

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«Αειφόρος Αγροτική Παραγωγή και Διαχείριση Περιβάλλοντος»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«Επίδραση εκχυλισμάτων μανιταριών στα ποιοτικά
χαρακτηριστικά του ψωμιού»**



Κόρκος Ηλίας

Επιβλέπων: Περσεφόνη Γιαννούλη Επικ. Καθηγήτρια

Βόλος 2019

«Επίδραση εκχυλισμάτων μανιταριών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψωμιού»
ΚΟΡΚΟΣ ΗΛΙΑΣ

Επιβλέπουσα : Γιαννούλη Περσεφόνη, Επίκουρος Καθηγήτρια (Τεχνολογία και Ποιοτικός Έλεγχος Τροφίμων Φυτικής Προέλευσης), Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος

Μέλος 1^ο : Τσιρόπουλος Νικόλαος Καθηγητής Χημείας στο Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Εργαστήριο Αναλυτικής Χημείας και Γεωργικής Φαρμακολογίας

Μέλος 2^ο : Ευάγγελος Βέλλιος, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Εργαστήριο Φυτοπαθολογίας

Copyright © ΚΟΡΚΟΣ ΗΛΙΑΣ, 2019

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διατριβής Ειδίκευσης από το Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δε δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

Πρόλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής του Αγροτικού Περιβάλλοντος.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζω στην επιβλέπουσα καθηγήτρια κ. Γιαννούλη Περσεφόνη για την ανιδιοτελή προσφορά της, για το σημαντικό χρόνο που μου αφιέρωσε, καθώς και τις πολύτιμες πληροφορίες που μου μετέδωσε κατά τη διάρκεια της συγγραφής της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής.

Αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω την βαθιά μου ευγνωμοσύνη στον πατέρα μου Ευθύμιο, την μητέρα μου Ιωάννα και την αδερφή μου Δήμητρα για όλα όσα μου πρόσφεραν κατά τη διάρκεια των σπουδαστικών μου χρόνων, καθώς και την αμέριστη υποστήριξή τους σε κάθε μου επιλογή.

Περίληψη

Το ψωμί είναι αναμφισβήτητα αναπόσπαστο κομμάτι στη καθημερινή διατροφή ενός μέσου ανθρώπου σε όλο τον πλανήτη. Το ψωμί πλέον μπορεί να πάρει διάφορες μορφές και σχήματα και επίσης μπορούν να εμπεριέχονται σ' αυτό διάφορα επιπλέον συστατικά. Σ αυτή τη μεταπτυχιακή διατριβή εξετάστηκε η επίδραση των εκχυλισμάτων μανιταριών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψωμιού. Γι' αυτό τον σκοπό παρασκευάστηκαν ψωμιά που περιείχαν εκχύλισμα μανιταριού Shiitake σε τρεις διαφορετικές περιεκτικότητες (3% w/w, 6% w/w, 10% w/w).

Σε όλα τα ψωμιά (control, 3% w/w, 6% w/w και 10% w/w) έγιναν μετρήσεις χρώματος, τόσο στην ψίχα όσο και στην κόρα. Επίσης έγινε μέτρηση βάρους: Με την βοήθεια ζυγαριάς ακριβείας μετρήθηκε το βάρος από τα ψωμιά διαφορετικής περιεκτικότητας σε εκχύλισμα μανιταριού και στο control ψωμί. Ακόμη έγινε μέτρηση των διαστάσεων: πλάτους και ύψους και στα 4 ψωμιά με χρήση χάρακα: Με την χρήση χάρακα πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε φέτες και από τα 4 αυτά ψωμιά. Σε κάθε φέτα πραγματοποιήθηκαν επαναλήψεις στις μετρήσεις χρώματος και στις μετρήσεις δομής: Οι μετρήσεις δομής των δειγμάτων έγιναν με τον αναλυτή δομής Controlled Electronic Tensile Tester TC1000.) και οι μετρήσεις χρώματος των δειγμάτων έγιναν με το χρωματόμετρο Miniscan XE Plus.

Από τις παραπάνω μετρήσεις παρατηρήθηκε ότι το ζυμάρι παρουσίασε δυσκολία στο χειρισμό του, δεν τέντωνε εύκολα, και δεν είχε μεγάλο όγκο, ειδικά όσο αυξανόταν η περιεκτικότητα σε εκχύλισμα μανιταριού.

Τα ψωμιά που παρασκευάστηκαν με την προσθήκη εκχυλίσματος μανιταριού παρουσίασαν μικρότερο πλάτος φέτας, επίσης η υφή της ψίχας ήταν ιδιαίτερα σκληρή και στις μετρήσεις της δύναμης που χρειάστηκε για την παραμόρφωση στις φέτες αυτών των ψωμιών ήταν κατά πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με αυτών που δεν περιείχαν εκχύλισμα μανιταριού.

Το γενικό συμπέρασμα από τις μετρήσεις, είναι πως το εκχύλισμα μανιταριού επηρεάζει αρνητικά τα χαρακτηριστικά του ψωμιού, όπου αυτός ήταν και ο σκοπός αυτής της διατριβής, δηλαδή να ερευνηθεί αν ένα ψωμί με εκχύλισμα μανιταριού είναι δυνατόν να παραχθεί προς κατανάλωση, κάτι που όπως φαίνεται δεν προτείνεται.

Εν κατακλείδι, σε αυτή την έρευνα τα αποτελέσματα δείχνουν πως έχει επηρεαστεί η γλουτένη λόγω του εκχυλίσματος μανιταριού και να έχει γίνει πιο δυνατή από ότι χρειάζεται για την παρασκευή ενός ψωμιού με τα κατάλληλα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Λέξεις κλειδιά : Ψωμί, εκχυλίσματα μανιταριού, γλουτένη

Abstract

Bread is undoubtedly an integral part of the daily diet of an average human on the planet. Bread may now take various forms and shapes, and various additional ingredients may also be included therein. In this postgraduate thesis we examined the bread with the effect of mushroom extracts on its qualitative characteristics. For this purpose, breads containing Shiitake mushroom extract were prepared in three different strengths (3% w / w, 6% w / w, 10% w / w).

In all breads (control, 3% w / w, 6% w / w and 10% w / w) color measurements were made: both in the crust and in the crumb. Weight was also measured: With the help of a precision balance, the weight of all the breads with a different mushroom extract content was measured. It was also measured the dimensions: width and height of all 4 breads using ruler, as well as measuring the dimensions of the pores: By using ruc made slices measurements of all four breads. Each slice was repeated in color measurements and structural measurements: Sample Structure Measurements were done with the Controlled Electronic Tensile Tester TC1000.) And the color measurements of the samples were done with the Miniscan XE Plus Colorimeter

From the above measurements it was observed that the dough was difficult to handle, it did not easily stretch, and did not have a large volume, especially as the mushroom extract content increased.

The general conclusion from the measurements is that the mushroom extract adversely affects the characteristics of the bread, where that was the purpose of this thesis, ie to investigate whether a bread with a mushroom extract can be produced for consumption, which seems not suggested.

Breads prepared by the addition of mushroom extract showed shorter slice width and smaller pore size dimensions, also the texture of the crumbs was particularly harsh and the measurements of the force required to deform the slices of these breads were far greater than those which did not contain mushroom extract.

In conclusion, in this study the results show that gluten has been affected by the mushroom extract and has become stronger than needed to make a bread with the proper qualities.

Keywords: Bread, mushroom extracts, gluten

«Εγώ, ο Κόρκος Ηλίας, είμαι ο συγγραφέας αυτής της Μ.Δ.Ε. Αυτή η Μ.Δ.Ε. αντικατοπτρίζει την έρευνα που έγινε από εμένα και δεν έχει υποβληθεί (εξ ολοκλήρου ή μέρος της) σαν προπτυχιακή διατριβή ή Μ.Δ.Ε. ή ως μέρος Διδακτορικής Διατριβής σε αυτό ή άλλο Προπτυχιακό ή Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Ιδρυμάτων Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης του εσωτερικού ή εξωτερικού. Όποια συνεργασία καθώς και το μέγεθος αυτής δηλώνονται επακριβώς στο αντίστοιχο πεδίο αυτής της διατριβής. Επίσης έχω διαβάσει όλες τις βιβλιογραφικές αναφορές που παρατίθενται στο τέλος.»

Υπογραφή του συγγραφέα

«Ως επιβλέπων της έρευνας που περιγράφεται σε αυτή τη διατριβή, δηλώνω ότι όλοι οι όροι του Εσωτερικού Κανονισμού του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος έχουν τηρηθεί από τον Κ. Κόρκο Ηλία».

Υπογραφή του επιβλέποντος Καθηγητή

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	18
1.1 Ιστορική αναδρομή του ψωμιού	18
Συστατικά.....	18
Εξοπλισμός.....	19
Διαδικασίες παρασκευής ζύμης.....	19
Στάδια σχηματισμού της ζύμης.....	20
Προϊόντα αρτοποιίας.....	22
Θρεπτική Αξία Ψωμιού.....	22
Χαρακτηριστικά συστατικά του ψωμιού.....	24
1.2 Γλουτένη	26
Τα τρόφιμα που περιέχουν γλουτένη	26
Πρωτεΐνες της Γλουτένης.....	27
Γλουτένη και ψωμί	27
Η σημασία της γλουτένης.....	28
Ενδυνάμωση και αποδυνάμωση	29
Πόση γλουτένη πρέπει να χρησιμοποιείται.....	29
Παράγοντες που επηρεάζουν τη γλουτένη.....	30
1.3 Τεχνικές ζυμώματος.....	31
Υγρασία.....	32
Αλάτι	33
Χημικά πρόσθετα.....	33
Δράση ενζύμων.....	33
Χρήση προσθέτων ως μαλακτικά	34
1.4 Ιστορική Αναδρομή των μανιταριών και αναδρομή στην καλλιέργεια τους	38
Χημική σύσταση και θρεπτική αξία των μανιταριών	40
1.5 Μανιτάρια και Παρασκευή λειτουργικών τροφίμων.....	41
Λειτουργικά τρόφιμα με βάση παραγωγή τους τα μανιτάρια.....	42
Αντιοξειδωτικές ιδιότητες των μανιταριών.....	42
Η χρήση των εκχυλισμάτων των μανιταριών σε λειτουργικά τρόφιμα.....	43

1.6 Μανιτάρια Shiitake	44
ΣΚΟΠΟΣ.....	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	46
Εργαστηριακοί Μέθοδοι.....	46
Παρασκευή Ψωμιού	46
Μέτρηση Χρώματος.....	47
Μέτρηση Δομής	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	48
Μέτρηση χρώματος	48
Δομή.....	51
Μέτρηση Ύψους.....	52
Μέτρηση Πλάτους	54
Μέτρηση Βάρους	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	60
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	64
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	66

Σχήματα

Σχήμα 1. Μέτρηση χρώματος κόρας ψωμιού.	49
Σχήμα 2. Μέτρηση χρώματος ψίχας ψωμιού.	50
Σχήμα 3. Μέτρηση δομής στη φέτα ψωμιού.	52
Σχήμα 4. Μέτρηση του ύψους φέτας ψωμιού.	53
Σχήμα 5. Μέτρηση του πλάτους φέτας ψωμιού.	55
Σχήμα 6. Μέτρηση του βάρους φέτας ψωμιού.	56

Εικόνες

Εικόνα 1. Φέτες με περιεκτικότητα 10%	57
Εικόνα 2. Φέτες με περιεκτικότητα 6%	58
Εικόνα 3. Φέτες με περιεκτικότητα 3%	59
Εικόνα 4. Φέτες control	60

Πίνακες

Πίνακας 1 : Διατροφική επισήμανση των αποξηραμένων μανιταριών

Shiitake ανά 100g	44
-------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ιστορική αναδρομή του ψωμιού

Το ψωμί, σε όλες τις μορφές του, έχει υπηρετήσει ως βασικό είδος τροφής της ανθρωπότητας για αιώνες. Η ικανότητά του να παρέχει τροφή στο ανθρώπινο σώμα είναι αναμφισβήτητη όπως και η απόλαυση του φαγητού ενός φρέσκου ψωμιού. Πολλοί άνθρωποι ανά τον κόσμο θεωρούν το ψωμί ως ένα μέρος της καθημερινής τους διατροφής.. (Gibson and Newsham,2018)

Στους παραγωγούς σιταριού, αγρότες, μυλωνάδες και αρτοποιούς του κόσμου, το ψωμί είναι ένα τόσο σημαντικό αγαθό γι' αυτούς, παρέχοντας στους εαυτούς τους και τις οικογένειές τους ένα προϊόν που μπορεί να είναι περήφανοι, και ουσιαστικά είναι ένας τρόπος ζωής γι' αυτούς. Όπως θα αναμενόταν από ένα προϊόν που υπήρχε για τόσο πολύ καιρό, το ψωμί εξελίχθηκε με τα χρόνια. Πράγματι, οι γεωγραφικές και οι πολιτισμικές διαφορές στο προϊόν, που είναι γνωστό ως «ψωμί» είναι αρκετά ευρεία, όπως αποδεικνύεται από την τεράστια ποικιλία των ποικιλιών ψωμιού που διατίθενται σήμερα στις αναπτυγμένες οικονομίες του κόσμου. (Colin Wrigley et.al, 2016)

Με απλά λόγια, οι διαφορές μεταξύ των ψωμιών είναι σε μεγάλο βαθμό συνάρτηση των συστατικών που χρησιμοποιούνται και του τρόπου με τον οποίο τα συστατικά αυτά μεταποιούνται στον τελικό προϊόν. Οι καταναλωτές απολαμβάνουν τα προϊόντα ψωμιού που τρώνε, είτε αυτά έγιναν χρησιμοποιώντας μια αρχαία διαδικασία είτε προήρθαν από ένα σύγχρονο αρτοποιείο (Gibson and Newsham,2018).

Συστατικά

Διάφορα συστατικά χρησιμοποιούνται για την παρασκευή ενός ψωμιού . Όπως έμαθε η ανθρωπότητα από νωρίς, μόνο δύο συστατικά είναι απαραίτητα για να γίνει εύγευστο ένα ψωμί, αυτά είναι το αλεύρι από σιτηρά και το νερό (Bilheux et al, 1989).

Η ζύμη ανακαλύφθηκε σχεδόν από ατύχημα, μάθαμε ότι αυτό που τώρα αναγνωρίζουμε ως ζύμη, ότι πρόσθεσε επιθυμητή γεύση και ελαφρότητα στο ψωμί. Αργότερα, ανακαλύφθηκε ότι το άλας (αλάτι) προσδίδει περισσότερη γεύση.

Σήμερα, χρησιμοποιούνται επιπλέον συστατικά στο ψωμί για να καλύψουν τις απαιτήσεις του σύγχρονου καταναλωτή, δηλαδή καλύτερης διατήρησης της ποιότητας, καλύτερη γεύση, μαλακότερη (ή σταθερότερη) υφή και άλλες βελτιώσεις (Reed G, 1991).

Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχουν γεωγραφικές και πολιτιστικές διαφορές μεταξύ των ψωμιών, που σημαίνει ότι στα συστατικά που χρησιμοποιούνται συνήθως στη Βόρεια Αμερική, τη Βρετανία και αυστραλιανά αρτοσκευάσματα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο γερμανικό ψωμί σίκαλης, γαλλική μπαγκέτα ή αραβικό ψωμί (Gibson and Newsham,2018).

Εξοπλισμός

Το σύγχρονο αρτοποιείο έχει πολλά κομμάτια εξειδικευμένου εξοπλισμού. Ο στόχος της χρήσης σύγχρονου αυτοματοποιημένου εξοπλισμού είναι η πραγματοποίηση των βασικών βημάτων της διαδικασίας παραγωγής της ζύμης σε μεγάλες ποσότητες, και να το κάνει με κέρδος. Παρ' όλα αυτά αν και η αυτόματη (ή ημιαυτόματη) παραγωγή ψωμιού είναι διαδεδομένη σε όλο τον πλανήτη, δεν πρέπει να ξεχνιέται ότι τα πολλά είδη ψωμιού μπορούν επίσης να γίνουν χρησιμοποιώντας τίποτα περισσότερο από ένα μολ και μια ζεστή πέτρα, όπως ακριβώς πρωτοξεκίνησε η παρασκευή ψωμιού (Gibson and Newsham,2018).

Διαδικασίες παρασκευής ζύμης

Είτε το ψωμί γίνεται με το χέρι είτε με το μηχάνημα, μερικά βήματα της διαδικασίας παρασκευής ψωμιού είναι ίδια. Η ανάμιξη της ζύμης, για παράδειγμα, μπορεί να γίνει μηχανικά ή χειροκίνητα και μπορεί να προκύψει ένα καλό ποιοτικά ψωμί. Το ψωμί οφείλει τη μοναδικότητά του όχι μόνο στα συστατικά και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του, αλλά επίσης στις διάφορες διαδικασίες με τις οποίες γίνεται η ζύμη. Οι περισσότερες των διαδικασιών αυτών είναι γεωγραφικής ή πολιτιστικής προέλευσης και χρησιμοποιούνται στις περιοχές της εφεύρεσης τους ακόμα και σήμερα (Nagodawithana and Trivedi, 1990).

Ωστόσο, με την παγκοσμιοποίηση του εμπορίου και των παγκόσμιων ταξιδιών, οι καταναλωτές μπορούν να έχουν προϊόντα αρτοποιίας που δεν γνώριζαν στο παρελθόν.

