



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ  
ΑΝΘΡΩΠΟΥ**

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών:  
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΩΝ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ  
ΓΛΟΥΤΕΝΗΣ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ  
ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥΣ**

**ΜΠΟΥΛΑΝΤΖΑ Α. ΜΑΡΙΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:**

**ΜΑΝΤΑΛΑ Ι., Επίκουρος Καθηγήτρια Γ.Π.Α.**

**ΑΘΗΝΑ 2014**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΩΝ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ  
ΓΛΟΥΤΕΝΗΣ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ ΚΑΙ  
ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥΣ

ΜΠΟΥΛΑΝΤΖΑ Α. ΜΑΡΙΑ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΜΑΝΤΑΛΑ Ι., Επίκουρος Καθηγήτρια Γ.Π.Α. (επιβλέπουσα)

ΕΥΑΓΓΕΛΙΟΥ Β., Επίκουρος Καθηγήτρια Γ.Π.Α.

ΣΤΟΦΟΡΟΣ Ν., Αναπληρωτής Καθηγητής Γ.Π.Α.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αυξημένη ζήτηση που υπάρχει στις μέρες μας για τρόφιμα περισσότερο υγιεινά καθώς και ο εμπλουτισμός αρτοσκευασμάτων με διαιτητικές ίνες έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη μιας μεγάλης μερίδας αγοράς με τρόφιμα πλούσια σε ίνες. Ιδιαίτερη ανησυχία έχει εκφραστεί για τους ασθενείς που πάσχουν από κοιλιοκάκη όσον αφορά την καθημερινή τους πρόσληψη σε διαιτητικές ίνες, η οποία είναι κάτω από τις συνιστώμενες τιμές.

Υψηλά ποσοστά σε διαιτητικές ίνες και βιοδραστικές ενώσεις θεωρείται ότι έχουν τα παραπροϊόντα επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών και προσδίδουν μεγάλα οφέλη στην υγεία του ανθρώπου. Ο εμπλουτισμός των τροφίμων με αγροτικά παραπροϊόντα είναι ένας εναλλακτικός δρόμος για την κατανάλωση βιοδραστικών συστατικών από φυσικές αντί για συνθετικές πηγές και επιπλέον αποτελεί λύση στο αυξανόμενο πρόβλημα της διαχείρισης των παραπροϊόντων.

Η προσθήκη διαιτητικών ινών στα κέικ μπορεί να έχει δυσμενείς επιδράσεις στην ποιότητα των τελικών προϊόντων. Το μέγεθος των διαιτητικών ινών επηρεάζει την ποιότητα των κέικ με αποτέλεσμα οι ίνες που έχουν λεπτόκοκκη υφή να βελτιώνουν τις φυσικές ιδιότητες των κέικ. Για την άλεση των ινών σε λεπτόκοκκη υφή χρησιμοποιήθηκε μύλος άλεσης με πεπιεσμένο αέρα. Η άλεση με πεπιεσμένο αέρα (jet milling) είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία για την παραγωγή λεπτόκοκκων σκονών με βελτιωμένα λειτουργικά χαρακτηριστικά.

Ο σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης είναι η ανάπτυξη κέικ ελεύθερων γλουτένης από ρυζάλευρο με προσθήκη διαιτητικών ινών από καρότο, μύρτιλλο και φίγγι που προέρχονται από παραπροϊόντα της βιομηχανίας επεξεργασίας χυμών φρούτων, εμπλουτισμένα σε ίνες. Οι ίνες καρότου, μύρτιλλου και φιγγιού που προστέθηκαν στα κέικ είναι χοντρόκοκκης ( $d_{50}$ : ~300 $\mu\text{m}$ ) και λεπτόκοκκης υφής ( $d_{50}$ : ~18 $\mu\text{m}$ ) σε ποσοστά 10, 20 και 30 %. Στη συνέχεια, έγινε μέτρηση των ιδιοτήτων υφής (σκληρότητα και ελαστικότητα) των κέικ, του πορώδους, της υγρασίας της ψίχας και της κόρας, του ειδικού όγκου καθώς και οργανοληπτικός έλεγχος των κέικ.

Η προσθήκη διαιτητικών ινών βελτίωσε τον ειδικό όγκο των κέικ σε σύγκριση με το τυφλό δείγμα (καμία προσθήκη διαιτητικών ινών). Τα κέικ που περιείχαν λεπτόκοκκη υφή διαιτητικών ινών εμφάνισαν χαμηλότερες τιμές στη σκληρότητα της ψίχας από ότι τα κέικ με χοντρόκοκκη υφή ινών. Η προσθήκη λεπτόκοκκων διαιτητικών ινών αύξησε, σε γενικές γραμμές, το πορώδες των κέικ. Τα κέικ με ίνες φίγγι (λεπτόκοκκη και χοντρόκοκκη υφή) σε ποσοστό 20% έλαβαν την υψηλότερη βαθμολογία στον οργανοληπτικό έλεγχο.

**Λέξεις κλειδιά:** Διαιτητικές ίνες, κέικ ελεύθερα γλουτένης, φυσικές ιδιότητες

Αθήνα, 2014.

## **ABSTRACT**

Nowadays, there is an increasing demand for healthier products and thus the supplementation of already existing bakery goods with dietary fibres has led to the development of a large market for fibre-rich products. Especially for celiac patients, concerns have been raised over their daily dietary intake, which is below recommended value.

The by-products of fruit and vegetable processing industry where considered to possess high amounts of dietary fibres (DF) and bioactive compounds, which impart health benefits. Food fortification with agricultural by-products is an alternative route to the consumption of functional ingredients from natural sources instead of synthetic ones and at the same time a solution to the increasing problem of food by-products disposal.

DF addition in cake products may have detrimental effects in end-products quality. DF particle size significantly affects cake quality, with finer particle sizes improving cakes physical properties. Jet milling is a relatively new technology for producing extra fine powders with improved functional properties and high bioavailability.

The purpose of this study is the development of gluten-free cakes from rice flour enriched with DF powders from carrot and cranberry fibre-rich by-products of juice processing industry.

Commercial carrot and cranberry powders with a DF content of 50.1% and 62.1% respectively, were used. These samples were passed through a jet mill and fine powders were obtained. Commercial powder with a coarser particle size ( $d_{50}$ :  $\sim 300\mu\text{m}$ ) and jet milled samples with a finer particle size ( $d_{50}$ :  $\sim 18\mu\text{m}$ ) were added in cake formulations in a percentage from 10% up to 30%. Textural properties, porosity and sensory evaluation of produced cakes were measured.

DF addition in cakes improved specific volume in relation to control sample, regardless of the particle size of the DF used. Cakes produced with jet milled DF exhibited lower values of crumb firmness in relation to cakes made with coarser DF. Jet milled DF addition increased cake porosity. Cakes with cranberry DF (commercial and jet milled) at 20% addition level were equally preferred from sensory panellists. At 30% DF addition, cakes score did not significantly differ, and panelists neither like nor dislike them.

**Keywords:** Dietary fibres, gluten free cakes, physical properties

Athens, 2014.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Μηχανικής Τροφίμων, Επεξεργασίας και Συντήρησης Γεωργικών Προϊόντων του τμήματος Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών υπό την επίβλεψη της Επίκουρου Καθηγήτριας Μαντάλα Ιωάννας.

Κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας και της έρευνας της μεταπτυχιακής διατριβής ιδιαίτερα σημαντική ήταν η βοήθεια και η υποστήριξη πολλών ανθρώπων τους οποίους ευγνωμονώ και οφείλω να ευχαριστήσω.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα επίκουρο καθηγήτρια Μαντάλα Ιωάννα για την καθοδήγηση, την συμπαράσταση, τον πολύτιμο χρόνο και γνώσεις που μου προσέφερε σε όλη τη διάρκεια της διατριβής μου.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τη θερμή ευγνωμοσύνη μου στην υποψήφια διδάκτωρ Κλεοπάτρα Τσατσαράγκου για τη βοήθεια, την υπομονή και τις χρήσιμες παρατηρήσεις της, που με βοήθησαν να ολοκληρώσω την πειραματική έρευνα και τη συγγραφή αυτής της διατριβής.

Πολλές ευχαριστίες σε όλο το Εργαστήριο Μηχανικής Τροφίμων, Επεξεργασίας και Συντήρησης Γεωργικών Προϊόντων και συγκεκριμένα στις υποψήφιες διδάκτορες Καλτσά Όλγα, Πρωτονοταρίου Στέλλα και Παξιμαδά Εύη καθώς και στη Λέα, τη Μαρία και τη Χριστίνα για την άψογη συνεργασία που υπήρξε μέσα στο εργαστήριο. Ευχαριστώ επίσης, τον κο Αναγνωσταρά Μανώλη και την κα Προξενιά Νίκη για τη βοήθεια τους σε συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία της διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα κυρίως να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Αριστοτέλη και Καίτη, τον αδερφό μου, Διονύση και τον σύντροφό μου Δημήτρη για την αμέριστη συμπαράσταση και αγάπη τους. Η ανεκτίμητη υποστήριξη και η εμπιστοσύνη τους σε μένα αποτέλεσαν την κινητήρια δύναμη για την πραγματοποίηση και την ολοκλήρωση των σπουδών μου.

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>4</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>12</b>
<b>1. Η ΓΛΟΥΤΕΝΗ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ</b>	<b>14</b>
1.1 Ορισμός της Γλουτένης	14
1.2 Η Γλουτένη στην Αρτοποιία	14
1.3 Παρασκευή Αρτοπαρασκευασμάτων Ελεύθερων Γλουτένης	16
1.4 Η Επίδραση της Γλουτένης στον Άνθρωπο	18
1.4.1 Η Ασθένεια και ο Μηχανισμός της	18
1.4.2 Συμπτώματα και Θεραπεία της Ασθένειας	20
<b>2. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΕΙΚ ΕΛΕΥΘΕΡΟΥ ΓΛΟΥΤΕΝΗΣ</b>	<b>23</b>
2.1 Γενικά	23
2.2 Συστατικά του Κέικ και ο Ρόλος τους	23
2.2.1 Αλεύρι Ρυζιού	23
2.2.2 Λιπαρά – Βούτυρο	25
2.2.3 Γλυκαντικές Ύλες – Ζάχαρη	26
2.2.4 Αυγά	27
2.2.5 Αλάτι	28
2.2.6 Διογκωτικοί Παράγοντες – Baking Powder	28
2.2.7 Διαιτητικές Ίνες	30
2.2.8 Γαλακτωματοποιητές – DATEM	31
<b>3. ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ</b>	<b>32</b>
3.1 Εισαγωγή	32
3.2 Ορισμός των Διαιτητικών Ινών	33
3.3 Φυσικές – Λειτουργικές Ιδιότητες των Διαιτητικών Ινών	34
3.3.1 Μέγεθος Σωματιδίων	35
3.3.2 Ιδιότητες Ενυδάτωσης	35

3.3.3 Διαλυτότητα	36
3.3.4 Ιξώδες	37
3.4 Χημική Σύσταση Διαιτητικών Ινών	38
3.4.1 Δομικές Μονάδες Διαιτητικών Ινών	38
3.4.2 Κυτταρίνη	40
3.4.3 Ημικυτταρίνη	40
3.4.4 Ανθεκτικό Άμυλο	40
3.4.5 Μη Αφομοιώσιμοι Ολιγοσακχαρίτες	41
3.4.6 Λιγνίνη	41
3.4.7 Πηκτίνες	41
3.5 Πηγές και Προϊόντα Διαιτητικών Ινών	42
3.5.1 Διαιτητικές Ίνες από Σιτηρά	43
3.5.2 Διαιτητικές Ίνες από Λαχανικά	45
3.5.2.1 Καρότο	45
3.5.2.2 Μύρτιλλο – Blueberry	47
3.5.2.3 Φίγγι – Cranberry	49
3.6 Άλεση με Πεπιεσμένο Αέρα Υψηλής Ενέργειας - Jet Milling	50
<b>4. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>	<b>52</b>
<b>5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b>	<b>53</b>
5.1 Περιγραφή Δειγμάτων	53
5.2 Υλικά	54
5.3 Συσκευές και Όργανα	54
5.4 Υπολογισμοί	55
5.5 Παρασκευή Κέικ	56
5.6 Μέθοδοι – Μετρήσεις – Αναλύσεις	56
5.6.1 Προσδιορισμός Απόδοσης	56
5.6.2 Προσδιορισμός Ικανότητας Συγκράτησης Νερού (Water Holding Capacity)	56
5.6.3 Προσδιορισμός Υγρασίας	58
5.6.4 Προσδιορισμός Ειδικού Όγκου	58
5.6.5 Προσδιορισμός Πορώδους	58

5.6.6 Προσδιορισμός Χρώματος	59
5.6.7 Προσδιορισμός Υφής	60
5.7 Εκτίμηση Οργανοληπτικών Χαρακτηριστικών	61
5.8 Στατιστική Επεξεργασία	62
<b>6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>	<b>63</b>
6.1 Αποτελέσματα Μέτρησης Υγρασίας	63
6.2 Αποτελέσματα Μέτρησης Ειδικού Όγκου	65
6.3 Αποτελέσματα Μέτρησης Πορώδους	66
6.4 Αποτελέσματα Μέτρησης Υφής	67
6.5 Αποτελέσματα Μέτρησης Χρώματος	68
6.6 Αποτελέσματα Οργανοληπτικού Ελέγχου	70
<b>7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ</b>	<b>76</b>
<b>8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>78</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b>	<b>91</b>



## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

Σχήμα 1.1	Η επεκτασιμότητα της γλουτένης (αριστερά) και των συστατικών της, γλιαδίνης (κέντρο) και γλουτενίνης (δεξιά).	15
Σχήμα 1.2	Φυσιολογική και κατεστραμμένη εικόνα των λαχνών.	19
Σχήμα 1.3	Το ομοίωμα του παγόβουνου που απεικονίζει τη διάδοση της κοιλιοκάκης.	20
Σχήμα 1.4	Παιδί που πάσχει από κοιλιοκάκη α) με κλινική διάγνωση επίπεδων λαχνών στο λεπτό. έντερο και β) μετά από εφαρμογή δίαιτας χωρίς γλουτένη διάρκειας 6 μηνών.	21

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

Σχήμα 2.1	Δομή του καρπού του ρυζιού	24
-----------	----------------------------	----

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

Σχήμα 3.1	Χαρακτηριστικοί μονοσακχαρίτες και ουρονικά οξέα διαιτητικών ινών.	39
Σχήμα 3.2	Εγκάρσια και κατά μήκος τομή γογγυλόριζας καρότου.	46
Σχήμα 3.3	Καρποί μύρτιλλων.	47
Σχήμα 3.4	Καρποί φιγγιών.	49

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.

Σχήμα 5.1	Ανάλυση χρωματικών παραμέτρων συστήματος CIELAB.	60
-----------	--	----

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

Σχήμα 6.1	Επίδραση των διαιτητικών ινών του καρότου στην υγρασία της ψίχας, της κόρας και του συνόλου του κέικ. Οι μπάρες σφάλματος αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση. Οι μπάρες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ( $P<0.05$ ).	64
Σχήμα 6.2	Επίδραση των διαιτητικών ινών των φιγγιών στην υγρασία της ψίχας, της κόρας και του συνόλου του κέικ. Οι μπάρες σφάλματος αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση. Οι μπάρες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ( $P<0.05$ ).	64
Σχήμα 6.3	Επίδραση των διαιτητικών ινών των μύρτιλλων στην υγρασία της ψίχας, της κόρας και του συνόλου του κέικ. Οι μπάρες σφάλματος αντιπροσωπεύουν την τυπική	

απόκλιση. Οι μπάρες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους (P<0.05).	64
Σχήμα 6.4 Επίδραση των διαιτητικών ιών στον ειδικό όγκο των κέικ. Οι μπάρες σφάλματος αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση. Οι μπάρες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους (P<0.05).	66
Σχήμα 6.5 Επίδραση των διαιτητικών ιών στο πορώδες των κέικ. Οι μπάρες σφάλματος αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση. Οι μπάρες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους (P<0.05).	67
Σχήμα 6.6 Επίδραση των διαιτητικών ιών στη σκληρότητα των κέικ. Οι μπάρες σφάλματος αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση. Οι μπάρες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους (P<0.05).	68
Σχήμα 6.7 Επίδραση των διαιτητικών ιών στην ελαστικότητα των κέικ. Οι μπάρες σφάλματος αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση. Οι μπάρες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους (P<0.05).	68
Σχήμα 6.8 Επίδραση διαιτητικών ιών καρότου στα χαρακτηριστικά των κέικ.	71
Σχήμα 6.9 Επίδραση διαιτητικών ιών φιγγιών στα χαρακτηριστικά των κέικ.	71
Σχήμα 6.10 Επίδραση διαιτητικών ιών μύρτιλλων στα χαρακτηριστικά των κέικ.	72
Σχήμα 6.11 Επίδραση διαιτητικών ιών στην ολική αποδοχή των κέικ.	72
Σχήμα 6.12 Πορώδες και χρώμα κέικ με ίνες καρότου χοντρόκοκκης υφής σε ποσοστό 20%.	74
Σχήμα 6.13 Πορώδες και χρώμα κέικ με ίνες καρότου λεπτόκοκκης υφής σε ποσοστό 20%.	74
Σχήμα 6.14 Πορώδες και χρώμα κέικ με ίνες μύρτιλλου χοντρόκοκκης υφής σε ποσοστό 20%.	74
Σχήμα 6.15 Πορώδες και χρώμα κέικ με ίνες μύρτιλλου λεπτόκοκκης υφής σε ποσοστό 20%.	74
Σχήμα 6.16 Πορώδες και χρώμα κέικ με ίνες φίγγι χοντρόκοκκης υφής σε ποσοστό 20%.	75
Σχήμα 6.17 Πορώδες και χρώμα κέικ με ίνες φίγγι λεπτόκοκκης υφής σε ποσοστό 20%.	75

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

Πίνακας 3.1 Δομικές μονάδες διαιτητικών ινών.	38
Πίνακας 3.2 Περιεκτικότητα καρπών και πιτύρων σιτηρών σε διαιτητικές ίνες (% ξηρά ουσία) τα νούμερα στις παρενθέσεις δηλώνουν την ποσότητα των διαλυτών διαιτητικών ινών (% ξηρά ουσία).	43
Πίνακας 3.3 Θρεπτική αξία μύρτιλλων στα 100 g προϊόντος.	48
Πίνακας 3.4 Θρεπτική αξία φιγγιών στα 100 g προϊόντος.	49

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.

Πίνακας 5.1 Περιγραφή των δειγμάτων.	53
Πίνακας 5.2 Χαρακτηριστικά διαιτητικών ινών.	54
Πίνακας 5.3 Συνταγή παρασκευής των κέικ βασισμένη στο βάρος του αλεύρου.	55
Πίνακας 5.4 Ποσότητα ινών και αλεύρου που προστέθηκαν στα κέικ.	55
Πίνακας 5.5 Ικανότητα συγκράτησης ύδατος των διαιτητικών ινών, λεπτόκοκκης και χοντρόκοκκης υφής.	57

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

Πίνακας 6.1 Επίδραση διαιτητικών ινών στην απόδοση των κέικ. Οι τιμές που έχουν διαφορετικά γράμματα στην ίδια στήλη διαφέρουν σημαντικά ( $P<0.05$ ).	65
Πίνακας 6.2 Χρώμα ψίχας των κέικ. Μέσες τιμές $\pm$ τυπική απόκλιση. Οι τιμές που έχουν διαφορετικά γράμματα στην ίδια στήλη διαφέρουν σημαντικά ( $P<0.05$ ).	69
Πίνακας 6.3 Οργανοληπτική βαθμολόγηση των κέικ μέσω της χρήσης ερωτηματολογίων. Μέσες τιμές $\pm$ τυπική απόκλιση. Οι τιμές που έχουν διαφορετικά γράμματα στην ίδια στήλη διαφέρουν σημαντικά ( $P<0.05$ ).	73

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διατροφή αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την υγεία του ανθρώπου. Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως, τα πιο κοινά και προσφιλή τρόφιμα, επενεργούν αρνητικά στον οργανισμό, προκαλώντας προβλήματα υγείας. Τη διαπίστωση αυτή έκανε πρώτος ο Ιπποκράτης το 400 π.Χ. λέγοντας, «Άσε την τροφή σου να γίνει το φάρμακό σου και το φάρμακό σου η τροφή σου», για να συμπληρώσει μερικώς αιώνες αργότερα (75 π.Χ.) ο Ρωμαίος φιλόσοφος Τίτος Λουκρήτιος λέγοντας πως, «Αυτό που για κάποιον είναι φαγητό, για κάποιον άλλον μπορεί να είναι δηλητήριο». Αυτές ήταν οι πρώτες αναφορές στην τροφική υπερευαισθησία (αλλεργία) από την οποία σήμερα υπολογίζεται ότι υποφέρει (χωρίς να το γνωρίζει) το 30% του πληθυσμού της γης.

Ως τροφική υπερευαισθησία χαρακτηρίζεται κάθε αντίδραση του ανοσοποιητικού συστήματος του οργανισμού σε μία ουσία (τροφή ή συστατικό τροφής). Η αντίδραση αυτή έχει ως αποτέλεσμα την ενεργοποίηση διαφόρων αμυντικών μηχανισμών του οργανισμού (αντισωμάτων, λευκοκυττάρων κ.τ.λ.) για να αμυνθεί και να αντιμετωπίσει αυτήν την ουσία, επειδή την θεωρεί και την αντιμετωπίζει ως "εχθρική" γι' αυτόν. Μία από τις πιο συνηθισμένες τροφικές υπερευαισθησίες (αλλεργίες) είναι αυτή που αφορά την κατανάλωση τροφίμων που περιέχουν γλουτένη από άτομα με σχετική γενετική προδιάθεση (Sabanis et al, 2008, Hammer et al, 2005).

Η γλουτένη είναι το συστατικό του αλεύρου ορισμένων δημητριακών στο οποίο οφείλονται τα εξαιρετικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των αρτοσκευασμάτων (διόγκωση, υφή, γεύση). Κατά την ενυδάτωση του αλεύρου και το σχηματισμό του ζυμαριού, η γλουτένη έχει την ικανότητα να σχηματίζει πλέγμα το οποίο σταθεροποιείται μέσω δισουλφιδικών δεσμών. Το παραγόμενο κατά την ζύμωση του ζυμαριού αέριο (CO<sub>2</sub>) εγκλωβίζεται στο εσωτερικό του πλέγματος, συμβάλλοντας στη διόγκωση και την ελαστικότητα του ζυμαριού. Στη συνέχεια, το διογκωμένο ζυμάρι θερμαίνεται, η υγρασία εξατμίζεται και η γλουτένη μετατρέπεται σε ελαστική μάζα, συμβάλλοντας στην υφή και τη δομή του τελικού προϊόντος. Η γλουτένη επηρεάζει επίσης την ικανότητα απορρόφησης νερού του ζυμαριού και την εμφάνιση, την υφή και την παλαίωση (μπαγιάτεμα) του αρτοσκευάσματος.

Κατά την τελευταία δεκαετία, η βελτίωση των διαγνωστικών μεθόδων επέτρεψε στους επιστήμονες να εντοπίσουν ότι σε σημαντικό μέρος του πληθυσμού της γης (περίπου 1%) η φυσιολογία του εντέρου διαταράσσεται μετά από την κατανάλωση τροφίμων που περιέχουν γλουτένη (Shan, et al., 2002; Fassano, 2003). Αυτή η χρόνια δυσλειτουργία του λεπτού εντέρου που παρατηρείται σε άτομα με σχετική γενετική προδιάθεση ονομάζεται κοιλιακή πάθηση (κοιλιοκάκη) και έχει ως αποτέλεσμα την πλημμελή απορρόφηση θρεπτικών συστατικών,

βιταμινών και ιχνοστοιχείων και την παρεμπόδιση της σωστής ανάπτυξης και συντήρηση του οργανισμού (Pruessner, 1998; Feighery, 1999; Kelly et al., 1999). Θεραπεία αποτελεί η “αυστηρή διά βίου διαίτα χωρίς γλουτένη” που έχει ως συνέπεια την επαναφορά του τοιχώματος του λεπτού εντέρου σε κανονική κατάσταση και τον περαιτέρω έλεγχο της πάθησης. Οι ασθενείς δεν θα πρέπει να καταναλώνουν προϊόντα όπως ψωμί, δημητριακά, πίτσες, μακαρόνια και οτιδήποτε άλλο παρασκευάζεται από άλευρο σίτου, σίκαλης ή κριθαριού.

Τα τελευταία χρόνια η παραγωγή και χρήση αρτοσκευασμάτων ελεύθερων γλουτένης έχει αυξηθεί, προκειμένου να καλυφθούν οι αυξανόμενες ανάγκες των καταναλωτών, αλλά και για να ικανοποιηθούν και άλλοι σκοποί, όπως η αύξηση της διατηρησιμότητας των προϊόντων, η ευκολία της παρασκευής τους κ.α.

Η έλλειψη ιχνοστοιχείων, σιδήρου, μαγνησίου και βιταμίνης D που αντιμετωπίζουν οι ασθενείς με κοιλιοκάκη συνέβαλλε στον εμπλουτισμό των αρτοσκευασμάτων με διαιτητικές ίνες ώστε να μπορούν οι ασθενείς να προσλαμβάνουν ένα μέρος των απαραίτητων συστατικών στις συνιστώμενες ποσότητες. Οι διαιτητικές ίνες έχουν ευεργετικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό, συμπεριλαμβανομένων την καλή λειτουργία του εντέρου και/ή τη μείωση της χοληστερόλης στο αίμα και/ή τη μείωση της γλυκόζης του αίματος. Οι διαιτητικές ίνες δεν έχουν γίνει αποδεκτές, επίσημα, ως απαραίτητο θρεπτικό συστατικό, όπως είναι οι πρωτεΐνες, οι υδατάνθρακες, τα λιπίδια παρόλα αυτά μία διαίτα φτωχή σε ίνες ενοχοποιείται για πολλά από τα χρόνια νοσήματα της σύγχρονης κοινωνίας. Η σημασία των διαιτητικών ινών οφείλεται στο θετικό ρόλο τους στην πρόληψη πολυάριθμων χρόνιων ή και νοσηρών καταστάσεων.

