo K.G., Shitandi A.A., Mahungu M.S., Khare K.B. and Harish K.S. (2008). Nutritional composition of *Pleurotus sajor-caju* grown on water hyacinth, wheat straw and corncob substrates. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 4 (4). pp. 321–326.

Ander P, Eriksson KE. (1977). Selective degradation of wood components by white-rot fungi. *Physiol Plant* 41. pp. 239-248.

Ardon O., Kerem Z. and Hadar Y. (1996). Enhancement of laccase activity in liquid cultures of the ligninolytic fungus *Pleurotus ostreatus* by cotton stalk extract. *J Biotechnol* 51. pp. 201–207.

Badole S.L., Patel N.M., Thakurdesai P.A. and Bodhankar S.L. (June 2008). Interaction of Aqueous Extract of *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quel-Champ. with Glyburide in Alloxan Induced Diabetic Mice. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 5 (2). pp. 159–164.

Baggio C.H., Freitas C.S., Martins D.F., Mazzardo L., Smiderle F.R., Sasaki G.L., Iacomini M., Marques M.C.A. and Santos A.R.S. (October 2010). Antinociceptive Effects of (1→3),(1→6)-Linked β -Glucan Isolated From *Pleurotus pulmonarius* in Models of Acute and Neuropathic Pain in Mice: Evidence for a Role for Glutamatergic Receptors and Cytokine Pathways. *The Journal of Pain* 11 (10). pp. 965–971.

Baggio C.H., Freitas C.S., Marcon R., Werner M.F.P., Rae G.A., Smiderle F.R., Sasaki G.L., Iacomini, Marques M., Consuelo M., Santos A. and Adair R.S. (2011). "Antinociception of β -D-glucan from *Pleurotus pulmonarius* is possibly related to protein kinase C inhibition". *International Journal of Biological Macromolecules*.

- Baldrian P. and Gabriel J. (2003). Lignocellulose degradation by *Pleurotus ostreatus* in the presence of cadmium. *FEMS Microbiol Lett* 220. pp. 235–240.
- Banik S. and Nandi R., (2004). Effect of supplementation of rice straw with biogas residual slurry manure on the yield, protein and mineral contents of oyster mushroom. *Industrial Crops and Products* 20 (3). pp. 311–319.
- Bano Z., Rajarathnam S. and Nagaraja N. (1987). Some important studies on *Pleurotus* mushroom technology. In: Kaul, T.N., Kapur, B.M. (Eds.), Proceedings of the International conference on science and cultivation technology of edible fungi. *Regional Research Laboratory, Jammu Tawi, India*. pp. 53–64.
- Baysal E., Peker H., Yalinkili M.K. and Temiz, A. (2003). Cultivation of oyster mushroom on waste paper with some added supplementary materials. *Bioresource Technology* 89. pp. 95–97.
- Beltran-Garcia M.J., Estarron-Espinosa M. and Ogura T. (1997). Volatile compounds secreted oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) and the antibacterial activities. *J. Agric. Food Chem.* 45 (10). pp. 4049-4052.
- Bisaria R., Madan M. & Bisaria V. S. (1987). Biological efficiency and nutritive value of *Pleurotus sajor-caju* cultivated on different agro-wastes. *Biological wastes*, 19. pp. 239–255.
- Bollag J.M., Shuttlerworth K.L, Anderson D.H. (1988). Laccase-mediated detoxification of phenolic compounds. *Appl. Environ. Microbiol.* 54. pp. 3086-3091.
- Bonatti M., Karnopp P., Soares H.M. and Furlan, S.A. (2004). Evaluation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes. *Food Chemistry* 88. pp. 425–428.
- Bresanni R., (1979). Factores antifisiologicos de la pulpa de cafe. In: Braham, J.E., Bresanni, R. (eds.), *Pulpa de Cafe: Composicin, Tecnologia y Utilizacion*. International Development Research Centre, Ottawa, pp. 143–152.

Burla G., Garzillo A.M., Luna M., Ercoli Cardelli L. and Schiesser A. (1992). Effects of different growth conditions on enzyme production by *Pleurotus ostreatus* in submerged culture. *Bioresource Technology*, 42 (2), pp. 89-94.

Burton K. (1990). The quest of quality. *Mush.* 212. pp. 288-291.

Buswell J.A., Cai Y.J. and Chang S.T. (1993). Fungi and substrate associated factors affecting the ability of individual mushroom species to utilise different lignocellulose growth substrates. In: Chang ST, Buswell JA, Chiu SW. (editors). *Mushroom Biology and Mushroom Products*. Hong Kong: Chinese University Press. pp.141-150.

Chaloux N., Libmond S. and Savoie J.M. (1995). A practical enzymatic method to estimate wheat straw quality as a raw material for mushroom cultivation. *Biores. Technol.* 53. pp. 277-281.

Chang and W.A. Hayes (ed) *The biology and cultivation of edible mushrooms*. Academic Press, New York. pp.521-58

Chang K.J., Hazum E., and Cuatrecasas P. (1981). Novel opiate binding sites selective for benzomorphan drugs. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 78. pp. 4141-4145.

Chang S. and Miles P. (2004). *Pleurotus – A Mushroom of Broad Adaptability. Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact* (2nd edition). *CRC Press*. pp. 315-325.

Chang ST. and Quimio TH. (1982). *Tropical mushrooms, biological nature and cultivation methods*. Hong Kong: The Chinese University Press.

Chen X., Jiang Z., Chen Xi., Lei J., Weng B. and Huang Q. (2010). Use of biogas fluid-soaked water hyacinth for cultivation *Pleurotus geesteranus*. *Bioresource Technol* 101. pp. 2397-2400.

Cochran K. (1978). *Medical effects in biology and cultivation of edible mushrooms*. *Academic Press*, New York. pp. 169-187.

Cohen R., Persky L. and Hadar Y. (2002). Biotechnological applications and potential of wood-degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. *Applied Microbiology and Biotechnology* 58. pp. 582-594.

Council of Agriculture (2006). Agricultural Statistics Annual Report for 2006. Council of Agriculture, Executive Yuan, Taiwan.