Δεν είναι δύσκολο να βρεθεί αυθεντικό γαλλικό ψωμί στην Αμερική, τορτίγια στην Αυστραλία ή πίτα ψωμί στο Χονγκ Κονγκ. Ωστόσο, για να επιτευχθούν τα μοναδικά χαρακτηριστικά των διαφορετικών ψωμιών συχνά απαιτείται η χρήση μιας συγκεκριμένης διαδικασίας παρασκευής ζύμης. (Gibson and Newsham,2018)

Στάδια σχηματισμού της ζύμης

Η ζύμη αποτελείται απο μια ημι-στερεή μάζα που προσπαθεί να φέρει αντίσταση στην ανάμειξη. Τα στάδια που ακολουθεί η μορφοποίηση της ζύμης από αλεύρι και νερό σε μια ελαστική ιξώδη μάζα είναι:

1. Ενυδάτωση

Στο αλεύρι οι πρωτεΐνες αποτελούν σκληρό υλικό και η ενυδάτωση τους γίνεται με την προσθήκη νερού στο αλεύρι. Αρχικά ενυδατώνεται στην εξωτερική επιφάνεια το πρωτεϊνικό μόριο και έπειτα το νερό διεισδύει στο εσωτερικό. Παρόμοια, η σκληρή πρωτεΐνη γίνεται μαλακή κατά το ζύμωμα, αλλά δεν διαλύεται τελείως και διαφοροποιείται περισσότερο κατά την ανάπτυξη της γλουτένης. Στη συνέχεια οι πεντοζάνες που δεν διαλύονται στο νερό και οι κατεστραμμένοι αμυλόκοκκοι απορροφούν νερό ενώ διαλύονται οι υδατοδιαλυτοί παράγοντες του αλεύρου (και προστιθέμενα άλατα όπως ζάχαρη και αλάτι) (Bernardin and Kasarda, 1973), (Amend and Belitz, 1990).

2. Ανακάτεμα –Ζύμωμα

Το αλεύρι αποτελείται από μικρά σωμάτια που ανήκουν στην κατηγορία των σε ένα δίκτυο πρωτεΐνης. Αυτό το δίκτυο πρωτεΐνης γίνεται πιο μαλακό από την ενυδάτωση των πρωτεϊνών και έπειτα μετά τη διαδικασία της ανάδευσης, οι αμυλόκοκκοι αρχίζουν να απομακρύνονται από το μόριο της πρωτεΐνης αλλά παραμένουν μαζί με τις ίνες πρωτεΐνης. Το περισσότερο άμυλο μπορεί να αφαιρεθεί αν πλύνουμε και ζυμώσουμε τη ζύμη (η βάση για την απομόνωση υγρής γλουτένης) αλλά δεν μπορεί να αφαιρεθεί πλήρως, διότι κάποια μόρια αμύλου είναι ισχυρά συνδεδεμένα με τα ινίδια πρωτεϊνών (Amend and Belitz, 1990). Κατ'αυτό το αρχικό στάδιο ανάμιξης όλα τα υλικά της ζύμης αναμειγνύονται για να μας δώσουν το ζυμάρι το οποίο θα είναι ομοιογενές. Τα λιπίδια κατανέμονται ομοιόμορφα και έρχονται σε επαφή με τα ινίδια πρωτεϊνών και οι διαλυτές ενώσεις διαλύονται πλήρως και κατανέμονται στην υδατική μήτρα.

3. Ανάπτυξη της γλουτένης

Τον κύριο ρόλο για τη δημιουργία του ζυμαριού από αλεύρι σίτου είναι η αύξηση της συνοχής και της πυκνότητας (αύξηση αντίστασης στην ανάμειξη) και αυτό ονομάζεται “ανάπτυξη ζύμης”. Κατά την ανάδευση η πυκνή, ιξώδης λάσπη από αλεύρι και νερό μετατρέπεται σε μια μαλακή, ιξώδη και ελαστική μάζα. Άλλος ένας ζωτικής σημασίας ρόλος είναι ο χρόνος που χρειάζεται για την ανάδευση, για να φτάσει η ζύμη σε αυτό το σημείο. Όταν η ζύμη ζυμώνεται μέχρι αυτό το σημείο τόσο μπορεί να επιτευχθεί ο ανώτατος τελικός όγκος.

Στα αρχικά στάδια τα ινίδια της ενυδατωμένης πρωτεΐνης προσκολλώνται το ένα στο άλλο σχηματίζοντας ένα τραχύ τυχαίο δίκτυο νημάτων. Κατά το ανακάτεμα (ζύμωμα) τεντώνονται αυτά τα νήματα, αλλά γίνονται πιο λεπτά και προσανατολίζονται και αλληλεπιδρούν. Στο μέγιστο της συνοχής τα ινίδια πρωτεϊνών έχουν μειωθεί σημαντικά σε διάμετρο και φαίνεται να αλληλεπιδρούν δισδιάστατα. Με άλλα λόγια σ' αυτό το στάδιο η γλουτένη φαίνεται ικανή να μπορεί να σχηματίσει μια συνεχή μεμβράνη ή φύλλο γλουτένης με βάση το οποίο αξιολογείται η ολοκλήρωση του ζύμωματος (Amend T, 1995).

Το κύριο συστατικό της πρωτεΐνης είναι η γλουτενίνη και είναι μη διαλυτή. Το ζύμωμα διασπά τη μεγάλου μοριακού βάρους γλουτενίνη σε μικρότερα μόρια τα οποία αναμορφώνονται μέχρι ενός σημείου. (Graveland et al (1985), Ο χρόνος ζύμωματος είναι σίγουρο ότι συσχετίζεται πολύ με την ποσότητα γλουτενίνης που εμπεριέχεται στο αλεύρι γιατί περισσότερη γλουτενίνη απαιτεί περισσότερη ενέργεια για να διασπαστεί και να ανακατανεμηθεί (Orth and Bushuk, 1972), (Singh et al, 1990).

Η ανακατανομή της γλουτενίνης είναι η διαδικασία κατά την οποία κάποιιοι δισουλφιδικοί δεσμοί σπάνε και άλλοι σχηματίζονται. Αν και η ανακατανομή της γλουτενίνης είναι αυτό που καταναλώνει την περισσότερη ενέργεια που απαιτείται στο ζύμωμα δεν είναι και η μόνη διαδικασία που συμβαίνει. Η πρωτεΐνη επίσης ενσωματώνει λιπίδια από το αλεύρι καθώς και όποιους προστιθέμενους γαλακτωματοποιητές (Grosskreutz, 1961). Τα περισσότερα πολικά και ένα μεγάλο μέρος των μη πολικών λιπιδίων συνδέονται στενά με την πρωτεΐνη (DeStefanis V.A, 1977). Το τελικό αποτέλεσμα στην ανάπτυξη θεωρείται ότι είναι ευθυγραμμισμένες πολυπεπτιδικές αλυσίδες, με αλληλεπιδράσεις μεταξύ ιοντικών και υδροφοβικών δεσμών (Ewart, (1977).

4. Σχηματισμός άλλων δεσμών

Η κυριαρχία των δισουλφιδικών δεσμών στο σχηματισμό της ζύμης είναι σίγουρη, ωστόσο και άλλοι δεσμοί σχηματίζονται κατά το ζύμωμα που συνεισφέρουν στην διόγκωση της ζύμης. Η διάσπαση των δεσμών υδρογόνου αδυνατίζει τη δομή της ζύμης, λόγω μείωσης της πυκνότητας. (Wrigley et al (1998), έρευνες έχουν δείξει πως ο σχηματισμός δεσμών, μεταξύ δύο μορίων τυροσίνης, με σταυρωτές συνδέσεις συνεισφέρει στην ανάπτυξη ζύμης. Η προσθήκη τυροσίνης εμποδίζει τον υπερσχηματισμό σταυρο-δεσμών τυροσίνης και ενισχύει την σταθερότητα της ζύμης. (Tilley et al, 2001).

5. Κατάρρευση

Αν συνεχιστεί η ζύμωση του ζυμαριού περισσότερο, ενώ το ζυμάρι έχει δημιουργήσει ήδη δυνατούς δεσμούς τότε η ζύμη γίνεται πιο μαλακή με λιγότερη αντίσταση στη ζύμωση και χάνει την αρτοποιασκευαστική της ικανότητά να εγκλωβίζει αέρια κατά την διόγκωση της ζύμης.

6. Ενσωμάτωση Αέρα

Η δημιουργία μια καλής ψίχας εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τον εγκλωβισμένο αέρα στη ζύμη και στη συνέχεια από τις φυσαλίδες αέρα στα μικροσκοπικά κύτταρα. Αυτά λειτουργούν σαν πυρήνες για την επέκταση των αερίων που σχηματίζονται κατά τη ζύμωση

του ζυμαριού και το ψήσιμο σε μια καθορισμένη θερμοκρασία. Κατά την ενυδάτωση και τα στάδια ανάδευσης προστίθεται λίγος αέρας. Ο εγκλωβισμός αρχίζει μόνον αφού η ζύμη αρχίζει να δημιουργεί αντίσταση στην ανάδευση. Η ενσωμάτωση αέρα συνεχίζεται και κατά την κατάρρευση. Η ικανότητα εγκλωβισμού του αέρα εξαρτάται και από την ελαστικότητα του ζυμαριού και από το ιξώδες. Οι ζύμες παράγουν τα πιο πολλά αέρια κατά τα αρχικά στάδια της ζύμωσης και αφήνουν πυρήνες για την εξάπλωση του αερίου στα επόμενα στάδια της ζύμωσης και στο ψήσιμο (Chamberlain and Collin, 1979).

Προϊόντα αρτοποιίας

Το ψωμί μπορεί να πάρει πολλά σχήματα και μεγέθη και μπορεί να έχουν αρκετά διαφορετικά αισθητήρια χαρακτηριστικά. Επιπρόσθετα με τα συστατικά, τον εξοπλισμό και τις διαδικασίες που αναφέρθηκαν, οι διάφορες φυσικές και οργανοληπτικές διαφορές μεταξύ των προϊόντων ψωμιού που διατίθενται σήμερα οφείλονται σε πολιτιστικές, γεωγραφικές και φιλοσοφικές διαφορές μεταξύ των ανθρώπων που τα καταναλώνει. Γενικά, υπάρχουν ορισμένοι τύποι ψωμιού διαδεδομένα σε ορισμένους πολιτισμούς και όχι σε άλλους. Αυτό αλλάζει, ωστόσο, με τον κόσμο όλο και μικρότερο με την έλευση των αεροπορικών ταξιδιών, το διαδίκτυο και των διεθνών εμπορικών συναλλαγών (Gibson and Newsham, 2018).

Θρεπτική Αξία Ψωμιού

Ένα από τα βασικότερα τρόφιμα στη διατροφή του ανθρώπου είναι το ψωμί. Αποτελεί το βασικό συστατικό της μεσογειακής διατροφής και θα πρέπει να καταναλώνεται καθημερινά μαζί με άλλα δημητριακά. Το ψωμί περιέχει υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, ανόργανα συστατικά, βιταμίνες και νερό. (Lorenz et al, 1991).

Το ψωμί είναι πλούσιο σε:

- **Πρωτεΐνες:** Οι πιο σημαντικές αυτές που σχηματίζουν τη γλουτένη, η οποία βοηθάει στην ανάπτυξη και συντήρηση του μυϊκού συστήματος.
- **Άμυλο,** το οποίο παρέχει ενέργεια στον οργανισμό για να μπορεί να ανταπεξέλθει στις διάφορες δραστηριότητες.
- **Κυτταρίνη,** η οποία είναι απαραίτητη για την καλή πέψη και καλή λειτουργία του εντέρου.
- **Φυτικές ίνες,** οι οποίες μειώνουν τα επίπεδα χοληστερόλης και τριγλυκεριδίων στο αίμα. Βιταμίνη Ε, η οποία έχει αντιοξειδωτική δράση.
- **Βιταμίνες** του συμπλέγματος Β, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την καλή κατάσταση του νευρικού και πεπτικού συστήματος καθώς και για την καλή κατάσταση του δέρματος.

Χαρακτηριστικά συστατικά του ψωμιού

Συστατικό	Λειτουργίες
<u>Αλεύρι σίτου:</u>	Διαμορφώνει τη δομή Περιέχει τις πρωτεΐνες που σχηματίζουν την γλουτένη Συμβάλλει στο άμυλο για θερμικά προκαλούμενο σχηματισμό ψίχας
<u>Νερό:</u>	Ενυδατώνει πρωτεΐνες αλεύρου και κατεστραμμένο άμυλο Λειτουργεί ως διαλύτης για άλλα συστατικά Ελέγχει τη θερμοκρασία της ζύμης Συμβάλλει στην ομαλή ροή Συμβάλλει στη καλύτερη διατήρηση στο ράφι
<u>Αλάτι:</u>	Ενισχύει τη γεύση του προϊόντος Ενισχύει το δίκτυο γλουτένης Ελέγχει το ρυθμό ζύμωσης
<u>Μαγιά:</u>	Προσφέρει καλύτερο φούσκωμα της ζύμης Μεταβολίζει τα ζυμώσιμα σάκχαρα σε CO ₂ και αλκοόλ Τα προϊόντα μαγιάς συμβάλλουν στη γεύση του ψωμιού
<u>Γλυκαντικά :</u>	Βελτιώνει τη γεύση του προϊόντος Συμβάλλει στον χρωματισμό του φλοιού Συμβάλλει στη καλύτερη διατήρηση στο ράφι
<u>Λιπαρά:</u>	Λιπαίνει το σύστημα ζύμης Διευκολύνει τον εύκολο τεμαχισμό Συμβάλλει στη καλύτερη διατήρηση στο ράφι

Γαλακτοκομικά

προϊόντα: Συμβάλλουν στο διατροφικό προφίλ του προϊόντος
Ρύθμισης της ζύμης
Βελτιώνει τη γεύση του προϊόντος
Συμβάλλει στον χρωματισμό του φλοιού

Γλουτένη σίτου : Ενισχύει τη ζύμη(Ξηρή)
Αυξάνει την απορρόφηση νερού
Παρέχει μεγαλύτερο όγκο ψητού ψωμιού

Ένζυμα: Βελτίωση της διαδικασίας παραγωγής και του τελικού προϊόντος
Βελτίωση ποιότητας
Μετατρέπουν τα άμυλα σε ζυμώσιμα σάκχαρα
Συντομεύουν το χρόνο ανάμειξης της ζύμης
Ενίσχυση της ζύμης
Παροχή μεγαλύτερης ποσότητας ψημένου ψωμιού

Συντηρητικά : Περιορισμός την ανάπτυξης μούχλας
Συμβάλλουν στη καλύτερη διατήρηση στο ράφι

1.2 Γλουτένη

Η γλουτένη είναι ένα σύμπλεγμα πρωτεϊνών, της γλιαδίνης και της γλουτελίνης, οι οποίες είναι ενωμένες με άμυλο στο ενδοσπέρμιο του σπόρου. Συναντάται πιο συχνά στο σιτάρι και σε άλλα παρόμοια δημητριακά, σαν το κριθάρι και η σίκαλη. (Wieser, 2007).

Η γλουτένη έχει την ικανότητα να προσδίδει ελαστικότητα στη ζύμη, βοηθώντας την να φουσκώσει και να κρατήσει το σχήμα της δίνοντας στο τελικό προϊόν μια αφράτη υφή (Wrigley and Bietz, 1988). Χρησιμοποιείται σε πολλά τρόφιμα ως πυκνωτικό και συνδετικό μέσο, ως ενισχυτικό γεύσης και σαν συμπλήρωμα πρωτεΐνης στη διατροφή., (Wrigley et al, 1998).

Τα τρόφιμα που περιέχουν γλουτένη

Εκτός από το σιτάρι υπάρχουν και άλλα δημητριακά που περιέχουν γλουτένη όπως είναι η όλυρα και το σιμιγδάλι. Πολλά από αυτά χρησιμοποιούνται για να ενισχύσουν τη γεύση των τροφίμων, καθώς αυξάνουν τη συνοχή τους δημιουργώντας δομές πιο πυκνές, δηλαδή να τα κάνουν πιο αφράτα. Ενώ τα σιτηρά βρίσκονται συχνά σε δημητριακά πρωινού και σε διάφορα άλλα ψημένα προϊόντα, συναντώνται κρυμμένα και σε άλλα τρόφιμα που δεν πάει το μυαλό. (Day et al. 2006)

Με την ιδιότητα που έχει η γλουτένη να κάνει τη συνοχή των φαγητών πιο πυκνή μπορεί να βρεθεί σε σούπες, ζωμούς, σάλτσες, σως όπως κέτσαπ, σάλτσες σαλάτας ή μαρινάδες. Δεδομένου ότι ενισχύει τη γεύση, χρησιμοποιείται σε ζωμούς κρέατος, μίγματα καρυκευμάτων, αλλά και σε άλλα τρόφιμα, όπως οι καφέδες, τα γαλακτοκομικά προϊόντα, το ξύδι, και το λικέρ.