# 1. Η ΓΛΟΥΤΕΝΗ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

## 1.1 Ορισμός της Γλουτένης

Η γλουτένη αποτελεί μία σύνθεση πρωτεϊνών και εντοπίζεται σε τρόφιμα που περιέχουν σιτάρι, καθώς και άλλα σιτηρά όπως κριθάρι ή σίκαλη. Αποτελείται από γλιαδίνη και γλουτενίνη, δύο ουσίες που είναι ενωμένες με το άμυλο μέσα στο ενδοσπέρμιο των σιτηρών (Shwery & Halford, 2002). Οι πρωτεΐνες αυτές είναι αδιάλυτες στο νερό και επομένως μπορούν με έκπλυση να απομακρυνθούν από το άμυλο. Η γλουτένη είναι μία πλαστική και ελαστική μάζα, η οποία προσδίδει ελαστικότητα στο ζυμάρι, συμβάλλει στην αύξηση του όγκου και τη διατήρηση του σχήματος του ζυμαριού, ενώ το τελικό προϊόν αποκτά κολλώδη υφή. Η γλουτένη του σιταριού διαφέρει από την αντίστοιχη των υπόλοιπων δημητριακών ως προς τις ιξωδοελαστικές της ιδιότητες. Σε αυτές τις ιδιότητες οφείλεται η συγκράτηση αερίων κατά την επώαση του ζυμαριού και η σχεδόν αποκλειστική χρήση του αλεύρου σίτου στα διογκούμενα αρτοσκευάσματα.

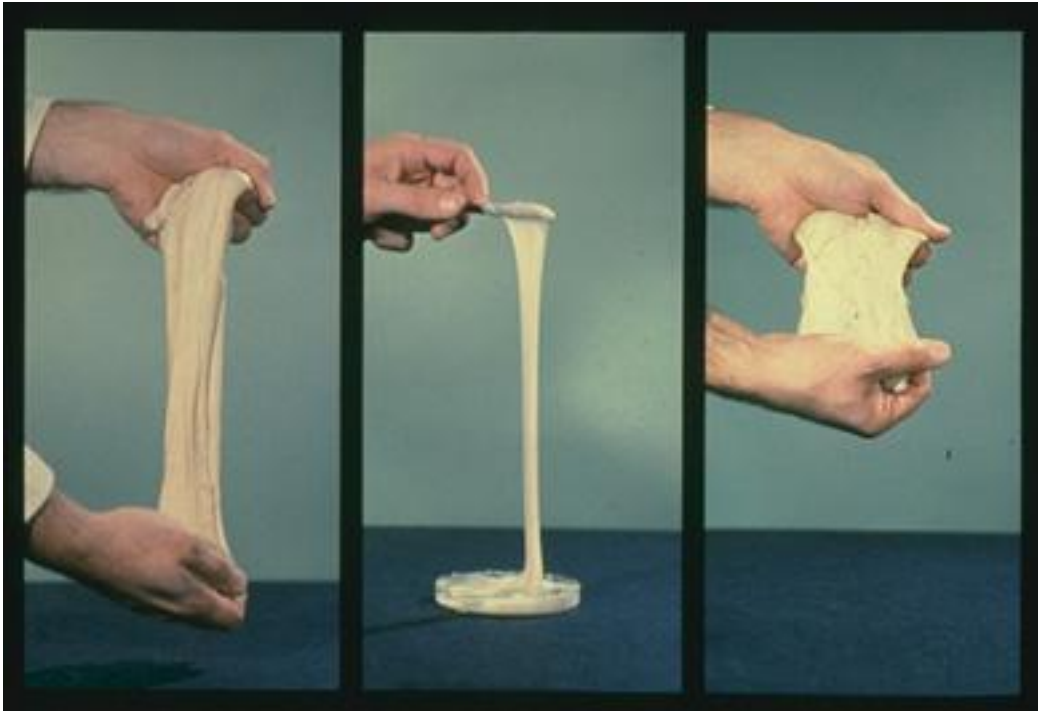
Η γλουτένη, εκτός από την αρτοβιομηχανία και τη ζαχαροπλαστική, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο σε ζωοτροφές, ως υποκατάστατο κρέατος για τους χορτοφάγους σε καλλυντικά κ.α.

## 1.2 Η Γλουτένη στην Αρτοποιία

Η γλουτένη αποτελεί βασικό συστατικό της αρτοποιίας διότι καθορίζει το τελικό σχήμα, τον όγκο την εμφάνιση και την υφή του τελικού προϊόντος, επηρεάζοντας τόσο την αισθητική όσο και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του.

Κατά την παρασκευή αρτοσκευασμάτων, το αλεύρι αναμειγνύεται με νερό και οι πρωτεΐνες της γλουτένης, γλιαδίνη και γλουτενίνης ενυδατώνονται και διογκώνονται. Οι πρωτεΐνες αυτές συμβάλλουν κατά κύριο λόγο στη διαμόρφωση του τελικού όγκου που θα αποκτήσει το προϊόν. Οι γλουτενίνες συμπεριφέρονται ως ένα παχύρευστο υγρό και συνεισφέρουν στο ιξώδες και την εκτατότητα (ικανότητα της γλουτένης για επιμήκυνση μέχρι τη ρήξη της) του ζυμαριού, ενώ λόγω του μεγάλου μεγέθους τους, διαμορφώνουν ένα συνεχές δίκτυο που παρέχει δύναμη (αντίσταση στην παραμόρφωση) και ελαστικότητα στο ζυμάρι (Anon, 1982; Shewry et al., 2002). Αντίθετα, οι γλιαδίνες εμφανίζουν μικρότερη συνεκτικότητα και ελαστικότητα. Ο συνδυασμός των δύο αυτών πρωτεϊνών δημιουργεί μία δομή ινών που μοιάζουν με δαιδαλώδες πλέγμα. Η δομή που προκύπτει παρουσιάζει ιξωδοελαστική συμπεριφορά, συνδυάζοντας τις ιδιότητες των πρωτεϊνών που την αποτελούν (σχήμα 1.1). Οι ίνες όταν γίνουν αρκετά ευλύγιστες, ανθεκτικές και ευθυγραμμιστούν

σωστά εγκλωβίζουν το CO<sub>2</sub> που παράγεται κατά την επώαση με αποτέλεσμα τη διόγκωση του ζυμαριού. Στη συνέχεια, το προϊόν θερμαίνεται, η γλουτένη δεσμεύει την υγρασία, βοηθώντας την ζελατινοποίηση του αμύλου και δημιουργώντας δομή στο τελικό προϊόν.



Σχήμα 1.1 Η επεκτασιμότητα της γλουτένης (αριστερά) και των συστατικών της, γλιαδίνης (κέντρο) και γλουτενίνης (δεξιά) (Dimler, 1963)

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 θερμότητα στο κέντρο δε φτάνει εύκολα κατά το ψήσιμο. Επίσης, αν η γλουτένη είναι αρκετά δυνατή, το ζυμάρι εκτείνεται με δυσκολία και δεν αποκτά μεγάλο όγκο. Αντίθετα, αν η γλουτένη είναι αδύνατη, το αέριο που παράγεται κατά την επώαση χάνεται εκτός του πλέγματος και έτσι το τελικό προϊόν χαρακτηρίζεται από μικρό όγκο και μέτρια υφή. Κατά συνέπεια, η αναλογία γλιαδίνης/γλουτένης πρέπει να βρίσκεται σε τέτοια επίπεδα ώστε να διατηρείται η ισορροπία ανάμεσα στο ιξώδες και την ελαστικότητα-δύναμη του ζυμαριού (Wieser, 2007).

### 1.3 Παρασκευή Αρτοπαρασκευασμάτων Ελεύθερων Γλουτένης

Η γλουτένη συναντάται κυρίως στο σιτάρι, εμφανίζεται όμως σε μικρότερη αναλογία και σε άλλα σιτηρά όπως τη σίκαλη (ως πρωτεΐνη γλιαδίνη) και το κριθάρι (ως πρωτεΐνη ορδεΐνη). Η βρώμη, ύστερα από έρευνες που έγιναν τα τελευταία χρόνια, δεν περιέχει γλουτένη και κατά συνέπεια δεν θεωρείται “απαγορευμένος καρπός” για όσους πάσχουν από κοιλιοκάκη (Thompson, 1997; Thompson, 2003). Η γλουτένη είναι υπεύθυνη για την δομή του ζυμαριού στην αρτοποιία. Αυτή η δομή που σχηματίζεται κατά τη διάρκεια της ανάμιξης του αλεύρου με το νερό είναι πολύ σημαντική γιατί χωρίς τη γλουτένη δεν θα υπήρχε η κατάλληλη δομή και το αρτοπαρασκεύασμα δεν θα είχε το κατάλληλο όγκο.

Η αναζήτηση συστατικών που λειτουργούν ως υποκατάστατα της γλουτένης αποτελεί μεγάλη τεχνολογική πρόκληση τόσο για τη βιομηχανία όσο και για τους τεχνολόγους τροφίμων, λόγω της αυξημένης ζήτησης προϊόντων χωρίς γλουτένη σε συνδυασμό με την αύξηση κρουσμάτων της ασθένειας κοιλιοκάκης. Για αρκετό καιρό θεωρούνταν ότι η κοιλιοκάκη ήταν σπάνια, πρόσφατα όμως, έγινε γνωστό ότι γύρω στο 0.5% (αναλογία ένας κάτοικος στους 200) του δυτικού πολιτισμού πάσχει από αυτήν (Rewers, 2005).

Η απουσία της γλουτένης συχνά δημιουργεί ένα κολλώδες ζυμάρι με μεγάλη υγρασία με αποτέλεσμα το τελικό προϊόν να είναι εύθρυπτο, με φτωχή δομή, υποβαθμισμένου χρώματος και με μικρό όγκο. Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει μεγάλη έρευνα παγκοσμίως για την βελτίωση των προϊόντων χωρίς γλουτένη. Έχουν προταθεί πολλά συστατικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως διάφορα άμυλα, πρωτεΐνες γάλακτος (καζεΐνη, πρωτεΐνες ορού), πρωτεΐνες σόγιας και αυγού και υδροκολλοειδή. Η χρήση όλων αυτών των συστατικών βελτιώνει την δομή, το χρόνο ζωής και τη γεύση των προϊόντων χωρίς γλουτένη. Τα υδροκολλοειδή είναι στην πλειονότητά τους μακρομόρια πολυσακχαριτών που έχουν την ικανότητα να προσροφούν μεγάλες ποσότητες νερού με αποτέλεσμα να δίνουν σταθερότητα στο ζυμάρι. Προέρχονται από σπόρους, φύκη, μικροοργανισμούς και φρούτα. Ο ρόλος τους είναι να σταθεροποιούν την δομή και την υφή του προϊόντος, να καθυστερούν το μαγιάτεμα και να βελτιώνουν την ποιότητα του παρασκευάσματος (Γεωργόπουλος, 2012).

Το αλεύρι του ρυζιού είναι το πιο συνηθισμένο άλευρο που χρησιμοποιείται για την παρασκευή αρτοπαρασκευασμάτων χωρίς γλουτένη. Το ρυζάλευρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε με την λευκή του μορφή (αποφλοιωμένο) είτε αναποφλοϊώτο δηλ. με το πίτυρο. Έχει προταθεί και η χρήση αλεύρου χαρουπιού ή/και κόμεος χαρουπιού, σε συνδυασμό με το ρυζάλευρο και άλλα υδροκολλοειδή π.χ. μεθυλοκυτταρίνη, για παρασκευή προϊόντων ελεύθερων γλουτένης, με αποδεκτά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (δομή, γεύση, χρώμα, όγκος) (Tsatsaragkou et al.,



2012). Λόγω της απουσίας του πλέγματος της γλουτένης, τα ζυμάρια που παράγονται είναι λιγότερο συνεκτικά και μοιάζουν μ' αυτά των ζυμαριών για κέικ με αποτέλεσμα η ικανότητα συγκράτησης των αερίων από την μαγιά να είναι περιορισμένη γιατί το παραγόμενο δίκτυο είναι πολύ αδύνατο. Η προσθήκη υδροκολλοειδών όπως είναι η ξανθάνη, οι πηκτίνες από φρούτα, το κόμμι χαρουπιού, η μεθυλοκυτταρίνη, βελτιώνουν την ικανότητα συγκράτησης αερίων και σταθεροποιούν την δομή του ζυμαριού. Σύμφωνα με έρευνες, η προσθήκη κόμμεων από χαρούπι δίνει μια καλύτερη δομή, με πιο ομοιόμορφη κατανομή κυψελίδων στο ζυμάρι, αυξάνει τον όγκο του προϊόντος και επιβραδύνει το μπαγιάτεμα (Tsatsaragkou et al., 2012).

Τα γαλακτικά βακτήρια που απαντώνται σε προζύμια σίτου και σίκαλης αυξάνουν την ελαστικότητα του ζυμαριού, ενδυναμώνουν τη δομή του και βελτιώνουν τη γεύση και το άρωμα του προϊόντος. Συνεπώς, η χρήση τους σε τρόφιμα χωρίς γλουτένη μπορεί να αποφέρει επιθυμητά αποτελέσματα στο τελικό προϊόν.

Ο σημαντικότερος παράγοντας αποδοχής ενός τροφίμου είναι η αισθητική του, η οποία αποτελεί συνισταμένη της σύστασης, της γεύσης, του χρώματος και του αρώματος του προϊόντος. Γενικά, έχουν επιλεγεί τρόφιμα που χαρακτηρίζονται ως ευχάριστα, σε σχέση με άλλα που θεωρούνται δυσάρεστα. Η τεχνολογική προσέγγιση παραγωγής τροφίμων χωρίς γλουτένη που πληρούν τις μοναδικές θρεπτικές και αισθητικές ανάγκες των ασθενών με κοιλιοκάκη, περιλαμβάνει τη χρήση ειδικών ενζύμων (π.χ. αμυλασών και τρανσγλουταμινασών), υδροκολλοειδών, και άλλων πρωτεϊνών χωρίς γλουτένη, ως εναλλακτικές λύσεις στη γλουτένη, ώστε να βελτιώσουν τη δομή, την αίσθηση αποδοχής και τη διάρκεια ζωής προϊόντων αρτοποιίας χωρίς γλουτένη (Arendt et al., 2008).

Όσον αφορά το νομοθετικό πλαίσιο των τροφίμων χωρίς γλουτένη, έχουν δοθεί κατευθύνσεις και οδηγίες από την Codex Alimentarius Commission (επιτροπή που ιδρύθηκε το 1963 από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) και τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) των Ηνωμένων Εθνών). Σύμφωνα με την οδηγία της επιτροπής (Codex Alimentarius Commission, 2008), οι εταιρείες τροφίμων είναι υποχρεωμένες να αναγράφουν στη συσκευασία αν το προϊόν είναι ελεύθερο γλουτένης και οι εταιρείες φαρμάκων είναι υποχρεωμένες να αναγράφουν τη σύσταση των ανενεργών συστατικών του φαρμάκου. Για να καθοριστεί ένα τρόφιμο ως ελεύθερο γλουτένης πρέπει:

- να αποτελείται αποκλειστικά από συστατικά που δεν περιέχουν προλαμίνες από σιτάρι και όλα τα Triticum είδη όπως σπέλτ, καμούτ, σίκαλη, κριθάρι και τα παράγωγά τους (π.χ. τριτικάλε) και
- να εμπεριέχει λιγότερο από 20 ppm γλουτένης (mg γλουτένης/kg τελικού προϊόντος).

Η οδηγία της επιτροπής ενσωματώθηκε στον ευρωπαϊκό κανονισμό τον Ιανουάριο του 2009 (EC NO 41/2009) και ως ημερομηνία καθολικής εφαρμογής του εν λόγω Κανονισμού ορίζεται η 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2012.

#### **1.4 Η Επίδραση της Γλουτένης στον Άνθρωπο**

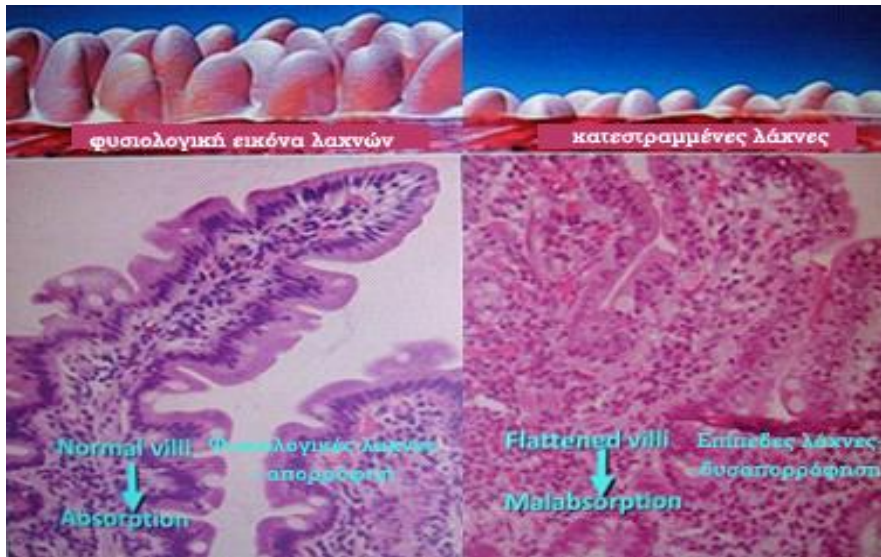
Η έκθεση στη γλουτένη που περιέχεται στα τρόφιμα μπορεί να προκαλέσει σε άτομα με γενετική προδιάθεση, μία χρόνια νόσο του λεπτού εντέρου, την κοιλιοκάκη (American Gastroenterological Association, 2001). Η νόσος είναι δυνατό να είναι τελείως ασυμπτωματική (σιωπηλή μορφή), να παρουσιάζεται μόνο με εξωεντερικές εκδηλώσεις (υποκλινική μορφή) ή με πλήρες σύνδρομο δυσαπορρόφησης (Logan et al., 1983; Ferguson, 1995). Έρευνες που έχουν διεξαχθεί σε πληθυσμούς στην Ευρώπη, Ινδία, Νότια Αμερική, Αυστραλία και Αμερική, δείχνουν ότι η νόσος αυτή επικρατεί σε παιδιά σε ποσοστό μεταξύ 0,33 και 1,06% και σε ενήλικες σε ποσοστό 1,2% (van Heel, West, 2006).

##### **1.4.1 Η Ασθένεια και ο Μηχανισμός της**

Ως κοιλιοκάκη ορίζεται η χρόνια δυσλειτουργία του λεπτού εντέρου και η καταστροφή της λεπτής δομής της εσωτερικής επιφάνειάς του (βλεννογόνος και εντερικές λάχνες), αποτέλεσμα μιας σύνθετης ανοσολογικής αντίδρασης που προκαλείται από την κατανάλωση τροφών που περιέχουν γλουτένη από άτομα με σχετική προδιάθεση (Shan, et al., 2002; Jabri, et al., 2005). Η διαταραχή της λειτουργίας του εντέρου έχει ως συνέπεια την πλημμελή απορρόφηση των βασικών θρεπτικών συστατικών (λίπη, υδατάνθρακες, πρωτεΐνες), των μεταλλικών στοιχείων (κάλιο, νάτριο, ασβέστιο, σίδηρος κ.τ.λ.), και των βιταμινών.

Το λεπτό έντερο έχει μία εσωτερική επικάλυψη από κύτταρα που σχηματίζουν προεξοχές, οι οποίες μοιάζουν με δάχτυλα και ονομάζονται λάχνες (σχήμα 1.1). Οι λάχνες αυξάνουν την απορροφητική επιφάνεια του λεπτού εντέρου και συντελούν στην απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων της τροφής που δεν χρειάζονται πέψη όπως ιχνοστοιχεία, βιταμίνες και ανόργανα άλατα. Φυσιολογικά η τροφή κινείται από το στομάχι στο λεπτό έντερο, στο οποίο γίνεται η πέψη και ακολούθως η απορρόφηση των συστατικών της στον οργανισμό και στη συνέχεια προωθείται στο παχύ έντερο. Κατά την πρόσληψη τροφής που περιέχει γλουτένη, ενεργοποιείται το ανοσοποιητικό σύστημα των ατόμων που πάσχουν από κοιλιοκάκη και παράγονται αντιγλιαδινικά

αντισώματα που καταστρέφουν τα επιθηλιακά κύτταρα που βρίσκονται στην επιφάνεια του λεπτού εντέρου. Έτσι, μειώνεται το ύψος των λαχνών, γίνονται επίπεδες (σχήμα 1.1) και κατά συνέπεια τα θρεπτικά στοιχεία των τροφών δεν αφομοιώνονται από τον οργανισμό (Pruessner, 1998; Feighery, 1999; Kelly, et al., 1999).



Σχήμα 1.2 Φυσιολογική και κατεστραμμένη εικόνα των λαχνών (dr-dellis website (online)).

Οι περισσότερες επιστημονικές μελέτες συνηγορούν ότι η γλουτένη ασκεί την τοξική της δράση ενεργοποιώντας ανοσολογικούς μηχανισμούς, οι οποίοι καταλήγουν στην βλάβη (ατροφία) του εντερικού βλεννογόνου σε συνδυασμό με φλεγμονή. Λόγω της φλεγμονής καταστρέφονται οι εντερικές λάχνες οι οποίες γίνονται πιο κοντές ή επιπεδώνονται, η απορροφητική επιφάνεια του εντέρου γίνεται πλέον μικρότερη και τα θρεπτικά συστατικά της τροφής απορροφώνται σε μικρότερο βαθμό. Αυτή η ελαττωματική απορρόφηση ονομάζεται δυσαπορρόφηση. Η δυσαπορρόφηση και η ανεπάρκεια των θρεπτικών συστατικών στον οργανισμό ευθύνονται για τα συμπτώματα της κοιλιοκάκης. Όσο πιο μεγάλη είναι η επιφάνεια του λεπτού εντέρου που προσβάλλεται από την νόσο τόσο πιο βαριά είναι τα συμπτώματα. Συνήθως προσβάλλεται το πάνω τμήμα του λεπτού εντέρου δηλαδή ο δωδεκαδάκτυλος και η νήστιδα.

### 1.4.2 Συμπτώματα και Θεραπεία της Ασθένειας

Ο αριθμός των ατόμων που έχουν διαγνωσθεί με κοιλιόκακη είναι σημαντικά μικρότερος από τον πραγματικό αριθμό των ανθρώπων που πάσχουν από τη νόσο. Σύμφωνα με το μοντέλο του παγόβουνου του Richard Logan (σχήμα 1.2), η κοιλιόκακη είναι ένα παγόβουνο όπου το ορατό του τμήμα αποτελεί τη μειοψηφία των ήδη διαγνωσμένων από τη νόσο (Visakorpi, 1997; Feighery, 1999). Το μεγάλο κομμάτι είναι οι αδιάγνωστοι, δηλαδή τα άτομα που πάσχουν από λανθάνουσα ή σιωπηλή κοιλιόκακη.



Σχήμα 1.3 Το ομοίωμα του παγόβουνου που απεικονίζει τη διάδοση της κοιλιόκακης (Feighery, 1999).

Οι όροι λανθάνουσα και σιωπηλή κοιλιόκακη χρησιμοποιούνται για άτομα που έχουν γονίδια που προδιαθέτουν τη νόσο αλλά δεν έχουν εμφανίσει κλινικές εκδηλώσεις (Maki et al, 1988). Πιο συγκεκριμένα στα άτομα με λανθάνουσα κοιλιόκακη έχουν προσδιοριστεί ορολογικοί δείκτες (αντισώματα) μετά την εφαρμογή ανιχνευτικών ελέγχων (εξετάσεις αίματος) αλλά έχουν φυσιολογική υφή στο λεπτό τους έντερο (Vitoria et al, 2001). Τα άτομα με σιωπηλή κοιλιόκακη εμφανίζουν ειδικά αντισώματα όμως έχουν παθολογικές λάχνες (επίπεδες). Και στις δύο περιπτώσεις τα άτομα δεν εμφανίζουν συμπτώματα όμως μπορεί να αναπτύξουν κλινικές εκδηλώσεις στο μέλλον.

Τα άτομα που πάσχουν από συμπτωματική κοιλιόκακη εμφανίζουν χαρακτηριστικά συμπτώματα όπως ωχρότητα, άχρωμα και δύσοσμα περιττώματα (Berti et al., 2000) και απώλεια βάρους ή αδυναμία αύξησης βάρους (σε μικρά παιδιά) (Maki et al., 1988). Η συχνότερη εκδήλωση της κοιλιόκακης τόσο στα παιδιά όσο και στους ενήλικες είναι η σιδηροπενία με ή χωρίς

σιδηροπενική αναιμία. Η ερπητοειδής δερματίτιδα θεωρείται ξεχωριστή εκδήλωση της κοιλιοκάκης από το δέρμα, παρότι ήπιες έως σοβαρές ιστολογικές βλάβες στο έντερο διαπιστώνονται περίπου στο 100% των περιπτώσεων. Τόσο το εξάνθημα όσο και οι βλάβες από το έντερο υποχωρούν μετά από δίαιτα χωρίς γλουτένη (Renuala & Collin, 1997). Ασθενείς με κοιλιοκάκη που δεν ακολουθούν δίαιτα ελεύθερη γλουτένης διατρέχουν τον κίνδυνο να αναπτύξουν και άλλες σοβαρές ασθένειες όπως σακχαρώδη διαβήτη τύπου I, καρκίνο του εντέρου και εντερικό ή εξωεντερικό μη-Hodgkin λέμφωμα (Catassi et al., 2002; Green & Jabri, 2003). Τέλος, ως συμπτώματα της κοιλιοκάκης μπορεί να θεωρηθούν το συνεχές πρήξιμο και οι πόνοι στην κοιλιά, η χρόνια διάρροια, οι πόνοι στις αρθρώσεις, η ήπια μορφή οστεοπενίας και η οστεοπόρωση.

Μέχρι σήμερα, η μόνη αποτελεσματική θεραπεία είναι η διά βίου δίαιτα χωρίς γλουτένη που συμβάλλει στην επαναφορά του τοιχώματος του λεπτού εντέρου των ασθενών σε κανονική κατάσταση και στον έλεγχο της πάθησης (Thompson, 2000). Στο σχήμα 1.3 είναι εμφανής η διαφορά ενός κοριτσιού που πάσχει από την νόσο της κοιλιοκάκης πριν την εφαρμογή της δίαιτας χωρίς γλουτένη και μετά από έξι μήνες τήρησής της.