Croan S.C. (2000). Conversion of wood waste value-added products by edible and medicinal *Pleurotus* (Fr.) P. Karst Species (agaricales S.I., Basidiomycetes). *Int. J. Med. Mush.* 2. pp. 773–780.

Danai O., Oleik I., Hadar Y., Chet I. and Levanon D. (1998). The role of light in the morphogenesis of *Pleurotus ostreatus*. *International Journal of Mushroom Science* 2. pp. 31–37.

Das N. and Mukherjee M. (2007). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on weed plants. *Bioresource Technology* 98. pp. 2723–2726.

Dias E.S., Koshikumo E.M. S., Schwan R. F. and Silva R. (2003). Cultivo do cogumelo *Pleurotus saja-caju* em diferentes resvduos agrvcolas. *Revista Cikncia Agroticnica Lavras*, 27(6). pp. 1363–1369.

Eger G., Eden G. and Wissig E. (1976). *Pleurotus ostreatus* -- breeding potential of a new cultivated mushroom. *Theoretical and Applied Genetics* 47. pp. 155–163.

Eichlerova I., Homolka L., Nerud F., Zadrazil F., Baldrian P. and Gabriel J. (2000). Screening of *Pleurotus ostreatus* isolates for their ligninolytic properties during cultivation on natural substrates. *Biodegradation*, 11. pp. 279-287.

Eichlerova-Volakova I. and Homolka L. (1997). Variability of ligninolytic enzyme activities in basidiospore isolates of the fungus *Pleurotus ostreatus* in comparison with that of protoplast-derived isolates. *Folia Microbiol* 42. pp. 583-588.

Eicker A. (1995). The South Africa experience in growing *Pleurotus* spp. In: Elliot (ed.) Science and cultivation of Edible Fungi. University of Pretoria, South Africa. pp.869-875.

Elisashvili V., Penninckx M., Kachlishvili E., Asatiani M. and Kvesitadze G. (2006). Use of *Pleurotus dryinus* for lignocellulolytic enzymes production in submerged fermentation of mandarin peels and tree leaves. *Enzyme Microb. Technol.* 38. pp. 998–1004.

Elisashvili V., Kachlishvili E. and Bakradze M. (2002a). Dependence of activities of polysaccharide hydrolases and oxidases from *Cerrena unicolor* on the source of carbon and aromatic compounds in culture medium. *Appl Biochem Microbiol* 38. pp.210–213.

Elisashvili V., Kachlishvili E., Tsiklauri N. and Bakradze M. (2002b). Physiological regulation of edible and medicinal higher basidiomycetes lignocellulolytic enzymes activity. *Int J Med Mushr* 4. pp.159–166.

Elisashvili V., Parlar H., Kachlishvili E., Chichua D., Bakradze M., Kohreidze N. (2001). Ligninolytic activity of basidiomycetes grown under submerged and solid-state fermentation on plant raw material (sawdust of grapevine cuttings). *Adv Food Sci* 23. pp.117–123.

Elisashvili V.I., Glonti N.M., Kachlishvili E.T., Kiknadze M.O. and Tusishvili Kh.A. (1992). Screening of higher basidiomycetes—protein and enzyme producers. *Appl Biochem Microbiol* 28. pp. 362-366.

Estrada A.E.R. & Royse D.J. (February 2008). *Pleurotus eryngii* and *P. nebrodensis*: from the wild to commercial production. *Mushroom News*.

Fianu F.K., Assoku R.K. and Anumel P. (1981). Poisonous weeds in pastures: experimental studies in animals with *Tephrosia purpurea* (L) Pers. *Bull. Anim. Health. Prod. Str.* 29. pp. 341–348.

Fiestas Ros de Ursinos J.A. and Borja-Padilla R. (1992). Use and treatment of olive mill wastewater: current situation and prospects in Spain, *Grasas y Aceites* (in Spanish), 43 (2), pp. 101–106.

Finley J. W. (2006). Bioavailability of selenium from foods. *Nutrition Reviews*, 64(3). pp.146–151.

Finley J. W., Sigrid-Keck A., Robbins R. J. and Hintze K. J. (2005). Selenium enrichment of broccoli: Interactions between selenium and secondary plant compounds. *Journal of Nutrition*, 135. pp. 1236–1238.

Fu S.Y., Yu H.S. and Buswell J.A. (1997). Effect of nutrient nitrogen and manganese on manganese peroxidase and laccase production by *Pleurotus sajor-caju*. *FEMS Microbiol Lett* 147. pp. 133–137.

- Galhaup C., Wagner H., Hinterstoisser B. and Haltrich D. (2002). Increased production of laccase by the wood-degrading basidiomycete *Trametes pubescens*. *Enzyme Microb Technol* 30. pp.529–536.
- Gaso M. I., Segovia N., Morton O., Servantes M. L., Godinez L., Pena P. (2000). Cs and relationship with major and trace elements in edible mushrooms from Mexico. *The Science of Total Environment*, 262. pp. 73–89.
- Ghosh N. and Chakravarty DK. (1990). Predictive analysis of the protein quality of *Pleurotus citrinopileatus*. *Food Science Technology*, (27), pp. 236–8.
- Ginterova A., Janotkova O. and Findova B. (1981). Effect of cultivation conditions on cellulase activity of higher fungi. *Folia Microbiol* 26. pp. 133-136.
- Gonzales P. and Labarere J. (2000). Phylogenetic relationships of *Pleurotus* species according to the sequence and secondary structure of the mitochondrial small-subunit rRNA V4, V6 and V9 domains. *Microbiology* 146 (1). pp. 209–221.
- Goswami V., Sharma S. and Sehgal S.P. (1987). Possibilities of cultivation of *Pleurotus sajor caju* (Fr.) Singer on agricultural waste in Rajasthan. In: Kaul T.N., Kapur B.M. (Eds.), Proceedings of the International conference on science and cultivation technology of edible fungi. *Regional Research Laboratory, Jammu Tawi, India*. pp. 75–77.
- Hamdi M. and Ellouz R. (1992). Bubble column fermentation of olive mill wastewater by *Aspergillus niger*. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 54 (4). pp. 331-335.
- Hamdi M. and Ellouz R. (1992). Use of *Aspergillus niger* to improve filtration of olive mill wastewaters. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 53 (2), pp. 195–200.
- Hanlon C.G. and Langeland K., 2000. Comparison of experimental strategies to control torpedograss. *Journal of Aquatic Plant Management* 38. pp. 40–47.
- Hartikainen H. (2005). Biogeochemistry of selenium and its impact on food chain quality and human health. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18. pp. 309–318.