Η γλουτένη βρίσκεται σε κάθε φαγητό που περιέχει δημητριακά. Τέτοια φαγητά είναι, για παράδειγμα, τα ζυμαρικά, τα κέικ, οι περισσότεροι τύποι ψωμιού και κάποια είδη έτοιμων γευμάτων. Επιπλέον, οι περισσότερες μπίρες είναι από κριθάρι, άρα περιέχουν και γλουτένη. (Scherf et al, 2016)

Η γλουτένη χρησιμοποιείται επίσης από μόνη της ως συμπλήρωμα πρωτεΐνης, ειδικά για τους ανθρώπους που δεν έχουν πρόσβαση σε άλλες πηγές πρωτεϊνών. Η πρωτεΐνη που περιέχει αποτελεί χρήσιμο υποκατάστατο κρέατος, ειδικά για όσους ακολουθούν

χορτοφαγική ή και αυστηρά χορτοφαγική διατροφή. Οι απομιμήσεις κρέατος φτιάχνονται από συμπυκνωμένη γλουτένη (Day et al, 2006).

Πρωτεΐνες της Γλουτένης

Μέσα στη γλουτένη υπάρχουν τέσσερις κύριες πρωτεΐνες: τα λευκώματα, οι γλουτελίνες, οι σφαιρίνες και οι προλαμίνες. Οι προλαμίνες και οι γλουτελίνες βρίσκονται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις στο σιτάρι, ενώ τα λευκώματα και οι σφαιρίνες είναι πιο άφθονα στο καλαμπόκι και το ρύζι. Πολλοί άνθρωποι συνδέουν το σιτάρι με τον όρο «γλουτένη». (Wieser,2007).

Το μεγαλύτερο μέρος της πρωτεΐνης του σιταριού – 80% – που αποτελείται από προλαμίνη ονομάζεται γλιαδίνη, και αυτό που αποτελείται από γλουτελίνη ονομάζεται γλουτενίνη. Όταν αυτά τα μόρια ενωθούν με μια χημική αντίδραση κατά το ψήσιμο, εκτείνονται και σκληραίνουν παγιδεύοντας φυσαλίδες μέσα στη ζύμη και σχηματίζεται με αυτόν τον τρόπο ένα ελαφρύ και αφράτο ψωμί. Ως αποτέλεσμα, αυτές οι πρωτεΐνες βρίσκονται συνήθως στο αλεύρι και σε άλλα προϊόντα αρτοποιίας. (Wieser, 2007)

Γλουτένη και ψωμί

Ζυμώνοντας τη ζύμη δημιουργούνται οι ενώσεις-συνδέσεις που βοηθούν τα μόρια της γλιαδίνης και της γλουτενίνης να ενωθούν. Όσο περισσότερο η ζύμη ζυμώνεται, δημιουργούνται περισσότερες συνδέσεις και το τελικό προϊόν γίνεται πιο αφράτο. Επιπλέον, οι πρωτεΐνες πυκνώνουν όταν θερμαίνονται, παγιδεύοντας το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από την ζύμη. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στα ψημένα προϊόντα να φουσκώσουν περισσότερο και να διατηρήσουν το σχήμα τους, αντί να καταρρέουν.

Η ποσότητα της γλουτένης που προστίθεται στο αλεύρι μπορεί να έχει αντίκτυπο στην υφή του τελικού προϊόντος. Το αλεύρι του ψωμιού χρειάζεται περισσότερες από αυτές τις πρωτεΐνες για να δημιουργηθεί ένα καρβέλι που δεν θα είναι πολύ πυκνό ή εύθρυπτο, ενώ το αλεύρι της ζαχαροπλαστικής χρειάζεται λιγότερες. Η βιομηχανία αλευριού μετρά τη συγκέντρωση της γλουτένης με φαρινογράφο, ένα όργανο που χρησιμοποιείται για μετρά τις ιδιότητες του αλευριού. (Day et al, 2006).

Η σημασία της γλουτένης

Η γλουτένη είναι το βασικό δομικό συστατικό των περισσότερων ψωμιών. Είναι πολύ βασική στην αρτοποιία διότι καθορίζει το τελικό σχήμα και όγκο του ψωμιού, καθώς και την εμφάνιση και υφή της ψίχας και της κόρας του. Επηρεάζει δηλαδή τόσο την αισθητική του ψωμιού, όσο και διάφορα άλλα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του. Είναι τόσο σημαντική για το ψωμί και την αρτοποιία, ώστε όταν ένας αρτοποιός αναφέρεται στην ποιότητα ενός αλευριού, συνήθως αναφέρεται στην ποιότητα γλουτένης που σχηματίζεται από το συγκεκριμένο αλεύρι. Η διαδικασία σχηματισμού της γλουτένης ενός ζυμαριού μερικές φορές ονομάζεται και ωρίμανση του ζυμαριού (Day et al, 2006).

Η γλουτένη σχηματίζει ένα πλέγμα κυψελών που έχει την ικανότητα να εγκλωβίζει τα αέρια που παράγονται κατά την ζύμωση και σαν συνέπεια να φουσκώνει το ζυμάρι. Αν ένα ζυμάρι δεν έχει επαρκώς σχηματισμένη γλουτένη, διογκώνεται ελάχιστα ή καθόλου κατά την ζύμωση και το εσωτερικό του είναι πολύ πυκνό και μερικές φορές μένει άψητο καθώς η θερμοκρασία δυσκολεύεται να φτάσει στο κέντρο κατά το ψήσιμο. Ένα παράδειγμα είναι το ψωμί από σκέτο καλαμποκίσιο αλεύρι, το οποίο έχει πολύ μικρό όγκο και πυκνή σύσταση (Day et al, 2006).

Πως δημιουργείται το δίκτυο της γλουτένης

Όταν το αλεύρι αναμειγνύεται με νερό, οι πρωτεΐνες του, γλουτενίνη και γλιαδίνη, ενυδατώνονται και διογκώνονται. Ο συνδυασμός αυτών των δύο πρωτεϊνών δημιουργεί μια δομή σαν δαιδαλώδη ιστό ή σαν κουβάρι από νήματα ή ίνες. Αυτές οι ίνες όταν γίνουν αρκετά ευλύγιστες, δυνατές και ευθυγραμμιστούν σωστά, εγκλωβίζουν αποδοτικά τα αέρια που παράγονται κατά την ζύμωση και το ζυμάρι διογκώνεται χωρίς να χάνει το σχήμα του.

Αρχικά το ανακάτεμα βοηθά στην απορρόφηση νερού (υγρασίας) και στην ενυδάτωση των πρωτεϊνών, φέρνοντας όλα τα μόρια του αλευριού σε επαφή με το νερό. Το ζύμωμα ευθυγραμμίζει τη γλουτένη και ενσωματώνει οξυγόνο στο ζυμάρι, το οποίο με την σειρά του οξειδώνει τις πρωτεΐνες του αλευριού. Με αυτό τον τρόπο οι πρωτεΐνες αποκτούν την ικανότητα να δημιουργήσουν περισσότερους και πιο δυνατούς δεσμούς. Η γλουτένη ενδυναμώνεται και το ζυμάρι γίνεται πιο λείο, δυνατό και μπορεί να τεντωθεί χωρίς να σκιστεί. Σε αυτή την φάση μπορεί να εγκλωβίσει αέρια (CO₂), υγρά (λιωμένο βούτυρο) ή

ακόμη και στερεά αντικείμενα (ελιές, καρύδια, κλπ), ανάλογα την συνταγή(Jenkins.S.1975).

Κατά το τελικό στάδιο, το ψήσιμο, η υγρασία του ζυμαριού εξατμίζεται. Με την αφαίρεση της υγρασίας από το ζυμάρι και την παρουσία μεγάλης θερμοκρασίας η γλουτένη στερεοποιείται και αποκτά μια πορώδη σταθερή δομή.

Ενδυνάμωση και αποδυνάμωση

Ενδυναμώνοντας τη γλουτένη εξασφαλίζουμε μεγάλη διόγκωση στο ζυμάρι και ομοιόμορφη κυψελώδη δομή στην ψίχα. Υπερβολικά δυνατή γλουτένη όμως δεν επιτρέπει στο ζυμάρι να αποκτήσει μεγάλο όγκο, γιατί δεν τεντώνει εύκολα, και το καθιστά δύσκολο στον χειρισμό. Αποδυναμώνοντας τη γλουτένη έχουμε μικρότερο όγκο αλλά εξασφαλίζεται πιο ανοιχτή και ανάλαφρη ψίχα και τραγανή κόρα. Υπερβολικά αδύναμη γλουτένη όμως καθιστά το ζυμάρι πλαδαρό και δύσκολο στον χειρισμό επειδή κολλάει και δεν διατηρεί το σχήμα του. Η γλουτένη λοιπόν, είτε ενδυναμώνεται δημιουργώντας ένα δυνατό και ελαστικό ζυμάρι, είτε αποδυναμώνεται δημιουργώντας ένα μαλακό και εύκολα επεκτάσιμο ζυμάρι (Day et al, 2006).

Πόση γλουτένη πρέπει να χρησιμοποιείται

Ο κανόνας "όσο περισσότερη και πιο δυνατή γλουτένη τόσο το καλύτερο" δεν ισχύει. Ανάλογα το είδος του ψωμιού απαιτείται γλουτένη με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Το ζυμάρι για μια μπαγκέτα πρέπει να τεντώνει εύκολα κατά τον σχηματισμό, οπότε δεν πρέπει να έχει πάρα πολύ δυνατή γλουτένη. Πολύ δυνατή γλουτένη σε μια τσιαμπάτα θα καταστρέψει την υφή της ψίχας της και από ανοιχτή με μεγάλες τρύπες θα γίνει πυκνή με μικρές ομοιόμορφα κατανεμημένες κυψελίδες. Αντίθετα το ζυμάρι για bagel, με την ομοιόμορφη ψίχα και την συνεκτική υφή, χρειάζεται πολύ δυνατή γλουτένη. Το ίδιο και το ζυμάρι για μπριός, για να μπορέσει να αντέξει την προσθήκη μεγάλης ποσότητας βουτύρου και ζάχαρης και να έχει τελικά ομοιόμορφη ψίχα με μεταξένια υφή (Day et al, 2006).

Παράγοντες που επηρεάζουν τη γλουτένη

Ανάλογα τα χαρακτηριστικά που απαιτεί ένα ψωμί, υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να ρυθμιστεί η γλουτένη. Η γλουτένη ρυθμίζεται κυρίως με τις τεχνικές ζυμώματος, τα χημικά πρόσθετα και την ζύμωση των μικροοργανισμών. Αυτοί είναι οι βασικοί τρόποι με τους οποίους ρυθμίζεται η γλουτένη, υπάρχουν όμως και άλλοι παράγοντες που μπορούν να την επηρεάσουν (Reed G. and Nagodawithana, 1991).

1.3 Τεχνικές ζυμώματος

Οι τεχνικές ζυμώματος, έχουν σαν βασικό στόχο να δημιουργήσουν πιο δυνατή γλουτένη. Όλα τα ζυμάρια χρειάζονται ανακάτεμα και ζύωμα για να διαμοιράσουν ομοιόμορφα τις πρωτεΐνες σε όλο το ζυμάρι και να δημιουργήσουν ένα δυνατό και συνεκτικό πλέγμα γλουτένης. Το ζυμάρι που δεν έχει ζυμωθεί αρκετά έχει κολλώδη υφή, δεν είναι λείο και δεν διογκώνεται πολύ. Το κλασικό πρόβλημα που έχουν οι περισσότεροι αρχάριοι αρτοποιοί είναι ότι το ψωμί "τρίβεται". Αυτό οφείλεται στον σχηματισμό μικρής ποσότητας και κακής ποιότητας γλουτένης, με αποτέλεσμα το ψωμί να βασίζεται στο άμυλο ως βασικό δομικό συστατικό. Βέβαια καθώς ζυμώνεται περισσότερο ένα ζυμάρι αποκτά δύναμη ,αλλά έως ένα σημείο. Πέρα από αυτό το σημείο η γλουτένη φτάνει στα όριά της και καταρρέει, μειώνοντας πολύ την ποιότητα του παραγόμενου ψωμιού. (Matz, 1986)

Η αναγνώριση πότε ένα ζυμάρι είναι έτοιμο είναι συνδυασμός θεωρίας, εξάσκησης και εμπειρίας, μιας και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Διαφορετικά αλεύρια χρειάζονται διαφορετικούς χρόνους ζυμώματος και διαφορετικές συνταγές έχουν επίσης διαφορές στις τεχνικές ζυμώματος. Η θερμοκρασία παίζει επίσης μεγάλο ρόλο στον χρόνο ζυμώματος, διότι μεγαλύτερη θερμοκρασία προκαλεί πιο γρήγορη ενυδάτωση του αλευριού και οξείδωση των πρωτεϊνών του. Σαν συνέπεια ο χρόνος ζυμώματος μειώνεται και το ζυμάρι ωριμάζει πιο γρήγορα. (Matz, 1986)

Ζύμωση

Η ζύμωση του ζυμαριού από τους μικροοργανισμούς χωρίζεται συνήθως σε δύο στάδιο κατά την παραγωγή ψωμιού. Η βασική ζύμωση, από την στιγμή που θα τελειώσει το ζύωμα και η τελική ζύμωση που γίνεται μετά τον σχηματισμό του ζυμαριού. Αυτή η διαδικασία μπορεί να διαρκέσει από μερικά λεπτά μέχρι και ώρες. Πέρα από την πολύ σημαντική παραγωγή αερίων και βελτίωσης της γεύσης του ψωμιού, η ζύμωση δυναμώνει τη γλουτένη κάνοντας την πιο ελαστική. Με άλλα λόγια η ζύμωση συνεισφέρει στην ωρίμανση του ζυμαριού (Doerry, 1995). Κατά την διάρκεια της ζύμωσης, καθώς το ζυμάρι διογκώνεται, αν δεν περιοριστεί η διόγκωση με κάποιον τρόπο (επιβράδυνση ζύμωσης, ξεφούσκωμα) μετά από ένα χρονικό διάστημα η γλουτένη φτάνει στα όρια της και καταρρέει, μαζί με όλο το ζυμάρι. Ζυμάρια που έχουν φτάσει σε αυτό το σημείο γίνονται πλαδαρά και κολλώδη και

μειώνεται πολύ η ποιότητα της υφής του ψωμιού, όχι όμως και της γεύσης τους αρκετές φορές (Doerry, 1995).

Είδος αλευριού

Από όλα τα αλεύρια των δημητριακών, μόνο οι πρωτεΐνες του σιταριού έχουν την ικανότητα να δημιουργούν καλής ποιότητας γλουτένη. Το αλεύρι σίκαλης αν και έχει ικανή ποσότητα πρωτεϊνών, πολύ μικρό ποσοστό αυτών σχηματίζουν γλουτένη. Τα αλεύρια των υπόλοιπων δημητριακών σχηματίζουν ελάχιστη ή καθόλου γλουτένη (Kulp and Lorenz, 2003)

Από τις πρωτεΐνες του σιταριού η γλουτενίνη παρέχει την ελαστικότητα, δύναμη και συνοχή του δικτύου της γλουτένης και η γλιαδίνη παρέχει την επεκτασιμότητα, την δυνατότητα δηλαδή να τεντώνει το ζυμάρι. Συγκεκριμένα, το αλεύρι από σκληρό σιτάρι το οποίο έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, περιέχει μεγαλύτερη αναλογία γλουτενίνης προς γλιαδίνη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η γλουτένη που σχηματίζεται να έχει μεγάλη ελαστικότητα, να δίνει δηλαδή δυνατά και ελαστικά ζυμάρια. Στη γλουτένη του αλευριού από μαλακό σιτάρι συμβαίνει το αντίθετο και σαν αποτέλεσμα δίνει λιγότερο δυνατά και περισσότερο επεκτάσιμα ζυμάρια.

Το ολικής άλεσης αλεύρι, αν και έχει αρκετά μεγάλη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, δεν έχει μεγάλη ποσότητα γλουτενίνης και γλιαδίνης διότι αυτές οι πρωτεΐνες υπάρχουν μόνο στο ενδόσπερμα. Επίσης στο αλεύρι ολικής άλεσης από οποιοδήποτε δημητριακό, ο φλοιός του δημητριακού επηρεάζει αρνητικά τον σχηματισμό γλουτένης (Kulp and Lorenz, 2003).

Υγρασία

Η γλουτένη δεν υπάρχει μέσα στο αλεύρι, δημιουργείται όταν ενυδατωθούν οι πρωτεΐνες του αλευριού, οι οποίες απορροφούν δύο με τρεις φορές το βάρος τους σε νερό. Η υγρασία είναι από τα απολύτως βασικά για την δημιουργία της γλουτένης. Η γλουτένη επηρεάζεται και από την ποσότητα νερού, αν το νερό είναι πολύ λίγο δεν θα σχηματιστεί καθόλου και αν είναι πάρα πολύ, η γλουτένη γίνεται πολύ αδύναμη και το ζυμάρι καταλήγει να γίνει χυλός. (Matz, 1986).

Ακόμη και όταν το νερό δεν είναι μέσα στα υλικά μιας συνταγής, πολλά υλικά έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό. Μια παρατήρηση είναι πως δεν χρειάζεται το συστατικό να είναι υγρό για να περιέχει μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό, η μπανάνα για παράδειγμα έχει πάνω από 70% νερό (Matz, 1986).