**Σχήμα 1.4** Παιδί που πάσχει από κοιλιοκάκη α) με κλινική διάγνωση επίπεδων λαχνών στο λεπτό έντερο και β) μετά από εφαρμογή δίαιτας χωρίς γλουτένη διάρκειας 6 μηνών (Mcsewen, 2011).

Η αυστηρή τήρηση της δίαιτας βοηθά στην αποφυγή εμφάνισης των συμπτωμάτων και ανάλογα με το χρονικό διάστημα που εφαρμόζεται μπορεί να εξαλειφθεί ο αυξημένος κίνδυνος καρκίνου του εντέρου και οστεοπόρωσης (Treem, 2004). Οι ασθενείς με κοιλιοκάκη πρέπει να αποφεύγουν όλα τα προϊόντα που παράγονται από το σιτάρι, τη σίκαλη, το κριθάρι, τη βρώμη και

τα παράγωγά τους (Mariani et al., 1998; Taylor 2002). Ενδεικτικά, απαγορεύονται τα προϊόντα που περιέχουν άλευρο σίτου (ψωμιά, φρυγανιές, μπισκότα κ.α.), τα ζυμαρικά, ορισμένα αλλαντικά ενώ επιτρέπονται όλα τα φρέσκα και κατεψυγμένα λαχανικά, τα φρέσκα κρέατα, ψάρια και πουλερικά, το καλαμπόκι, το ρύζι κ.α. Η παρακολούθηση των ατόμων που πάσχουν από τη νόσο από ιατρούς θα πρέπει να είναι συνεχής ώστε να πραγματοποιείται έγκυρη αναγνώριση των επιπλοκών και να ελέγχεται η συμμόρφωση του ασθενή στη δίαιτα χωρίς γλουτένη.

## 2. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΕΙΚ ΕΛΕΥΘΕΡΟΥ ΓΛΟΥΤΕΝΗΣ

### 2.1 Γενικά

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ένα μη αμελητέο ποσοστό του παγκόσμιου πληθυσμού υποφέρει από τη νόσο της κοιλιοκάκης, με μόνη θεραπεία την τήρηση εφ' όρου ζωής διαίτας ελεύθερης γλουτένης (Gallagher et al., 2004). Βασικό συστατικό για την παρασκευή κέικ ελεύθερων γλουτένης αποτελεί το αλεύρι ρυζιού, το οποίο αντικαθιστά το αλεύρι σίτου. Το ρύζι αποτελεί μία εξαιρετική πηγή νατρίου, ινών, λιπών και πρωτεϊνών, ενώ περιέχει υψηλά επίπεδα εύπεπτων υδατανθράκων που είναι επιθυμητά σε αρκετές δίαιτες. Δεν προκαλεί αλλεργικές αντιδράσεις και εμφανίζει προσαρμοσμένες λειτουργικές ιδιότητες. Από πλευράς καλλιεργούμενων εκτάσεων το ρύζι αποτελεί το δεύτερο σε σπουδαιότητα σιτηρό μετά το σιτάρι. Η παγκόσμια διαθεσιμότητά του μπορεί να συνδεθεί άμεσα με την ανάπτυξη βελτιωμένων ποικιλιών και καλλιεργητικών τεχνικών καθώς και την ανάπτυξη νέων προϊόντων που διαθέτουν τα μοναδικά στοιχεία του ρυζιού (Moldenhauer et al., 1998).

Στη διαδικασία της παρασκευής είναι σημαντική η προσθήκη διαιτητικών ινών, η οποία συμβάλλει στον εμπλουτισμό του κέικ σε θρεπτικά συστατικά, στη δημιουργία της αίσθησης του κορεσμού στον ασθενή και στη βελτίωση της υγείας του (μείωση του κινδύνου εμφάνισης διαβήτη, παχυσαρκίας, καρδιαγγειακών νοσημάτων κ.α.).

Στη συνέχεια γίνεται περιγραφή των συστατικών που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή κέικ χωρίς γλουτένη καθώς και της λειτουργικότητάς τους.

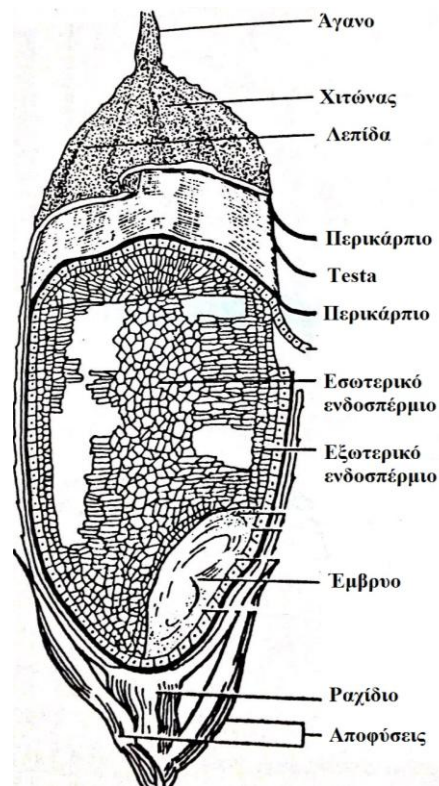
### 2.2 Συστατικά του Κέικ και ο Ρόλος τους

#### 2.2.1 Αλεύρι Ρυζιού

Το ρύζι ανήκει στη φυλή *Oryzae* των *Gramineae*. Καλλιεργείται αποκλειστικά για την παραγωγή καρπού για ανθρώπινη κατανάλωση. Οι ακέραιοι επεξεργασμένοι καρποί εκτός από το μαγείρεμα χρησιμοποιούνται για την παρασκευή κόκκων ή νιφάδων ή άλλων επεξεργασμένων τροφών. Οι σπασμένοι κόκκοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παρασκευή αλκοολούχων ποτών και για την εξαγωγή αμύλου.

Ο καρπός του ρυζιού περιβάλλεται από τα λεπυρίδια. Κάτω από τα λεπυρίδια υπάρχουν τα περιβλήματα του καρπού (περικάρπιο, testa) που έχουν ένα καστανό χρωματισμό (σχήμα 2.1).

Λόγω του χρωματισμού αυτού, ο καρπός χωρίς τα λεπυρίδια ονομάζεται “brown rice”. Εσωτερικά υπάρχει το στρώμα της αλευρώνης, το αμυλώδες ενδοσπέρμιο και το έμβρυο (Καραμάνος, 1999).



Σχήμα 2.1 Δομή του καρπού του ρυζιού (Καραμάνος, 1999)

Η νόσος της κοιλιόκακης έχει καταστήσει απαραίτητη την παραγωγή τροφίμων χωρίς γλουτένη. Η αντικατάσταση του αλεύρου σίτου στα αρτοποιασκευάσματα δεν είναι εύκολη γιατί η γλουτένη που εμπεριέχεται, βοηθά στο σχηματισμό μίας ελαστικής και συνεκτικής ζύμης που μπορεί και διατηρεί το CO<sub>2</sub> που παράγεται κατά τη ζύμωση (Gan et al., 1995; Singh et al., 2001). Έτσι, για να θεωρηθεί ένα προϊόν, το οποίο δεν περιέχει γλουτένη, ότι είναι υψηλής ποιότητας, θα πρέπει να επιτευχθεί βελτίωση της συνεκτικότητας της ζύμης ώστε να αυξηθεί η διατήρηση του CO<sub>2</sub> κατά τη ζύμωση και το ψήσιμο.

Το ρυζάλευρο παρουσιάζει ήπια γεύση, λευκό χρώμα, ευκολία πέψης και υποαλλεργικές ιδιότητες. Από θρεπτικής απόψεως, οι πρωτεΐνες του αλεύρου του ρυζιού θεωρούνται ως οι καλύτερες των δημητριακών, δεδομένου ότι περιέχουν λυσίνη σε ποσοστό 4%. Η χαμηλή του περιεκτικότητα σε νάτριο, η απουσία γλιαδίνης και η ύπαρξη αφομοιώσιμων υδατανθράκων το καθιστούν ιδανικό τρόφιμο για ασθενείς με κοιλιόκακη (Σαμπάνης, 2010). Η χρήση μίγματος ρυζάλευρου μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την παρασκευή κέικ που πλησιάζει τις ιδιότητες του



κέικ από αλεύρι σιταριού (Varavinit et al., 2000). Κατά τη χρήση μίγματος ρυζάλευρου (διασταυρούμενο ρυζάλευρο – ρυζάλευρο - προζελατινοποιημένο άμυλο σκόνης ταπιόκα) παρήχθη κέικ με υφή και γεύση περίπου ίδια με αυτή του κέικ από αλεύρι σίτου (Varavinit et al., 2000). Παρά τις θετικές επιδράσεις που μπορεί να εμφανίζει το ρυζάλευρο κατά την παρασκευή αρτοσκευασμάτων, όσον αφορά τον όγκο του προϊόντος δεν μπορεί δώσει τα ίδια αποτελέσματα με αυτά του αλεύρου σίτου, λόγω της αδυναμίας συγκράτησης των ίδιων ποσοτήτων CO<sub>2</sub>.

### **2.2.2 Λιπαρά - Βούτυρο**

Η ενσωμάτωση λιπαρών προσδίδει λειτουργικές ιδιότητες στα αρτοπαρασκευάσματα γιατί ενισχύει τόσο τη θρεπτική αξία όσο τη γεύση, την υφή και το χρόνο ζωής κατά την αποθήκευση του προϊόντος (Cocup et al., 1987; Kenny et al., 2001; Mannie et al., 1999).

Στην παραγωγή αρτοσκευασμάτων χρησιμοποιούνται πολλά είδη λιπαρών. Συγκεκριμένα, κατά την παρασκευή κέικ, το βούτυρο (βιτάμ) που χρησιμοποιήθηκε περιλαμβάνει 60% λιπαρά, εκ των οποίων το 20% είναι κορεσμένα, το 14,5% μονοακόρεστα και το 25% πολυακόρεστα.

Τα λιπαρά παίζουν σημαντικό ρόλο στην παρασκευή κέικ γιατί επηρεάζουν το σωστό αερισμό και επιτρέπουν την ισοκατανομή των αερίων διόγκωσης και του ατμού που παράγεται κατά το ψήσιμο. Γι αυτό η ικανότητα του λιπαρού να εγκλωβίζει αέρα είναι πολύ σημαντικός παράγοντας. Κατά τη διάρκεια του ψησίματος, οι φυσαλίδες αέρα που έχουν σχηματιστεί από την ανάμιξη της ζύμης του κέικ, λειτουργούν ως πόροι αερίου στους οποίους διαχέονται το CO<sub>2</sub> και ατμός (Brooker, 1996). Με την τήξη του λίπους ελευθερώνεται ο εγκλωβισμένος αέρας και ενισχύεται η διόγκωση του κέικ με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο όγκος του και η ψίχα να έχει μικρούς πόρους (Brooker, 1996).

Τα λιπαρά συμβάλλουν, επίσης, στη δημιουργία μαλακής υφής των αρτοπαρασκευασμάτων. Όπως προαναφέρθηκε, ο αέρας που έχει σχηματιστεί στο κέικ περιβάλλεται από μία λιπαρή μεμβράνη με αποτέλεσμα η επιφάνεια του ψημένου κέικ να είναι επικαλυμμένη από λίπος (Shepherd & Yoell, 1976). Τα λιπαρά έχουν την τάση να βελτιώνουν την μαλακότητα, την υγρασία και τη γεύση των κέικ (Bennion & Bamford, 1997). Όσο πιο ομοιόμορφη είναι η κατανομή του λίπους στο κέικ τόσο πιο μαλακή είναι η ψίχα του κέικ (Shepherd & Yoell, 1976).

### 2.2.3 Γλυκαντικές Ύλες – Ζάχαρη

Η σακχαρόζη ή ζάχαρη είναι ένας δισακχαρίτης και είναι η πιο συνήθης γλυκαντική ύλη που χρησιμοποιείται στην παρασκευή κέικ (Bennion et al., 1997). Αποτελείται από ένα μόριο φρουκτόζης και ένα μόριο γλυκόζης συνδεδεμένα μεταξύ τους με  $\alpha$ -(1,2) γλυκοζιτικό δεσμό. Εκτός από την συμβολή της στη γεύση, η σακχαρόζη έχει και άλλους λειτουργικούς ρόλους στην παρασκευή των αρτοπαρασκευασμάτων.

Κατά το στάδιο προετοιμασίας της ζύμης του κέικ, αφού προστεθούν τα αυγά, η σακχαρόζη αρχίζει να διαλύεται. Στο σημείο αυτό το μίγμα γίνεται περισσότερο διαλυτό και παρατηρείται μείωση του ιξώδους και της σταθερότητάς του (Bennion & Bamford, 1997).

Κατά το στάδιο ψησίματος του κέικ, η σακχαρόζη επιβραδύνει τόσο τη διαδικασία ζελατινοποίησης του αμύλου όσο και τη μετουσίωση των πρωτεϊνών των αυγών. Όσο αυξάνει η συγκέντρωση της σακχαρόζης παρατηρείται αδυναμία επίτευξης της επιθυμητής θερμοκρασίας ζελατινοποίησης του αμύλου λόγω της μείωσης της ενεργότητας ύδατος, των κόκκων αμύλου και της μικρής διαθεσιμότητας ύδατος της σακχαρόζης (Beleia et al., 1996). Η σακχαρόζη μπορεί, επίσης, να καθυστερήσει σημαντικά την έναρξη της διόγκωσης του αμύλου, όμως μόλις ξεκινήσει γίνεται γρηγορότερα και η διάμετρος των διογκωμένων αμυλοκόκκων είναι μεγαλύτερη (Bean & Yamazaki, 1978).

Όπως προαναφέρθηκε η σακχαρόζη επιδρά και στη διαδικασία μετουσίωσης των πρωτεϊνών. Αύξηση της συγκέντρωσης της σακχαρόζης κατά 10% αυξάνει τη θερμοκρασία μετουσίωσης των πρωτεϊνών του λευκώματος του αυγού κατά 2°C ενώ αύξηση της σακχαρόζης κατά 50% αυξάνει τη θερμοκρασία κατά 13°C (Donovan, 1977). Η επίδραση αυτή πιθανώς να οφείλεται στη μείωση της ενεργότητας ύδατος μετά την προσθήκη σακχαρόζης στο νερό (Donovan et al., 1975). Σύμφωνα με ερευνητές, η σακχαρόζη μεταβάλλει τις υδατικές ιδιότητες των πρωτεϊνών και αυξάνει τη θερμική τους σταθερότητα σε υδατικά διαλύματα. Η επίδραση αυτή δεν έχει αναλυθεί ως προς τον ακριβή τρόπο λειτουργίας της και φαίνεται ότι είναι ανεξάρτητη της φύσης των πρωτεϊνών (Kaushik et al., 1998; Uedaira, 1980).

Για την επίτευξη ιδανικού όγκου του κέικ θα πρέπει η ζελατινοποίηση του αμύλου και η μετουσίωση των πρωτεϊνών του αυγού να πραγματοποιηθούν ταυτόχρονα (Donovan, 1977). Επίσης, η δομή του κέικ μέσα στο φούρνο μπορεί να ελεγχθεί και να ρυθμιστεί από τη συγκέντρωση της σακχαρόζης. Η αναλογία σακχαρόζης προς νερό μέχρι 50% προκαλεί αύξηση του όγκου του κέικ και δίνει ενιαία και λεπτή δομή των πόρων της ψίχας (Kim et al., 1992). Αντίθετα, υψηλότερα επίπεδα σακχαρόζης αυξάνουν τη θερμοκρασία ζελατινοποίησης του αμύλου σε σημείο όπου η δομή του κέικ καταρρέει κατά το ψήσιμο. Για παράδειγμα, προσθήκη

σακχαρόζης σε επίπεδο 55-60% αυξάνει τη θερμοκρασία ζελατινοποίησης από 57°C σε 92°C με αποτέλεσμα την κατάρρευση της δομής (Kim et al., 1992). Συνεπώς, η σακχαρόζη συμβάλλει τόσο στον έλεγχο της θερμοκρασίας ζελατινοποίησης στο κέικ όσο και στην επίτευξη κατάλληλης δομής και υφής του προϊόντος.

#### 2.2.4 Αυγά

Τα κύρια συστατικά του αυγού είναι το λευκώμα και ο κρόκος τα οποία διαχωρίζονται από μεμβράνη λεκιθίνης. Όσον αφορά το βάρος, το κέλυφος του αυγού καταλαμβάνει το 11% του συνολικού βάρους, το λευκώμα το 58% και ο κρόκος το 31% του βάρους του αυγού (Campbell et al., 2003). Το λευκώμα του αυγού αποτελείται από 88% νερό και 11% πρωτεΐνες (Bennion et al., 1997). Οι πρωτεΐνες του λευκώματος είναι ένα σύνθετο μίγμα που περιλαμβάνει την αλβουμίνη, τις γλοβουλίνες και τη λυσοζύμη (Mine, 2002). Ο κρόκος αποτελείται από 50% νερό, 34% λιπίδια και 16% πρωτεΐνες (Bennion et al., 1997).

Κατά την ανάμιξη του μίγματος του κέικ θα πρέπει να σχηματιστεί ένα γαλάκτωμα. Κατά την προσθήκη των αυγών, οι πρωτεΐνες του λευκώματος δεν συμμετέχουν στο σχηματισμό και τη σταθεροποίηση του γαλακτώματος σε αντίθεση με αυτές του κρόκου. (Kiosseoglou, 2004). Κατά την προσθήκη των αυγών στο μίγμα του κέικ, διαμορφώνεται ένα σταθερό γαλάκτωμα λόγω της λεκιθίνης των κρόκων των αυγών.

Τα αυγά συνεισφέρουν στη διόγκωση του κέικ είτε μέσω της ενσωμάτωσης μεγάλων ποσοτήτων αέρα, με τη γαλακτωματοποίηση του λιπαρού (στις συνήθεις κατηγορίες κέικ) είτε μέσω της δημιουργίας αφρού (ειδικές κατηγορίες κέικ που προστίθεται μαρέγκα). Στην πρώτη περίπτωση, κατά την ανάμιξη του μίγματος, μεγάλες ποσότητες αέρα ενσωματώνονται και διατηρούνται στη λιπαρή φάση. Με το λιώσιμο των λιπαρών σφαιριδίων, οι φυσαλίδες αέρα μεταναστεύουν από τη λιπαρή στην υδατική φάση και σταθεροποιούνται από τις πρωτεΐνες του λευκώματος του αυγού.

Στην περίπτωση σχηματισμού μαρέγκας, οι πρωτεΐνες του λευκώματος συμβάλλουν στη δημιουργία αφρού και στη σταθεροποίηση του γαλακτώματος μέσω του σχηματισμού ενός προστατευτικού υμένα γύρω από τις φυσαλίδες αέρα (Mine, 1995). Έτσι, αυξάνεται ο όγκος του κέικ και η ψίχα αποκτά ομοιόμορφη δομή. Η γλοβουλίνη του λευκώματος αποτελεί παράγοντα πρόωθησης του σχηματισμού του αφρού, ενώ η ωομυκίνη βοηθά στη σταθεροποίηση του αφρού (Mine, 1995).

Η προσθήκη αυγών συνεισφέρει επίσης στην ανάπτυξη δομής του κέικ μέσω της μετουσίωσης (λόγω θέρμανσης) και της πήξης των πρωτεϊνών. Κατά το ψήσιμο του κέικ, το υγρό μίγμα μετασχηματίζεται σε μία στερεή μορφή λόγω της ζελατινοποίησης του αμύλου και της πήξης των πρωτεϊνών του αυγού (Guy et al., 1981). Η αλβουμίνη μετουσιώνεται στους 85°C ενώ στους 65°C σχηματίζεται ένα δίκτυο πρωτεϊνών από λιποπρωτεΐνες χαμηλής πυκνότητας το οποίο διαμορφώνει τη δομή και προσδίδει σκληρότητα στη ψίχα του κέικ.

### 2.2.5 Αλάτι

Η κύρια λειτουργία του αλατιού είναι η ενίσχυση της γεύσης των συστατικών του προϊόντος. Η παρουσία του εξισορροπεί τη γλυκιά γεύση που προσδίδει η ζάχαρη στο μίγμα του κέικ αν και η αλμυρή γεύση δεν θα πρέπει να είναι ευδιάκριτη. Συνήθως, στην αρτοποιασκευή, τα επίπεδα αλατιού που χρησιμοποιούνται είναι περίπου 1-3%.

Μία επιπλέον λειτουργία του αλατιού είναι η βελτίωση της δομής του κέικ. Κατά την ανάμιξη του με το λεύκωμα των αυγών, ενισχύεται η συνεκτικότητα του κέικ και η σταθερότητα του μίγματος. Αν και το αλάτι δεν έχει διογκωτικές ιδιότητες, μπορεί να συμβάλλει μερικώς στην αύξηση του όγκου του κέικ (Spies, 1997).

### 2.2.6 Διογκωτικοί Παράγοντες – Baking Powder

Οι διογκωτικοί παράγοντες είναι ουσίες που προκαλούν αύξηση του όγκου του ζυμαριού ή των μιγμάτων των αρτοσκευασμάτων, δίνοντας πορώδη δομή στο προϊόν. Στους παράγοντες αυτούς περιλαμβάνεται ο αέρας, ο ατμός, η μαγιά, η μαγειρική σόδα και το baking powder.

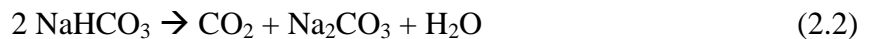
Για την αύξηση του όγκου του κέικ χρησιμοποιούνται χημικοί διογκωτικοί παράγοντες (baking powder, μαγειρική σόδα) που προκαλούν την έκλυση CO<sub>2</sub> που αυξάνει το μέγεθος των φυσαλίδων αερίου που δημιουργούνται κατά την ανάμιξη (Penfield et al., 1990).

Οι κυριότερες ουσίες των χημικών διογκωτικών συστημάτων είναι άλατα νατρίου (όξινο ανθρακικό νάτριο - εμπορική μαγειρική σόδα) και αμμωνιακά άλατα (όξινο ανθρακικό αμμώνιο). Κατά τη θέρμανση, το όξινο ανθρακικό αμμώνιο διασπάται και παράγει πτητικά προϊόντα. Η αντίδραση αποσύνθεσης του όξινου ανθρακικού αμμωνίου είναι η εξής (2.1):

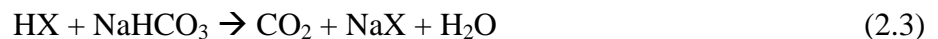


Το αμμώνιο που παράγεται από τη διάσπαση του όξινου ανθρακικού αμμωνίου προσδίδει μη επιθυμητή γεύση στο προϊόν και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται σε μπισκότα, που έχουν μεγάλη επιφάνεια σε σχέση με τη μάζα τους, μικρό πορώδες και χαμηλή υγρασία, ψήνονται σε υψηλές θερμοκρασίες και αποβάλλουν τη δυσάρεστη γεύση και οσμή.

Στην παρασκευή του κέικ, λόγω της υψηλής του υγρασίας, χρησιμοποιείται το όξινο ανθρακικό νάτριο σε συνδυασμό με διάφορα οξέα ή η σκόνη εμπορίου baking powder. Σύμφωνα με την αντίδραση 2.2, κατά τη θέρμανση, το όξινο ανθρακικό νάτριο δεν απαιτεί την ύπαρξη οξέος για το σχηματισμό CO<sub>2</sub> (Penfield et al., 1990).



Το ουδέτερο ανθρακικό νάτριο που παράγεται προσδίδει ανεπιθύμητη γεύση στο προϊόν ενώ η αλκαλικότητά του μπορεί να έχει άλλες αρνητικές επιδράσεις όπως τη μεταβολή του χρώματος της κόρας. Για το λόγο αυτό η χρήση του όξινου ανθρακικού νατρίου γίνεται σε συνδυασμό με οξύ και παράγεται CO<sub>2</sub> και άλας νατρίου της όξινης ένωσης (2.3). Στην περίπτωση αυτή η απόδοση CO<sub>2</sub> είναι μεγαλύτερη απ' ό τι στην αντίδραση (2.2).



Τα οξέα που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι είτε ταχείας δράσης, τα οποία αντιδρούν σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος κατά την ανάμιξη, είτε βραδείας δράσης, τα οποία αντιδρούν κατά τη διάρκεια του ψησίματος του κέικ.

Η σκόνη baking powder, που χρησιμοποιείται ως διογκωτικός παράγοντας κατά την παρασκευή κέικ, συνήθως παρασκευάζεται από ένα οξύ (π.χ. κρεμόριο – cream of tartar), μία βάση (π.χ. μαγειρική σόδα) και ένα αφυδατικό μέσο (π.χ. άμυλο). Η μαγειρική σόδα αποτελείται από όξινο ανθρακικό νάτριο και έχει τη μορφή λευκής κρυσταλλικής σκόνης. Το κρεμόριο (cream of tartar) εμπεριέχεται στα σταφύλια και λαμβάνεται ως ίζημα από τα βαρέλια. Από μόνο του το κρεμόριο δεν έχει διογκωτικές ιδιότητες παρουσία όμως υγρασίας και αλκαλικών αλάτων, συγκεκριμένα μαγειρικής σόδας, αντιδρά και απελευθερώνει διοξείδιο του άνθρακα με τη μορφή φυσαλίδων, οι οποίες εγκλωβίζονται στη ζύμη με αποτέλεσμα να φουσκώνει και να διογκώνεται. Το άμυλο έχει το ρόλο του συντηρητικού και κρατάει διαχωρισμένα τη μαγειρική σόδα από το κρεμόριο, βοηθά στην ενσωμάτωση του μίγματος στη ζύμη μας και απορροφά την υγρασία του περιβάλλοντος εμποδίζοντας την έναρξη της αντίδρασης μεταξύ των συστατικών.

Παρουσία νερού και με την επίδραση της θερμότητας, η χημική αντίδραση ανάμεσα στη μαγειρική σόδα και το κρεμόριο γίνεται άμεσα. Αν η ζύμη καθυστερήσει να μπει στο φούρνο τότε το μεγαλύτερο μέρος του CO<sub>2</sub> απελευθερώνεται και διαφεύγει στο περιβάλλον με αποτέλεσμα το μίγμα να γίνεται υδαρές και το προϊόν να μην έχει τον επιθυμητό όγκο. Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό, σε βιομηχανική παρασκευή του baking powder, γίνεται αντικατάσταση του κρεμορίου με άλλα οξέα όπως δυσόξινο φωσφορικό ασβέστιο (MCP) και δυσόξινο πυροφωσφορικό νάτριο (SAPP). Τα οξέα αυτά επιβραδύνουν την αντίδραση και είτε ενεργούν μόνο με την επίδραση θερμότητας είτε ενεργούν σε δύο φάσεις, πριν και κατά τη διάρκεια του κλιβανισμού.