Hawksworth D.L., Kirk P.M., Sutton B.C. and Pegler D.N. (1995). Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi (8th Edition). *International Mycological Institute (CAB International)*, U.K. Cambridge University Press.

Hilber O. (1982). Die Gattung *Pleurotus*. Edited by Cramer J. *Bibliotheca Mycologica* 87.

Holtz M., Martini G.B., Furlan S.A. and Wisbeck E. (2009). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* using waste cotton textile industry. *Journal of Environmental Science*, Canoas 3. pp. 37–51.

Houdeau G, Olivier JM, Libmond S and Bawadikji H. (1991). Improvement of *Pleurotus* cultivation. In: Maher MJ. editor. *Science and cultivation of edible fungi, Conference*, Dublin. pp. 549–554.

Houdeau G., Olivier J.M., Libmond S. and Bawadikji H. (1991). Improvement of *Pleurotus* cultivation. In: Mather (ed.) *Science and cultivation of Edible Fungi* 13. INRA France. pp. 549-554.

Hublik G. and Schinner F. (2000). Characterization and immobilization of the laccase from *Pleurotus ostreatus* and its use for the continuous elimination of phenolic pollutants. *Enzyme Microb Technol* 27. pp. 330-336.

Ilbay M.E. and Agaoglu S. (1996). The effect of different growing substrates on yield and quality for the growth of *Lentinus edodes* (Shiitake). *Fifth National Congress of Edible Mushrooms*, November 5–7, Turkey. pp. 188.

Jaouani A., Guillen F., Penninckx M.J., Martinez A.T. and Martinez M.J. (2005). Role of *Pycnoporus coccineus* laccase in the degradation of aromatic compounds in olive oil mill wastewater. *Enzyme Microb Technol* 36. pp. 478–86.

Jennings D.H. and Lysek G. (1999). *Fungal Biology: Understanding the Fungal Lifestyle*. Bios Scientific Publishers, New York.

Jose N., Ajith T.A. and Janardhanan K.K. (2002). Antioxidant, Anti-inflammatory, and Antitumor Activities of Culinary-Medicinal Mushroom *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quel. (Agaricomycetidae). *International Journal of Medicinal Mushrooms* 4. pp. 329–335.

- Kalberer P. (1995). Factors influencing the dry matter content of the fruit bodies of *Agaricus bisporus*. In T.Elliot (ed): Science and cultivation of edible Fungi, A. Balkema, Rotterdam. Vol. 14. pp. 223-232.
- Kalmis E. and Sargin S. (2004). Cultivation of two *Pleurotus* species on wheat straw substrates containing olive mill waste water. *International Biodeterioration and Biodegradation* 53. pp. 43-47.
- Kapich A.N., Prior B.A., Botha A., Galkin S., Lundell T. and Hatakka A. (2004). Effect of lignocellulose-containing substrate on production of ligninolytic peroxidases in submerged cultures of *Phanerochaete chrysosporium* ME- 446. *Enzyme Microb Technol* 34. pp.187–195.
- Karel B.B. (1959). Botanical Pamphlets. (English edition). German.
- Karem Z. and Hadar Y. (1995). Effect of manganese on preferential degradation of lignin by *Pleurotus ostreatus* during solid-state fermentation. *Appl Environ Microbiol* 61. pp. 3057-3062.
- Kerem Z., Friesem D. and Hadar Y. (1992). Lignocellulose degradation during solid-state fermentation: *Pleurotus ostreatus* versus *Phanerochaete chrysosporium*, *Applied and Environmental Microbiology*, 58, pp. 1121-1127.
- Klibansky M.M., Mansur M., Gutierrez I. and Gonzalez L. (1993). Production of *Pleurotus ostreatus* mushrooms on sugar cane agrowastes. *Acta Biotechnology* 13. pp. 71–78.
- Knapp J.S., Howell J.A. (1980). Solid substrate fermentation. In: Topics in enzyme and *Fermentation Biotechnology*, vol. 4. Ellis Horwood Ltd., Chichester, England. pp. 85–143.
- Krishna C. and Chandrasekharan M. (1996). Banana waste as substrate for alpha amylase production by *Bacillus subtilis* (CBTK 106) under solid state fermentation. *Appl Microbiol Biotechnol* 46. pp. 106-111.
- Kuforiji O.O. and Fasidi I.O. (2009). Biodegradation of agro-industrial wastes by an edible mushroom *Pleurotus tuber-regim* (Fr.). *Journal of Environmental Biology* 30. pp. 659–661.