Αλάτι

Τα περισσότερα ψωμιά περιέχουν αλάτι σε ποσοστό 1,5-2% w/w σε ποσοστά αρτοποιίας. Το αλάτι έχει πολλές λειτουργίες σε ένα ζυμάρι, αλλάζει την γεύση, αυξάνει τον χρωματισμό της κόρας, ελέγχει τον ρυθμό ζύμωσης και την δράση των ενζύμων και τελικά επηρεάζει και τη γλουτένη. Το αλάτι δίνει δύναμη στη γλουτένη, άρα μεγαλύτερο όγκο και πιο ομοιόμορφη ψίχα. Η δύναμη που προσδίδει στο ζυμάρι είναι αρκετά σημαντική, ώστε επαγγελματίες αρτοποιοί σε πολλά ζυμάρια προσθέτουν το αλάτι στο τέλος, για να μην παρουσιάζουν μεγάλη αντίσταση κατά το ζύμωμα. Όταν προστεθεί το αλάτι, το ζυμάρι σφίγγει και δεν τεντώνει εύκολα όπως πριν την προσθήκη του. (Tang et al, 2019).

Χημικά πρόσθετα

Όπως αναφέρθηκε στα είδη αλευριού, στο αλεύρι χρησιμοποιούνται διάφορα πρόσθετα όπως το ασκορβικό οξύ ή το υποχλωριώδες νάτριο, τα οποία αλλάζουν διάφορα χαρακτηριστικά του αλευριού. Πολλά από αυτά χρησιμοποιούνται και κατά την παραγωγή για χημική ωρίμανση του ψωμιού, μιας και επηρεάζουν άμεσα τη γλουτένη.

Η μεγαλύτερη χρήση παραγόντων ενδυνάμωσης και άλλων χημικών παραγόντων γίνεται στα ζυμάρια τα οποία ζυμώνονται σε μεγάλες ταχύτητες με επαγγελματικά μίξερ, καθώς οι απαιτήσεις της γλουτένης, σε αυτές τις έντονες μηχανικές επεξεργασίες, είναι μεγάλες. Στην επαγγελματική παραγωγή ψωμιού ανώτερης ποιότητας ή στην παραγωγή ψωμιού στο σπίτι η χρήση τέτοιων προσθέτων είναι παράλογη και μειώνει την τελική ποιότητα του ψωμιού. Οι ιδιότητες τους αντικαθίστανται με ανάλογες τεχνικές και αύξηση της ποιότητας των πρώτων υλών. (Tang et al, 2019).

Δράση ενζύμων

Μέσα σε κάθε αλεύρι υπάρχουν ενεργά ένζυμα, τα οποία στις κατάλληλες συνθήκες επιδρούν πάνω του. Οι πρωτεάσες είναι ένζυμα που διασπούν τις πρωτεΐνες και επηρεάζουν

άμεσα τη γλουτένη. Από την δράση τους η γλουτένη διασπάται σε μικρότερα κομμάτια και αποδυναμώνεται, γίνεται δηλαδή πιο εύπλαστη και επεκτάσιμη. Οι πρωτεάσες συνήθως υπάρχουν ήδη μέσα στο αλεύρι και δεν προστίθενται από τον αρτοποιό, με εξαίρεση κατά την πρόσθεση αλευριού από βυνοποιημένο δημητριακό. Ένα άλλο σημαντικό αποτέλεσμα της πρωτεόλυσης της γλουτένης είναι η απελευθέρωση αμινοξέων, τα οποία είναι πολύ σημαντικά για την γεύση και την μυρωδιά του ψωμιού (Colgrave et al, 2017).

Η πρωτεόλυση συμβαίνει ακόμη πιο έντονα αν δεν προστεθεί αλάτι, διότι το αλάτι περιορίζει την δράση των ενζύμων. Η θερμοκρασία επίσης επηρεάζει την δράση των ενζύμων, όπως και το pH επίσης. Οι πρωτεάσες δρουν πιο αποτελεσματικά σε υψηλές θερμοκρασίες και όξινα περιβάλλοντα, όπως στα ζυμάρια με προζύμι, τα οποία έχουν πολύ χαμηλό pH.

Η πρωτεόλυση είναι θεμιτή ως ένα σημείο, διότι αν δεν περιοριστεί μπορεί να καταστρέψει τη γλουτένη καθιστώντας το ζυμάρι ανίκανο να διογκωθεί και να διατηρήσει το σχήμα του. Το καλοκαίρι και κυρίως σε ζυμάρια με μεγάλη υγρασία, η δράση των ενζύμων είναι αυξημένη, γι' αυτό πρέπει να περιορίζονται ή να αντισταθμίζεται η δράση τους. Η θερμοκρασία του ζυμαριού ρυθμίζεται συνήθως με της θερμοκρασία των υγρών υλικών ή με την χρήση θαλάμων με συγκεκριμένη θερμοκρασία (π.χ. ψυγείο, κουζίνα). (Colgrave et al, 2017).

Χρήση προσθέτων ως μαλακτικά

Μερικά υλικά, όπως τα λίπη, τα έλαια και η ζάχαρη, έχουν την ιδιότητα να μαλακώνουν το ζυμάρι. Συγκεκριμένα τα έλαια και λίπη επικάθονται και επικαλύπτουν της πρωτεΐνες που σχηματίζουν τη γλουτένη και περιορίζουν την ικανότητά τους να απορροφούν υγρασία και σχηματίζουν δυνατή γλουτένη. Το ίδιο αποτέλεσμα έχει και η ζάχαρη, η οποία μαλακώνει το ζυμάρι αλληλεπιδρώντας με το νερό και τις πρωτεΐνες της γλουτένης.

Όταν μεγάλες ποσότητες από αυτά τα υλικά ενσωματώνονται σε ένα ζυμάρι, πρέπει να δοθεί η κατάλληλη προσοχή διότι υπάρχει πιθανότητα να μην σχηματιστεί επαρκής και δυνατή γλουτένη. Πολύ σημαντική είναι η σωστή επιλογή αλευριού και η προσθήκη αυτών των υλικών στο τελικό στάδιο του ζυμώματος, όπου θα έχει ήδη αναπτυχθεί το μεγαλύτερο μέρος της γλουτένης. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγονται οι αρνητικές επιδράσεις που έχουν στην δημιουργία και δομή της γλουτένης. (YuTang, 2019).

Δυσανεξία στη γλουτένη ή κοιλιοκάκη

Η κοιλιοκάκη είναι η δυσανεξία στη γλουτένη. Πρόκειται για μια κληρονομική πάθηση κατά την οποία ο οργανισμός αντιδρά παράγοντας αντιγλιαδινικά αντισώματα καταστρέφοντας έτσι το εσωτερικό τοίχωμα του λεπτού εντέρου. Θεωρείται αυτοάνοσο νόσημα. Η νόσος αυτή προσβάλλει κυρίως άτομα ευρωπαϊκής καταγωγής, πιο σπάνια μπορεί να εμφανιστεί σε Ασιάτες και Αμερικάνους.

Η κληρονομικότητα σε συνδυασμό με την κατανάλωση τροφών με γλουτένη μπορεί να οδηγήσει στην εκδήλωση της νόσου μπορεί όμως και όχι. Σε αυτήν την περίπτωση μπορεί κάποιες άλλες αιτίες ή ασθένειες να ενεργοποιήσουν την κοιλιοκάκη, και ενώ στην αρχή δεν εμφανίζονται συμπτώματα μετά από χρόνια να νοσήσουν. Κοιλιοκάκη εμφανίζεται και στα μωρά όταν αρχίσουν να καταναλώνουν δημητριακά στη διατροφή τους.

Η ακριβής αιτία της κοιλιοκάκης είναι άγνωστη. Όταν κάποιος με αυτή τη νόσο καταναλώσει τρόφιμα με γλουτένη τότε στο λεπτό του έντερο παρουσιάζεται φλεγμονή, που βλάπτει το περιβλήμα του λεπτού εντέρου, το οποίο κανονικά έχει μικροσκοπικές προεξοχές, τις λάχνες. Οι λάχνες είναι υπεύθυνες για την απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών από τα τρόφιμα. Όταν αυτές καταστρέφονται, καθιστούν δυσκολότερη την απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών, με αποτέλεσμα τον υποσιτισμό (Sapone et al, 2012).

Τα συμπτώματα της κοιλιοκάκης διαφέρουν από άτομο σε άτομο και μπορεί να εμφανιστούν στο πεπτικό σύστημα ή και σε άλλα μέρη του σώματος.

Πεπτικά συμπτώματα εμφανίζονται πιο συχνά στα βρέφη και τα παιδιά και μπορεί να περιλαμβάνουν:

- Κοιλιακό άλγος και φούσκωμα
- Χρόνια διάρροια
- Εμετό
- Δυσκοιλιότητα
- Χλωμά, δύσσομα ή λιπαρά κόπρανα
- Απώλεια βάρους.

Ευερεθιστότητα είναι ένα άλλο κοινό σύμπτωμα στα παιδιά που νοσούν. Δυσσαπορρόφηση θρεπτικών ουσιών κατά τη διάρκεια των ετών, όταν η διατροφή είναι ζωτικής σημασίας για

τη φυσιολογική ανάπτυξη και εξέλιξη του παιδιού μπορεί να οδηγήσει σε άλλα προβλήματα, όπως η αδυναμία να ευημερούν ως βρέφη, καθυστέρηση της ανάπτυξης και κοντό ανάστημα, καθυστερημένη εφηβεία, και ελαττωματικό σμάλτο των μόνιμων δοντιών. (Pietzak, 2012).

Οι ενήλικες είναι λιγότερο πιθανό να έχουν συμπτώματα του πεπτικού συστήματος και μπορεί να έχουν αντ' αυτού ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα:

- ανεξήγητη αναιμία ανεπάρκειας σιδήρου
- κούραση
- πόνο στα οστά ή τις αρθρώσεις
- αρθρίτιδα
- οστεοπενία ή οστεοπόρωση
- κατάθλιψη ή άγχος
- μυρμηγκιασμοί ή μούδιασμα στα χέρια και τα πόδια
- επιληπτικές κρίσεις
- χαμένη έμμηνο ρύση
- στειρότητα ή επαναλαμβανόμενες αποβολές
- πληγές στο εσωτερικό του στόματος-άφθες
- ένα δερματικό εξάνθημα με φαγούρα που ονομάζεται ερπητοειδής δερματίτιδα

Οι άνθρωποι με κοιλιοκάκη μπορεί να μην έχουν κανένα σύμπτωμα, αλλά μπορούν να αναπτύξουν επιπλοκές της νόσου με την πάροδο του χρόνου. Τα μακροχρόνια συμπτώματα περιλαμβάνουν υποσιτισμό, που μπορεί να οδηγήσει σε αναιμία, οστεοπόρωση, αποβολή, ηπατικά νοσήματα, καθώς και καρκίνο του εντέρου (Pietzak, 2012).

Παρόλη τη σοβαρότητα της πάθησης δεν υπάρχει καμία θεραπεία. Μπορεί να αντιμετωπιστεί, όμως, με μια αυστηρή διατροφή χωρίς γλουτένη. Μετά τον αποκλεισμό της γλουτένης τα συμπτώματα βελτιώνονται και ο ασθενής αρχίζει να αισθάνεται καλύτερα και να ανακτά τις δυνάμεις του.

Τα τελευταία χρόνια οι οδηγίες για μια διατροφή χωρίς γλουτένη έχουν γίνει μόδα για άτομα που θέλουν να χάσουν κιλά. Τα τρόφιμα χωρίς γλουτένη αποτελούν τη νέα τάση της

δίαιτας, γιατί υπόσχονται πιο υγιές σώμα. Σε πολλούς ακούγεται η τέλεια λύση για την απώλεια κιλών (Sapone et al, 2012).

Το περιοδικό Journal of the American Dietetic Association ανέφερε ότι δεν υπάρχουν αποδείξεις επειδή δεν υπάρχουν και μελέτες που να εξετάζουν την απώλεια βάρους σε μια δίαιτα χωρίς γλουτένη. Μόνο μια κλινική μελέτη, θα είναι σε θέση να απαντήσει σε αυτό το ερώτημα.

1.4 Ιστορική Αναδρομή των μανιταριών και αναδρομή στην καλλιέργεια τους

Τα μανιτάρια για ανθρώπινη κατανάλωση είναι γνωστά από την αρχαιότητα και αναφέρονται σε γραπτά αρχαιολογικά ευρήματα των αρχαίων Ελλήνων. Στην Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία, υπήρχαν νόμοι που αφορούσαν την εμπορία των μανιταριών. Οι Ινδιάνοι χρησιμοποιούσαν στις τελετές τους ορισμένα είδη μανιταριών (*Psilocybespp.*), τα οποία έχουν παραισθησιογόνες επιδράσεις παρόμοιες με εκείνες των ναρκωτικών (Van Griensven, 2000).

Για τα μανιτάρια υπήρχαν πολλές δοξασίες και παραδόσεις. Η συχνή εμφάνιση τους σε κυκλική διάταξη στο έδαφος αναφέρεται σαν «δακτυλίδι της νεράιδας». Ο Albert Magnus (1196 - 1280), θεωρούσε ότι τα μανιτάρια ήταν ο «αφρός της γης γι' αυτό και τόσο φθαρτά και μικρής διάρκειας».

Οι αρχαίοι Έλληνες και Ρωμαίοι ήταν ιδιαίτερα ενθουσιώδεις στην κατανάλωση των μανιταριών, αν και τα περιστατικά με δηλητηριώδη μανιτάρια δεν ήταν σπάνια σύμφωνα με τον Ευριπίδη. Τα θεωρούσαν εκλεκτό έδεσμα, ισάξιο της αμβροσίας των θεών και απέδιδαν την εμφάνιση τους στους κεραυνούς του Δία. Οι δοξασίες αυτές επικεντρώθηκαν στις τρούφες, οι οποίες αναπτύσσονται υπογείως. Κατά τον Πλούταρχο, τα μανιτάρια αυτά είναι αποτέλεσμα της θερμότητας του κεραυνού, ο οποίος περιέχει γόνιμο νερό. Η άποψη αυτή αμφισβητήθηκε από τον πατέρα της Βοτανικής Θεόφραστο, ο οποίος χρησιμοποίησε για πρώτη φορά τον όρο μύκης και ανέφερε την τρούφα με τον όρο «υδύον». (Φρατζεσκακης, 1990).

Οι χρήσεις των μανιταριών είναι γνωστές, όχι μόνο για την πρόκληση δηλητηριάσεων, αλλά και για θεραπευτικούς σκοπούς. Ακόμη και στο πρόσφατο παρελθόν ορειβάτες των Ιταλικών Άλπεων, βρήκαν πολλά μανιτάρια που αναγνωρίστηκαν κυρίως στο είδος *Piptoporus betulinus* και τα οποία χρησιμοποίησαν για να ανάβουν εύκολα φωτιά, ως φάρμακο για την θεραπεία των πληγών και ως αφέψημα κατά ασθενειών και κυρίως κρυολογημάτων. Έτσι, ακόμα και τώρα η γνώση αυτή έχει γίνει σωτηρία ζωής κυρίως για τους κατοίκους της υπαίθρου (Stamets, 1993). Οι πρώτες επιτυχείς μέθοδοι καλλιέργειας μανιταριών αναφέρονται το 300 μ.Χ. στη Κίνα και στην Ιαπωνία με τον μύκητα *Auricularia auricula - Judae*.

Η πρώτη όμως καλλιέργεια στην Ευρώπη αναφέρεται στην Γαλλία στα τέλη του 17ου αιώνα με το κοινό λευκό μανιτάρι *Agaricus bisporus*. Συγκεκριμένα, οι γεωργοί παρατήρησαν ότι συχνά αναπτύσσονταν μανιτάρια πάνω σε χωνεμένη αλογίσια κοπριά που χρησιμοποιούσαν ως λίπασμα στα λαχανικά. Έτσι επιχειρήθηκε δοκιμαστικά η καλλιέργεια μανιταριών στο ύπαιθρο, στα αγροκτήματα του Λουδοβίκου του 16ου. Η καλλιέργεια διαδόθηκε κατόπιν στην Αγγλία, Ιταλία, Γερμανία κ.λ.π. Η καλλιέργεια αρχικά γινόταν στο ύπαιθρο και στη συνέχεια σε σπηλιές, στάβλους, θερμοκήπια κ.λ.π. Πρώτος ο Chambry το 1810, είχε την ιδέα να καλλιεργήσει μανιτάρια σε κλειστούς χώρους και συγκεκριμένα χρησιμοποίησε σπηλιές και εγκαταλελειμμένα ορυχεία. Η μέθοδος αυτή αποδείχθηκε εξαιρετικά επιτυχής. (Φρατζεσκακης,1990).

Σήμερα η καλλιέργεια γίνεται κυρίως σε κατάλληλα κτίσματα με πλήρως ελεγχόμενες συνθήκες, θερμοκρασίας, υγρασίας και αερισμού (Ζερβάκης, 1998,Φραντζεσκάκης, 1990).Οι βάσεις για την συστηματική καλλιέργεια σε εμπορική κλίμακα τέθηκαν στις αρχές του 20ου αιώνα, με την παραγωγή ενδεδειγμένου πολλαπλασιαστικού υλικού -«σπόρου»), σε καθαρή μορφή για τον εμβολιασμό του υποστρώματος. Στις αρχικές προσπάθειες χρησιμοποίησαν σπόρο που προέρχονταν από φυσικούς βιότοπους μανιταριού. Οι Γάλλοι το 1799 άρχισαν να διαθέτουν «σπόρο», που μάζευαν από την φύση ή από κοπριά. Λίγο αργότερα Άγγλοι ανέπτυξαν μια μέθοδο παραγωγής «σπόρου» σε μίγμα αλογίσιας κοπριάς και αποσυντεθειμένων φύλλων. Παραγωγή «σπόρου» από καθαρή καλλιέργεια επιτεύχθηκε για πρώτη φορά από τον Chamberí το 1917 στις Η.Π.Α. Στη συνέχεια ακολούθησαν εργαστηριακές έρευνες οι οποίες έδωσαν ώθηση στην παραγωγή «σπόρου» και την καλλιέργεια του *Agaricus* αλλά και άλλων ειδών τις τελευταίες δεκαετίες (Van Griendsven, 2000).