### 2.2.7 Διαιτητικές Ίνες

Η συμβολή των διαιτητικών ινών στη σωστή λειτουργία του εντέρου είναι ένα γεγονός που έχει αναγνωριστεί από πολλές έρευνες. Οι δίαιτες που περιλαμβάνουν μέτριες ποσότητες δημητριακών, φρούτων και λαχανικών παρέχουν επαρκή ποσότητα ινών. Τα τρόφιμα που δεν περιέχουν γλουτένη είναι εμπλουτισμένα με άμυλο και συνεπώς δεν έχουν τα ίδια επίπεδα θρεπτικών συστατικών με αυτά που περιέχουν γλουτένη. Έρευνες έχουν δείξει ότι ασθενείς που πάσχουν με τη νόσο της κοιλιοκάκης λαμβάνουν μικρότερη ποσότητα φυτικών ινών από τη συνιστώμενη και δεν έχουν μια ισορροπημένη διατροφή (Grehn et al., 2001; Lohiniemi et al., 2000). Έτσι, ο εμπλουτισμός των αρτοσκευασμάτων χωρίς γλουτένη, με διαιτητικές ίνες είναι ένα θέμα που ερευνάται από πολλούς τεχνολόγους τροφίμων (Codex Alimentarius Commission, 2000).

Οι διαιτητικές ίνες συμβάλλουν στη βελτίωση του όγκου και της υφής του κέικ. Ένα παράδειγμα που περιγράφει τη λειτουργικότητα των ινών αποτελεί η ινουλίνη. Η ινουλίνη είναι ένας άπεπτος πολυσακχαρίτης που ταξινομείται στις διαιτητικές ίνες και λειτουργεί ως πρεβιοτικό γιατί προάγει την ανάπτυξη επιθυμητών βακτηρίων στο έντερο (Gibson et al., 1995). Όταν η ινουλίνη προστεθεί στο σιταρένιο ψωμί βελτιώνει τον όγκο του, αυξάνει τη σταθερότητα του ζυμαριού και προσδίδει στην ψίχα μία ομοιόμορφη και λεπτόκοκκη υφή (Anon, 1999). Δύο άλλα “ψευδοδημητριακά” που έχουν χρησιμοποιηθεί πρόσφατα λόγω της υψηλής θρεπτικής τους αξίας είναι η κινόα (quinoa) και ο αμάρανθος. Έρευνες έχουν δείξει ότι η προσθήκη των δύο αυτών καινοτόμων και λειτουργικών συστατικών σε προϊόν ελεύθερου γλουτένης βελτιώνει την ποιότητά του και την περιεκτικότητα σε διαιτητικές ίνες (Schoenlechner et al., 2002).

### 2.2.8 Γαλακτωματοποιητές – DATEM

Οι γαλακτωματοποιητές χρησιμοποιούνται σε προϊόντα αρτοποιίας και συμβάλλουν στη βελτίωση πολλών ιδιοτήτων τους όπως η αύξηση της δύναμης του ζυμαριού, της μαλακότητας της ψίχας και η ενίσχυση της δομής του προϊόντος (Stampfli et al., 1995). Πρόκειται για ενώσεις με ένα υδρόφιλο και ένα υδρόφοβο τμήμα στο μόριό τους και βοηθούν στην ανάμειξη δύο ή περισσότερων συστατικών (π.χ. ενός λιπαρού και ενός υδατικού). Το κύριο χαρακτηριστικό των γαλακτωματοποιητών είναι η αμφίφιλη φύση τους, που επιτρέπει στα μόρια να μεταναστεύουν στην επιφάνεια επαφής των δύο φάσεων μειώνοντας την επιφανειακή τάση και σχηματίζοντας διασπορές. Η λιπόφιλη περιοχή των μορίων αντιδρά με τη μη πολική λιπαρή φάση του μίγματος, ενώ η υδρόφιλη περιοχή αντιδρά με την πολική υδατική φάση του μίγματος (Stauffer, 1999). Οι αντιδράσεις αυτές των πολικών και μη πολικών περιοχών των μορίων μετρούνται συνήθως μέσω της υδρόφιλης και λιπόφιλης ισορροπίας. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της ισορροπίας αυτής τόσο πιο υδρόφιλος είναι ο γαλακτωματοποιητής (λάδι σε νερό), ενώ όσο μικρότερη είναι η τιμή τόσο πιο λιπόφιλος είναι (νερό σε λάδι).

Οι γαλακτωματοποιητές μπορούν να αντιδρούν με τις υδρόφοβες περιοχές των πρωτεϊνών, αυξάνοντας την ισχύ της ζύμης. Το λιπόφιλο τμήμα τους συμβάλλει στη μετουσίωση των πρωτεϊνών κατά τη διάρκεια της έναρξης του ψησίματος. Το σύμπλεγμα γαλακτωματοποιητή – πρωτεΐνης ενδυναμώνει το ζυμάρι επιτρέποντας καλύτερη συγκράτηση του διοξειδίου του άνθρακα (Rosell et al., 2006).

Το DATEM (διακετυλικοί ταρταρικοί εστέρες μονογλυκεριδίων - diacetyl tartaric esters of mono-glycerides) είναι γαλακτωματοποιητής που συμβάλλει στη βελτίωση των ιδιοτήτων του ψωμιού, όπως την ενίσχυση της υφής και της σταθερότητας του ζυμαριού καθώς και την αύξηση του όγκου του ψωμιού (Lorenz, 1983; Mettler et al., 1993). Τα ένζυμα του DATEM μετουσιώνονται κατά τη διάρκεια του ψησίματος και δεν ανιχνεύονται στο τελικό προϊόν, σε σύγκριση με άλλους γαλακτωματοποιητές και χημικούς παράγοντες. Έτσι, τα ένζυμα αυτά βελτιώνουν τη λειτουργικότητα του προϊόντος χωρίς να χρειάζεται να αναγράφονται στην ετικέτα (Martinez-Anaya et al., 1997).

### 3. ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

#### 3.1 Εισαγωγή

Οι διαιτητικές ίνες αποτελούν μέρος της διατροφής του ανθρώπου εδώ και πολλά χρόνια. Παλαιότερα έπαιζαν σημαντικότερο ρόλο στη διατροφή του, στη συνέχεια όμως, με την πρόοδο των κοινωνιών, η κατεργασία των τροφίμων έγινε πιο έντονη με αποτέλεσμα να μειωθεί η ποσότητα των διαιτητικών ινών που περιέχουν τα τρόφιμα.

Οι διαιτητικές ίνες έχουν αποτελέσει θέμα σημαντικού επιστημονικού ενδιαφέροντος τα τελευταία 50 χρόνια. Υπήρξε έντονος προβληματισμός στον επιστημονικό χώρο μέχρις ότου βρεθεί ένας κοινώς αποδεκτός ορισμός τους. Ο λόγος της επί σειράς ετών συζήτησης γύρω από το θέμα αυτό αποτελεί αφενός η διατροφική αξία των ινών και αφετέρου η μέθοδος ανάλυσής τους. Οι διαιτητικές ίνες δεν αποτελούν κάποιο συγκεκριμένο θρεπτικό συστατικό, παρόλα αυτά συνιστούν βασικό στοιχείο της καθημερινής διατροφής. Το μεγαλύτερο μέρος τους αποτελείται από υδατάνθρακες και βρίσκονται στα φρούτα (αχλάδια, φράουλες, μούρα), στα λαχανικά (καρότο, φασόλια, αρακάς), στα όσπρια (φακές, φασόλια), καθώς και στα προϊόντα ολικής άλεσης (δημητριακά βρώμης, πιτυρούχα δημητριακά).

Ο όρος διαιτητικές ίνες χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1953 από τον Hipsley για να περιγράψει τα συστατικά των φυτικών κυτταρικών τοιχωμάτων και στη συνέχεια το 1972 από τον Trowell που ασχολήθηκε με τη διατροφή και τις ασθένειες που εμφανίστηκαν στον δυτικό κόσμο. Ο Trowell, αρχικά, αναφέρθηκε στις διαιτητικές ίνες ως “ουσίες δύσπεπτες από το παχύ έντερο” και στη συνέχεια συμπεριέλαβε τον ορισμό “δύσπεπτοι πολυσακχαρίτες και λιγνίνη” (Trowell et al., 1976). Οι ορισμοί αυτοί σχετίζονται με παλαιότερες αναφορές σε “διαθέσιμους” και “μη διαθέσιμους” υδατάνθρακες. Πρόσφατα οι οργανισμοί FAO/WHO πρότειναν τη χρήση του όρου “γλυκαιμικοί υδατάνθρακες” για την περιγραφή των υδατανθράκων που απορροφούνται και είναι διαθέσιμοι στους ιστούς του ανθρώπινου σώματος (Anon, 1998).

Πολλές έρευνες έχουν ως αντικείμενο την ευεργετική δράση των διαιτητικών ινών στην καταπολέμηση της δυσκοιλιότητας. Η πεποίθηση ότι τα τρόφιμα φυτικής προέλευσης ανακουφίζουν την δυσκοιλιότητα έχει τις βάσεις της από τον 4<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. (Spiller, 1993). Ο 20<sup>ος</sup> αιώνας έδειξε αρκετό ενδιαφέρον στις διαιτητικές ίνες και στα δημητριακά ολικής άλεσης παρά το γεγονός ότι δεν πραγματοποιήθηκαν αρκετές έρευνες μέχρι το 1960. Τα τελευταία 30 χρόνια η πληροφόρηση σχετικά με την κατανάλωση τροφίμων πλούσια σε διαιτητικές ίνες και της θετικής επίδρασης σε ασθένειες όπως η παχυσαρκία, ο διαβήτης και ο καρκίνος του παχέος εντέρου, είναι



μεγάλη σε έκταση. Οι διαιτητικές ίνες έχουν χαρακτηριστεί και ως “λειτουργικά τρόφιμα” καθώς μπορούν να επηρεάσουν θετικά μία ή περισσότερες στοχευμένες δράσεις του ανθρώπινου οργανισμού (Diplock et al., 1999). Σήμερα, η παρότρυνση των αρμόδιων οργανισμών για πρόσληψη συνιστώμενων ημερησίων ποσοτήτων διαιτητικών ινών καθώς και οι αλλαγές στις διατροφικές συνήθειες των διαφόρων πληθυσμών, ενισχύουν την προώθηση τροφίμων με υψηλή περιεκτικότητα σε ίνες.

### 3.2 Ορισμός των Διαιτητικών Ινών

Για τις διαιτητικές ίνες έχουν διατυπωθεί διάφοροι ορισμοί βασιζόμενοι σε διαφορετικές προσεγγίσεις. Έτσι, με βάση τη “βοτανική” προσέγγιση οι διαιτητικές ίνες είναι συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων των φυτών, με βάση τη “χημική” προσέγγιση οι διαιτητικές ίνες αποτελούν αμυλούχους πολυσακχαρίτες ενώ με βάση τη “φυσιολογική” προσέγγιση οι διαιτητικές ίνες αναφέρονται σε πολυσακχαρίτες, ολιγοσακχαρίτες και άλλες σχετικές ουσίες των κυτταρικών τοιχωμάτων που παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στην πέψη στον ανώτερο γαστρεντερικό σωλήνα (Guillon et al., 2000).

Το 2001, το AACC (American Association of Cereal Chemists) υιοθέτησε την ακόλουθη ερμηνεία (Anon, 2001): “Οι διαιτητικές ίνες αποτελούν τα εδώδιμα μέρη των φυτών ή οι ανάλογοι υδατάνθρακες που είναι ανθεκτικές στην πέψη και την απορρόφηση στο λεπτό έντερο του ανθρώπου, με πλήρη ή μερική ζύμωση στο παχύ έντερο. Οι διαιτητικές ίνες περιλαμβάνουν πολυσακχαρίτες, ολιγοσακχαρίτες, λιγνίνη και συνδεόμενες με αυτά φυτικές ουσίες. Οι διαιτητικές ίνες προωθούν ευεργετικές φυσιολογικές δράσεις, συμπεριλαμβανομένων της καλής λειτουργίας (εκκένωσης) του εντέρου, και/ή μετρίασης της χοληστερόλης του αίματος, και /ή μετρίασης της γλυκόζης του αίματος.”

Οι αναλυτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ποσοτικοποίηση του συνόλου των διαιτητικών ινών δεν είναι συγκεκριμένες και αλλάζουν συνεχώς (DeVries, 2010; McCleary, 2010). Λόγω του αυξημένου αριθμού μελετών που αφορούν τις φυσιολογικές και θρεπτικές ιδιότητες συγκεκριμένων συστατικών των διαιτητικών ινών (ανθεκτικό άμυλο, πολυδεξτρόζη κ.α.) πολλές χώρες πρότειναν τη διεύρυνση των ορισμών στους οποίους να συμπεριλαμβάνονται οι φυσιολογικές επιδράσεις (AACC, 2001; Commission of European Communities, 2008). Ο Codex Alimentarius έχοντας ως σκοπό να δημιουργήσει ένα αρμονικό σενάριο που να είναι αποδεκτό από όλα τα μέλη των κρατών, υιοθέτησε έναν ορισμό που περιγράφει και τις θρεπτικές ιδιότητες των ινών (Codex Alimentarius, 2009). Έτσι, σύμφωνα με τον ορισμό αυτό “Οι διαιτητικές ίνες

είναι πολυμερή<sup>1</sup> υδατανθράκων με δέκα ή περισσότερα μονομερή<sup>2</sup>, που δεν υδρολύονται από τα ενδογενή ένζυμα στο λεπτό έντερο του ανθρώπινου οργανισμού και ανήκουν στις παρακάτω κατηγορίες:

- α) Βρώσιμα πολυμερή υδατανθράκων που βρίσκονται φυσικά στα τρόφιμα
- β) Πολυμερή υδατανθράκων που έχουν ληφθεί από πρώτες ύλες τροφίμων με φυσικά, ενζυμικά και χημικά μέσα και έχει δειχθεί ότι έχουν ωφέλιμη επίδραση στη φυσιολογία της ανθρώπινης υγείας, όπως αποδεικνύεται από γενικώς αποδεκτά επιστημονικά στοιχεία
- γ) Συνθετικά πολυμερή υδατανθράκων που έχουν ωφέλιμη επίδραση στη φυσιολογία της ανθρώπινης υγείας, όπως αποδεικνύεται από γενικώς αποδεκτά επιστημονικά στοιχεία”.

Παρόλο που ισχύει ο παραπάνω ορισμός παγκοσμίως, υπάρχουν ακόμα θέματα που πρέπει να διευθετηθούν ώστε να τεθεί σε εφαρμογή σε όλες τις χώρες. Τα δύο κύρια θέματα είναι η εισαγωγή των πολυμερών υδατανθράκων με 3-9 βαθμούς πολυμερισμού και η ανάγκη να προσδιοριστεί ποιες ωφέλιμες επιδράσεις των διαιτητικών ινών στη φυσιολογία της ανθρώπινης υγείας πρέπει να ληφθούν υπόψη από τις εθνικές αρχές (Wenzel de Menezes et al., 2013). Μέχρι να μπορέσουν όλες οι χώρες να αποδεχτούν ότι οι υδατάνθρακες με 3-9 βαθμούς πολυμερισμού είναι διαιτητικές ίνες, θα ισχύουν οι δύο ορισμοί που προαναφέρθηκαν (Howlett et al., 2010; Lupton et al., 2009).

### 3.3 Φυσικές – Λειτουργικές Ιδιότητες των Διαιτητικών Ινών

Οι διαιτητικές ίνες περιλαμβάνουν πολλά διαφορετικά μακρομόρια με μεγάλη ποικιλία σε φυσικές και λειτουργικές ιδιότητες. Βρίσκονται στα τρόφιμα είτε από τη φύση τους (σε κυτταρικά τοιχώματα λαχανικών και φρούτων) είτε προστίθενται σε αυτά με στόχο τη βελτίωση των θεραπευτικών (π.χ. πίτουρα σε προϊόντα άρτου) ή φυσικών (π.χ. πηκτικοί παράγοντες) ιδιοτήτων τους. Η χρήση διαφόρων τεχνολογικών μεθόδων μπορεί να τροποποιήσει τις φυσικοχημικές ιδιότητες των ινών και να βελτιστοποιήσει τόσο τις λειτουργικές όσο και τις φυσιολογικές τους ιδιότητες (Guillon, Champ, 2000).

<sup>1</sup> όταν είναι φυτικής προέλευσης οι διαιτητικές ίνες μπορεί να περιλαμβάνουν κλάσματα λιγνίνης και/ή άλλων ενώσεων που σχετίζονται με τους πολυσακχαρίτες στα φυτικά κυτταρικά τοιχώματα. Οι ενώσεις αυτές μπορούν να μετρηθούν μέσω συγκεκριμένων αναλυτικών μεθόδων που χρησιμοποιούνται στην περίπτωση των διαιτητικών ινών. Όταν οι ενώσεις αυτές εκχυλιστούν και προστεθούν εκ νέου στο προϊόν, τότε δεν μπορούν να συμπεριληφθούν στον ορισμό των διαιτητικών ινών.

<sup>2</sup> οι εθνικές αρχές είναι υπεύθυνες για το αν θα περιλαμβάνονται υδατάνθρακες με 3 έως 9 μονομερή ή όχι.

Οι λειτουργικές ιδιότητες των διαιτητικών ινών δε διαδραματίζουν θεμελιώδη ρόλο μόνο στις φυσιολογικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά επηρεάζουν τις ιδιότητες των τροφίμων στα οποία προστίθενται. Έτσι, η ενσωμάτωση των ινών σε τρόφιμα τροποποιεί τη συνοχή, την υφή, τις ρεολογικές ιδιότητες και τη σταθερότητά τους με διάφορους μηχανισμούς που εξαρτώνται κυρίως από τη διαλυτότητά τους. Γενικά οι διαλυτές διαιτητικές ίνες αυξάνουν το ιξώδες της υγρής φάσης του τροφίμου, ανάλογα με το μέγεθος του πολυμερούς και την κατανομή του μοριακού βάρους, ενώ οι αδιάλυτες ίνες διογκώνονται και συγκρατούν νερό ανάλογα με το μέγεθος και την κατανομή των πόρων τους. Οι κρίσιμες λειτουργικές ιδιότητες των ινών που καθορίζουν την ενσωμάτωσή τους στα τρόφιμα, πέραν της διαλυτότητας, περιλαμβάνουν τις ιδιότητες ενυδάτωσης (συμπεριλαμβανομένου του σχηματισμού πηκτής), αύξησης του ιξώδους και απορρόφησης λιπαρών. Πρόσθετοι παράγοντες όπως το χρώμα και η γεύση των ινών, πρέπει να ληφθούν υπόψη σε πολλές εφαρμογές, λόγω των επιπτώσεών τους στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος.

### **3.3.1 Μέγεθος Σωματιδίων**

Το μέγεθος των σωματιδίων εξαρτάται από τον τύπο των κυτταρικών τοιχωμάτων που βρίσκονται στα τρόφιμα καθώς και από τον βαθμό επεξεργασίας που έχουν υποστεί. Το μέγεθος των σωματιδίων των ινών ποικίλει κατά την είσοδό τους στο πεπτικό σύστημα λόγω της μάσησης, της άλεσης στο στομάχι και της βακτηριακή αποδόμησης στο παχύ έντερο.

Το μέγεθος των σωματιδίων μπορεί να μετρηθεί με κοσκίνισμα, με μεθόδους που βασίζονται στις μεταβολές της ειδικής αντίστασης ενός αγωγίμου μέσου ή σε οπτικές μεθόδους (μικροσκοπία, ανάλυση εικόνας στον ηλεκτρονικό υπολογιστή) (Allen, 1989). Έχει σημασία αν οι ίνες είναι υγρές ή ξηρές καθώς η απορρόφηση νερού μπορεί να αυξήσει το μέγεθος των σωματιδίων.

### **3.3.2 Ιδιότητες Ενυδάτωσης**

Οι ενυδατικές ιδιότητες των φυτικών κυτταρικών τοιχωμάτων καθορίζουν την πορεία των διαιτητικών ινών στο πεπτικό σύστημα (επαγωγή ζύμωσης) και είναι υπεύθυνες για μερικές από τις φυσιολογικές επιδράσεις των ινών. Ο τρόπος με τον οποίο αντιδρούν οι ίνες στο νερό μπορεί να περιγραφεί με τη χρήση διάφορων όρων όπως ενυδάτωση, πρόσληψη, δέσμευση ή συγκράτηση νερού. Συνήθως οι ιδιότητες ενυδάτωσης μπορούν να χαρακτηριστούν από τους όρους διόγκωση,

ικανότητα διατήρησης νερού, ικανότητα συγκράτησης νερού και απορρόφηση νερού (Robertson, 1998).

Η διόγκωση (swelling) αναφέρεται στον όγκο που καταλαμβάνει μια συγκεκριμένη ποσότητα (γνωστό βάρος) ινών υπό τις συνθήκες χρήσης, παρουσία περίσσειας διαλύτη (συνήθως νερού). Η ικανότητα διατήρησης νερού (water retention capacity) ορίζεται ως το ποσό του νερού που διατηρείται από μία συγκεκριμένη ποσότητα (γνωστό βάρος) ινών υπό τις συνθήκες χρήσης. Ως ικανότητα συγκράτησης νερού (water holding capacity) ορίζεται η ποσότητα του νερού που είναι δεσμευμένη στις ίνες χωρίς την εφαρμογή εξωτερικής δύναμης (εκτός από τη βαρύτητα και την ατμοσφαιρική πίεση). Η απορρόφηση νερού (water absorption) αναφέρεται στην κινητική της κίνησης του νερού υπό καθορισμένες συνθήκες.

Η διόγκωση και η απορρόφηση νερού παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για την ενυδάτωση των ινών και για τη χρήση τους ως συμπληρώματα σε τρόφιμα. Η απορρόφηση νερού δίνει πληροφορίες για τον όγκο των πόρων του υποστρώματος και βοηθά στην κατανόηση της συμπεριφοράς των ινών κατά τη διέλευση τους στο έντερο.

Οι συνθήκες του περιβάλλοντος όπως η θερμοκρασία, το pH, η φύση των ιόντων, η ιονική ισχύς, επιδρούν στις ιδιότητες ενυδάτωσης των ινών που περιέχουν πολύ – ηλεκτρολύτες (π.χ. το καρβοξύλιο που βρίσκεται σε ίνες πλούσιες σε πηκτίνες, θεικές και καρβοξυλικές ομάδες σε ίνες από φύκια) (Fleury et al 1991; Renard et al, 1994). Η διηλεκτρική σταθερά του περιβαλλοντικού διαλύματος μπορεί να προκαλέσει τροποποίηση των ηλεκτρικών ιδιοτήτων της επιφάνειας των ινών.

### **3.3.3 Διαλυτότητα**

Η διαλυτότητα επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη λειτουργικότητα των ινών και για το λόγο αυτό διαχωρίζονται σε διαλυτές και αδιάλυτες ίνες. Οι διαλυτές διαιτητικές ίνες ονομάζονται και υδροκολλοειδή γιατί τα μόρια των ινών δε διαλύονται αλλά υπάρχουν ως κολλοειδείς διασπορές.

Η διαλυτότητα των ινών επηρεάζεται από τη μοριακή δομή και μοριακό βάρος των πολυμερών τους. Για δείγματα με παρόμοιο μέγεθος σωματιδίων, η διαλυτότητα συνήθως μειώνεται με αύξηση του μοριακού βάρους. Σε υψηλά διακλαδισμένους πολυσακχαρίτες η πιθανότητα διαμοριακών συνδέσεων είναι χαμηλή και επομένως αυξάνεται η διαλυτότητά τους στο νερό. Επίσης, η διαλυτότητα των πολυσακχαριτών επηρεάζεται από τη θέση των ενδομοριακών δεσμών μεταξύ των σακχάρων. Ορισμένοι τύποι δεσμών καθώς και η διαφοροποίηση αυτών εντός του πολυμερούς (π.χ. 1,3-, 1,4-, 1,6-) προκαλούν μη γραμμικότητα στο πολυμερές και μειώνουν την

πιθανότητα για δημιουργία διαμοριακών δεσμών μεταξύ των αλυσίδων του, αυξάνοντας επομένως την ικανότητα διάλυσης στο νερό. Τέλος, η διαλυτότητα των πολυσακχαριτών επηρεάζεται και από την παρουσία φορτισμένων ή ιονισμένων ομάδων (π.χ. καρβοξυλικές ομάδες), που διαλυτοποιούνται άμεσα στο νερό. Έτσι για παράδειγμα, αυξανόμενου του βαθμού εστεροποίησης του μορίου της πηκτίνης, ο αριθμός των ιονισμένων μονάδων μειώνεται και επομένως μειώνεται και η διαλυτότητά τους (Guillon et al., 2000).

### 3.3.4 Ιξώδες

Το ιξώδες ενός ρευστού περιγράφει την αντίσταση του ρευστού στη ροή και μπορεί να χαρακτηριστεί από τη σχέση του ρυθμού διάτμησης (shear rate,  $\dot{\gamma}$ ) και της τάσης διάτμησης (shear stress,  $\tau$ ) ( $\tau/\dot{\gamma}$ ). Προκαλείται από τις φυσικές αλληλεπιδράσεις των πολυσακχαριδίων στο διάλυμα και με εξαίρεση περιπτώσεων όπου τα διαλύματα είναι αρκετά αραιά, το ιξώδες μειώνεται με τη μείωση του ρυθμού διάτμησης. Το ιξώδες εξαρτάται από εγγενή χαρακτηριστικά των πολυσακχαριτών, τη συγκέντρωση του υγρού, το διαλύτη και τη θερμοκρασία. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις τα μόρια διαχωρίζονται μεταξύ τους και μπορούν να κινούνται ελεύθερα. Όταν η συγκέντρωση αυξάνει, τα μόρια έρχονται σε επαφή μεταξύ τους επιτρέποντας τη διείδυση επιπλέον μορίων και επομένως τον σχηματισμό ενός δικτύου. Στο σημείο όπου σχηματίζεται το δίκτυο (κρίσιμη συγκέντρωση,  $C^*$ ) η αύξηση του ιξώδους με τη συγκέντρωση είναι αρκετά απότομη και η εξάρτηση του ιξώδους από το ρυθμό διάτμησης είναι ακόμα μεγαλύτερη.