- Kulshreshtha S., Mathur N., Bhatnagar P. and Kulshreshtha Sh. (2013). Cultivation of *Pleurotus citrinopileatus* on handmade paper and cardboard industrial wastes. *Industrial Crops and Products* 41. pp. 340-346.
- Kulshreshtha S., Mathur N., Bhatnagar P. and Jain B.L. (2010b). Bioremediation of industrial wastes through mushroom cultivation. *Journal of Environmental Biology* 31. pp. 441-444.
- Kumar S., Ma B., Tsai C.J. and Nussinov R. (2000). *Proteins*, 38. pp. 368-383.
- Kummer P. (1871). *Der Führer in die Pilzkunde* (Mushroom-hunter's guide). pp. 146.
- Labuschange P.M., Eicker A., Aveling T.A.S., de Meillon, S. and Smith M.F. (2000). Influence of wheat cultivars on straw quality and *Pleurotus ostreatus* cultivation. *Biores. Technol.* 71. pp. 71-75.
- Lamar R.J. (1992). The role of fungal lignin degrading enzymes in xenobiotics degradation. *Curr Opin Biotechnol* 3. pp. 261-266.
- Laplante S. and Chahal D.S. (1993). *Abstr. Gen. Meet. Am. Soc. Microbiol.* pp. 327.
- Lavi I., Levinson D., Peri I., Tekoah Y., Hadar Y. and Schwartz B. (February 2010). Chemical characterization, antiproliferative and antiadhesive properties of polysaccharides extracted from *Pleurotus pulmonarius* mycelium and fruiting bodies. *Applied Microbiology and Biotechnology* 85 (6). pp.1977-1990.
- Leatham G.F. (1985). Extracellular enzymes produced by the cultivated mushroom *Lentinus edodes* during degradation of a lignocellulosic medium. *J Appl Environ Biol* 50. pp. 859-867.
- Leatham G.F. and Stahmann M.A. (1981). Studies on the laccase of *Lentius edodes*: localization and association with the development of fruiting bodies. *J Gen Microbiol* 125. pp. 147-157.
- Lee I.Y., Jung K.H., Lee C.H. and Park Y.H. (1999). Enhanced production of laccase in *Trametes vesicolor* by the addition of ethanol. *Biotechnol Lett* 21. pp. 965-968.

- Leonard T.J. and Phillips L.E. (1973). Study of phenoloxidase activity during the reproductive cycle in *Schizophyllum commune*. *J Bacteriol* 114. pp.7.
- Lewinsohn D., Wasser S.P., Reshetnikov S.V., Hadar Y. and Nevo E. (2002). The *Pleurotus eryngii* species-complex in Israel: Distribution and morphological description of a New Taxon. *Mycotaxon* 81. pp.51–67.
- Liang Z.C., Wu C.Y., Shieh Z.L. and Cheng S.L. (2009). Utilization of grass plants for cultivation of *Pleurotus citropileatus*. *International Biodeterioration and Biodegradation* 63. pp. 509-514.
- Lomascolo A., Record E., Herpoel-Gimbert I., Delattre M., Robert J.L. and Georis J. (2003). Overproduction of laccase by a monokaryotic strain of *Pycnoporus cinnabarinus* using ethanol as inducer. *J Appl Microbiol* 94. pp. 618–624.
- Mackenzie P.I., Hjelmeland L.M. and Owens I.S. (1984). Purification and immunochemical characterization of a low-pI form of UDP glucuronosyltransferase from mouse liver. *Arch Biochem Biophys* 231. pp. 487–497.
- Madan M., Vasudevan P. and Sharma S. (1987). Cultivation of *Pleurotus sajor-caju* on different wastes. *Biological Wastes* 22. pp. 241–250.
- Mandeel Q.A., Al-Laith A.A., Mohamed S.A. (2005). Cultivation of oyster mushrooms (*Pleurotus spp.*) on various lignocellulosic wastes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 21. pp. 601–607.
- Mane V.P., Patil S.S., Syed A.A. and Baig M.M.V. (2007). Bioconversion of low quality lignocellulosic agricultural waste into edible protein by *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. *Journal of Zhejiang University Science B* 8 (10). pp. 745–751.
- Martinez A.T., Camarero S., Guillen F., Guitierrez A., Munoz C. and Varela E. (2002). Progress in biopulping of non-woody materials-chemical, enzymatic and ultrastructural aspects of wheat straw delignification with ligninolytic fungi from the genus *Pleurotus*. *FEMS Microbiological Reviews* 13. pp. 265–274.
- Martinez A.T., Camarero S., Guillen F., Gutierrez A., Munoz C., Varela E., Martinez M.J., Barrasa J.M., Ruel K. and Pelayo J.M. (1994). Progress in biopulping of non-woody

materials-chemical, enzymatic and ultrastructural aspects of wheat straw delignification with ligninolytic fungi from the genus *Pleurotus*. *FEMS Microbiological Reviews* 13. pp. 265–274.

Martínez-Carrera D. (1989). Simple technology to cultivate *Pleurotus* on coffee pulp. *Mush. J. Tropics* 7. pp. 13–23.

Martinez-Carrera D., Guzman G. and Soto C. (1985). The effect of fermentation of coffee pulp in the cultivation of *Pleurotus ostreatus* in Mexico. *Mush. Newsletter Tropics* 6. pp. 21–28.

Martinez-Carrera D., Morales P., Martinez W., Sobal M. and Aguilar A. (1996). Large scale drying of coffee pulp for rural development in tropical America. *Mush. Sci.* 13. pp. 805–811.

Mathew A.V., Mathai G. and Suharban, M. (1996). Performance evaluation of five species of *Pleurotus* in Kerala. *Mushroom Research*, 5. pp. 9–12.

Mazutti M., Bender J.P., Treichel H. and Di Luccio M. (2006). Optimization of inulinase production by solid-state fermentation using sugar cane bagasse as substrate. *Enzyme and Microbial Technology* 39. pp. 56–59.

Membrillo I., Sanchez C., Meneses M., Favela E. and Loera O. (2011). Particle geometry affects differentially substrate composition and enzyme profiles by *Pleurotus ostreatus* growing on sugar cane bagasse. *Bioresource Technology* 102. pp. 1581–1586.

Membrillo I., Sanchez C., Meneses M., Favela E. and Loera O. (2008). Effect of substrate particle size and additional nitrogen source on production of lignocellulolytic enzymes by *Pleurotus ostreatus* strains. *Bioresource Technology* 99. pp. 7842–7847.

Mikiashvili N., Wasser S.P., Nevo E. and Elisashvili V. (2004). Lignocellulolytic enzyme activities of medicinally important basidiomycetes from different ecological niches. *Int J Med Mushr* 6. pp. 63–71.

Mitchell D.A., Von Meien O.F., Krieger N. and Dalsenter F.D.H. (2004). A review of recent developments in modeling of microbial growth kinetics and intraparticle phenomena in solid-state fermentation. *Biochemical Engineering Journal* 17. pp. 15–26.