Το 1905 ο B.M. Duggar ανέπτυξε τη μέθοδο της καλλιέργειας ψευδοϊστών για την παραγωγή «σπόρου». Παρατήρησε ότι οι ψευδοϊστοί των ώριμων μανιταριών μπορούν να καλλιεργηθούν όπως ακριβώς των πράσινων φυτών, με σκοπό την παραγωγή γενετικά όμοιων ειδών.

Μ' αυτή τη μέθοδο τα αρχικά στάδια της καλλιέργειας των μανιταριών μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο με αποτέλεσμα την προώθηση νέων μεθόδων για μια αποδοτικότερη καλλιέργεια, όπως για παράδειγμα την χρήση αποστειρωμένων υλικών και διεξαγωγή του

εμβολιασμού σε θάλαμος νηματικής ροής (laminar-flow) με αποτέλεσμα την αποφυγή μολύνσεων στη καλλιέργεια (Φρατζεσκακης, 1990).

Χημική σύσταση και θρεπτική αξία των μανιταριών

Τα κυτταρικά του τοιχώματα αποτελούνται κυρίως από χιτίνη, ενός δηλαδή πολυσακχαρίτη μεγάλου μοριακού βάρους, που αποδομείται με μεγάλη δυσκολία. Σε μερικά όμως μανιτάρια τα κυτταρικά τους τοιχώματα αποτελούνται από σύνθετα σάκχαρα και πρωτεΐνες. Σε γενικές γραμμές το 80-95% του βάρους των μανιταριών αντιστοιχεί σε νερό, το 10-20% ξηράς ουσίας είναι πρωτεΐνες 3-20% ξηρού βάρους υδατάνθρακες και μόλις το 2-8% ξηρού βάρους λιπίδια (Van Griendsven, 2000).

Η περιεκτικότητά τους σε βιταμίνες είναι σημαντική καθώς έχουν σε μεγάλη ποσότητα την βιταμίνη Α και βιταμίνες του συμπλέγματος Β ενώ σε μικρότερες ποσότητες τις βιταμίνες D, E, Κ και C. Ανόργανα στοιχεία, όπως Κ, Ρ, Ca, Fe βρίσκονται σε αφθονία. Τέλος περιέχονται ιχνοστοιχεία σε μικρές ποσότητες, τα οποία όμως είναι απαραίτητα στον άνθρωπο για τις διάφορες ενζυματικές διαδικασίες, στην σύνθεση ορμονών κ.τ.λ. Για παράδειγμα ο Cu που είναι απαραίτητος στον σχηματισμό ερυθρών αιμοσφαιρίων έχει βρεθεί ότι περιέχεται στα μανιτάρια σε υψηλές συγκεντρώσεις.

Έχει αναφερθεί ότι η κατανάλωση των μανιταριών συμβάλει στον μεταβολισμό της χοληστερίνης και στην διατήρηση της σε χαμηλά επίπεδα λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας τους σε λίπη, ενώ παράλληλα θεωρείται κατάλληλη τροφή για τους διαβητικούς, λόγω της μικρής συγκέντρωσης τους σε σάκχαρα. Επιπλέον βοηθάει στην θεραπεία της αναιμίας με το υψηλό ποσοστό φολικού οξέως (Διαμαντής, 1992). Τέλος, ένα είδος μανιταριού Shiitakes επειδή έχει κάποια χαρακτηριστικά και ιδιότητες που το χαρακτηρίζουν ως μανιτάρι ιδιαίτερης διαιτητικής και φαρμακευτικής αξίας (Van Griendsven, 2000).

1.5 Μανιτάρια και Παρασκευή λειτουργικών τροφίμων

«Λειτουργικά τρόφιμα» θεωρούνται τα τρόφιμα και τα ποτά, τα οποία, με βάση επιστημονικές αποδείξεις, φέρονται να παρέχουν οφέλη στην υγεία, είτε έχουν υποστεί τροποποίηση έτσι ώστε να αυξηθεί η περιεκτικότητα των ωφέλιμων συστατικών (Filipa et al, 2017).

Αυτό που τα ξεχωρίζει από τα κοινά τρόφιμα είναι ότι παρέχουν οφέλη πέρα από τη θρεπτική αξία τους αυτή καθαυτή (π.χ. από την περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνες ή βιταμίνες) και ορισμένες φορές, τα οφέλη αυτά προκύπτουν από την ενίσχυσή τους με συγκεκριμένα συστατικά (El Enshasy et al, 2013).

Οι διάφορες τροφές, περιέχουν φυσικά θρεπτικά συστατικά που χρειάζεται το σώμα μας για να είναι υγιές. Όταν τρώμε ένα μήλο, ωφελούμαστε από τις φυτικές του ίνες, αλλά και από τις βιταμίνες και τα ανόργανα συστατικά που περιέχει. Επιπλέον, τα μήλα περιέχουν φυτοχημικά θρεπτικά συστατικά που μπορεί να επιβραδύνουν τη διαδικασία γήρανσης και προσφέρουν προστασία από ορισμένες ασθένειες όπως ο καρκίνος και οι καρδιοπάθειες. Τα μήλα είναι ένα είδος λειτουργικών τροφίμων, διότι παρέχουν οφέλη για την υγεία που υπερβαίνουν αυτά των απλών τροφίμων. Τα φυτοθρεπτικά συστατικά που περιέχουν, προσφέρουν πρόσθετη προστασία κατά των διαφόρων ασθενειών. (Zhang, 2018).

Οι εταιρείες τροφίμων έχουν προχωρήσει αυτή την ιδέα ένα βήμα παραπέρα, εμπλουτίζοντας και ενισχύοντας τα επεξεργασμένα τρόφιμα, με συστατικά των τροφίμων που θεωρείται ότι προσφέρουν επιπλέον οφέλη για την υγεία. Για παράδειγμα, μπορείτε να βρείτε αυγά και γιαούρτι, που περιέχουν τα ωφέλιμα για την καρδιά ωμέγα-3 λιπαρά, χυμό πορτοκαλιού ενισχυμένο με βιταμίνη D και μαργαρίνες με φυτικά συστατικά που ονομάζονται φυτοστερόλες που βοηθούν στη μείωση των επιπέδων χοληστερόλης. Επίσης τα ενισχυμένα με προβιοτικά γαλακτοκομικά προϊόντα και τα dressings, είναι ένα ακόμη παράδειγμα λειτουργικών τροφίμων που αυξάνονται σε δημοτικότητα. (El Sohaimy, 2012).

Λειτουργικά τρόφιμα με βάση παραγωγής τους τα μανιτάρια

Βιοδραστικές ιδιότητες των μανιταριών που τους προσδίδουν τίτλο των λειτουργικών τροφίμων. Όταν σκεφτόμαστε μια ισορροπημένη διατροφή και τα πιο υγιεινά μέσα που για να την επιτύχουν, τα φυτά και τα φυτικά προϊόντα έρχονται αμέσως να το μυαλό όπως και τα μανιτάρια. Παρόλο που έχει αναφερθεί η χρήση τους για χιλιάδες χρόνια, μόνο τα τελευταία χρόνια, η κατανάλωση μανιταριών αυξήθηκε, κυρίως λόγω της αυξάνοντας την ευαισθητοποίηση ότι μια σταθερή και ισορροπημένη διατροφή ασκεί ένα ρόλο κλειδί στην κανονική λειτουργία του σώματος και τη διατήρηση της υγείας. (Filipa 2017).

Καταναλώνονται για την υφή, το άρωμά τους και τη γεύση τους όπως επίσης διότι τα μανιτάρια είναι εξαιρετική επιλογή τόσο για τη θρεπτική τους αξία όσο και για τις φαρμακευτικές τους ιδιότητες (Valverde et al, 2015).

Πράγματι, μερικοί συγγραφείς θεωρούν τα μανιτάρια ως "εγγενείς λειτουργικές τροφές". Η χημική τους σύνθεση περιλαμβάνει πολλές βιοδραστικές ιδιότητες που τους δίνει τη δυνατότητα να ασκούν ευεργετικές επιπτώσεις σε διάφορα επίπεδα. Αυτές οι βιοδραστικές ιδιότητες κάνει τα μανιτάρια ανοσορρυθμιστικά, αντικαρκινικά, κατά της χοληστερίνης, αντιβακτηριακά και αντιμυκητιακά, αντιδιαβητικά, και έχουν καρδιαγγειακό όφελος (Valverde et al, 2015).

Αντιοξειδωτικές ιδιότητες των μανιταριών

Τα μανιτάρια έχουν αναφερθεί ως πηγή αρκετών αντιοξειδωτικών. Αυτές περιλαμβάνουν τις φαινολικές ενώσεις, τη βιταμίνη C και το E και τα καροτενοειδή (Ferreiraetal, 2009). Στην πραγματικότητα, πολλά εκχυλίσματα μανιταριών έχουν μελετηθεί για την αντιοξειδωτική τους δυνατότητα. Αυτά οι μελέτες ανέφεραν μια άμεση σχέση μεταξύ των ενώσεων που υπάρχουν στα εκχυλίσματα (κυρίως φαινολικές ενώσεις) και τη βιοδραστικότητα. Συνολικά, αυτές οι μελέτες δείχνουν ότι τα εκχυλίσματα μανιταριών θα μπορούσαν να είναι δυνητικά βιοενεργά συστατικά για χρήση στη διαμόρφωση λειτουργικών τροφών καθώς και φυσικών αντιοξειδωτικών στα τρόφιμα (Brandt and Piraino, 2000).

Η χρήση των εκχυλισμάτων των μανιταριών σε λειτουργικά τρόφιμα

Παρόλο που υπάρχουν πολλές πληροφορίες σχετικά με τη φαρμακευτικές ιδιότητες των μανιταριών και των συστατικών τους, η ενσωμάτωσή τους σε τρόφιμα όπως τα λειτουργικά τρόφιμα δεν έχει μελετηθεί πλήρως, παρόλο που αυτό είναι ένα σπουδαίος τομέας γνώσης. Από εμπορική άποψη, αυτό συνεπάγεται τη δυνατότητα λήψης νέων τροφίμων με καινούρια γεύση. Από την άποψη του ίδιου του τροφίμου, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε όλες τις πιθανές αλληλεπιδράσεις που θα μπορούσαν να προαναστέλλουν ή αναστέλλουν τη βιοδραστικότητα που κατανέμεται σε κάθε εκχύλισμα. Είναι γνωστό ότι η βιοδραστικότητα που συνδέεται με ένα εκχύλισμα μπορεί να επηρεαστεί από τις δραστηριότητες επεξεργασίας ή από άλλα συστατικά που εμπεριέχονται στα τρόφιμα (Dubost et al, 2007).

Παρόλο που οι πληροφορίες παραμένουν πολύ σπάνιες, διαπιστώνονται ορισμένα εμπόδια στη συμπερίληψη ορισμένων ενώσεων που εξάγονται από τα μανιτάρια στα τρόφιμα (για να ενισχυθεί η γεύση, διατήρηση και η λειτουργικότητα τους), υπάρχουν πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα. Σήμερα, είναι πολύ κοινό η εύρεση στην αγορά πολλών προϊόντων συμπληρωμένα με διαιτητικές ίνες, προωθώντας έτσι την ανάπτυξη διαιτητικών τροφίμων (χαμηλά σε θερμίδες, χοληστερόλη και λίπος).

Σιτάρι, βρώμη, κριθάρι και το ρύζι χρησιμοποιούνται συχνά για τον εμπλουτισμό των προϊόντων δημητριακών με ίνες. Δεδομένου ότι τα μανιτάρια είναι φυσικά προϊόντα πλούσια σε φυτικές ίνες, θεωρούνται επίσης μια εξαιρετική επιλογή για την αντικατάσταση των δημητριακών που χρησιμοποιούνται κατά μεγάλο ποσοστό από πολλούς ανθρώπους για καλή διατροφή (Vincenzo Fogliano, 2019).

Επίσης, μυκήλια μανιταριών χρησιμοποιήθηκαν αντί 5% του αλευριού για την παρασκευή ψωμιού. Με αυτό το πείραμα το συμπέρασμα ήταν ότι η ενσωμάτωση αυτή δεν επηρέασε αρνητικά το ψωμί ίσε υφή και το ψωμί εμπλουτισμένο με μυκήλιο μανιταριού έδειξε υψηλότερο <<umami>> από το λευκό ψωμί. Επιπλέον, η ενσωμάτωση μπορεί να έχει ευεργετικές επιπτώσεις στην υγεία, δεδομένου ότι το συμπληρωμένο ψωμί περιέχει σημαντικές ποσότητες των αμινοξέων σολαμινοβουτυρικό οξύ (GABA) και εργοθειονίνη (Dubost et al, 2007).

1.6 Μανιτάρια Shiitake

Το Shiitake (*Lentinula Edodes*) είναι ένα εδώδιμο μανιτάρι που καλλιεργείται εδώ και αιώνες στην Ασία και τα τελευταία χρόνια σε όλον τον κόσμο . Η εξαιρετική και πικάντικη γεύση του σε συνδυασμό με τις θεραπευτικές ιδιότητές του το έχουν αναδείξει ως το δεύτερο σε παραγωγή μανιτάρι παγκοσμίως. Στην Ελλάδα μέχρι πρότινος δεν ήταν ευρέως γνωστό αλλά πλέον υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον.

ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ	Μερίδα αναφοράς 100γρ
Θερμίδες σε Kcal	259
Λιπαρά	0,7 g
Κορεσμένα λίπη	0,13 g
Μονοακόρεστα λίπη	0,08 g
Πολυακόρεστα λίπη	0,49 g
Υδατάνθρακες	22 g
Σάκχαρα	1,2 g
Φυτικές ίνες	38 g
Πρωτεΐνες	22 g
Αλάτι	0,09 g
ΒΙΤΑΜΙΜΗ D	2200 μg

Πίνακας 1 : Διατροφική επισήμανση των αποξηραμένων μανιταριών Shiitake ανά 100g.

ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός του πειράματος είναι να μελετηθεί ο ρόλος των εκχυλισμάτων των μανιταριών στην παρασκευή και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψωμιού. Για την επίτευξη του σκοπού παρασκευάστηκαν ψωμιά με εκχυλίσματα μανιταριών και μελετήθηκε η επίδραση στο χρώμα και στη δομή των τελικών προϊόντων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Εργαστηριακοί Μέθοδοι

Παρασκευή Ψωμιού

Αρχικά για την παρασκευή του ψωμιού (control) χρησιμοποιήθηκαν τα εξής υλικά:

- 400 mL Νερού
- 7g μαγιά ξερή
- 650 g αλεύρι
- 25 g αλάτι
- Αποξηραμένα μανιτάρια 'Shiitake'

Όμως, για την παρασκευή ψωμιού με προσθήκη εκχυλίσματος μανιταριών, αντί για 400 mL νερού, χρησιμοποιούνται 400ml εκχυλίσματος μανιταριού με περιεκτικότητα 3% w/w, 6% w/w και 10% w/w αντίστοιχα .

Στη συνέχεια για την παρασκευή της ζύμης χρησιμοποιήθηκαν τα παραπάνω υλικά σε ελεγχόμενες συνθήκες χρόνου- ανάμιξης και θερμοκρασίας. Έπειτα από το πέρας αυτού του χρονικού διαστήματος, χρησιμοποιήθηκαν 2 φόρμες για την τοποθέτηση της ζύμης σε αυτές όπου ακολούθησε η ζύμωση της ζύμης του ψωμιού με την παραμονή της ζύμης για 1 ώρα στους 37 C°.

Μετά το πέρας της 1 ώρας τοποθετήθηκαν τα μεταλλικά σκεύη με την ζύμη σε φούρνο (με προθέρμανση) στους 180 C° για 55 λεπτά. Τέλος, με το άνοιγμα του φούρνου, έχοντας έτοιμα πλέον τα ψωμιά στα δυο αυτά σκεύη, τα αποθηκεύσαμε σε θερμοκρασία δωματίου για περίπου δύο περίπου μέρες.

Τέλος, η ποσότητα των ψωμιών που παρασκευάστηκαν για αυτή την έρευνα είναι: 4 ψωμιά χωρίς προσθήκη εκχυλίσματος μανιταριού (control), 4 ψωμιά με περιεκτικότητα σε εκχύλισμα μανιταριού 3% w/w, 4 ψωμιά με περιεκτικότητα σε εκχύλισμα μανιταριού 6% w/w και 4 ψωμιά με περιεκτικότητα σε εκχύλισμα μανιταριού 10% w/w. Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις φέτες όλων των ψωμιών.