Παρόλο που και οι διαλυτές ίνες από σιτηρά ή φρούτα αυξάνουν το ιξώδες ενός διαλύματος, οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες διαλυτές ίνες ως παράγοντες πάχυνσης είναι τα κόμμεα. Τα κόμμεα, λόγω της ικανότητας που έχουν για αύξηση του ιξώδους, χρησιμοποιούνται για τη σταθεροποίηση των τροφίμων μέσω αποφυγής διαχωρισμού των φάσεων, αποσταθεροποίησης των αφρών, κρυστάλλωσης και καθίζησης. Διεργασίες που επάγουν την υδρόλυση των διαλυτών διαιτητικών ινών σε χαμηλού μοριακού βάρους μόρια, συμβάλλουν σε μείωση της ικανότητας για αύξηση του ιξώδους των διαλυμάτων στα οποία προστίθενται. Αντίθετα, ορισμένες διεργασίες όπως η εκβολή, μπορεί να αυξήσουν την ποσότητα των υδατοδιαλυτών μορίων χωρίς τον εκτενή διαχωρισμό τους (Sanderson 1981, Morris 1990, Nelson 2001b, Dikeman et al., 2006, Collar et al., 2010)

### 3.4 Χημική Σύσταση Διαιτητικών Ινών

Πολλά μόρια που έχουν ταξινομηθεί ως διαιτητικές ίνες προέρχονται από φυτικά κυτταρικά τοιχώματα και προσδίδουν δομή και ακαμψία στο φυτό. Οι διαιτητικές ίνες είναι είτε εδώδιμα μέρη των φυτών (ομοπολυσακχαρίτες, ετεροπολυσακχαρίτες, ολιγοσακχαρίτες, λιγνίνη) είτε ανάλογοι υδατάνθρακες (ανθεκτικό άμυλο, τροποποιημένοι φυσικοί πολυσακχαρίτες, συνθετικά πολυμερή κλπ.). Στον πίνακα 3.1 συνοψίζονται τα μονομερή και πολυμερή που αποτελούν τις διαιτητικές ίνες (εκτός της λιγνίνης).

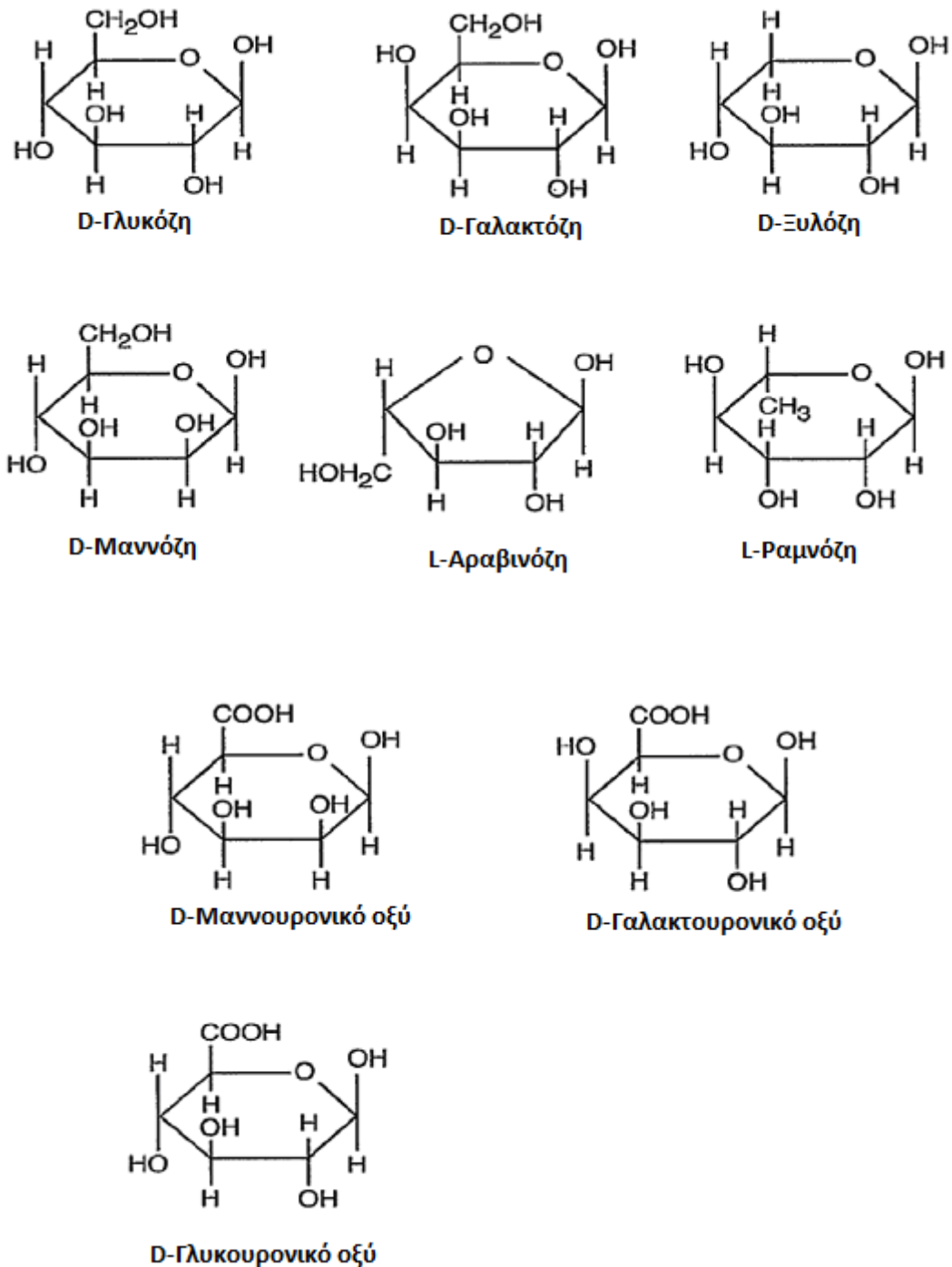
**Πίνακας 3.1** Δομικές μονάδες διαιτητικών ινών (Λεμπέση, 2012)

Μονομερή	Πολυμερή	
	Ολιγοσακχαρίτες	Πολυσακχαρίτες
Αραβινόζη	Φρουκτο- ολιγοσακχαρίτες	Κυτταρίνη
Ξυλόζη	Γαλακτο- ολιγοσακχαρίτες	Ξυλογλυκάνες
Γαλακτόζη		(Γλυκουρονό)-Αραβοξυλάνες
Γλυκόζη		Γλυκομαννάνες
Φρουκτόζη		Γαλακτάνες
Μαννόζη		Γαλακτομαννάνες
Φουκόζη		β-Γλυκάνες
Ραμνόζη		β-1,3 Γλυκάνες
Γαλακτουρονικό οξύ		Πηκτίνες
Γλυκουρονικό οξύ		(Γαλακτουρονάνες, Ραμνογαλακτουρονάνες)
Μαννουρονικό οξύ		Αραβινογαλακτάνες
Γουλουρονικό οξύ		Αραβινάνες
		Φρουκτάνες(Ινουλίνη)
		Αλγινικά

#### 3.4.1 Δομικές Μονάδες Διαιτητικών Ινών

Η χημική και μοριακή δομή των διαιτητικών ινών είναι παρόμοια με αυτή των πολυσακχαριτών εκτός εξαιρέσεων. Ο αριθμός των μονομερών, που απαρτίζουν τις αλυσίδες των πολυσακχαριτών, μπορεί να διαφέρει και κατά συνέπεια χαρακτηρίζονται ως πολυμερή όταν ο αριθμός των μονομερών είναι μεγαλύτερος του 10 και ως ολιγομερή όταν ο αριθμός των μονομερών είναι από 2 έως 10 (Nelson, 2001). Τα πολυμερή που προκύπτουν έχουν διαφορετικές ιδιότητες και συνήθως βρίσκονται σε διαφορετικούς ιστούς ή/και είδος φυτού. Έτσι, για

παράδειγμα, η κυτταρίνη και το άμυλο προκύπτουν από το ίδιο μονομερές, τη γλυκόζη, έχουν όμως τελείως διαφορετικές ιδιότητες και βρίσκονται σε διαφορετικούς φυτικούς ιστούς. Στο σχήμα 3.1 (Nelson, 2001) παρουσιάζονται μερικές δομικές μονάδες που συναντώνται συχνά και συγκαταλέγονται στην κατηγορία των διαιτητικών ινών.



Σχήμα 3.1 Χαρακτηριστικοί μονοσακχαρίτες και ουρονικά οξέα διαιτητικών ινών (Nelson, 2001)

Τα κύρια συστατικά των διαιτητικών ινών είναι η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη, το ανθεκτικό άμυλο, οι πηκτίνες, η λιγνίνη και οι άπεπτοι ολιγοσακχαρίτες.

### **3.4.2 Κυτταρίνη**

Η κυτταρίνη είναι πολυμερές που συναντάται στα κυτταρικά τοιχώματα, είναι δηλαδή μία β-1,4-D-γλυκάνη (Brett et al., 1996). Μέσα στο κυτταρικό τοίχωμα οι αλυσίδες γλυκάνης ενώνονται με δεσμούς υδρογόνου και σχηματίζουν δομές ανθεκτικές σε ενζυμικές και χημικές κατεργασίες, τα μικροϊνίδια (Carpita et al., 2000). Στα φρούτα και τα λαχανικά, το κυτταρικό τοίχωμα αποτελεί το 1 με 2% του καθαρού βάρους και η κυτταρίνη καταλαμβάνει το 33% αυτής της ποσότητας. Σε γενικές γραμμές, η ποσότητα της κυτταρίνης δεν μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης (Brummell, 2006).

### **3.4.3 Ημικυτταρίνη**

Οι ημικυτταρίνες είναι πολυμερή των κυτταρικών τοιχωμάτων, διαλυτές σε αλκάλια και κατατάσσονται στην κατηγορία των διασταυρούμενων γλυκανών (Brummell et al., 2001). Οι ημικυτταρίνες καταλαμβάνουν περίπου το 30% του κυτταρικού τοιχώματος (Carpita et al., 2000). Το πιο κοινό πολυμερές κυτταρίνης στα δικοτυλίδωνα είδη είναι η ξυλογλυκάνη, η οποία αποτελείται από μία κύρια αλυσίδα β-1,4 συνδεδεμένων μονάδων γλυκόζης και από πλευρικές αλυσίδες μορίων D-ξυλόζης συνδεδεμένα με α-1,6 δεσμό. Στα μονοκοτυλίδωνα είδη απαντώνται σε μεγαλύτερο βαθμό οι ξυλάνες, δηλαδή ημικυτταρίνες που αποτελούνται από μία κύρια αλυσίδα β-1,4 συνδεδεμένων μονάδων ξυλόζης ενωμένη με πλευρικές αλυσίδες αραβινόζης και/ή γλυκουρονικού οξέος. Άλλες ημικυτταρινικές ενώσεις είναι οι γλυκομαννάνες, οι γαλακτομαννάνες και οι γαλακτογλυκομαννάνες (Carpita et al., 2000).

### **3.4.4 Ανθεκτικό Άμυλο**

Ως ανθεκτικό χαρακτηρίζεται το άμυλο που δεν αφομοιώνεται από το λεπτό έντερο και δεν είναι προσπελάσιμο από τα αμυλολυτικά ένζυμα του ανθρώπου. Πιο συγκεκριμένα, το ανθεκτικό άμυλο ορίζεται ως “το σύνολο του αμύλου και των προϊόντων της αποικοδόμησης του αμύλου που δεν απορροφώνται στο λεπτό έντερο των υγιών ανθρώπων” (Asp, 1992). Το ανθεκτικό άμυλο μπορεί να προστεθεί στα τρόφιμα ως λειτουργικό συστατικό. Αποτελεί μία ασυνήθιστη μορφή



δισακχαρίδων ινών, λόγω του ότι το ποσό του μπορεί να μεταβληθεί κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των τροφίμων στα οποία περιέχεται. Τα όσπρια, οι πατάτες και οι πράσινες μπανάνες είναι τρόφιμα που είναι πλούσια σε ανθεκτικό άμυλο.

### **3.4.5 Μη Αφομοιώσιμοι Ολιγοσακχαρίτες**

Οι μη αφομοιώσιμοι ολιγοσακχαρίτες είναι ανθεκτικοί στην ενζυμική υδρόλυση στο λεπτό έντερο λόγω της φύσης των γλυκοζιτικών δεσμών τους. Από τους πιο σημαντικούς ολιγοσακχαρίτες είναι οι φρουκτο-ολιγοσακχαρίτες και οι γαλακτο-ολιγοσακχαρίτες (α-γαλακτοζίτες) (Cho et al. 1999; Guillon et al. 2000). Τρόφιμα πλούσια σε μη αφομοιώσιμους ολιγοσακχαρίτες αποτελούν τα όσπρια.

### **3.4.6 Λιγνίνη**

Η λιγνίνη δεν είναι πολυσακχαρίτης αλλά ένα πολυφαινυλοπροπανικό πολυμερές που χρησιμεύει ως συνδετική “κόλλα” που κρατά ενωμένες τις δέσμες κυτταρίνης και ημικυτταρίνης στα ώριμα κυτταρικά τοιχώματα. Λόγω της ισχυρής σύνδεσης της με τους πολυσακχαρίτες των κυτταρικών τοιχωμάτων συγκαταλέγεται στις διαιτητικές ίνες. Η λιγνίνη είναι ένα υψηλού μοριακού βάρους, άμορφο, υδρόφοβο, αρωματικό πολυμερές, που σχηματίζεται από υδροξυφαινυλοπροπανοϊκές μονάδες ενωμένες με δεσμούς C-C και C-O-C. Οι μονάδες αυτές προέρχονται από τον οξειδωτικό πολυμερισμό ενός ή περισσότερων από τα τρία είδη μονολιγνολών (υδροξυκινναμυλικών αλκοολών), της κουμαρλικής (4-υδροξυ-κινναμική), της κωνιφερλικής (3-μεθοξυ-4-υδροξυ-κινναμική) και της σιναπυλικής αλκοόλης (3,5-μεθοξυ-4-υδροξυ-κινναμική). Γενικά είναι μη εδώδιμη και όταν βρίσκεται σε μεγάλα ποσοστά στις πηγές διαιτητικών ινών επιβάλλεται απολιγνινισμός τους (Carpita et al., 1993, Stone 1996, MacDougall et al., 2001).

### **3.4.7 Πηκτίνες**

Οι πηκτίνες αποτελούνται από ευθύγραμμες αλυσίδες D- γαλακτουρονικών οξέων και ραμνοζών και είναι διαλυτές παρόλο που οι διάφορες υποκαταστάσεις στην γραμμική αλυσίδα έχουν αντίκτυπο στην διαλυτότητα. Η γραμμική αλυσίδα μπορεί να συνδέεται με αρκετές πλευρικές αλυσίδες γαλακτόζης, γλυκόζης, ραμνόζης ή αραβινόζης (NAS, 2005; Nelson, 2001).

Οι πηκτίνες παράγονται σε βιομηχανική κλίμακα και χρησιμοποιούνται σε μαρμελάδες και άλλα τρόφιμα λόγω των ιδιοτήτων ζελατινοποίησης. Μετά την επεξεργασία τους, οι πηκτίνες μπορούν να διαχωριστούν σε ομάδες υψηλής και χαμηλής μεθοξυλίωσης. Οι πηκτίνες υψηλής μεθοξυλίωσης χρησιμοποιούνται σε μαρμελάδες με υψηλή περιεκτικότητα σακχάρων, ενώ οι πηκτίνες χαμηλής μεθοξυλίωσης σε προϊόντα με μικρή περιεκτικότητα σε σάκχαρα και λίγες θερμίδες όπου δεν απαιτείται ο σχηματισμός γέλης (NAS, 2005).

### 3.5 Πηγές και Προϊόντα Διαιτητικών Ινών

Οι διαιτητικές ίνες βρίσκονται στα τρόφιμα είτε από τη φύση τους και λαμβάνονται μέσω της κατανάλωσής τους, όπως ρίζες, βολβοί, λαχανικά, φρούτα είτε απομονώνονται από διάφορες πηγές τροφίμων και χρησιμοποιούνται ως προστιθέμενα συστατικά στα διάφορα τρόφιμα υπό τη μορφή συμπυκνωμάτων και υπερσυμπυκνωμάτων.

Για να θεωρηθεί ένα τρόφιμο “πηγή” διαιτητικών ινών θα πρέπει να περιέχει 3 g ίνες ανά 100 g προϊόντος ή 1,5 g ινών ανά 100 kcal προϊόντος ενώ ένα τρόφιμο έχει υψηλή περιεκτικότητα σε ίνες όταν το προϊόν περιέχει τουλάχιστον 6 g ίνες ανά 100 g προϊόντος ή 3 g ίνες ανά 100 kcal προϊόντος (Codex Alimentarius 2009). Πηγές των συμπυκνωμάτων των διαιτητικών ινών αποτελούν τα σιτηρά, τα φρούτα, τα λαχανικά, τα όσπρια και τα ζαχαρότευτλα. Η πηγή προέλευσης των ινών καθορίζει τη σύνθεση και τις ιδιότητές τους. Τα υπερσυμπυκνώματα διαιτητικών ινών περιλαμβάνουν κυρίως εκχυλίσματα φυτών και φυκών, εκκρίματα φυτών, κόμμεα από σπόρους, συνθετικά κόμμεα και τροποποιημένους φυσικούς πολυσακχαρίτες. Τα υπερσυμπυκνώματα χρησιμοποιούνται κυρίως λόγω των λειτουργικών ιδιοτήτων τους (πηκτικά ή σταθεροποιητές γαλακτωμάτων) σε χαμηλές συγκεντρώσεις (συνήθως 0.5 – 2.0%).

Η ενσωμάτωση υψηλότερων ποσοστών διαιτητικών ινών επιβάλλει τη μεταβολή της συνταγής και της διαδικασίας παραγωγής των προϊόντων στα οποία αυτά προστίθενται και αποτελεί πρόκληση για τη βελτιστοποίηση τόσο των πιθανών ευεργετικών δράσεων στην ανθρώπινη υγεία όσο και για την δημιουργία οργανοληπτικά αποδεκτών τροφίμων. Η βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιεί διάφορα συστατικά που περιέχουν ίνες με σκοπό τον εμπλουτισμό των τροφίμων σε θρεπτικά συστατικά και τη βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων τους. Στη συνέχεια περιγράφονται μερικές πηγές προέλευσης των διαιτητικών ινών.

### 3.5.1 Διαιτητικές Ύνες από Σιτηρά

Τα σιτηρά ανήκουν στην οικογένεια *Gramineae* και ανάλογα με την προέλευση τους διαχωρίζονται σε σιτηρά των ευκράτων κλιμάτων (σιτάρι, κριθάρι, βρώμη, σίκαλη) και σε σιτηρά των θερμών κλιμάτων (ρύζι, αραβόσιτος, σόργο, κεχρί). Τα σιτηρά των ευκράτων κλιμάτων κατόρθωσαν να φυτρώνουν και να αυξάνονται γρήγορα χάρη στα μεγάλα αποθέματα των σπόρων τους σε θρεπτικά συστατικά. Αποτελούν τα σημαντικότερα από τα καλλιεργούμενα φυτά και δεν παρουσιάζουν μεγάλα προβλήματα στην καλλιέργεια, τη συγκομιδή και την αποθήκευσή τους.

Ο πίνακας 3.2 περιγράφει την περιεκτικότητα των καρπών και των πτύρων τεσσάρων σιτηρών (σιτάρι, κριθάρι, βρώμη σίκαλη) σε διαιτητικές ίνες. Όπως φαίνεται στον πίνακα, υπάρχει διαφορά της περιεκτικότητας των ινών στον καρπό και στα πτύρα, γεγονός που οφείλεται στις διαφορετικές ποικιλίες και περιβαλλοντικές συνθήκες καθώς και στη μεθοδολογία προσδιορισμού της περιεκτικότητας σε ίνες (Hansen et al., 2003). Επίσης, τα πτύρα σιταριού και σίκαλης είναι πλούσια σε διαιτητικές ίνες, με το σύνολο τους να ανέρχεται περίπου στο 40% ενώ τα πτύρα βρώμης και κριθαριού περιέχουν τη μισή σχεδόν ποσότητα.

**Πίνακας 3.2 Περιεκτικότητα καρπών και πτύρων σιτηρών σε διαιτητικές ίνες (% ξηρά ουσία) τα νούμερα στις παρενθέσεις δηλώνουν την ποσότητα των διαλυτών διαιτητικών ινών (% ξηρά ουσία)**

Σιτηρά	Σύνολο διαιτητικών ινών	
	Ολόκληρος καρπός	Πτύρα
Σιτάρι	11,6 (1,4) <sup>1</sup>	35 (3,1) <sup>2</sup>
		39,9 – 53,1 <sup>3</sup>
		46,6 (2,0) <sup>4</sup>
Σίκαλη	15,2 (4,1) <sup>1</sup> 20,5 – 25,2 <sup>5</sup>	41,1 – 47,5 <sup>3</sup>
		42,0 (4,3) <sup>6</sup>
		37 (4,5) <sup>4</sup>
Βρώμη	10,6 – 23,4 <sup>7</sup>	10,7 – 19,4 <sup>8</sup>
		19,8 (6,7) <sup>4</sup>
Κριθάρι	15,0 – 23,8 <sup>9</sup>	20,4 (6,9) <sup>10</sup>

(1. Ragaee et al., 2001; 2. Maes & Delcour, 2002; 3. Kamal-Eldin et al., 2009; 4. Karppinen et al., 2000; 5. Nystrom et al., 2008; 6. Andersson et al., 2003; 7. Shewry et al., 2008; 8. Luhaloo et al., 1998; 9. Andersson et al., 2008)

Οι ίνες σιταριού είναι μια βελτιωμένη μορφή των πιτύρων σίτου και αποτελούνται κυρίως από κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και μικρή ποσότητα λιγνίνης (Bollinger, 1996). Οι ίνες αυτές έχουν ανοιχτό χρώμα, ουδέτερη οσμή και γεύση, υψηλή ικανότητα δέσμευσης νερού και χαμηλή θερμιδική αξία.

Οι διαιτητικές ίνες του κριθαριού χαρακτηρίζονται από μία μοναδική ισορροπία διαλυτών και αδιάλυτων ινών και βρίσκονται σε όλα τα μέρη του ώριμου καρπού (κέλυφος, περικάρπιο, κυτταρικά τοιχώματα αλευρόνης και αμυλούχου ενδοσπερμίου). Σε ποικιλίες χωρίς κέλυφος οι διαιτητικές ίνες είναι λιγότερες κατά 19-26% από ότι σε ποικιλίες με κέλυφος. Αντίθετα, οι περιεχόμενες β-γλυκάνες είναι κατά 15-18% περισσότερες, λόγω του ότι η απομάκρυνση του κελύφους μειώνει την κυτταρίνη και τις αραβινοξυλάνες, αλλά όχι τις β-γλυκάνες (Fincher 1992, Oscarsson et al. 1996, Musatto et al. 2006). Οι β-γλυκάνες και οι αραβινοξυλάνες αποτελούν τα κύρια συστατικά των διαλυτών ινών στο κριθάρι. Το κριθάρι, όπως και η βρώμη, έχει πολύ μεγαλύτερη συγκέντρωση β-γλυκανών στα κυτταρικά τοιχώματα (3.7-8.2% για τις ποικιλίες με κέλυφος και μέχρι 16% για τις ποικιλίες χωρίς κέλυφος), συγκριτικά με τα υπόλοιπα σιτηρά. Το κριθάρι όμως, περιέχει περισσότερες διαλυτές β-γλυκάνες από ότι η βρώμη, αφού στις τυπικές ποικιλίες το 55-63% των β-γλυκανών είναι διαλυτές. Τα υψηλά επίπεδα β-γλυκανών συνδέονται με πολλές από τις ευεργετικές επιπτώσεις στην υγεία, που επιφέρει η κατανάλωση κριθαριού (Henry, 1985; Newman et al., 1989; Newman et al., 1990; Marlett, 1993; MacGrecor et al., 1994; Fastnaught, 2001; Fastnaught, 2009).

Οι διαιτητικές ίνες της βρώμης προέρχονται είτε από το πίτυρο (διαλυτές και αδιάλυτες), είτε από τα κελύφη του σπόρου (εξολοκλήρου αδιάλυτες), και ανάλογα με την προέλευσή τους παρουσιάζουν διαφορετικές λειτουργικές ιδιότητες (π.χ. οι ίνες από τα κελύφη διαθέτουν μεγάλη ικανότητα δέσμευσης νερού) και διαφορετικές φυσιολογικές επιδράσεις. Το πίτυρο βρώμης αποτελείται από 16-32% διαιτητικές ίνες και με επιπλέον επεξεργασία η περιεκτικότητα σε ίνες μπορεί να φτάσει το 90% (Nelson, 2001). Η αναλογία των διαλυτών και αδιάλυτων ινών ποικίλει ανάλογα με την αρχική σύνθεση και το επίπεδο επεξεργασίας που έχουν υποστεί οι σπόροι αλλά τουλάχιστον το ένα τρίτο θα πρέπει να είναι διαλυτές ίνες σύμφωνα με τον ορισμό που δίνεται από τον AACC (American Association of Cereal Chemists) που αφορά τα πίτυρα βρώμης. Σύμφωνα με τον AACC τα πίτυρα βρώμης θα πρέπει να περιέχουν τουλάχιστον 5,5% β – γλυκάνη (Nelson, 2001).

Η σίκαλη περιέχει υψηλότερα ποσοστά διαιτητικών ινών, σε σύγκριση με το σιτάρι (15-21% έναντι 11-13%). Το πίτυρο της σίκαλης περιέχει 35-49% διαιτητικές ίνες, κύρια συστατικά των οποίων είναι οι αραβινοξυλάνες (8-12%), οι β-γλυκάνες (1.3 - 2.2%) και η κυτταρίνη (1 – 1.7%), ενώ περιέχει επίσης και φρουκτάνες (συμπεριλαμβανομένων των φρουκτο-ολιγοσακχαριτών) σε

ποσοστά 4.6-6.6% (Shewry et al., 2001; Hansen et al., 2003; Karppinen et al., 2003). Το αλεύρι σίκαλης ολικής άλεσης (σκουρόχρωμη σίκαλη) περιέχει 14% διαιτητικές ίνες και 2% τέφρα, το μετρίως εξευγενισμένο αλεύρι σίκαλης 9% διαιτητικές ίνες και 0.9% τέφρα, και το εξευγενισμένο αλεύρι σίκαλης (ανοιχτόχρωμη σίκαλη) 7% διαιτητικές ίνες και 0.8% τέφρα, αντίστοιχα (Kamal-Eldin et al., 2008).