- Moda E.M., Horii J. and Spoto M.H.F. (2005). Edible mushroom *Pleurotus sajor-caju* production on washed and supplemented sugarcane bagasse. *Sci. Agricola.*, 62. pp. 127-132.
- Moore R.T. and Marchant R. (1972). Ultrastructural characterization of the basidiomycete septum of *Polyporus biennis*. *Can. J. Bot.*, 50, pp. 2463-2469.
- Moore-Landecker E. (1996). *Fundamentals of the fungi* (4th Edition), *Prentice – Hall, Inc.*
- Mukherjee R., Nandi B. (2004). Improvement of in vitro digestibility through biological treatment of water hyacinth biomass by two *Pleurotus* species. *International Biodeterioration & Biodegradation* 53. pp. 7–12.
- Munoz A.H.S., Kubachka K., Wrobel K., Corona J.F.G., Yathavakilla S.K.V. and Caruso, J.A. (2006). Se-Enriched mycelia of *Pleurotus ostreatus*: Distribution of selenium in cell walls and cell membranes/citosol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54. pp. 3440–3444.
- Munoz C., Guillen F., Martinez A.T. and Martinez M.J. (1997). Induction and characterization of laccase in the ligninolytic fungus *Pleurotus eryngii*. *CurrMicrobiol* 34. pp. 1–5.
- Murugesan A.G., Vijayalakshmi G.S., Sukumaran N. and Mariappan C. (1995). Utilization of water hyacinth for oyster mushroom cultivation. *Bioresource Technology* 51. pp. 97–98.
- Nageswaran M., Gopalakrishnan A., Ganesan M., Vedhamurthy A. and Selvaganapathy E. (2003). Evaluation of water hyacinth and paddy straw waste for culture of oyster mushrooms. *Journal of Aquatic Plant Management* 41. pp. 122–123.
- Nandakumar M.P., THakur M.S., Raghavarao K.S.M.S. and Ghildyal N.P. (1994). Mechanism of solid particle degradation by *Aspergillus niger* in solid substrate fermentation. *Process Biochemistry* 29. pp. 545–551.
- Nozaki H., Itonori S., Sugita M., Nakamura K., Ohba K., Suzuki A. and Kushi Y. (Aug 2008). Mushroom acidic glycosphingolipid induction of cytokine secretion from murine T cells and proliferation of NK1.1 alpha/beta TCR-double positive cells in vitro, *Biochem Biophys Res Commun.* 373 (3). pp. 435–439.

- Obodai M., Cleland-Okine J. and Vowotor K.A. (2003). Comparative study on the growth and yield of *Pleurotus ostreatus* mushroom on different lignocellulosic byproducts. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 30. pp. 146–149.
- Ohga S. and Royse D.J. (2004). Cultivation of *Pleurotus eryngii* on umbrella plant (*Cyperus alternifolius*) substrate. *Journal of Wood Science* 50. pp. 466–469.
- Ohira I. (1990). A revision of the taxonomic status of *Pleurotus citrinopileatus*. *Reports of the Tottori Mycological Institute* 28. pp. 143–150.
- Osemwegie O.O., Isikhuemhen O.S., Onyolu O.J. and Okhuoya J.A. (2002). Cultivation of a selected sporophore-only-producing strain of the edible and medicinal mushroom, *Pleurotus tuberregium* (Fr.) Singer (Agaricomycetideae) on waste paper and plantain peelings. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 4. pp. 343–348.
- Pallares J., Rodriguez S. and Sanroman A. (1996). Citric acid production in submerged and solid state cultura of *Aspergillus niger*. *Bioprocess Engineering* 15. pp. 31–33.
- Palmieri *et al.*, 2000;
- Pandey A. (2003). Solid-state fermentation. *Biotechnology Engineering Journal* 13. pp. 81–84.
- Pandey A., Selvakumar P., Soccol C.R. and Nigam P. (1999). Solid-state fermentation for production of industrial enzymes. *Curr Sci* 77. pp. 149-162.
- Pandey A., Soccol C.R., Nigam P., Brand D., Mohan R. and Roussos S. (2000). Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk bioprocesses. *Biochem. Eng. J.* 6. pp. 153–162.
- Pant D., Reddy U.G. and Adholeya A. (2006). Cultivation of oyster mushrooms on wheat straw and bagasse substrate amended with distillery effluent. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 22. pp. 267–275.
- Pant S.K., Bhatt J.C. Harsh N.S.K. (1987). A suitable Substrate for cultivation of *Pleurotus ostreatus*. In: Kaul, T.N., Kapur, B.M. (Eds.), Proceedings of the International conference

on science and cultivation technology of edible fungi. Regional Research Laboratory, Jammu Tawi, India, pp. 70–71.

Parmasto E. (July 1987). *Pleurotus citrinopileatus*, one of the favourites. *Mycologist* 1 (3). pp. 106–107.

Peterson R.H., Hughes K.W. and Psurtseva N. (2001). Biological Species in *Pleurotus*. The University of Tennessee-Knoxville.

Philippoussis A., Zervakis G. and Diamantopoulou P. (2001). Bioconversion of agricultural lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms *Agrocybe aegerita*, *Volvariella volvacea* and *Pleurotus spp.* *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 17. pp. 191–200.

Philippoussis A., Zervakis G. and Diamantopoulou P. (2001). Bioconversion of agricultural lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms *Agrocybe aegerita*, *Volvariella volvacea* and *Pleurotus spp.* *World J. Microbiol. Biotechnol.* 17. pp. 191–200.

Phillips L.E. and Leonard T.J. (1976). Extracellular and intracellular phenoloxidase activity during growth and development in *Schizophyllum*. *Micologia* 68. pp. 268-278.

Phillips R. (2006). Mushrooms. Publisher McMillan, pp. 266.

Pointing S.B. (2001). Feasibility of bioremediation by white-rot fungi. *Appl Microbiol Biotechnol* 57. pp. 20-23.

Quelet L. (1872). Les champignons du Jura et des Vorges. In Memoires de la Societe d' Emulation de Montbeliard Serie 2 5.

Quelet L. (1886). Flore mycologique de la France et des pays limitrophes (*Mycological flora of France and neighbouring countries*). Paris.