Παρασκευή Εκχυλισμάτων

Χρησιμοποιήθηκαν εμπορικά αποξηραμένα μανιτάρια Shiitake: Παίρνοντας την ανάλογη ποσότητα γραμμαρίων αποξηραμένων μανιταριών που χρειαζόμαστε, για να έχουμε την περιεκτικότητα σε εκχύλισμα μανιταριού που χρειαζόμαστε. Δηλαδή για να παρασκευαστεί εκχύλισμα μανιταριού με περιεκτικότητα σε αυτό 3% w/w, 6% w/w και 10% w/w, απαιτούνταν 12g, 24g και 40g αποξηραμένων μανιταριών αντίστοιχα, σε 100 mL νερού. Τοποθετούμε το νερό και την ποσότητα από αποξηραμένα μανιτάρια σε ένα ποτήρι ζέσεως και χρησιμοποιώντας μαγνητική πλάκα αφήνεται εκεί για 30 λεπτά σε 70°C, χρησιμοποιώντας θερμομέτρο για την παρατήρηση της θερμοκρασίας.

Μέτρηση Χρώματος

Οι μετρήσεις χρώματος των δειγμάτων έγιναν με το χρωματόμετρο Miniscan XE Plus, στους 20 °C. Οι μετρήσεις έγιναν τρεις φορές για κάθε δείγμα και μετρήθηκαν οι παρακάτω συντελεστές.

L*: φωτεινότητα που κυμαίνεται από 2 (μαύρο) έως 100 (λευκό)

a*: διαβάθμιση χρώματος από -120* (πράσινο) έως +120* (κόκκινο)

b*: διαβάθμιση χρώματος από -120* (μπλε) έως +120* (κίτρινο)

Μέτρηση Δομής

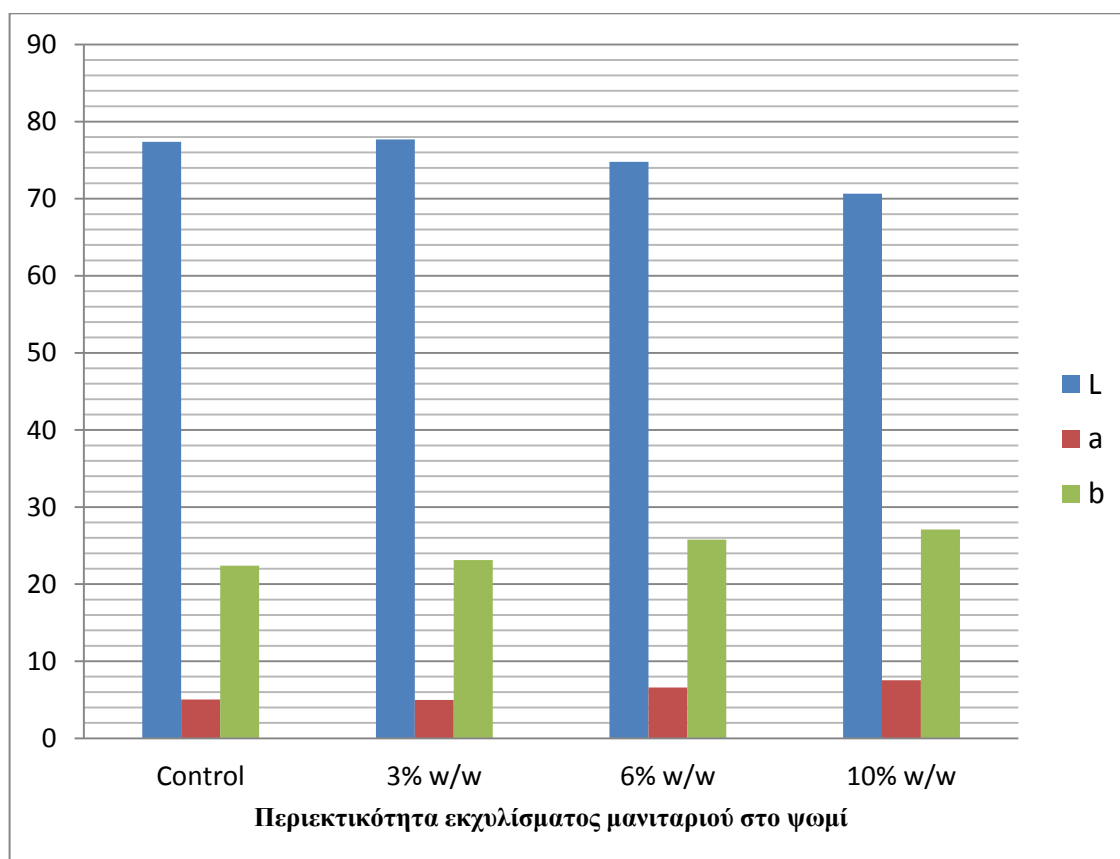
Οι μετρήσεις δομής των δειγμάτων έγιναν με τον αναλυτή δομής Controlled Electronic Tensile Tester TC1000. Ο αναλυτής διαθέτει συνδεδεμένο υπολογιστή όπου καταγράφονται οι τιμές της μέγιστης δύναμης σε Newton (N) συναρτήσει του χρόνου και του ποσοστού παραμόρφωσης. Η ταχύτητα καθόδου του εμβόλου ήταν 100 mm/min και η διάμετρος του 1,8 cm. Η. Το κάθε δείγμα μετρήθηκε τρεις φορές. Χρησιμοποιήθηκαν 2 φέτες από κάθε ψωμί (control, 3% w/w, 6 % w/w, 10% w/w).

Fmax: Μέγιστη δύναμη που απαιτήθηκε για την παραμόρφωση του δείγματος.

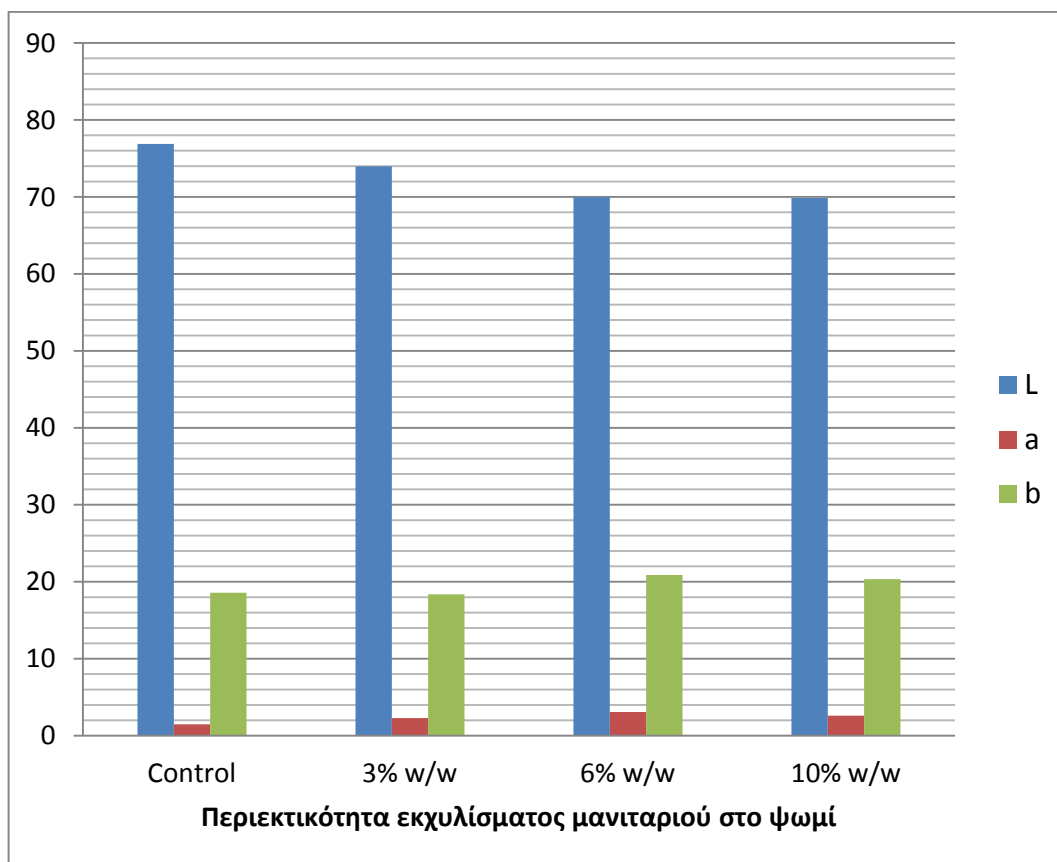
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μέτρηση χρώματος

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του ψωμιού είναι το χρώμα του, το οποίο προδιαθέτει τον καταναλωτή για την αγορά του. Το χρώμα στην κόρα του ψωμιού οφείλεται σε μια σειρά από αντιδράσεις όπως καραμελοποίησης και αντιδράσεως Maillard. Σε αυτή την έρευνα μελετήσαμε τι χρώμα τόσο στην κόρα όσο και στην ψίχα και συγκεκριμένα τους παράγοντες L, a και b.



Σχήμα 1. Μέτρηση χρώματος κόρας ψωμιού.



Σχήμα 2. Μέτρηση χρώματος ψίχας ψωμιού.

Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, σαν συμπέρασμα από τα παραπάνω σχήματα βγαίνει πως η παράμετρος φωτεινότητας (L: lightness), στην ψίχα της φέτας του ψωμιού είναι μεγαλύτερη στο control ψωμί και μειώνεται όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του εκχυλίσματος μανιταριού στο ψωμί (3% w/w, 6% w/w, 10% w/w), αυτή η διαφορά παρουσιάζεται σχεδόν ίδια και στην επανάληψη του πειράματος. Το ίδιο ισχύει και για τις μετρήσεις στην κόρα της φέτας, δηλαδή παρατηρείται πως η παράμετρος L είναι μεγαλύτερη στο control ψωμί και ελαττώνεται καθώς προσθέτουμε εκχύλισμα μανιταριού στο ψωμί. Δηλαδή τα ψωμιά με προσθήκη εκχυλίσματος είναι πιο σκουρόχρωμα σε σχέση με το αρχικό μας δείγμα (control).

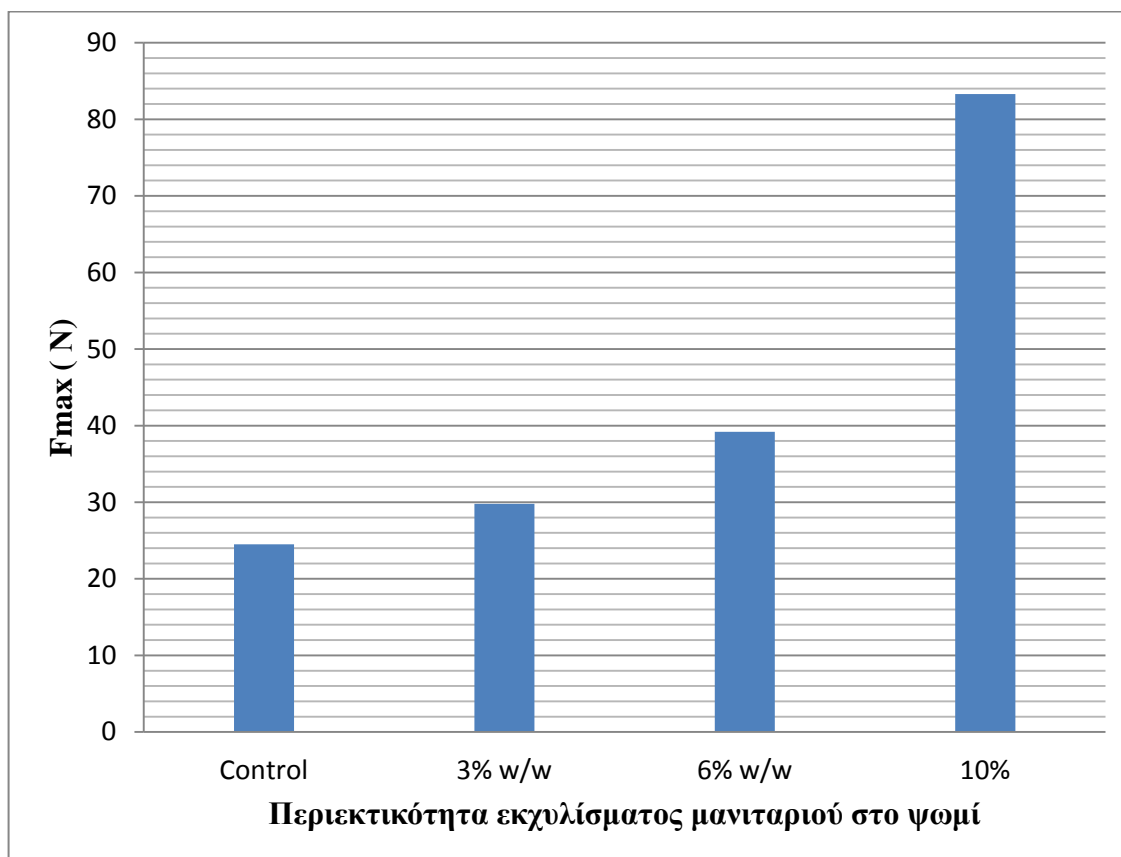
Η παράμετρος χρωματικότητας a, που δείχνει πόσο κοκκινίζει (θετικές τιμές) ή πρασινίζει (αρνητικές τιμές) ένα τρόφιμο, είναι μεγαλύτερη στα ψωμιά που περιέχουν εκχύλισμα μανιταριού και στην κόρα αλλά και στην ψίχα της φέτας .

Η παράμετρος χρωματικότητας b , που δείχνει πόσο κιτρινίζει (θετικές τιμές) ή πόσο μπλέ γίνεται (αρνητικές τιμές) ένα τρόφιμο, σε όλες τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, παρατηρείται ότι όσο μεγαλύτερη συγκέντρωση της περιεκτικότητας του εκχυλίσματος τόσο μεγαλύτερο b παρουσιάζεται.

Τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος από τις μετρήσεις που έγιναν στις φέτες όλων των ψωμιών που παρασκευάστηκαν.

Δομή

Η σκληρότητα είναι βασικό χαρακτηριστικό της δομής.

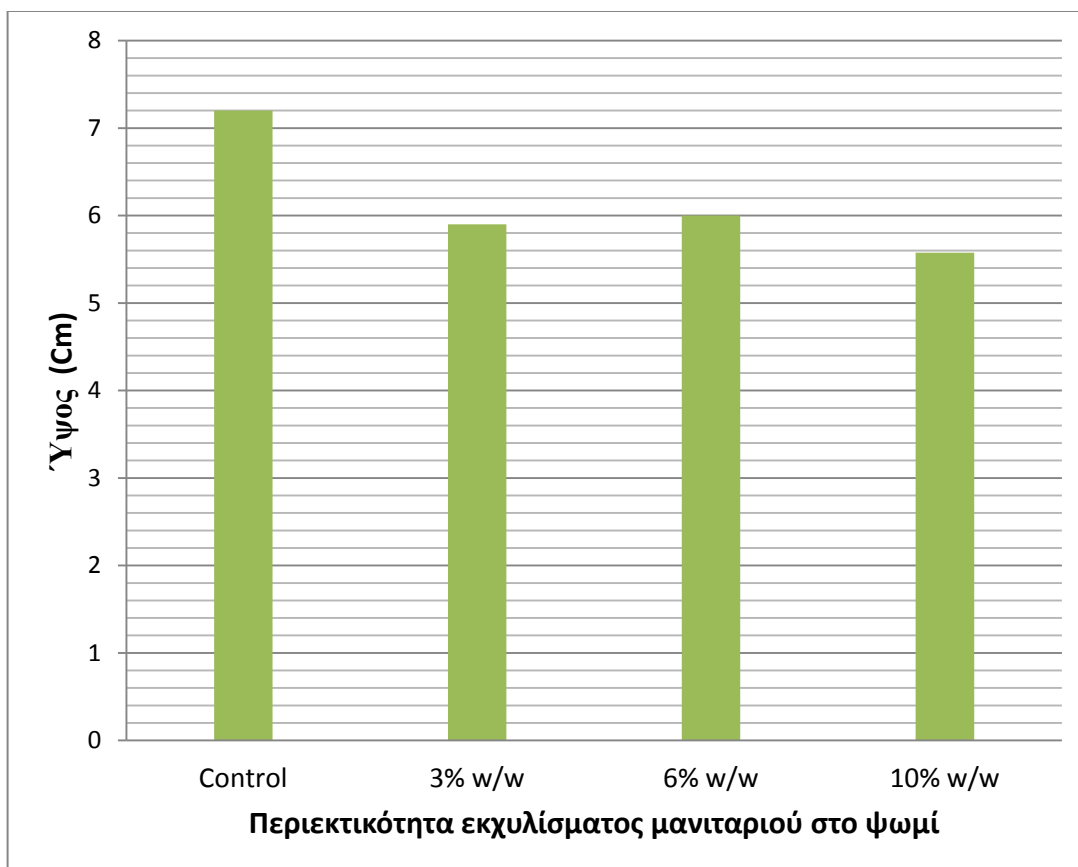


Σχήμα 3. Μέτρηση δομής στη φέτα ψωμιού.