### 3.5.2 Διαιτητικές Ίνες από Λαχανικά

Τα φρούτα και τα λαχανικά αποτελούν σημαντική πηγή πρόσληψης διαιτητικών ινών. Η περιεκτικότητά τους σε ίνες εξαρτάται από το είδος του τροφίμου και συνήθως κυμαίνεται από 1 – 3 %. Το είδος των ινών που περιέχει το κάθε τρόφιμο διαφέρει, και έτσι η περιεκτικότητά των σιτηρών σε πηκτίνη είναι πολύ χαμηλή ενώ αντίθετα στα φρούτα και τα λαχανικά μπορεί να φτάσει τα 20 – 35 % . Επίσης, στα σιτηρά, η ημικυτταρίνη αποτελεί περίπου το 50% του συνόλου των διαιτητικών ινών ενώ σε άλλα τρόφιμα το 25-30 %. Κατά την αποθήκευση, τα φρούτα και τα λαχανικά υφίστανται διάφορες μεταβολές κυρίως λόγω της δράσης των πρωτεϊνών και των αλλαγών που προκαλείται στη διαλυτότητα και το μοριακό μέγεθος των συστατικών των κυτταρικών τοιχωμάτων. Σε ορισμένα τρόφιμα αυτές οι μεταβολές μπορεί να έχουν αρνητικές επιδράσεις στην ποιότητα τους όπως για παράδειγμα στα σπαράγγια παρατηρείται σκλήρυνση λόγω της αυξημένης εναπόθεσης λιγνίνης (Saltveit, 1988).

Συμπυκνώματα ινών από φρούτα και λαχανικά προκύπτουν μέσω αφυδάτωσης και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συστατικά εμπλουτισμού των τροφίμων με διαιτητικές ίνες. Η λειτουργικότητά τους εξαρτάται από την πηγή από την οποία εξάγονται και από τη διαδικασία απομόνωσής τους. Για παράδειγμα, η θερμική αφυδάτωση μπορεί να καταστρέψει τη δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων, σε αντίθεση με τη λυοφιλίωση που τη διατηρεί.

Στη συνέχεια, περιγράφονται από την κατηγορία των λαχανικών, το καρότο και από την κατηγορία των φρούτων, το μύρτιλλο (blueberry) και το φίγγι (cranberry), τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως ίνες στην παρούσα μελέτη.

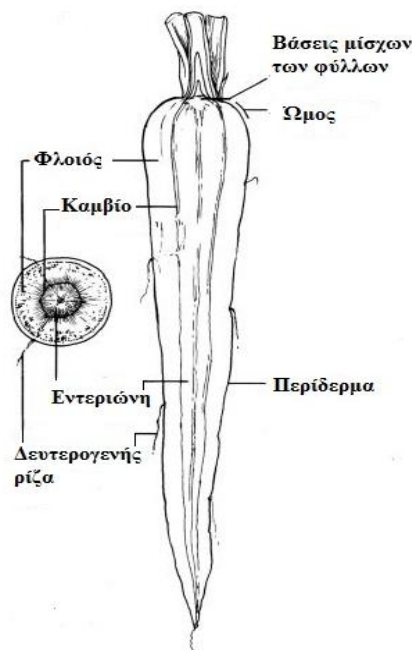
#### 3.5.2.1 Καρότο

Το καρότο ανήκει στην οικογένεια *Umbelliferae* και είναι διαδεδομένο σε όλο τον κόσμο. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε για φαρμακευτικούς λόγους και στη συνέχεια ως είδος διατροφής.

Άρχισε να καλλιεργείται στην Κίνα τον 13<sup>ο</sup> ή 14<sup>ο</sup> αιώνα και στη συνέχεια εξαπλώθηκε στην Ιαπωνία και την Αμερική.

Το καρότο, τον πρώτο χρόνο ανάπτυξής του, σχηματίζει σαρκώδη γογγυλόριζα. Το σχήμα της ποικίλει από κυλινδρικό σε κωνικό και από κοντό σε επίμηκες ενώ το χρώμα της μπορεί να είναι λευκό, κίτρινο, πορτοκαλί, κόκκινο, ιώδες ή μαύρο. Στη γογγυλόριζα διακρίνονται τέσσερις περιοχές ιστών από έξω προς τα μέσα (σχήμα 3.2). Το περίδερμα, ο φλοιός και τα ηθμώδη αγγεία, το κάμβιο και η κεντρική περιοχή (ξυλώδης ιστός) που αποτελείται από ξυλώδη αγγεία. Ο κεντρικός ξυλώδης ιστός είναι πιο σκληρός και έχει ανοιχτότερο χρωματισμό από τον εξωτερικό φλοιό, λόγω της μικρότερης περιεκτικότητάς σε χρωστικές και κυρίως καροτίνες.

Οι περισσότερες ποικιλίες καρότων περιέχουν περίπου 88% νερό, 7% σάκχαρα, 1% πρωτεΐνη, 1% ίνες και 0,2% λίπη. Οι ίνες αποτελούνται κυρίως από κυτταρίνη και σε μικρότερες ποσότητες ημικυτταρίνη και λιγνίνη. Τα καρότα δεν περιέχουν καθόλου άμυλο ενώ είναι πλούσια σε αντιοξειδωτικά και μέταλλα (Cohen et al., 2010). Η γεύση τους οφείλεται στο γλουταμινικό οξύ και στα ελεύθερα αμινοξέα.



Σχήμα 3.2 Εγκάρσια και κατά μήκος τομή γογγυλόριζας καρότου (Ολύμπιος, 1996)

Τα χαρακτηριστικά και το ανοιχτό πορτοκαλί χρώμα των καρότων οφείλεται στο β- καροτένιο και σε μικρότερο βαθμό στο α- και γ- καροτένιο. Τα α- και β- καροτένια μεταβολίζονται μερικώς

σε βιταμίνη Α (Strube et al., 1999; Novotny et al., 1995). Τα εκχυλίσματα καρότου χρησιμοποιούνται από τους παραγωγούς πουλερικών για να βελτιώσουν το χρώμα του δέρματος των ζώων και να αλλάξουν το χρώμα του κρόκου του αυγού. Η υπερβολική κατανάλωση καρότων μπορεί να προκαλέσει καροτένωση, μία ασθένεια μεταχρωματισμού του δέρματος σε πορτοκαλί (Haas et al., 2012).

Το καρότο καλλιεργείται για τη γογγυλόριζά του η οποία καταναλώνεται ή μαγειρεύεται με διάφορους τρόπους, κονσερβοποιείται ή καταψύχεται. Χρησιμοποιείται επίσης στη βιομηχανία για εξαγωγή καροτίνης και χρωστικής. Τέλος, η γογγυλόριζα και το φύλλωμα προσφέρονται για τη διατροφή των ζώων.

### 3.5.2.2 Μύρτιλλο – Blueberry

Το μύρτιλλο (ή blueberry), όσον αφορά την βοτανική του ταξινόμηση, ανήκει στη οικογένεια *Ericaceae* και στο γένος *Vaccinium* (σχήμα 3.3). Το φυτό καλλιεργείται ευρέως στην Αμερική, στον Καναδά και τη Νέα Ζηλανδία.



Σχήμα 3.3 Καρποί μύρτιλλων ([www.organicblueberry.co.uk](http://www.organicblueberry.co.uk) (online))

Τα μύρτιλλα παρέχουν μεγάλη ποικιλία σε μικροθρεπτικά συστατικά όπως μαγγάνιο, βιταμίνη C, βιταμίνη K και διαιτητικές ίνες. Περιέχουν ανθοκυάνες, χρωστικές και διάφορες φυτοχημικές ουσίες οι οποίες έχει αναφερθεί ότι μειώνουν τον κίνδυνο εμφάνισης ασθενειών όπως διάφορες λοιμώξεις και καρκίνο (Seeram et al, 2006; Neto, 2007; Russell, 2007). Στον πίνακα 3.3 περιγράφεται η περιεκτικότητα 100 g μύρτιλλα στα θρεπτικά συστατικά τους.

**Πίνακας 3.3 Θρεπτική αξία μύρτιλλων στα 100 g προϊόντος (ndb.nal.usda.gov, (online))**

<b>Θρεπτικά συστατικά</b>	<b>Ποσότητα</b>	<b>Θρεπτικά συστατικά</b>	<b>Ποσότητα</b>
Υδατάνθρακες	14.49 g	Βιταμίνη B <sub>6</sub>	0.052 mg (4%)
Σάκχαρα	9.96 g	Φολικό (vit. B <sub>9</sub> )	6 μg (2%)
Διαιτητικές ίνες	2.4 g	Βιταμίνη C	9.7 mg (12%)
Λίπη	0.33 g	Βιταμίνη E	0.57 mg (4%)
Πρωτεΐνες	0.74 g	Βιταμίνη K	19.3 μg (18%)
Βιταμίνη A	54 IU	Ασβέστιο	6 mg (1%)
β- καροτένιο	32 μg (0%)	Σίδηρο	0.28 mg (2%)
Λουτεΐνη και ζεαξανθίνη	80 μg	Μαγνήσιο	6 mg (2%)
Θειαμίνη (vit. B <sub>1</sub> )	0.037 mg (3%)	Μαγγάνιο	0.336 mg (16%)
Ριβοφλαβίνη (vit. B <sub>2</sub> )	0.041 mg (3%)	Φώσφορος	12 mg (2%)
Νιασίνη (vit. B <sub>3</sub> )	0.418 mg (3%)	Κάλιο	77 mg (2%)

Τα μύρτιλλα περιέχουν μεγάλη ποικιλία αντιοξειδωτικών τα οποία βελτιώνουν την αντιοξειδωτική άμυνα του οργανισμού και τον προστατεύουν από την εμφάνιση οξειδωτικού στρες στο καρδιαγγειακό και το νευρικό σύστημα. Επίσης, περιέχουν συστατικά που εμποδίζουν την προσκόλληση βακτηριδίων στην ουροδόχο κύστη και την ανάπτυξη λοιμώξεων. Τα μύρτιλλα όχι μόνο έχουν την ικανότητα να επιβραδύνουν τους μηχανισμούς της γήρανσης, αλλά συμβάλλουν στην ανανέωση του οργανισμού. Ο χυμός του φυτού αυξάνει την αντοχή των αιμοφόρων αγγείων, ρυθμίζει τη λειτουργία πολλών ενδοκρινών αδένων, και χαρακτηρίζεται από αγγειοδιασταλτικές, αντιαρτηριοσκληρυντικές, αντιφλεγμονώδεις και πυρηνοπροστατευτικές ιδιότητες. Κατευνάζει επίσης τις αλλεργικές αντιδράσεις του οργανισμού στα φάρμακα και στα προϊόντα διατροφής. Από μόνο του το φυτό δεν προκαλεί ποτέ αλλεργία, και μπορεί να καταναλωθεί ακόμα και από παιδιά με αυξημένη ευαισθησία σε διαβητικές και αλλεργικές τάσεις.



### 3.5.2.3 Φίγγι – Cranberry

Το φίγγι, γνωστό και ως cranberry, ανήκει στο ίδιο γένος με τα μύρτιλλα, δηλαδή στο γένος *Vaccinium* (σχήμα 3.4). Καλλιεργείται κυρίως στη βόρεια Ευρώπη, Ασία και Αμερική και στον Καναδά και συναντάται είτε υπό τη μορφή άγριων θάμνων είτε υπό τη μορφή χαμηλών αμπελιών.



Σχήμα 3.4 Καρποί φιγγιών ([www.wildaboutfood.co.uk](http://www.wildaboutfood.co.uk) (online))

Το φίγγι αποτελεί πηγή πολλών φυτικών θρεπτικών συστατικών, όπως φαινολικά οξέα (κουμαρικό, φερούλικό οξύ κ.α), προανθοκυανιδίνες, ανθοκυανίνες, φλαβονοειδή και τριτερπενοειδή. Επίσης, τα φίγγια είναι πλούσια σε βιταμίνη C, E, K και σε διαιτητικές ίνες. Στον πίνακα 3.4 φαίνεται η ποσότητα των θρεπτικών συστατικών σε 100 g φιγγιών και το ποσοστό που αντιπροσωπεύουν οι ποσότητες αυτές.

Πίνακας 3.4 Θρεπτική αξία φιγγιών στα 100 g προϊόντος ([ndb.nal.usda.gov](http://ndb.nal.usda.gov), (online))

Θρεπτικά συστατικά	Ποσότητα	Θρεπτικά συστατικά	Ποσότητα
Υδατάνθρακες	12.2 g	Παντοθενικό οξύ (B <sub>5</sub> )	0.295 mg (6%)
Σάκχαρα	4.04 g	Βιταμίνη B <sub>6</sub>	0.057 mg (4%)
Διαιτητικές ίνες	4.6 g	Φολικό (vit. B <sub>9</sub> )	1 μg (0%)
Λίπη	0.13 g	Βιταμίνη C	13.3 mg (16%)
Πρωτεΐνες	0.39 g	Βιταμίνη E	1.2 mg (8%)
Νερό	87.13 g	Βιταμίνη K	5.1 μg (5%)
Βιταμίνη A	3 μg (0%)	Ασβέστιο	8 mg (1%)
β-καροτένιο	36 μg (0%)	Σίδηρο	0.25 mg (2%)
Λουτεΐνη και ζεαξανθίνη	91 μg	Μαγνήσιο	6 mg (2%)
Θειαμίνη (vit. B <sub>1</sub> )	0.012 mg (1%)	Μαγγάνιο	0.36 mg (17%)
Ριβοφλαβίνη (vit. B <sub>2</sub> )	0.02 mg (2%)	Φώσφορος	13 mg (2%)
Νιασίνη (vit. B <sub>3</sub> )	0.101 mg (1%)	Κάλιο	85 mg (2%)

Τα φίγγια αποτελούν πηγή αντιοξειδωτικών πολυφαινολών και έχουν συνδεθεί με θετικές επιδράσεις που προκαλούν στο καρδιαγγειακό και ανοσοποιητικό σύστημα (Sheifried et al, 2007). Τα ευεργετικά αυτά οφέλη, έχει αποδειχτεί ότι είναι αποτέλεσμα της συνεργιστικής δράσης όλων των θρεπτικών συστατικών και όχι στη μεμονωμένη ύπαρξη του κάθε συστατικού. Τα φίγγια βοηθούν στη πρόληψη και θεραπεία των λοιμώξεων του ουροποιητικού συστήματος. Το συστατικό που είναι υπεύθυνο για την πρόληψη της λοίμωξης αυτής είναι οι προανθοκυανιδίνες, οι οποίες δρουν ως εμπόδιο σε βακτήρια που προσκολλούνται στο ουροποιητικό σύστημα. Μελέτες έχουν δείξει ότι ποικιλίες μούρων της Αμερικής ευνοούν τη στοματική υγιεινή, μειώνουν την “κακή” χοληστερόλη και αυξάνουν την “καλή” χοληστερόλη και ενισχύουν την ανάρρωση από εγκεφαλικό επεισόδιο (Halliwell, 2007). Επίσης, τα τελευταία 10 χρόνια γίνονται πολλές έρευνες σχετικά με την αντικαρκινική δράση των φιγγιών. Οι δύο βασικοί παράγοντες που αυξάνουν τις πιθανότητες του καρκίνου είναι το χρόνιο οξειδωτικό στρες (λόγω έλλειψης αντιοξειδωτικών) και οι χρόνιες φλεγμονές (λόγω έλλειψης αντιφλεγμονωδών συστατικών). Έτσι, οι αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες των φιγγιών βοηθούν στη μείωση του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου.

### **3.6 Άλεση με Πεπιεσμένο Αέρα Υψηλής Ενέργειας - Jet Milling**

Η άλεση με πεπιεσμένο αέρα (jet milling) αποτελεί μία τεχνολογία αιχμής που βασίζεται στην άμεση επεξεργασία μείωσης μεγέθους με χρήση υψηλής πίεσης αερίων (συνήθως αέρα) και έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία λεπτόκοκκων σωματιδίων σε επίπεδο μικρο-κλίμακας. Η τεχνολογία της άλεσης με αέρα χρησιμοποιείται για θερμοευαίσθητα και εύθρυπτα υλικά και παράγονται υπερ-λεπτά σωματίδια (ultra-fine powder). Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω άλεση προ-αλεσμένων δειγμάτων.

Μέσω της εφαρμογής αυτής της τεχνολογίας αναμένεται η παραγωγή αλεσμάτων με βελτιωμένες λειτουργικές ιδιότητες (καλύτερη ενσωμάτωση με άλλα άλευρα σε μίγματα) αλλά και αυξημένης βιοδιαθεσιμότητας των βιο-ενεργών συστατικών που περιέχουν (ινών, ιχνοστοιχείων, βιταμινών), με αποτέλεσμα την βελτίωση της ποιότητας των παραγομένων προϊόντων. Άρα το προστιθέμενο όφελος των παραγόμενων προϊόντων αφορά τόσο τα οργανοληπτικά όσο και τα διατροφικά τους χαρακτηριστικά.

Η άλεση με πεπιεσμένο αέρα (jet milling) είναι μία τεχνική κρούσης-άλεσης με σκοπό την παραγωγή υπερ-λεπτόκοκκων “κόνεων”. Ο αέρας που απελευθερώνεται είναι σε χαμηλή θερμοκρασία και έτσι το προϊόν δεν φεύγει θερμότερο. Η τριβή από τις κρούσεις των σωματιδίων

και την επαφή με το θάλαμο άλεσης αντισταθμίζεται από την επίδραση της ψύξης του αέρα. Γενικά τέτοιου είδους μύλοι χρησιμοποιούνται για την άλεση σωματιδίων σε εύρος 1-10  $\mu\text{m}$  σε κρυσταλλική ή εύθρυπτη μορφή. Τα βασικά πλεονεκτήματα αυτής της τεχνικής άλεσης είναι ότι επιτυγχάνει μικρά μεγέθη σωματιδίων με ταυτόχρονα μικρό εύρος μέσης κοκκομετρίας. Τέλος, ο σχετικός εξοπλισμός δεν αποτελείται από κινητά μέρη και έχει επιφάνειες που καθαρίζονται εύκολα.

Ο ρυθμός τροφοδοσίας του προϊόντος και ο ρυθμός τροφοδοσίας του αέρα είναι οι πιο σημαντικές παράμετροι στη λειτουργία ενός μύλου με πεπιεσμένο αέρα. Πιο συγκεκριμένα, έχει παρατηρηθεί ότι το μέσο μέγεθος των παραγόμενων σωματιδίων μειώνεται με αύξηση της ογκομετρικής παροχής του αέρα και με μείωση του ρυθμού τροφοδοσίας του προϊόντος. Γενικά, όσο αυξάνεται η ταχύτητα του αέρα τόσο αυξάνεται η ταχύτητα των σωματιδίων άρα και ο ρυθμός που σπάνε.

#### 4. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής ήταν να παρασκευαστούν κέικ ελεύθερα γλουτένης εμπλουτισμένα με διαιτητικές ίνες και να μελετηθούν οι φυσικές τους ιδιότητες. Πιο συγκεκριμένα, παρασκευάστηκαν κέικ από ρυζάλευρο, στα οποία προστέθηκαν διαιτητικές ίνες από καρότο, μύρτιλλα και φίγγια σε ποσότητες 10, 20 και 30%. Οι διαιτητικές ίνες που προστέθηκαν προέρχονται από παραπροϊόντα της βιομηχανίας επεξεργασίας χυμών φρούτων, εμπλουτισμένα σε ίνες. Επίσης, οι ίνες προστέθηκαν είτε στην εμπορική τους μορφή είτε σε αλεσμένη μορφή υπό πεπιεσμένο αέρα (jet milling). Στη συνέχεια, μετρήθηκαν κάποια φυσικά χαρακτηριστικά των κέικ, όπως η υγρασία της ψίχας και της κόρας, ο ειδικός όγκος, το πορώδες, το χρώμα της ψίχας, η σκληρότητα και η ελαστικότητα της ψίχας. Επιπλέον, για τα δείγματα που παρασκευάστηκαν πραγματοποιήθηκε οργανοληπτικός έλεγχος με τη βοήθεια ημι-εκπαιδευμένων δοκιμαστών με σκοπό την καλύτερη και πληρέστερη εκτίμηση των χαρακτηριστικών των αρτοποιημάτων. Τέλος, με τη βοήθεια στατιστικής επεξεργασίας προσδιορίστηκε η σημαντικότητα των επιδράσεων των σχεδιαστικών παραμέτρων στις επιμέρους ιδιότητες των μιγμάτων ζυμαριού και των δειγμάτων κέικ. Συμπερασματικά, μελετήθηκε η επίδραση του είδους των ινών, της υφής τους και της ποσότητας που προτίθετο κάθε φορά, στα φυσικά χαρακτηριστικά των κέικ.

## 5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 5.1 Περιγραφή Δειγμάτων

Για την πραγματοποίηση του πειράματος παρασκευάστηκαν 19 διαφορετικά κέικ από αλεύρι ρυζιού. Το πρώτο κέικ που παρασκευάστηκε ήταν το τυφλό δείγμα (control) το οποίο δεν περιείχε διαιτητικές ίνες και χρησιμοποιήθηκε ως μέτρο σύγκρισης για τη μελέτη και αξιολόγηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων που αναλύθηκαν. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκαν διαιτητικές ίνες από καρότο, φίγγι και μύρτιλλο οι οποίες προστέθηκαν στα κέικ σε ποσοστά των 10%, 20% και 30% της αρχικής ποσότητας ρυζάλευρου. Το είδος αναφορικά με το μέγεθος των ινών που προστέθηκαν στα μισά δείγματα ήταν χοντρόκοκκο ( $d_{50}$ : ~300 $\mu$ m) και στα υπόλοιπα λεπτόκοκκο ( $d_{50}$ : ~ 18 $\mu$ m) με σκοπό να διαπιστωθεί ποια από τις δύο δίνει τα καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά στα κέικ. Στον πίνακα 5.1 γίνεται περιγραφή των δειγμάτων που παρασκευάστηκαν.

Πίνακας 5.1 Περιγραφή των δειγμάτων.

Κωδικός δειγμάτων	Μέγεθος κόκκων διαιτητικών ινών	Είδος διαιτητικών ινών	Ποσοστό διαιτητικών ινών (%) επί του βάρους ρυζάλευρου
control	( - )	( - )	( - )
CC10%	χοντρόκοκκο ( $d_{50}$ : ~300 $\mu$ m)	καρότο	10
CC20%			20
CC30%			30
CJ10%	λεπτόκοκκο ( $d_{50}$ : ~ 18 $\mu$ m)		10
CJ20%			20
CJ30%			30
CrC10%	χοντρόκοκκο ( $d_{50}$ : ~300 $\mu$ m)	φίγγι	10
CrC20%			20
CrC30%			30
CrJ10%	λεπτόκοκκο ( $d_{50}$ : ~ 18 $\mu$ m)		10
CrJ20%			20
CrJ30%			30
BIC10%	χοντρόκοκκο ( $d_{50}$ : ~300 $\mu$ m)	μύρτιλλο	10
BIC20%			20
BIC30%			30
BIJ10%	λεπτόκοκκο ( $d_{50}$ : ~ 18 $\mu$ m)		10
BIJ20%			20
BIJ30%			30

## 5.2 Υλικά

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα παρασκευής κέικ ήταν οι εξής:

- Άλευρο ρυζιού (Μύλοι Καπλανίδη, Σέρρες)
- Κρυσταλλική ζάχαρη (EBZ)
- Αυγά (φρέσκα, ολόκληρα)
- Βούτυρο (Βιταμ, Unilever)
- Αλάτι
- Baking powder (Γιώτης)
- DATEM (DATEM: Diacetyl-tartaric esters of mono- and diglycerides, Danisco, Copenhagen, Denmark),
- Νερό
- Διαιτητικές ίνες (Marshall Ingredients, Wolcott, NY):
- Ίνες καρότου
- Ίνες φιγγιών
- Ίνες μύρτιλλων

Στον πίνακα 5.2 περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των διαιτητικών ινών που χρησιμοποιήθηκαν στη παρασκευή των κέικ.

**Πίνακας 5.2 Χαρακτηριστικά διαιτητικών ινών**

	<b>Ίνες καρότου</b>	<b>Ίνες φιγγιών</b>	<b>Ίνες μύρτιλλων</b>
πρωτεΐνη (g/100g)	5.54	14.09	9.34
τέφρα (g/100g)	2.23	1.42	1.85
υγρασία (g/100g)	8.77	7.64	7.49
υδατάνθρακες (g/100g)	79.04	70.43	78.32
ολικές ίνες (g/100g)	50.10	62.10	60.80

## 5.3 Συσκευές και Όργανα

- Ηλεκτρονικός ζυγός ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων (KERN 770)
- Ηλεκτρονικός ζυγός (Percisa 6100 SuperBal-servis)
- Φούρνος (Memmert)
- Μηχάνημα μέτρησης αντοχής (Universal Testing Machine Instron 1011)

- Πυκνόμετρο αερίου (Στερεοπυκνόμετρο SPY-3, Quantachrome)
- Scanner (HP scanjet 4370, Hewlett-Packard)

#### 5.4 Υπολογισμοί

Αρχικά, για κάθε δείγμα κρίθηκε απαραίτητο να παρασκευαστούν 1000 g ζύμης εκ των οποίων τα 400 g χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση και τις μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών και τα 600 g για τον οργανοληπτικό έλεγχο των παρασκευασμάτων. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε η ποσότητα αλεύρου ρυζιού ενώ οι ποσότητες των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρασκευή των κέικ προσδιορίστηκαν ως ποσοστό της ποσότητας αλεύρου. Τα αυγά (3 ολόκληρα) και το νερό που προστέθηκαν προσδιορίστηκαν ως ποσοστό της ζύμης. Η ποσότητα του ρυζάλευρου υπολογίστηκε 269,78 g. Η περιγραφή των συστατικών φαίνεται στον πίνακα 5.3. Οι διαιτητικές ίνες που προστέθηκαν στα κέικ ήταν 10, 20 και 30 % και επομένως, οι ποσότητες τους προσδιορίστηκαν ως ποσοστό του βάρους του ρυζάλευρου (πίνακας 5.4).