Ragunathan R. and Swaminathan K. (2003). Nutritional status of *Pleurotus spp.* Grown on various agro-wastes. *Food Chemistry* 80. pp. 371–375.

Ragunathan R., Gurusamy R., Palaniswamy M. and Swaminathan K. (1996). Cultivation of *Pleurotus spp.* on various agro-residues. *Food Chemistry*, 55. pp. 139–144.

Rai R.D. and Saxena S. (1990). Extracellular enzymes and non structural compounds during growth of *Pleurotus sajor-caju* on rice straw. *Mushrooms J. Trop.*, 10. pp. 69-73.

Rajarathnam S. and Zakia Bano (1987). *Pleurotus* mushrooms. Part IA. Morphology, life cycle, taxonomy, breeding and cultivation. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 26(2). pp.157–223.

Rajarathnam S. and Zakia Bano (1989). *Pleurotus* mushrooms. Part III. Biotransformation of natural lignocellulosic wastes: Commercial applications. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28(1). pp. 31–113.

Rajarathnam S., Shashirekha M. N. and Rashmi (2003). Biochemical changes associated with mushroom browning in *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach and *Pleurotus florida* (Block and Tsao): Commercial implications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83. pp. 1531–1537.

Rajarathnam S., Shashirekha M.N. and Zakia Bano (1998). Biodegradative and biosynthetic capacities of mushrooms: present and future strategies. *Critical Reviews in Biotechnology*, 18(2 & 3). pp. 91–236.

Rajarathnam S., Shashirekha M.N., Bano Z. (2001a). Biodegradation of gossypol by the white oyster mushroom, *Pleurotus florida*, during culturing on rice straw growth substrate supplemented with cottonseed powder. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 17. pp. 221–227.

Rajarathnam S., Zakia Bano and Patwardhan M.V. (1986). Nutrition of the mushroom *Pleurotus flabellatus* during its growth on paddy straw substrate. *Journal of Horticultural Science*, 61(2). pp. 223–232.

Ramos-Cormenzana A., Juarez-Jimenez B. and Garcia-Pareja M.P. (1996). Antimicrobial activity of olive mill waste waters (Alpechin) and biotransformed olive oil mill wastewater. *International Biodeterioration & Biodegradation* 38. pp. 283–290.

Ramos-Cormenzana A., Monteoliva-Sanchez M. and Lopez M.J. (1995). Bioremediation of alpechin. *International Biodeterioration & Biodegradation* 35. pp. 249–268.

- Reddy G.V., Babu P.R., Komaraiah P., Roy K.R.R.M. and Kothari I.L. (2003). Utilization of banana waste for the production of lignolytic and cellulolytic enzymes by solid substrate fermentation using two *Pleurotus* species (*P. ostreatus* and *P. sajor-caju*). *Process Biochemistry*, 38. pp. 1457–1462.
- Reddy G.V. (1980). Bioconversion of banana waste into protein by two *Pleurotus* species (*P. ostreatus* and *P. sajor-caju*). Ph.D. Thesis, Biotechnological approach, India; Sardar Patel University.
- Robinson T., Chandran B. and Nigam P. (2001). Studies on the production of enzymes by white-rot fungi for the decolourisation of textile dyes. *Enzyme Microb Technol* 29. pp. 575-579.
- Rodríguez C.S., and Sanromán M.A. (2005). Application of solid-state fermentation to ligninolytic enzyme production. *Biochemical Engineering Journal* 22. pp. 211–219.
- Rosales E., Couto R. and Sanroman A. (2002). New uses of food waste: application to laccase production by *Trametes hirsuta*. *Biotechnol Lett* 24. pp. 701-704.
- Rosales E., Couto S.R. and Sanroman M.A. (2005). Reutilisation of food processing wastes for production of relevant metabolites: application to laccase production by *Trametes hirsute*. *J Food Eng* 66. pp. 419–423.
- Ross I.K. (1982). The role of laccase in carpophore initiation in *Coprinus congregatus*. *J Gen Microbiol*. pp. 2763-2770.
- Roukas T. (1994). Solid-state fermentation of carob pods for ethanol production. *Applied Microbiology Technology* 41. pp. 296–301.
- Royse D.J. (2002). Influence of spawn rate and commercial delayed release nutrient levels on *Pleurotus cornucopiae* (oyster mushroom) yield, size and time to production. *Appl. Microbiol. Biotechnol*. 58. pp. 527–531.
- Royse D.J. and Sanchez-Vazquez J.E. (2001). Influence of substrate wood-chip particle size on shiitake (*Lentinula edodes*) yield. *Bioresource Technology* 76. pp. 229–233.

Salmones D., Mata G. and Waliszewski K.N. (2005). Comparative culturing of *Pleurotus spp.* on coffee pulp and wheat straw: biomass production and substrate biodegradation. *Biores. Technol.* 96. pp. 537-544.

Sanchez C. (2004). Modern aspects of mushroom culture technology. *Applied Microbiology and Biotechnology* 64. pp. 756–762.

Scotti C.T., Vergoignan C., Feron G. and Durand A. (2001). Glucosamine measurements as indirect method for biomass estimation of *Cunninghamella elegans* grown in solid state cultivation conditions. *Biochemical Engineering Journal* 7. pp. 1–5.

Shah Z.A., Ashraf M. and Ishtiaq C.M. (2004). Comparative study on cultivation and yield performance of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates (wheat straw, leaves, saw dust). *Pakistan Journal of Nutrition* 3 (3). pp. 158–160.

Shashirekha M.N., Rajarathnam S. and Bano Z. (2005). Effects of supplementing rice straw growth substrate with cotton seeds on the analytical characteristics of the mushroom *Pleurotus florida* (Block & Tsao). *Food Chemistry*, 92, 255–259.

Shashirekha M.N., Rajarathnam S. and Zakia Bano (2001). Chemical and biochemical changes in the rice straw substrate related to the morphogenesis, cropping pattern and yield of *Pleurotus florida* (Block & Tsao). *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 76(3). pp. 332–337.