Από το παραπάνω σχήμα μέτρησης δομής παρατηρείται στο Σχήμα 3 πως όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα εκχυλίσματος μανιταριού, τόσο μεγαλύτερη δύναμη απαιτείται για την παραμόρφωση του δείγματος, με μεγάλη διαφορά στο δείγμα το οποίο περιέχει 10% w/w περιεκτικότητα εκχυλίσματος, που χρειάζεται την μεγαλύτερη δύναμη για την παραμόρφωση του. Αυτή η διαφορά είναι το πιο πιθανό να παρουσιάζεται διότι το ζυμάρι που δημιουργήθηκε με την προσθήκη εκχυλίσματος μανιταριού, παρατηρήθηκε να μην τεντώνει εύκολα κατά τον σχηματισμό, οπότε πρέπει να είχε πάρα πολύ δυνατή γλουτένη. Πολύ δυνατή γλουτένη καταστρέφει την υφή της ψίχας του ψωμιού και γίνεται πυκνή με μικρές κατανεμημένες κυψελίδες. Τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος από τις μετρήσεις που έγιναν στις φέτες όλων των ψωμιών που παρασκευάστηκαν.

Μέτρηση Ύψους

Μετρώντας το ύψος των φετών χρησιμοποιώντας παχύμετρο πήραμε τα παρακάτω αποτελέσματα.



Σχήμα 4. Μέτρηση του ύψους φέτας ψωμιού.

Από τις μετρήσεις του ύψους στις φέτες παρατηρείται στο Σχήμα 4 ότι στα ψωμιά με προσθήκη εκχυλίσματος μανιταριού έχουμε μια αξιοσημείωτη μείωση τουλάχιστον του ενός εκατοστού σε σχέση με το control ψωμί. Πιο συγκεκριμένα αν συγκριθεί η διαφορά ύψους στις φέτες από το control ψωμί με τις φέτες του ψωμιού με ποσοστό σε εκχύλισμα μανιταριού 10% w/w διαπιστώνεται η μεγαλύτερη διαφορά, κάτι που μπορεί να φανεί και με γυμνό μάτι στις Εικ.1 και Εικ.4. Επίσης είναι πολύ πιθανό να έχει επηρεαστεί αρνητικά η δημιουργία γλουτένης και έτσι δεν έχουμε μια ικανοποιητική διόγκωση στο ψωμί

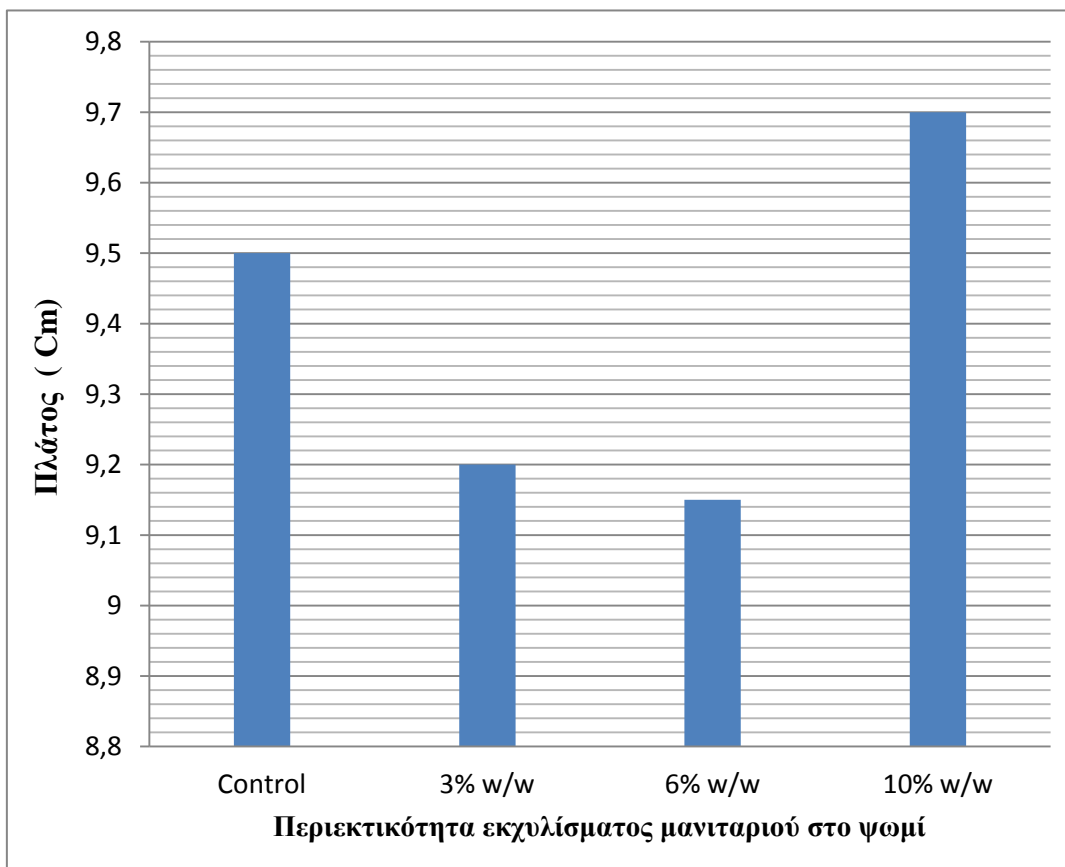
Η γλουτένη σχηματίζει ένα πλέγμα κυψελών που έχει την ικανότητα να εγκλωβίζει τα αέρια που παράγονται κατά την ζύμωση και σαν συνέπεια να φουσκώνει το ζυμάρι. Αν ένα ζυμάρι δεν έχει επαρκώς σχηματισμένη γλουτένη, διογκώνεται ελάχιστα ή καθόλου κατά την

ζύμωση και το εσωτερικό του είναι πολύ πυκνό και μερικές φορές μένει άψητο καθώς η θερμοκρασία δυσκολεύεται να φτάσει στο κέντρο κατά το ψήσιμο

Τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος από τις μετρήσεις που έγιναν στις φέτες όλων των ψωμιών που παρασκευάστηκαν.

Μέτρηση Πλάτους

Μετρώντας το πλάτος των φετών χρησιμοποιώντας παχύμετρο πήραμε τα παρακάτω αποτελέσματα.



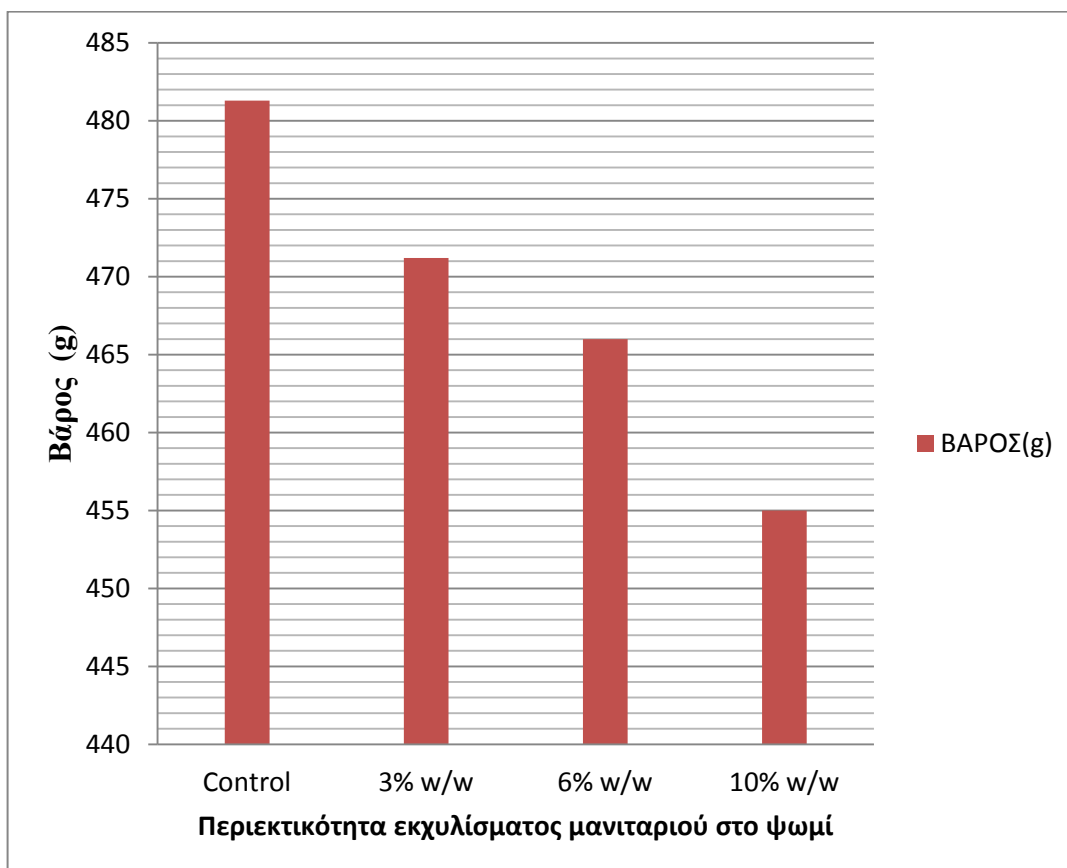
Σχήμα 5. Μέτρηση του πλάτους φέτας ψωμιού.

Από τις μετρήσεις του πλάτους στις φέτες παρατηρείται στο Σχήμα 5 ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στις τιμές των 4 ψωμιών, αν και παρουσιάζεται μια μικρή αύξηση στα ψωμιά με περιεκτικότητα σε εκχύλισμα μανιταριού 10% w/w. Δηλαδή το εκχύλισμα μανιταριού δεν φαίνεται να έχει επηρεάσει το πλάτος στις φέτες των ψωμιών.

Τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος από τις μετρήσεις που έγιναν στις φέτες όλων των ψωμιών που παρασκευάστηκαν.

Μέτρηση Βάρους

Στη μελέτη αυτή μελετήσαμε τα βάρη των ψωμιών που παρασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας ψηφιακή ζυγαριά.



Σχήμα 6. Μέτρηση του βάρους ψωμιού.

Από τις μετρήσεις του βάρους στα ψωμιά παρουσιάζεται μια αξιοσημείωτη διαφορά στις τιμές βάρους των ψωμιών με την προσθήκη εκχυλίσματος μανιταριού σε σχέση με αυτόν του control.ψωμιού, αλλά είναι λογικό διότι έχουμε μια αρκετά σημαντική διαφορά στο πλάτος των φετών, άρα ήταν αναμενόμενο να παρατηρείται και χαμηλότερο βάρος σε αυτές. Επίσης οι διαφορές στα βάρη των ψωμιών είναι κλιμακωτές, δηλαδή το μεγαλύτερο βάρος παρουσιάζεται στο control ψωμί και αρχίζει να μειώνεται σταδιακά όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό σε εκχύλισμα μανιταριού.

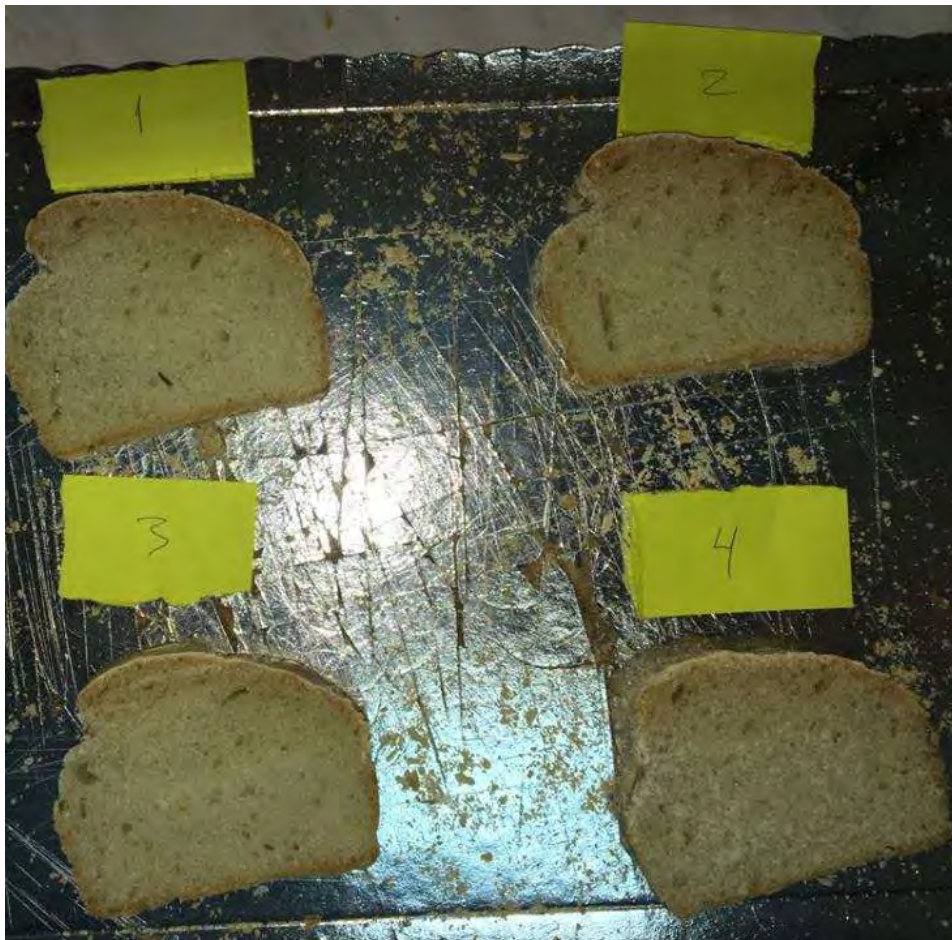
Τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος από τις μετρήσεις που έγιναν σε όλα τα ψωμιά που παρασκευάστηκαν.



Εικόνα 1. Φέτες με περιεκτικότητα 10% w/w



Εικόνα 2. Φέτες με περιεκτικότητα 6% w/w



Εικόνα 3. Φέτες με περιεκτικότητα 3% w/w



Εικόνα 4.Φέτες (control)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η μεταπτυχιακή αυτή διατριβή πραγματοποιήθηκε με σκοπό να δούμε πως επηρεάζονται τα χαρακτηριστικά του ψωμιού με την προσθήκη εκχυλίσματος μανιταριού. Από τις μετρήσεις, το γενικό συμπέρασμα είναι πως επηρεάζει δραστικά τα χαρακτηριστικά του ψωμιού και επεμβαίνει αρνητικά σε κάποιες διαδικασίες κατά τη παρασκευή του, που όπως παρατηρήθηκε πιο ειδικά ήταν η διαδικασία ζύμωσης όπου το ζυμάρι ήταν πολύ δύσκολο να τεντωθεί και γενικά είχε μια υφή σκληρή, που δεν ήταν εύκολο στη διαμόρφωση του στο σχήμα που θέλαμε. Επίσης παρατηρήθηκε μικρή διόγκωση του ζυμαριού, ακόμα και μετά την τοποθέτηση του στον επωαστήρα. Ακόμη σε όλες τις μετρήσεις παρατηρήθηκε ότι όσο αυξανόταν το ποσοστό του εκχυλίσματος μανιταριού τόσο πιο μεγάλες διαφορές υπήρχαν στα ποιοτικά χαρακτηριστικά με το control ψωμί.

Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, σαν συμπέρασμα από τα σχήματα 1 και 2 βγαίνει πως η παράμετρος φωτεινότητας (L: lightness), στην ψίχα της φέτας του ψωμιού είναι μεγαλύτερη στο control ψωμί και μειώνεται όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του εκχυλίσματος μανιταριού στο ψωμί (3%w/w, 6%w/w, 10%w/w), αυτή η διαφορά παρουσιάζεται σχεδόν ίδια και στην επανάληψη του πειράματος.

Το ίδιο ισχύει και για τις μετρήσεις στην κόρα της φέτας, δηλαδή παρατηρείται πως η παράμετρος L είναι μεγαλύτερη στο control ψωμί και ελαττώνεται καθώς προσθέτουμε εκχύλισμα μανιταριού στο ψωμί. Δηλαδή τα ψωμιά με προσθήκη εκχυλίσματος είναι πιο σκουρόχρωμα σε σχέση με το αρχικό μας δείγμα(control). Αυτό διακρίνεται και στις Εικ1,2,3 και 4 όπου στο control ψωμί φαίνονται αρκετά πιο λευκές οι φέτες από ότι στις άλλες(ειδικά στην Εικ. 2) . Επίσης παρατηρείται ότι η παράμετρος L μειώνεται σταδιακά, δηλαδή η μικρότερη μείωση παρουσιάζεται στο ψωμί με 3% w/w και η μεγαλύτερη μείωση παρουσιάζεται στο στο ψωμί με 10% w/w ποσοστό σε εκχύλισμα.

Η παράμετρος χρωματικότητας a, που δείχνει πόσο κοκκινίζει (θετικές τιμές) ή πρασινίζει (αρνητικές τιμές) ένα τρόφιμο, είναι μεγαλύτερη στα ψωμιά που περιέχουν εκχύλισμα μανιταριού και στην κόρα αλλά και στην ψίχα της φέτας .

Η παράμετρος χρωματικότητας b , που δείχνει πόσο κιτρινίζει (θετικές τιμές) ή γίνεται μπλέ (αρνητικές τιμές) ένα τρόφιμο, σε όλες τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, παρατηρείται ότι όσο μεγαλύτερη συγκέντρωση της περιεκτικότητας του εκχυλίσματος τόσο μεγαλύτερο b παρουσιάζεται.