**Πίνακας 5.3 Σύνταξη παρασκευής των κέικ βασισμένη στο βάρος του αλεύρου**

<b>Υλικά παρασκευής</b>	<b>Ποσοστό (%) επί του βάρους του αλεύρου</b>	<b>Ποσότητες υλικών (g)</b>
κρυσταλλική ζάχαρη	80 % επί του βάρους του αλεύρου	240
βούτυρο	25 % επί του βάρους του αλεύρου	75
αλάτι	3 % επί του βάρους του αλεύρου	9
baking powder	5 % επί του βάρους του αλεύρου	15
DATM	0,5 % επί του βάρους του αλεύρου	1,50
αυγά & νερό	36 % επί του βάρους της ζύμης	360

**Πίνακας 5.4 Ποσότητα ιών και αλεύρου που προστέθηκαν στα κέικ**

	<b>Ποσοστό (%) επί του βάρους του αλεύρου</b>	<b>Ποσότητα ιών (g)</b>	<b>Ποσότητα αλεύρου (g)</b>
Διαιτητικές ίνες	10	30	269,8
	20	60	239,8
	30	90	209,8

## 5.5 Παρασκευή Κέικ

Για την πραγματοποίηση της πειραματικής διαδικασίας, αρχικά ζυγίζονται οι πρώτες ύλες και προστίθεται στον κάδο του αναμίκτη (Hobart N50, Hobart Co., Troy, OH, USA) το βούτυρο, το νερό με τα αυγά, η ζάχαρη, το αλάτι, το baking powder, το DATEM, το αλεύρι και οι διαιτητικές ίνες στις ποσότητες που αναφέρονται στους πίνακες 5.3-5.4 και ανάλογα με το δείγμα που παρασκευάζεται κάθε φορά. Ακολουθεί ανάμιξη για 3 λεπτά σε μεσαία ταχύτητα (475 rpm). Ποσότητα μίγματος τοποθετείται σε τέσσερις μικρές φόρμες (4 x 85 g) και μία μεγάλη (600 g) και στη συνέχεια εισάγονται στον κλίβανο σε θερμοκρασία 180 °C. Οι μικρές φόρμες ψήνονται για 20 min ενώ η μεγάλη φόρμα για 35 min. Αν μετά από τη βύθιση μίας οδοντογλυφίδας στο κέικ δεν υπάρχουν υπολείμματα ζύμης, τότε το κέικ έχει ψηθεί.

Μετά το ψήσιμο τα κέικ αφήνονται για περίπου 30 min σε ηρεμία σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ώστε να ψυχθούν. Στη συνέχεια ζυγίζονται και εξετάζονται τα ποιοτικά (υγρασία κόρας και ψίχας, η ικανότητα συγκράτησης ύδατος, ειδικός όγκος, χρώμα ψίχας, πορώδες ψίχας, σκληρότητα και ελαστικότητα ψίχας) και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους.

## 5.6 Μέθοδοι – Μετρήσεις – Αναλύσεις

Οι αναλυτικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και οι μετρήσεις/αναλύσεις που διεξήχθησαν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων της παρούσας μελέτης περιγράφονται παρακάτω.

### 5.6.1 Προσδιορισμός Απόδοσης

Ως απόδοση ορίζεται η απώλεια υγρασίας κατά το ψήσιμο (%) και προσδιορίζεται από την εξίσωση 5.1.

$$\text{Απόδοση (\%)} = \text{Βάρος ψημένου κέικ (g)} / \text{Βάρος μίγματος (g)} * 100 \quad (5.1)$$

### 5.6.2 Προσδιορισμός Ικανότητας Συγκράτησης Ύδατος (Water Holding Capacity)

Για τον προσδιορισμό της ικανότητας συγκράτησης ύδατος των διαιτητικών ινών ζυγίζονται 0,5 g ινών και καταγράφεται το βάρος του δείγματος ( $W_0$ ) και το βάρος του δείγματος μαζί με το δοκιμαστικό σωλήνα ( $W_1$ ). Για κάθε δείγμα πραγματοποιούνται τρεις επαναλήψεις. Στη συνέχεια, προστίθεται σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα με σιφόνιο 5 ml απιονισμένου νερού. Αναδεύονται οι



σωλήνες στο Vortex στα 40 Hz για 2 min και αφήνονται σε ηρεμία για 30 min. Οι σωλήνες φυγοκεντρούνται στις 3500 rpm (90%) για 30 min.

Αποχύνεται το υπερκείμενο υγρό και ζυγίζονται οι σωλήνες με την ενυδατωμένη στερεή μάζα ( $W_2$ ). Ο προσδιορισμός γίνεται με βάση τον τύπο 5.2 και τα αποτελέσματα εκφράζονται ως g νερού/g στερεού.

$$WHC(\%) = \frac{W_2 - W_1}{W_o} \cdot 100 \quad (5.2)$$

Η ικανότητα συγκράτησης ύδατος για τις διαιτητικές ίνες καρότου, μύρτιλλου και φίγγι περιγράφεται στον πίνακα 5.5.

**Πίνακας 5.5 Ικανότητα συγκράτησης ύδατος των διαιτητικών ινών, λεπτόκοκκης και χοντρόκοκκης υφής.**

Διαιτητικές Ίνες	Υφή Ινών	Ικανότητα συγκράτησης ύδατος (g νερού/g στερεού)
καρότο	χοντρόκοκκη	450,6
	λεπτόκοκκη	404,8
φίγγι	χοντρόκοκκη	426,8
	λεπτόκοκκη	290,5
μύρτιλλο	χοντρόκοκκη	171,1
	λεπτόκοκκη	186,8

Παρατηρείται, πως η ικανότητα συγκράτησης ύδατος από τις διαιτητικές ίνες ποικίλλει ανάλογα με το είδος τους και την κοκκομετρία τους. Η ικανότητα συγκράτησης ύδατος των ινών επηρεάζει το ιξώδες και την υφή του τελικού ζυμαριού. Προσθήκη ινών με υψηλή ικανότητα συγκράτησης ύδατος, προϋποθέτει αντίστοιχα υψηλή προσθήκη υγρού στην συνταγή του κέικ, ώστε το τελικό μίγμα να είναι εύκολο στον χειρισμό του. Για λόγους συγκριτικούς, στην μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε σταθερή ποσότητα νερού στις συνταγές, τυπική για κέικ ελεύθερα γλουτένης (Turabi et al, 2010), ανεξαρτήτως του είδους και του ποσοστού προσθήκης ινών.

### 5.6.3 Προσδιορισμός Υγρασίας

Για τη μέτρηση υγρασίας της κόρας και της ψίχας των κέικ αρχικά τοποθετούνται 12 γυάλινα φιαλίδια ξήρανσης σε κλίβανο στους 100°C για 5 λεπτά ώστε να απομακρυνθεί η υπάρχουσα υγρασία. Κατόπιν, τοποθετούνται σε ξηραντήριο με αφυγραντικό μέσο (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) για να κρυώσουν και ζυγίζονται σε ζυγό ακριβείας 0,001 ώστε να προσδιοριστεί το απόβαρό τους. Στη συνέχεια ζυγίζονται περίπου 1 g κόρας και ψίχας και αφήνονται για 24 h σε τριβλίο ώστε να απομακρυνθεί η περίσσεια υγρασία. Μετά από 24 h τα δείγματα ξαναζυγίζονται, αλέθονται σε γουδί, τοποθετούνται στα γυάλινα φιαλίδια και στην συνέχεια στον κλίβανο προς ξήρανση. Μετά από 5 h τα φιαλίδια αφήνονται να κρυώσουν σε ξηραντήριο με αφυγραντικό μέσο (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) και ζυγίζονται. Από την απώλεια βάρους τους υπολογίζεται η περιεχόμενη υγρασία τους και εκφράζεται % σε ξηρή βάση. Για κάθε δείγμα πραγματοποιούνται 3 επαναλήψεις.

### 5.6.4 Προσδιορισμός Ειδικού Όγκου

Η ογκομέτρηση των παρασκευασμάτων έγινε με την εμπειρική μέθοδο εκτόπισης μικρών σφαιριδίων. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: από το αρχικά πλήρως συμπληρωμένο με σφαιρίδια δοχείο, αφαιρείται αρκετή ποσότητα σφαιρών, τοποθετείται το δείγμα στο εσωτερικό του δοχείου και συμπληρώνονται τα κενά με όσες σφαίρες χρειάζονται. Ο όγκος του παρασκευάσματος (V<sub>A</sub>) προκύπτει διαιρώντας το βάρος των σφαιρών που εκτοπίζονται προς την πυκνότητα των σφαιρών. Με διαίρεση αυτού με το βάρος του ψημμένου δείγματος (B<sub>A</sub>) υπολογίζεται ο ειδικός όγκος (SV) του άρτου (σχέση 5.3) ο οποίος εκφράζεται σε cm<sup>3</sup>/g προϊόντος.

$$SV = \frac{V_A}{B_A} \quad (5.3)$$

### 5.6.5 Προσδιορισμός Πορώδους

Τα δείγματα είχαν μέγεθος 1,5 x 1,5 x 1,5 cm (μήκος x πλάτος x ύψος). Για τον υπολογισμό του όγκου των στερεών (V<sub>s</sub>, cm<sup>3</sup>) χρησιμοποιήθηκε στερεοπυκνόμετρο με εκτόπιση ηλίου. Από κάθε κέικ μετρήθηκαν δύο δείγματα, με τρεις επαναλήψεις για το κάθε ένα.

Η πυκνότητα των στερεών (kg/m<sup>3</sup>) είναι ο λόγος της μάζας των στερεών προς τον όγκο των στερεών και εκφράζεται από τη σχέση 5.4.

$$\rho_s = m_s / V_s \quad (5.4)$$

Η πυκνότητα του μίγματος υπολογίζεται από τη μέτρηση των πραγματικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων των κέικ από την εξίσωση 5.5.

$$\rho_b = m_s / V_b \quad (5.5)$$

Το πορώδες υπολογίζεται από τον τύπο 5.6.

$$\varepsilon = 1 - \rho_s / \rho_b \quad (5.6)$$

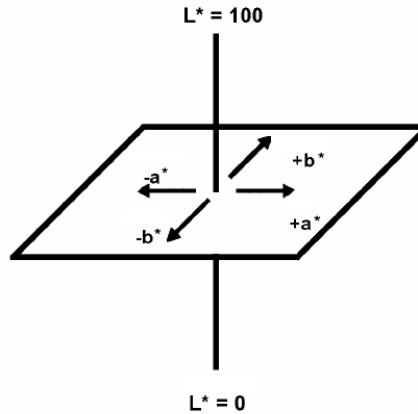
### 5.6.6 Προσδιορισμός Χρώματος

Το χρώμα της ψίχας των δειγμάτων κέικ μετρείται με τη βοήθεια του χρωματόμετρου “Minolta CR/200” (Minolta Company, Chuo-ku, Osaka, Ιαπωνία), το οποίο αποδίδει τις τιμές των χρωματικών παραμέτρων  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  βάσει του συστήματος CIELAB. Η μέτρηση γίνεται σε δύο παρόμοια δείγματα, ενώ σε κάθε δείγμα πραγματοποιείται τριπλή μέτρηση και η τιμή του χρώματος προκύπτει με βάση τις σχέσεις 5.7 ή 5.8.

$$E^* = \sqrt{L^{*2} + a^{*2} + b^{*2}} \quad (5.7)$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (5.8)$$

Το  $L^*$  εκφράζει τη φωτεινότητα του χρώματος και τα  $a^*$ ,  $b^*$  είναι οι ορθογώνιες συντεταγμένες του χρώματος. Αν ένα δείγμα έχει μηδενική τιμή για τα  $a^*$ ,  $b^*$ , πρέπει να βρίσκεται πάνω στον άξονα του μαύρου – άσπρου. Οι τιμές  $a^*$  και  $b^*$  είναι οι ορθογώνιες συντεταγμένες του χρώματος (συχνά ονομάζονται χρωματικότητα) πάνω στο επίπεδο διατομής του χρώματος, κάθετο στον άξονα μαύρου – άσπρου. Η θετική τιμή για το  $a^*$  υποδεικνύει κόκκινο χρώμα, ενώ η αρνητική τιμή πράσινο χρώμα. Η θετική τιμή για το  $b^*$  υποδεικνύει κίτρινο χρώμα ενώ η αρνητική τιμή μπλε χρώμα (σχήμα 5.1).



Σχήμα 5.1 Ανάλυση χρωματικών παραμέτρων συστήματος CIELAB

### 5.6.7 Προσδιορισμός Υφής

Για τον προσδιορισμό της υφής μετρήθηκε η σκληρότητα και η ελαστικότητα των κέικ. Η σκληρότητα της ψίχας του κέικ εκτιμήθηκε με τη μέθοδο 74-09, με τη βοήθεια του οργάνου Instron (American Association of Cereal Chemists, 2000). Το δείγμα μεγέθους 2 x 2 x 2cm συμπίεστηκε μέχρι το 50% του αρχικού ύψους του, με έμβολο διαμέτρου 4 cm που κατερχόταν με ταχύτητα 101mm/s. Η ένδειξη δύναμης του οργάνου (Newton = N), η οποία αντιπροσωπεύει τη σκληρότητα, εκφράζει την αντίσταση της ψίχας στη συμπίεση του εμβόλου.

Η μέτρηση της ελαστικότητας πραγματοποιήθηκε σε δείγμα διαστάσεων 2 x 2 x 2cm. Για τον προσδιορισμό των ιξωδοελαστικών ιδιοτήτων του κέικ εφαρμόστηκε μια μονοαξονική συμπίεση διαδεχόμενη από μια φάση ανάπαυσης διάρκειας 4 min. Η σχετική ελαστικότητα υπολογίστηκε στο 25% συμπίεσης της ψίχας. Οι τιμές της σχετικής ελαστικότητας της ψίχας (η δύναμη με την οποία η ψίχα αντιτίθεται σε καθορισμένες μηχανικές καταπονήσεις κατά τη διάρκεια της συμπίεσης) λαμβάνονται από καθορισμένα διαγράμματα δύναμης-χρόνου. Ο υπολογισμός των δύο αυτών παραμέτρων έγινε σύμφωνα με την εξίσωση 5.9:

$$REL\% = (F_{res} / F_{max}) \times 100 \quad (5.9)$$

Για κάθε δείγμα πραγματοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις.

## 5.7 Εκτίμηση Οργανοληπτικών Χαρακτηριστικών

Ο οργανοληπτικός έλεγχος των αρτοσκευασμάτων (κέικ ελεύθερου γλουτένης) πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Μηχανικής Τροφίμων του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Η διαδικασία προετοιμασίας των δειγμάτων που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: φέτες πάχους 2 cm λαμβάνονται από το κέντρο των αρτοσκευασμάτων, τοποθετούνται σε λευκά πιάτα και κωδικοποιούνται με τυχαίους τριψήφιους αριθμούς. Μεταξύ των διαδοχικών δοκιμών οι δοκιμαστές ξεπλένουν το στόμα τους με εμφιαλωμένο νερό, προκειμένου να ουδετεροποιήσουν τους υποδοχείς της γλώσσας. Κάθε ημέρα οργανοληπτικού ελέγχου αξιολογούνται 2 δείγματα.

Για την καλύτερη και πληρέστερη εκτίμηση των χαρακτηριστικών των αρτοσκευασμάτων, πραγματοποιήθηκε οργανοληπτική εξέταση των δειγμάτων από 10 δοκιμαστές εκπαιδευμένους στην αναγνώριση και την αξιολόγηση των αντίστοιχων χαρακτηριστικών με χρήση της ποσοτικής περιγραφικής ανάλυσης (Quantitative Descriptive Analysis, QDA) (Ng et al., 2012). Η εκτίμηση και βαθμολόγηση των περιγραφικών όρων έγινε με χρήση 9-βάθμιας κλίμακας (1-9) (1 = λίγο/ανεπαρκές/μη ικανοποιητικό, 9 = πολύ/κανονικό /ικανοποιητικό). Οι τιμές βαθμολόγησης σημειώνονταν σε ειδικά έντυπα οργανοληπτικού ελέγχου. Επιπλέον, οι δοκιμαστές κλήθηκαν να σημειώσουν και προσωπικές κρίσεις στα έντυπα οργανοληπτικού ελέγχου, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του δείγματος δεν μπορούσαν επαρκώς να περιγραφούν από τους αναγραφόμενους στο έντυπο περιγραφικούς όρους.

Αναλυτικά τα χαρακτηριστικά που περιγράφονταν αναφέρονται στα χρησιμοποιούμενα έντυπα που παρατίθενται στο Παράρτημα, ενώ οι κύριες παράμετροι που μεταβάλλονταν και θα σχολιαστούν στα αποτελέσματα ήταν:

- Η εξωτερική εμφάνιση
- Το χρώμα της ψίχας και της κόρας
- Η γεύση (ξινό, γλυκό, πικρό)
- Η επίγευση
- Η υφή της ψίχας (σκληρότητα, συνεκτικότητα, ελαστικότητα)
- Η συνολική εντύπωση.

## 5.8 Στατιστική Επεξεργασία

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε μέσω του προγράμματος Statgraphics Statistical Graphics System, Version 2.1 (Statgraphics, Rockville, Md., USA). Η μέθοδος Fisher LSD χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των σημαντικών διαφορών μεταξύ των δειγμάτων. Σημαντική θεωρήθηκε μία τιμή  $p$  μικρότερη του 0,05.

Για την επεξεργασία των πειραματικών αποτελεσμάτων εφαρμόστηκε η μέθοδος ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA). Η ανάλυση διακύμανσης χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη της σημαντικότητας των επιδράσεων των σχεδιαστικών παραμέτρων στις επιμέρους ιδιότητες των μιγμάτων ζυμαριού και των δειγμάτων κέικ.

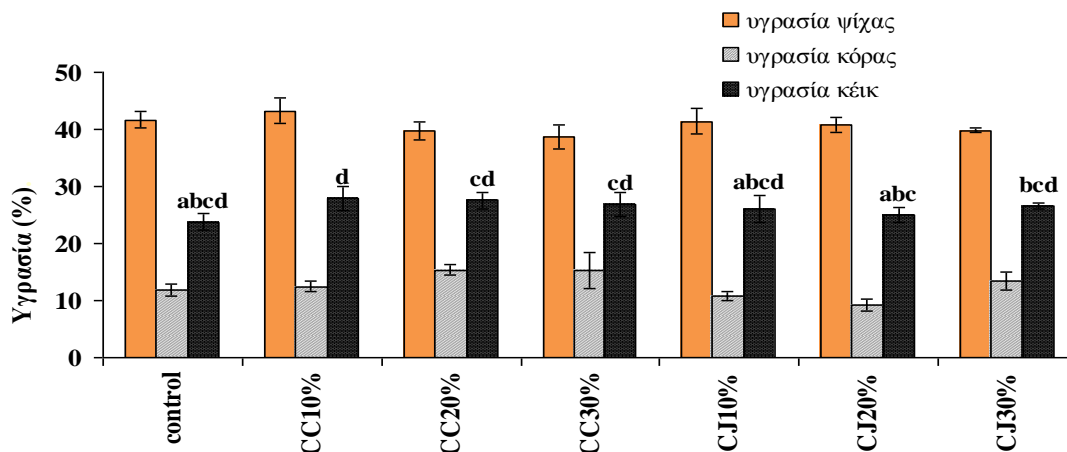
## 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται και μελετώνται τα αποτελέσματα των μετρήσεων των ποιοτικών χαρακτηριστικών (υγρασία, ειδικός όγκος, πορώδες, σκληρότητα, ελαστικότητα και χρώμα) των εμπλουτισμένων με διαιτητικές ίνες κέικ ελεύθερων γλουτένης καθώς και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τελικών προϊόντων.

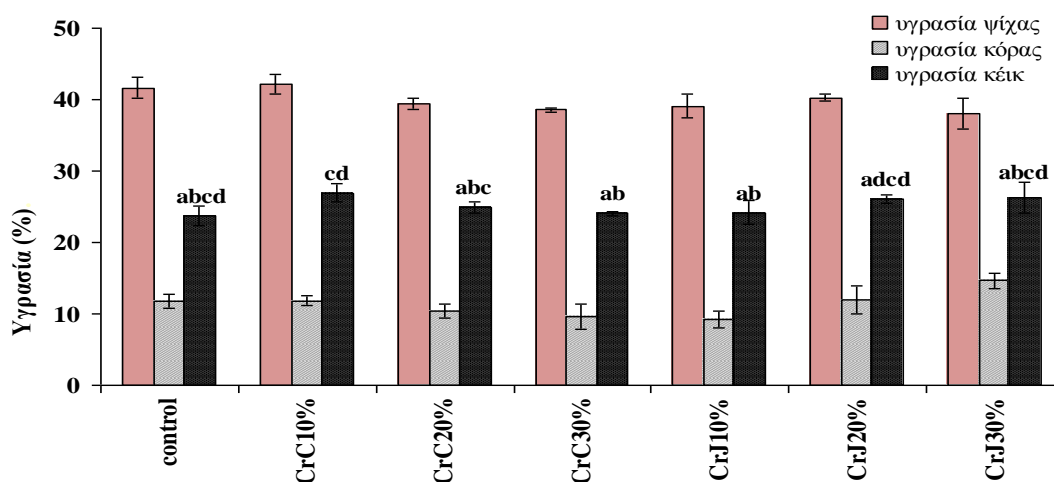
### 6.1 Αποτελέσματα Μέτρησης Υγρασίας

Σχετικά με την υγρασία της ψίχας, της κόρας και τη συνολική υγρασία των κέικ (σχήματα 6.1-6.3) τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υψηλότερη υγρασία ψίχας καθώς και συνολική υγρασία εμφανίζει το κέικ με χοντρόκοκκες ίνες καρότου σε ποσοστό 10% (CC10%) ενώ υψηλότερη υγρασία κόρας το κέικ με χοντρόκοκκες ίνες καρότου σε ποσοστό 20% (CC20%). Αντίθετα, χαμηλότερη τιμή υγρασίας κόρας και συνολικής υγρασίας παρουσιάζει το τυφλό δείγμα, ενώ χαμηλότερη υγρασία ψίχας το κέικ με χοντρόκοκκες ίνες μύρτιλλων 30% (BIC30%). Γενικά μπορεί να ειπωθεί, πως η αύξηση των διαιτητικών ινών, δεν επηρεάζει την υγρασία των κέικ, καθώς αυτή κυμαίνεται στο 25% σε όλα τα δείγματα (σε υγρή βάση) ( $p < 0.05$ ). Παρόμοια αποτελέσματα έχουν παρουσιαστεί και σε κέικ με προσθήκη φλούδας από μήλα. Τα κέικ δεν εμφάνισαν αύξηση της υγρασίας με την αύξηση του ποσοστού προσθήκης φλούδας μήλων (Rupasinghe et al, 2008).

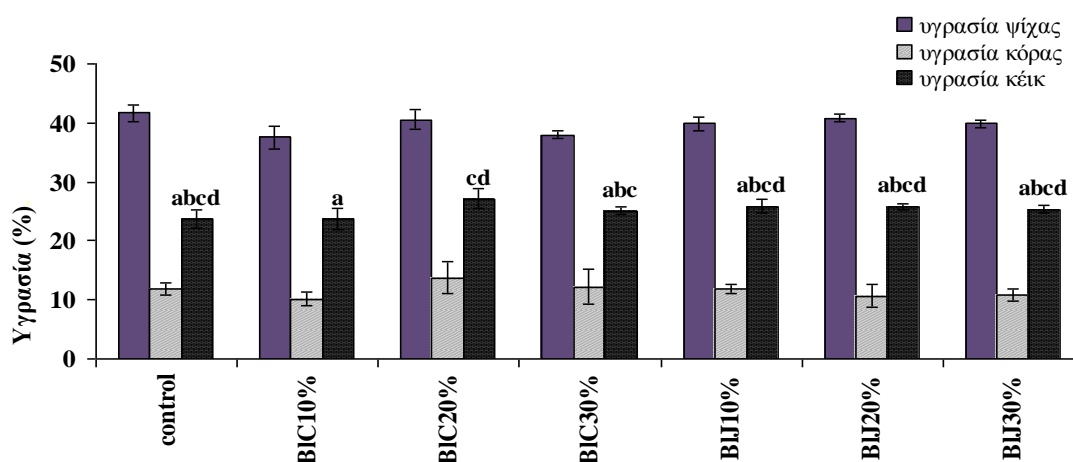
Όσον αφορά την απόδοση των δειγμάτων, δηλαδή το ποσοστό νερού που διατηρείται στο κέικ μετά το ψήσιμο (πίνακας 6.1), την μεγαλύτερη απόδοση εμφανίζει το τυφλό δείγμα ενώ τη μικρότερη απόδοση το κέικ με χοντρόκοκκη υφή ινών μύρτιλλων σε ποσοστό 30% (BIC30%). Οι μεγάλες απώλειες υγρασίας κατά τη διάρκεια του ψήσιματος επηρεάζουν αρνητικά την απόδοση των δειγμάτων όπως επίσης και το βάρος των τελικών προϊόντων (Pillings et al., 2010). Η χαμηλή απόδοση των παρασκευασμάτων μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την έλλειψη φρεσκότητας των παρασκευασμάτων. Συνεπώς, η μείωση των απωλειών κατά το ψήσιμο και η ενίσχυση ιδιοτήτων των αρτοπαρασκευασμάτων όπως η απόδοση, είναι μεγάλης σημασίας (Pillings et al., 2010).



Σχήμα 6.1 Επίδραση των διαιτητικών ινών του καρότου στην υγρασία της ψίχας, της κόρας και του συνόλου του κέικ. Οι μπάρες σφάλματος αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση. Οι μπάρες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ( $P < 0.05$ ).



Σχήμα 6.2 Επίδραση των διαιτητικών ινών των φιγγιών στην υγρασία της ψίχας, της κόρας και του συνόλου του κέικ. Οι μπάρες σφάλματος αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση. Οι μπάρες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ( $P < 0.05$ ).



Σχήμα 6.3 Επίδραση των διαιτητικών ινών των μύρτιλλων στην υγρασία της ψίχας, της κόρας και του συνόλου του κέικ. Οι μπάρες σφάλματος αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση. Οι μπάρες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ( $P < 0.05$ ).