Shashirekha M.N., Rajarathnam S. and Zakia Bano (2002). Enhancement of bioconversion efficiency and chemistry of the mushroom, *Pleurotus sajor-caju* (Berk and Br.) Sacc. Produced on spent rice straw substrate, supplemented with oil seed cakes. *Food Chemistry*, 76. pp. 27–31.

Shu Hui Hu, Zeng Chin Liang, Yi Chen Chia, Juang Lin Lien, Ker Shaw Chen, Min Yen Lee, and Jinn Chyi Wang (2006). Antihyperlipidemic and Antioxidant Effects of Extracts from *Pleurotus citrinopileatus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54 (6). pp. 2103–2110.

Shu-Hui Hu, Jinn-Chyi Wang, Juang-Lin Lien, Ean-Tun Liaw and Min-Yen Lee (March 2006). Antihyperglycemic effect of polysaccharide from fermented broth of *Pleurotus citrinopileatus*. *Applied Microbiology and Biotechnology* 70 (1). pp. 107–113.

Sieja K. and Talerczyk M. (2004). Re: Selenium as element in the treatment of ovarian cancer in women receiving chemotherapy. *Gynecology and Oncology*, 96. pp.559–561.

Silva M.C.S., Naozuka J., Luz J.M.R., Assuncao L.S., Oliviera P.V., Vanetti M.C.D., Bazzolli D.M.S. and Kasuya M.C.M. (2012). Enrichment of *Pleurotus ostreatus* mushrooms with selenium in coffee husks. *Food Chemistry* 131. pp. 558-563.

Silva M.C.S., Naozuka J., Oliveira P.V., Vanetti, M.C., Bazzolli D.M.S. and Costa N.M.B. (2010). In vivo bioavailability of selenium in enriched *Pleurotus ostreatus* mushrooms. *Metabolomics*, 2. pp.162–166.

Singer R. (1943). Das System der Agaricales. III. *Annals of Mycology* 41. pp. 1–189

Singer R. (1986). *The Agaricales in Modern Taxonomy* (4th ed.). Koenigstein Königstein im Taunus, Germany: Koeltz Scientific Books

Singh R.P. and Tandon I.N. (1987). Screening of suitable substrate for production of *Pleurotus Xabellatus* (Brek & Br) SAAC. In: Kaul T.N., Kapur B.M. (Eds.), Proceedings of the International conference on science and cultivation technology of edible fungi. *Regional Research Laboratory, Jammu Tawi, India*, pp. 90–92.

Sivrikaya H., Bacak L., Saraçbası A., Toroglu I. and Eroglu H. (2002). Trace elements in *Pleurotus sajor-caju* cultivated on chemithermomechanical pulp for bio-bleaching. *Food Chemistry*, 79. pp. 173–176.

Smail T., Salhi O. and Knapp J.S. (1995). Solid-state fermentation of carob pods by *Aspergillus niger* for protein production: effect of particle size. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 11. pp. 171–173.

Smiderle F.R., Olsen L.M., Carbonero E.R., Baggio C.H., Freitas C.S., Marcon R., Santos A.R.S. and Gorin P.A.J. (November 12, 2008). Anti-inflammatory and analgesic properties in a rodent model of a (1→3),(1→6)-linked β -glucan isolated from *Pleurotus pulmonarius*. *European Journal of Pharmacology* 597 (1–3). pp. 86–91.

Soto-Cruz O., Saucedo-Castaneda G., Pablos-Hach J.L., Gutierrez-Rojas M. and Favela-Torres E. (1999). Effect of substrate composition on the mycelial growth of *Pleurotus ostreatus*. An analysis by mixture and response surface methodologies. *Process Biochemistry*, 35, pp. 127–133

Stamets P. (1993). Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms. *Ten Speed Press*.

Stamets P. (2000). Chapter 21: Growth Parameters for Gourmet and Medicinal Mushroom Species. *Growing gourmet and medicinal mushrooms = [Shokuyo oyobi yakuyo kinoko no sabai]* (3rd ed.). Berkeley, California, USA: Ten Speed Press. pp. 308–315.

Stamets P. and Chilton J.S. (1983). The Mushroom Cultivator: A Practical Guide to Growing Mushrooms at Home. *Agarikon Press*, Olympia, Washington, pp. 189–193.

Stolzer S. and Grabbe K. (1991). Mechanisms in substrate selectivity in the cultivation of edible fungi. In: Maher MJ. editor. *Science and cultivation of edible fungi, Conference, Dublin*. pp. 141–146.

Syed A.A., Kadam J.A., Mane V.P., Patil S.S. and Baig M.M.V. (2009). Biological efficiency and nutritional contents of *Pleurotus florida* (Mont.) Singer cultivated on different agro-wastes. *Nature and Science* 7 (1). pp. 44–48.

Taylor J.W., Spatafora J., O'Donnell K., Lutzoni F., James T., Hibbert D.S., Geiser D., Bruns T.D. and Blackwell M. (2004). The fungi. *International Journal of Forecasting*. pp. 171-194.

Thomas G.V., Prabhu S.R., Reeny M.Z. and Bopaiah B.M. (1998). Evaluation of lignocellulosic biomass from coconut palm as substrate for cultivation of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 14. pp. 879–882.

Thorn R.G., Moncalvo J.M., Reddy, C.A. and Vilgalys R. (Mar-Apr 2000). Phylogenetic Analyses and the Distribution of Nematophagy Support a Monophyletic Pleurotaceae within the Polyphyletic Pleurotoid-Lentinoid Fungi. *Mycologia* 92 (2). pp. 241–252.

Trudell S. & Ammirati J. (2009). Mushrooms of the Pacific Northwest. *Timber Press Field Guides*. Portland, Oregon: Timber Press. pp. 134.

Tsagaraki E., Lazarides, H.N. and Petrotos K.B. (2006). Olive Mill Wastewater Treatment. In: Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry, *Springer US edition*. pp. 133-157.

Tsiklauri N.D., Khardziani T.Sh., Kachlishvili E.T. and Elisashvili V.I. (1999). Cellulase and xylanase activities of higher basidiomycetes during bioconversion of plant raw materials depending on the carbon source in the nutrient medium. *Appl Biochem Microbiol*. pp.35:291–5.