Τελικώς, από όλες τις μετρήσεις και τις γενικές παρατηρήσεις στις φέτες από τα ψωμιά αυτά, είναι πως οι φέτες με την προσθήκη εκχυλίσματος μανιταριού γίνονται αισθητά προς το μάτι πιο σκουρόχρωμα από ότι οι φέτες του control ψωμιού, και στην κόρα και στην ψίχα.

Από το Σχήμα 3 μέτρησης δομής παρατηρείται πως όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα εκχυλίσματος μανιταριού, τόσο μεγαλύτερη δύναμη απαιτείται για την παραμόρφωση του δείγματος, με μεγάλη διαφορά στο δείγμα το οποίο περιέχει 10% w/w περιεκτικότητα εκχυλίσματος, που χρειάζεται την μεγαλύτερη δύναμη για την παραμόρφωση του. Αυτή η διαφορά είναι το πιο πιθανό να παρουσιάζεται διότι το ζυμάρι που δημιουργήθηκε με την προσθήκη εκχυλίσματος μανιταριού, παρατηρήθηκε να μην τεντώνει εύκολα κατά τον σχηματισμό, οπότε πρέπει να είχε πάρα πολύ δυνατή γλουτένη. Πολύ δυνατή γλουτένη καταστρέφει την υφή της ψίχας του ψωμιού και γίνεται πυκνή με μικρές κατανεμημένες κυψελίδες. Οπότε, είναι προφανές ότι οι φέτες με την προσθήκη εκχυλίσματος είναι αρκετά σκληρές, κάτι που παρατηρήθηκε ακόμα και με την υφή από τις φέτες αυτές κατά την ψηλάφηση τους. Αυτό είναι πολύ αρνητικό καθώς ένα σκληρό ψωμί είναι δύσκολο να μασηθεί, ακόμα και να αγοραστεί αν τυχόν ποτέ έβγαινε σε αρτοποιία προς κατανάλωση.

Από τις μετρήσεις στο ύψος στις φέτες παρατηρείται στο Σχήμα 4 ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στις τιμές των 4 ψωμιών, αν και παρουσιάζεται μια μικρή αύξηση στα ψωμιά με περιεκτικότητα σε εκχύλισμα μανιταριού 10% w/w. Δηλαδή το εκχύλισμα μανιταριού δεν φαίνεται να έχει επηρεάσει το ύψος στις φέτες των ψωμιών.

Από τις μετρήσεις στο πλάτος στις φέτες παρατηρείται στο Σχήμα 5 ότι στα ψωμιά με προσθήκη εκχυλίσματος μανιταριού έχουμε μια αξιοσημείωτη μείωση τουλάχιστον του ενός εκατοστού σε σχέση με το control ψωμί. Ειδικά οι διαφορές που παρουσιάζονται ανάμεσα στο control ψωμί και στο ψωμί που περιέχει 10% w/w σε ποσοστό εκχύλισμα μανιταριού είναι αρκετά μεγάλες κοντά στα 2 cm.

Είναι πολύ πιθανό να έχει επηρεαστεί αρνητικά η δημιουργία γλουτένης και έτσι δεν έχουμε μια ικανοποιητική διόγκωση στο ψωμί. Η γλουτένη σχηματίζει ένα πλέγμα κυψελών που έχει την ικανότητα να εγκλωβίζει τα αέρια που παράγονται κατά την ζύμωση και σαν συνέπεια να φουσκώνει το ζυμάρι. Αν ένα ζυμάρι δεν έχει επαρκώς σχηματισμένη γλουτένη, διογκώνεται ελάχιστα ή καθόλου κατά την ζύμωση και το εσωτερικό του είναι πολύ πυκνό και μερικές φορές μένει άψητο καθώς η θερμοκρασία δυσκολεύεται να φτάσει στο κέντρο κατά το ψήσιμο.

Από τις μετρήσεις του βάρους στα ψωμιά παρουσιάζεται μια αξιοσημείωτη διαφορά στις τιμές βάρους των ψωμιών με την προσθήκη εκχυλίσματος μανιταριού σε σχέση με αυτών του control.ψωμιού, αλλά είναι λογικό διότι έχουμε μια αρκετά σημαντική διαφορά στο πλάτος των φετών, άρα ήταν αναμενόμενο να παρατηρείται και χαμηλότερο βάρος σε αυτές. Επίσης οι διαφορές στα βάρη των ψωμιών είναι κλιμακωτές, δηλαδή το μεγαλύτερο βάρος παρουσιάζεται στο control ψωμί και αρχίζει να μειώνεται σταδιακά όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό σε εκχύλισμα μανιταριού.

Επίσης, από τις μετρήσεις του βάρους στις φέτες των ψωμιών παρουσιάζεται μια μεγάλη διαφορά στις τιμές βάρους των φετών με την προσθήκη εκχυλίσματος μανιταριού σε σχέση με αυτών του control ψωμιού, αλλά είναι λογικό διότι έχουμε μια αρκετά σημαντική διαφορά στο πλάτος των φετών, άρα ήταν αναμενόμενο να παρατηρείται και χαμηλότερο βάρος σε αυτές.

Ακόμη από τις εικόνες (1,2,3 και 4) φαίνεται φανερά η διαφορά της φέτας (Control) με τις φέτες που εμπεριέχουν εκχύλισμα μανιταριού ως προς τη διαφορά των διαστάσεων τους(ειδικά αυτές που έχουν 10% w/w εκχύλισμα μανιταριού). Πιο συγκεκριμένα διαπιστώνεται μεγάλη μείωση στο πλάτος των φετών του ψωμιού που εμπεριείχαν εκχύλισμα μανιταριού κάτι που φάνηκε και στις μετρήσεις σε αυτή την έρευνα αλλά είναι εμφανές ακόμη και στο γυμνό μάτι η διαφορά στο πλάτος των φετών. Ένα τόσο χαμηλό σε πλάτος ψωμί, δηλαδή μη ικανοποιητικά φουσκωμένο, είναι σίγουρο πως είναι μη εμπορικό και πως αν υποθετικά έβγαινε προς πώληση στα ράφια ενός αρτοποιείου, είναι σχεδόν σίγουρο πως ένας καταναλωτής δεν θα το επέλεγε να το αγοράσει λόγω της εμφάνισης του και μόνο χωρίς να μπει καν στη διαδικασία να το δοκιμάσει.

Το γενικό συμπέρασμα από τις μετρήσεις στην έρευνα αυτή, είναι πως το εκχύλισμα μανιταριού επηρεάζει αρνητικά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψωμιού, όπου αυτός ήταν και ο σκοπός αυτής της διατριβής, δηλαδή να ερευνηθεί αν ένα ψωμί με εκχύλισμα μανιταριού είναι δυνατόν να παραχθεί προς κατανάλωση, κάτι που όπως φαίνεται δεν προτείνεται.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ψωμί είναι σίγουρα ένα από τα κύρια τρόφιμα που καταναλώνονται ευρέως από όλους τους ανθρώπους σε όλη τη γή. Γι' αυτό το λόγο έχουν γίνει πολλές έρευνες για τη δημιουργία ψωμιών διαφορετικά από τα συνηθισμένα, προς κατανάλωση σε αρτοποιία.

Σε αυτή την έρευνα έγινε προσπάθεια να εξεταστεί αν μπορεί να δημιουργηθεί κάτι καινοτόμο, δηλαδή να παρασκευασθεί ψωμί με προσθήκη εκχυλίσματος μανιταριού για να διαπιστωθεί αν είναι εφικτό κάτι τέτοιο και αν επηρεάζει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψωμιού, για να καταλήξουμε στο συμπέρασμα αν αξίζει και αν είναι δυνατόν να ξεκινήσει η παρασκευή του.

Απο τις μετρήσεις του πειράματος σαν συμπέρασμα βγαίνει ότι η προσθήκη εκχυλίσματος μανιταριού με τρεις διαφορετικές περιεκτικότητες σ' αυτό (3% w/w, 6% w/w, 10% w/w) επηρέασε δραστικά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψωμιού.

Το ζυμάρι παρουσίασε δυσκολία στο χειρισμό του, δεν τέντωνε εύκολα, και δεν είχε μεγάλο όγκο, ειδικά όσο αυξανόταν η περιεκτικότητα w/w σε εκχύλισμα μανιταριού.

Ακόμη για το χρώμα στα ψωμιά με προσθήκη εκχυλίσματος μανιταριού διαπιστώθηκε πως είναι πιο σκουρόχρωμα.

Το ψωμιά που παρασκευάστηκαν με την προσθήκη εκχυλίσματος μανιταριού παρουσίασαν μικρότερο πλάτος φέτας, επίσης η υφή της ψίχας ήταν ιδιαίτερα σκληρή και στις μετρήσεις της δύναμης που χρειάστηκε για την παραμόρφωση στις φέτες αυτών των ψωμιών ήταν κατά πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με αυτών που δεν περιείχαν εκχύλισμα μανιταριού.

Από όλα τα παραπάνω φαίνεται να έχει επηρεαστεί η γλουτένη λόγω του εκχυλίσματος μανιταριού και να έχει γίνει πιο δυνατή από ότι χρειάζεται για την παρασκευή ενός ψωμιού με τα κατάλληλα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Ακόμη είναι βέβαιο σύμφωνα με τις μετρήσεις αυτής της έρευνας πως το ψωμί που περιέχει εκχύλισμα μανιταριού δεν είναι εφικτό να βγεί προς κατανάλωση στα αρτοποιία λόγω των ποιοτικών χαρακτηριστικών του, δηλαδή του χαμηλού ύψους στις φέτες και του μη ικανοποιητικού φουσκώματος.

Τέλος, το γενικό συμπέρασμα είναι πως αν και είναι αρκετά πρωτοποριακό σαν ιδέα η παρασκευή ψωμιού με προσθήκη εκχυλίσματος μανιταριού λόγω των πολλών αρνητικών συνεπειών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψωμιού, δυστυχώς η έξοδος προς κατανάλωση σε αρτοποιία είναι κάτι δύσκολο, ως και ανέφικτο.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Amend T., (1995), “Der Mechanismus der Teigbildung: Vorstoû in den molekularen Strukturbereich”, *Getreide Mehl und Brot*, 49, 359-362
2. Amend T., Belitz H.D., (1990), “The formation of dough and gluten –a study by scanning electron microscopy”, *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung*, 190, 401-409
3. Bernardin J.E., Kasarda D.D., (1973), “Hydrated protein fibrils from wheat endosperms”, *Cereal Chemistry*, 50, 529-536
4. Bilheux R, Escoffier A, Herve D, and Pouradier J (1989) *Special and Decorative Breads*. New York: Van Nostrand. Calvel R (2001) *The Taste of Bread*. Maryland: Aspen Publishers. 57-60
5. Brandt, C. R., & Piraino, F. (2000). *Mushroom antivirals. Recent Research Developments in Antimicrobial Agents & Chemotherapy*, 11-26
6. Chamberlain N., Collin T.H., (1979), “The Chorleywood Bread Process: the role of oxygen and nitrogen”, *Baker’s Digest*, 53, 18-24
7. Colin Wrigley, Harold Corke, Koushik Seetharaman, Jon Faubion, 2016, *Encyclopedia of Food Grains*, 8-20
8. Day L et al. (2006). *Wheat-gluten uses and industry needs. Trends in Food Science & Technology* 17 82–90
9. DeStefanis V.A., Ponte J.G.Jr., Chung F.H., Ruzza N.A., (1977), “Binding of crumb softeners and dough strengtheners during breadmaking”, *Cereal Chemistry*, 54, 13-24

-
10. Doerry WT (1995a) In: Baking Technology. Breadmaking, vol. 1. Manhattan, KS: American Institute of Baking., 62-63
 11. Doerry WT (1995b) In: Baking Technology. Controlled Baking, vol. 2. Manhattan, KS: American Institute of Baking
 12. Dubost, N. J., Ou, B., & Beelman, R. B. (2007). Quantification of polyphenols and ergothioneine in cultivated mushrooms and correlation to total antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 105
 13. Dubost, Ou, & Beelman, , *Quality of bread* supplemented with mushroom *mycelia*, 70-76
 14. El Enshasy, H. A., & Hatti-Kaul, R. (2013). Mushroom immunomodulators: Unique molecules with unlimited applications. *Trends in Biotechnology*, 668-677
 15. El Sohaimy, S. A. (2012). Functional foods and nutraceuticals - modern approach to food science. *World Applied Sciences Journal*, 691-708
 16. Ewart J.A.D., (1977), "Re-examination of the linear gluten hypothesis", *Journal of Science of Food and Agriculture*, 28, 191-199
 17. Filipa S. Reis, Anabela Martins, M. Helena Vasconcelos, Patricia Morales, Isabel C. F. R. Ferreira, 2017, Functional foods based on *extracts* or compounds derived from *mushrooms*, 48-62
 18. Graveland A., Bosveld P., Lichtendonk W.J., Marseille J.P., Moonen J.H.E., Scheepstra, (1985), "A model for the molecular structure of the glutenins from wheat flour", *Journal of Cereal Science*, 3, 1-16

-
19. Graveland A., Bosveld P., Lichtendonk W.J., Marseille J.P., Moonen J.H.E., Scheepstra, (1985), "A model for the molecular structure of the glutenins from wheat flour", *Journal of Cereal Science*, 3, 1-16
 20. Grosskreutz J.C., (1961), "A lipoprotein model of wheat gluten structure", *Cereal Chemistry*, 64, 343-348
 21. Jenkins S (1975) *Bakery Technology Book 1, Bread*. Toronto: Lester and Orpen Limited, 99-100
 22. Kulp K and Lorenz K (eds.) (2003) *Handbook of Dough Fermentations*. New York:Marcel Dekker
 23. Kulp K and Ponte Jr. J Jr. (eds.) (2000) *Handbook of Cereal Science and Technology*, 2nd edn. New York: Marcel Dekker. 112-120
 24. Lorenz K.L., Kulp K., Marcel Dekker, (1991), "Nutritional quality of cereals and cereal-based foods" in "Handbook of cereal science and technology", 845-862
 25. Mark Gibson, Pat Newsham, 2018, *Food Science and the Culinary Arts*, 121-131
 26. Matz S.A., (1989), "Formulas and processes for bakers", Elsevier Science Publishers, Barking, UK
 27. Matz, S. 1986. A.PH.D thesis, *Bakery Technology and Engineering*, Second Edition. 43-44
 28. Colgrave Michelle L, KerenByrne Crispin A. Howitt (2017) *Food Chemistry*
 29. Nagodawithana T.W, Trivedi N., (1990), "Yeast selection for baking" in "Yeast Strain Selection", editor Panchal C.J., Marcel Decker, New York, 139-1844

-
30. Oludemi Taofiq, Ana M. González-Paramás, Anabela Martins, Maria Filomena Barreiro, Isabel C. F. R. Ferreira, 2016, *Mushrooms extracts* and compounds in cosmetics, cosmeceuticals and nutricosmetics—A review, 38-48
 31. Orth R.A., Bushuk W., (1972), “A comparative study of the proteins of wheat of diverse baking qualities”, *Cereal Chemistry*, 49, 268-27
 32. Pietzak M (2012). Celiac disease, wheat allergy, and gluten sensitivity: when gluten free is not a fad. 68S-75S
 33. Reed G., Nagodawithana T.W., (1991) “Yeast Technology”
 34. Sapone A et al. (2012). Spectrum of gluten-related disorders: consensus on new nomenclature and classification. 1013
 35. Scherf KA, Brockow K, Biedermann T, Koehler P, Wieser H (2016). Wheat-dependent exercise-induced anaphylaxis. *Clin Exp Allergy*. Jan;46 (1):10-20
 36. Singh N.K., Donovan G.R., MacRitchie F., (1990), “Use of Sonication and Size-Exclusion High-Performance Liquid Chromatography in the Study of Wheat Flour Proteins. II. Relative Quantity of Glutenin as a Measure of Breadmaking Quality”, *Cereal Chemistry*, 67, 161-170
 37. Tilley K.A., Benjamin R.E., Bagorogoza K.E., Okot-Kotber B.M., Prakash O., Kwen H., (2001), “Tyrosine cross-links: molecular basis of gluten structure and function”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 2627-2632
 38. Tang Yu, Lili Wang, YanLi Haifeng Qian, LiyaLiu Litao Tong. (2019). *LWT* Volume 108, Pages 137-144

-
39. Valverde María Elena Valverde, Talía Hernández-Pérez, and Octavio Paredes-López, 2015 *Mushrooms: Improving Human Health and Promoting Quality Life*, 16-20
40. Van Griensven (2000), *Science and Cultivation of Edible Fungi (Mushroom Science XV)*
41. Vincenzo Fogliano, 2019. *Journal of Functional Foods*, pp182-189, Volume 234, 1, Pages 389-397.
42. Wieser H. (2007). *Chemistry of gluten proteins. Food Microbiol. Apr*;24(2):115-9
43. Williams P.A., (2019) *Food Hydrocolloids. Volume 97*
44. Wrigley C.W., Andrews J.L., Bekes F., Gras P.W., Gupta R.B., Macrithies F., Skerrit J.H., (1998), “Protein-protein interactions –essential to dough rheology” in “Interactions: Keys to Cereal Quality”, editors Hamer R.J., Hoseney R.C., American Association of Cereal Quality, St. Paul, Minnesota, 17-46
45. Zhang 2018. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology*. 2177-2186
46. Φρατζεσκακης (1990), *ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ Βιολογία και καλλιέργεια των βρώσιμων μανιταριών*