Velazquez-Cedeno M.A., Mata G. and Savoie J.-M. (2002). Waste-reducing cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius* on coffee pulp: changes in the production of some lignocellulolytic enzymes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 18. pp. 201–207.

Venturella G. (2006). *Pleurotus nebrodensis*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. Downloaded on 15 March 2011.

Venturella G., Zervakis G. & La R. (2000). *Pleurotus eryngii* var. *elaeoselini* var. nov. from Sicily. *Mycotaxon* 76. pp. 419–427.

Venturella G., Zervakis G. & Saitta A. (2002). *Pleurotus eryngii* var. *thapsiae* var. nov. from Sicily. *Mycotaxon* 81. pp. 69–74.

Vilgalys P. and Sun B.L. (May 1994). Ancient and recent patterns of geographic speciation in the oyster mushroom *Pleurotus* revealed by phylogenetic analysis of ribosomal DNA sequences. *PNAS* 91 (10). pp. 4599–4603.

Vilgalys R., Moncalvo J.M. Liou S.R. and Volovsek M. (1996). Recent advances in molecular systematics of the genus *Pleurotus*. In Royse D.J. (PDF). *Mushroom biology and mushroom products: proceedings of the 2nd International Conference, June 9–12, 1996*. University Park, PA (USA): Pennsylvania State University: World Society for Mushroom Biology and Mushroom Products. pp. 91–101.

Vilgalys R., Smith A. and Sun B.L. (1993). Intersterility groups in the *Pleurotus ostreatus* complex from the continental United States and adjacent Canada. *Canadian Journal of Botany* 71 (1). pp. 113–128

- Viniegra-Gonzalez G., Favela-Torres E., Aguilar C.N., Romero-Gómez S., Dvaz-Godvnez G. and Augur C. (2003). Advantages of fungal enzyme production in solid state over liquid fermentation systems. *Biotechnology Engineering Journal* 13. pp. 157–167.
- Wang D., Sakoda A. and Suzuki, M. (2001). Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain. *Bioresource Technology*, 78. pp. 293–300.
- Wasonga C.G.O., Okoth S.A., Mukuria J.C. and Omwandho C.O.A. (2008). Mushroom polysaccharide extracts delay progression of carcinogenesis in mice (PDF). *Journal of Experimental Therapeutics and Oncology* 7 (2). pp. 147–152.
- Wood D.A. (1980). Inactivation of extracellular laccase during fruiting of *Agaricus bisporus*. *J Gen Microbiol* 117. pp.339-345.
- Wood D.A. (1984). Microbial process in mushroom cultivation: a largescale solid substrate fermentation. *J Chem Technol Biotechnol* 34. pp. 232-240.
- Yatsuzuka R., Nakano Y., Jiang S., Ueda Y., Kishi Y., Suzuki Y., Yokota E., Rahman A., Ono R., Kohno I. and Kamei C. (2007). Effect of Usuhiratake (*Pleurotus pulmonarius*) on Sneezing and Nasal Rubbing in BALB/c Mice (PDF). *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 30 (8). pp. 1557–1560.
- Yu-Ling Lee, Gi-Wei Huang, Zeng-Chin Liang and Jeng-Leun Mau (June 2007). Antioxidant properties of three extract from *Pleurotus citrinopileatus*. *LWT - Food Science and Technology* 40 (5). pp. 823–833.
- Zadrazil F. (1975). Influence of CO₂ concentration on the mycelium growth of three *Pleurotus* species. *European Journal of Applied Microbiology* 1. pp. 327-335.
- Zadrazil F. (1978). Morphology of *Pleurotus* spp. And history of their cultivation. In: S.T. Chang & W.A. Hayes (ed.) *The biology and cultivation of edible mushrooms*, pp. 552-548
- Zadrazil F. and Dube HC. (1992). The oyster mushroom—importance and prospects. *Mushroom Res.*, (1), pp. 25–32.
- Zadrazil F. and Puniya A.K. (1995). Studies on the effect of particle size on solid-state fermentation of sugarcane bagasse into animal feed using white-rot fungi. *Bioresource Technology* 54. pp. 85–87.

Zadrazil F., Ostermann D. and Dal Compare G. (1992). Production of edible mushrooms. In: Doelle HW., Mitchell DA, Rolz CA. editors. *Solid substrate cultivation*. London and New York: Elsevier Applied Science. pp. 283–320.

Zadrazil, F. (1978). The cultivation of *Pleurotus*. In: Chang, S., Hayes, W. (Eds.), *The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms*. Academic Press, New York. pp. 521–524.

Zakia Bano, Shashirekha M. N. and Rajarathnam, S. (1993). Improvement of the bioconversion and biotransformation efficiencies of the oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) by supplementation of its rice straw substrate with oil seed cakes. *Enzyme Microbial Technology*, 15. pp. 985–989.

Zervakis G. and Balis C. (1996). Bioremediation of olive oil mill wastes through the production of fungal biomass. In: Royse D.-J. editor. *Proceedings of the 2nd International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products*. Pennsylvania State University, College of Agricultural Sciences, University Park, Pennsylvania. pp.311–323.

Zervakis G., Yiatras P. and Balis C., (1996). Edible mushrooms from oliveoil mill waste. *International Biodeterioration & Biodegradation* 38,237–243.

Zervakis G.I., Venturella G. and Papadopoulou K. (2001). Genetic polymorphism and taxonomic infrastructure of the *Pleurotus eryngii* species-complex as determined by RAPD analysis, isozyme profiles and ecomorphological characters. *Microbiology* 147 (11). pp. 3183–3194.

Zhang R., Li X. and Fadel J.G. (2002). Oyster mushroom cultivation with rice and wheat straw. *Bioresource Technology* 82. pp. 277–284.

Zhao L., Zhao G., Zhao Z., Chen P., Tong J. and Hu X. (2004). Selenium distribution in a Se-enriched mushroom species of the genus *Ganoderma*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52. pp. 3954–3959.