**Πίνακας 6.1 Επίδραση διαιτητικών ινών στην απόδοση των κέικ. Οι τιμές που έχουν διαφορετικά γράμματα στην ίδια στήλη διαφέρουν σημαντικά (P<0.05).**

<b>Κωδικός δειγμάτων</b>	<b>Απόδοση (%)</b>
control	88,78 ( $\pm 0,60$ ) <sup>h</sup>
CC10%	87,27 ( $\pm 0,60$ ) <sup>ef</sup>
CC20%	87,38 ( $\pm 0,17$ ) <sup>f</sup>
CC30%	87,06 ( $\pm 0,77$ ) <sup>ef</sup>
CJ10%	85,52 ( $\pm 0,65$ ) <sup>bcd</sup>
CJ20%	83,41 ( $\pm 1,35$ ) <sup>a</sup>
CJ30%	85,26 ( $\pm 1,26$ ) <sup>bc</sup>
CrC10%	87,94 ( $\pm 0,44$ ) <sup>fgh</sup>
CrC20%	86,32 ( $\pm 0,70$ ) <sup>de</sup>
CrC30%	84,63 ( $\pm 0,62$ ) <sup>b</sup>
CrJ10%	85,19 ( $\pm 0,52$ ) <sup>bc</sup>
CrJ20%	87,58 ( $\pm 0,58$ ) <sup>fg</sup>
CrJ30%	88,44 ( $\pm 0,47$ ) <sup>gh</sup>
BIC10%	87,29 ( $\pm 0,34$ ) <sup>ef</sup>
BIC20%	87,23 ( $\pm 0,27$ ) <sup>ef</sup>
BIC30%	83,27 ( $\pm 0,37$ ) <sup>a</sup>
BIJ10%	85,08 ( $\pm 0,92$ ) <sup>bc</sup>
BIJ20%	85,81 ( $\pm 0,25$ ) <sup>cd</sup>
BIJ30%	87,01 ( $\pm 0,95$ ) <sup>ef</sup>

(1: μη αποδεκτό, 9: άριστο

Control: τυφλό δείγμα, C: ίνες καρότου, Cr: ίνες φίγγι, BI: ίνες μύρτιλλου

C: χοντρόκοκκο, J: λεπτόκοκκο

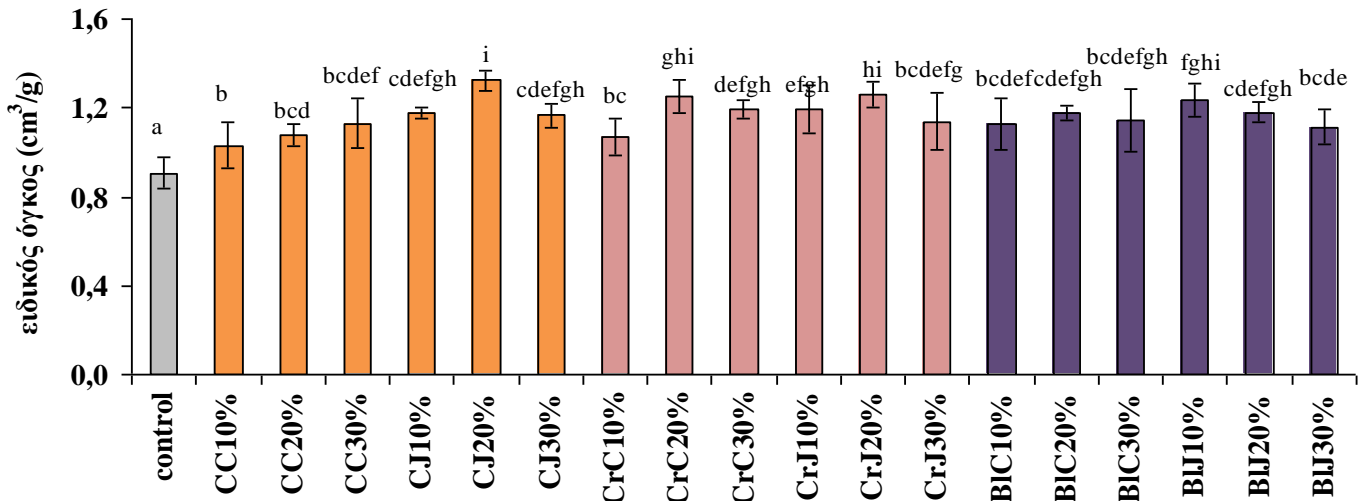
10, 20, 30% : προσθήκη ινών)

## 6.2 Αποτελέσματα Μέτρησης Ειδικού Όγκου

Στην περίπτωση των κέικ ο όγκος είναι ένα από τα σημαντικότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά του που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την τελική αποδοχή του. Τον μεγαλύτερο ειδικό όγκο εμφανίζει το κέικ με λεπτόκοκκη υφή ινών καρότου σε ποσοστό 20% (CJ20%) (σχήμα 6.4). Όπως φαίνεται στο σχήμα η προσθήκη διαιτητικών ινών οδηγεί σε αύξηση του ειδικού όγκου των κέικ σε σύγκριση με το τυφλό δείγμα που δεν περιέχει ίνες. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί και από τις Lebesi & Tzia (2011) σε κέικ όπου είχε αντικατασταθεί το αλεύρι σίτου με διαιτητικές ίνες βρώμης, κριθαριού, σιταριού και αραβόσιτου. Η αύξηση του όγκου των κέικ ήταν μεγαλύτερη στα δείγματα που περιείχαν διαιτητικές ίνες σε σχέση με το τυφλό δείγμα. Αυτό σημαίνει ότι η παρουσία ινών ενισχύει δομικά ένα προϊόν ελεύθερο γλουτένης. Επίσης, η λεπτόκοκκη άλεση των ινών έχει ως αποτέλεσμα την περαιτέρω αύξηση του ειδικού όγκου. Αυτό είναι στατιστικά σημαντικό στην περίπτωση που η συνολική ποσότητα των ινών που προστίθεται είναι χαμηλή

(10%) (καρότο, φίγγι) ( $p < 0,05$ ). Αντίθετα, στη μεγάλη συγκέντρωση ινών (30%), ο ειδικός όγκος στα κέικ με λεπτόκοκκα ή χοντρόκοκκα αλέσματα ινών είναι παρόμοιος ( $p > 0,05$ ).

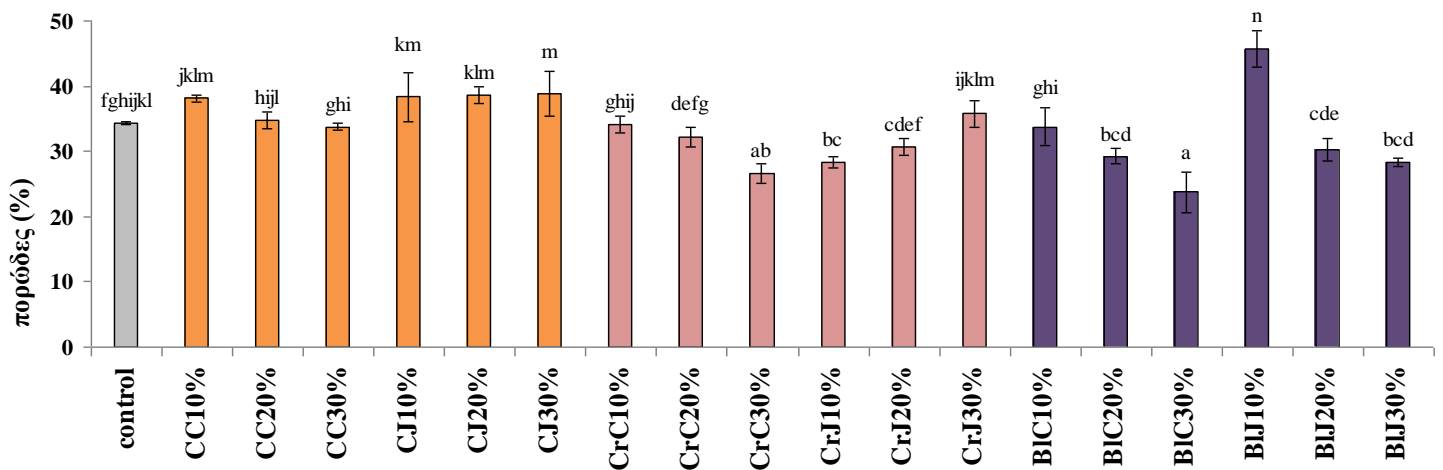
Η διόγκωση του κέικ εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία ζελατινοποίησης του αμύλου. Σε υψηλές θερμοκρασίες η διόγκωση της ζύμης είναι καλύτερη (Gularte et al., 2012). Οι διαιτητικές ίνες επηρεάζουν τη θερμοκρασία ζελατινοποίησης του αμύλου όμως μπορεί να κάνουν πιο δυνατό το δίκτυο της ζύμης κατά τη διάρκεια της θερμικής επεξεργασίας.



Σχήμα 6.4 Επίδραση των διαιτητικών ινών στον ειδικό όγκο των κέικ. Οι μπάρες σφάλματος αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση. Οι μπάρες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ( $P < 0,05$ ).

### 6.3 Αποτελέσματα Μέτρησης Πορώδους

Σε γενικές γραμμές το πορώδες μειώνεται όσο αυξάνει η περιεκτικότητα των ινών που προστίθεται στα κέικ (σχήμα 6.5), αλλά δεν παρουσιάζονται διαφοροποιήσεις σε σχέση με το τυφλό δείγμα όπως παρατηρήθηκε στον ειδικό όγκο. Τα δείγματα που περιέχουν ίνες σε ποσοστό 10% έχουν μεγαλύτερο πορώδες σε σχέση με αυτά που έχουν 30% ( $p < 0,05$ ), ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των δειγμάτων 10-20% ή 20%-30%. Τα κέικ με ίνες φίγγι σε ποσοστό 20 και 30% δε φαίνονται να διαφέρουν σημαντικά ( $p < 0,05$ ). Επίσης, το πορώδες είναι μεγαλύτερο στα δείγματα με λεπτόκοκκες από αυτά με χοντρόκοκκες ίνες. Αυτό είναι σε αντιστοιχία με την αύξηση του ειδικού όγκου που παρατηρήθηκε στα δείγματα που περιέχουν λεπτόκοκκες ίνες σε σχέση με τις χοντρόκοκκες. Το υψηλότερο πορώδες εμφανίζει το κέικ με λεπτόκοκκες ίνες μύρτιλλων σε περιεκτικότητα 10% (BIJ10%) ενώ χαμηλότερο πορώδες έχει το κέικ με χοντρόκοκκες ίνες μύρτιλλων περιεκτικότητας 30%.

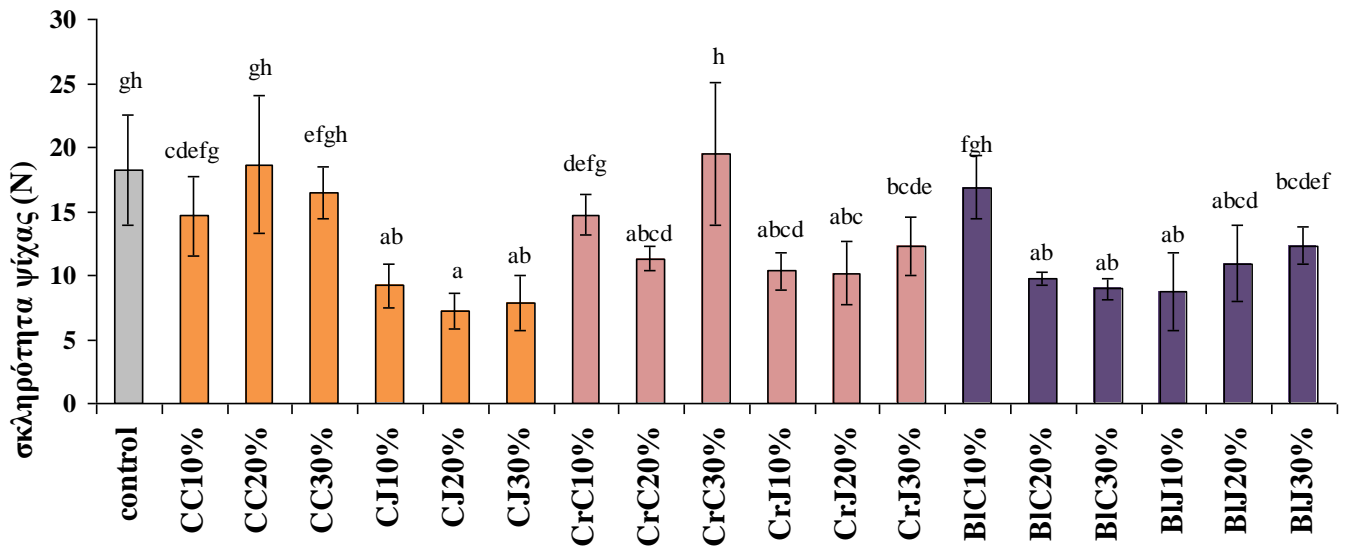


Σχήμα 6.5 Επίδραση των διαιτητικών ινών στο πορώδες των κέικ. Οι μπάρες σφάλματος αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση. Οι μπάρες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ( $P < 0.05$ ).

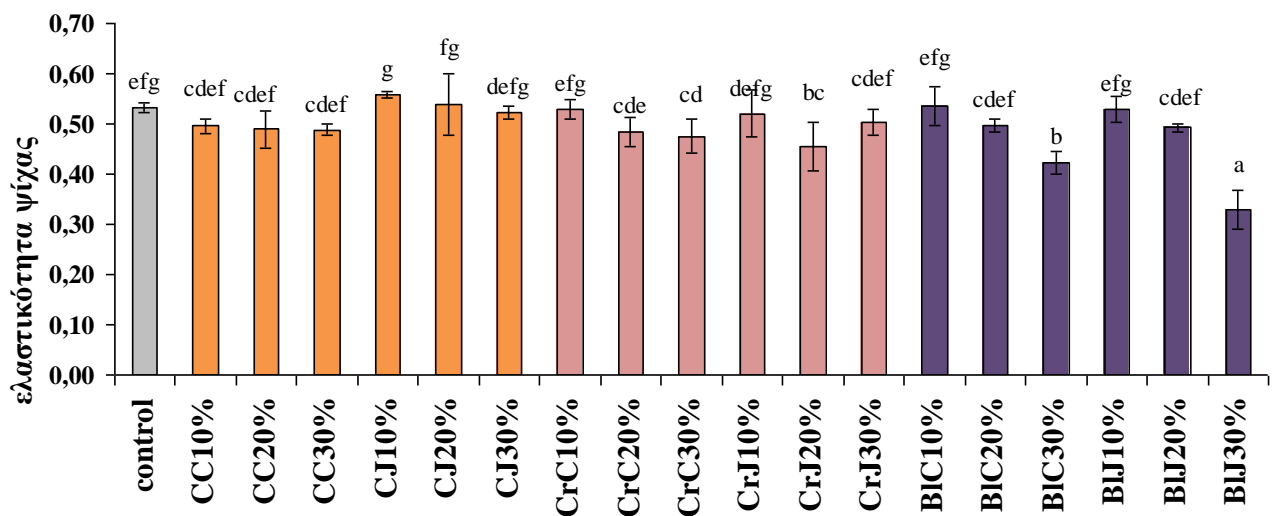
#### 6.4 Αποτελέσματα Μέτρησης Υφής

Η υφή είναι από τα κύρια χαρακτηριστικά των κέικ που επηρεάζεται από την προσθήκη ινών. Η αντίσταση της ψίχας του κέικ στην παραμόρφωση (σκληρότητα) είναι μια σημαντική παράμετρος για τα αρτοσκευάσματα, αφού συνδέεται ισχυρά με την αντίληψη των καταναλωτών για τη φρεσκότητά τους (Ahlborn et al. 2005). Στο σχήμα 6.6 φαίνεται ότι με εξαίρεση κάποιων δειγμάτων, οι τιμές σκληρότητας της ψίχας είναι σημαντικά μικρότερες ( $P < 0.05$ ) από εκείνη του τυφλού δείγματος, γεγονός που οφείλεται στη μεγάλη ικανότητα δέσμευσης ύδατος των ινών. Επίσης, τα κέικ από λεπτόκοκκες ίνες εμφανίζουν χαμηλότερες τιμές από τα κέικ με χοντρόκοκκες ίνες. Τέλος, τα κέικ με υψηλότερη σκληρότητα ψίχας έχουν σχετικά μικρότερο ειδικό όγκο από τα άλλα με αποτέλεσμα η πιο συμπαγής δομή να κάνει τα δείγματα πιο σκληρά. Γενικά, η σκληρότητα της ψίχας έχει αρνητική συσχέτιση με τον όγκο του κέικ (Gomez et al., 2010).

Η προσθήκη διαιτητικών ινών δεν επηρεάζει σημαντικά την ελαστικότητα των κέικ και είναι παρόμοια με αυτή του τυφλού δείγματος (σχήμα 6.7). Το δείγμα που επηρεάζεται περισσότερο τόσο στη σκληρότητα, στην ελαστικότητα αλλά και στον ειδικό όγκο είναι αυτό που περιέχει 20% λεπτόκοκκο άλεσμα καρότου.



Σχήμα 6.6 Επίδραση των διαιτητικών ινών στη σκληρότητα των κέικ. Οι μπάρες σφάλματος αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση. Οι μπάρες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ( $P < 0.05$ ).



Σχήμα 6.7 Επίδραση των διαιτητικών ινών στην ελαστικότητα των κέικ. Οι μπάρες σφάλματος αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση. Οι μπάρες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ( $P < 0.05$ ).

## 6.5 Αποτελέσματα Μέτρησης Χρώματος

Το χρώμα της ψίχας των κέικ επηρεάζεται τόσο από το είδος των ινών που προστίθεται όσο και από το ποσοστό των ινών που χρησιμοποιείται. Έτσι, τα κέικ με ίνες μύριλλων, τα οποία εμφανίζουν χαμηλές τιμές φωτεινότητας (L values), ήταν αρκετά σκουρόχρωμα λόγω της μωβ απόχρωσης των ινών (πίνακας 6.2). Αντίθετα, τα κέικ από ίνες καρότου ήταν περισσότερο

ανοιχτόχρωμα από τα κέικ που περιείχαν ίνες φιγγιών. Η μεταβολή αυτή στο χρώμα έγινε πιο έντονη με την αύξηση του ποσοστού των ινών. Έτσι, όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα των ινών, το κέικ αποκτά πιο σκούρο χρώμα. Οι τιμές a ήταν χαμηλές που σημαίνει ότι δεν υπάρχει κόκκινη απόχρωση στην ψίχα. Σημαντικές διαφορές ( $P < 0.05$ ) παρουσιάστηκαν στην κίτρινη απόχρωση (b values) στην περίπτωση των κέικ με ίνες καρότου εξαιτίας της πορτοκαλί χρωστικής που υπάρχει σε αυτές.

Κατά συνέπεια, το τυφλό δείγμα είχε τη μεγαλύτερη φωτεινότητα ενώ το κέικ με λεπτόκοκκες ίνες μύρτιλλων, ποσότητας 30% είχε τη μικρότερη τιμή L, ήταν δηλαδή το πιο σκουρόχρωμο. Την υψηλότερη τιμή a είχε το κέικ με λεπτόκοκκες ίνες φίγγι σε ποσοστό 30% ενώ τη μικρότερη είχε το τυφλό δείγμα. Τέλος, την υψηλότερη τιμή b είχε το κέικ με χοντρόκοκκες ίνες καρότου σε ποσοστό 30% και την χαμηλότερη το κέικ με χοντρόκοκκες ίνες μύρτιλλων σε ποσότητα 30%.

**Πίνακας 6.2 Χρώμα ψίχας των κέικ. Μέσες τιμές  $\pm$  τυπική απόκλιση. Οι τιμές που έχουν διαφορετικά γράμματα στην ίδια στήλη διαφέρουν σημαντικά ( $P < 0.05$ )**

Κωδικός δειγμάτων	Ψίχα L	Ψίχα a	Ψίχα b
control	85,73 ( $\pm 1,16$ ) <sup>l</sup>	-5,28 ( $\pm 0,13$ ) <sup>a</sup>	35,03 ( $\pm 0,52$ ) <sup>g</sup>
CC10%	74,17 ( $\pm 0,23$ ) <sup>i</sup>	-2,23 ( $\pm 0,35$ ) <sup>b</sup>	40,94 ( $\pm 0,37$ ) <sup>ij</sup>
CC20%	70,93 ( $\pm 0,95$ ) <sup>h</sup>	-0,13 ( $\pm 0,18$ ) <sup>c</sup>	40,83 ( $\pm 0,25$ ) <sup>ij</sup>
CC30%	68,27 ( $\pm 1,02$ ) <sup>g</sup>	2,26 ( $\pm 0,54$ ) <sup>e</sup>	42,18 ( $\pm 0,10$ ) <sup>k</sup>
CJ10%	78,70 ( $\pm 0,95$ ) <sup>k</sup>	-2,85 ( $\pm 0,26$ ) <sup>b</sup>	37,45 ( $\pm 0,81$ ) <sup>h</sup>
CJ20%	77,33 ( $\pm 0,47$ ) <sup>jk</sup>	-0,37 ( $\pm 0,21$ ) <sup>c</sup>	40,22 ( $\pm 0,08$ ) <sup>i</sup>
CJ30%	75,27 ( $\pm 3,44$ ) <sup>ij</sup>	0,64 ( $\pm 0,39$ ) <sup>d</sup>	41,70 ( $\pm 1,48$ ) <sup>j</sup>
CrC10%	53,31 ( $\pm 0,78$ ) <sup>f</sup>	2,33 ( $\pm 0,73$ ) <sup>e</sup>	18,03 ( $\pm 0,06$ ) <sup>e</sup>
CrC20%	45,04 ( $\pm 1,45$ ) <sup>d</sup>	4,86 ( $\pm 0,53$ ) <sup>h</sup>	14,32 ( $\pm 0,21$ ) <sup>d</sup>
CrC30%	44,33 ( $\pm 1,03$ ) <sup>d</sup>	6,81 ( $\pm 0,20$ ) <sup>k</sup>	14,85 ( $\pm 0,21$ ) <sup>d</sup>
CrJ10%	50,64 ( $\pm 0,26$ ) <sup>e</sup>	6,66 ( $\pm 0,51$ ) <sup>jk</sup>	19,27 ( $\pm 0,58$ ) <sup>f</sup>
CrJ20%	46,58 ( $\pm 1,48$ ) <sup>d</sup>	8,08 ( $\pm 0,27$ ) <sup>l</sup>	20,28 ( $\pm 0,05$ ) <sup>f</sup>
CrJ30%	45,44 ( $\pm 0,04$ ) <sup>d</sup>	9,06 ( $\pm 0,26$ ) <sup>m</sup>	20,11 ( $\pm 0,80$ ) <sup>f</sup>
BIC10%	35,31 ( $\pm 1,26$ ) <sup>c</sup>	2,82 ( $\pm 0,15$ ) <sup>ef</sup>	10,59 ( $\pm 0,09$ ) <sup>c</sup>
BIC20%	28,74 ( $\pm 0,57$ ) <sup>b</sup>	3,25 ( $\pm 0,21$ ) <sup>f</sup>	6,81 ( $\pm 0,33$ ) <sup>a</sup>
BIC30%	28,68 ( $\pm 0,02$ ) <sup>b</sup>	4,00 ( $\pm 0,04$ ) <sup>g</sup>	6,61 ( $\pm 0,15$ ) <sup>a</sup>
BIJ10%	33,40 ( $\pm 0,61$ ) <sup>c</sup>	4,77 ( $\pm 0,24$ ) <sup>h</sup>	10,27 ( $\pm 0,54$ ) <sup>c</sup>
BIJ20%	29,17 ( $\pm 0,45$ ) <sup>b</sup>	5,86 ( $\pm 0,30$ ) <sup>i</sup>	8,59 ( $\pm 0,48$ ) <sup>b</sup>
BIJ30%	25,38 ( $\pm 1,22$ ) <sup>a</sup>	5,96 ( $\pm 0,23$ ) <sup>ij</sup>	6,89 ( $\pm 0,55$ ) <sup>a</sup>

(1: μη αποδεκτό, 9: άριστο

Control: τυφλό δείγμα, C: ίνες καρότου, Cr: ίνες φίγγι, BI: ίνες μύρτιλλου

C: χοντρόκοκκο, J: λεπτόκοκκο

10, 20, 30% : προσθήκη)

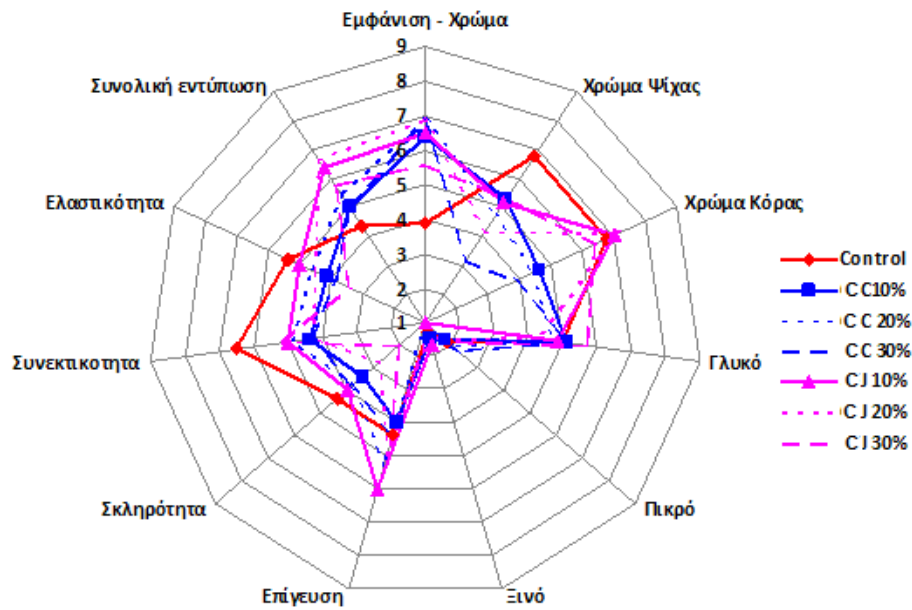
## 6.6 Αποτελέσματα Οργανοληπτικού Ελέγχου

Στα σχήματα 6.8 - 6.10 απεικονίζονται οι βαθμολογίες για τα διάφορα χαρακτηριστικά που εξετάστηκαν στα κέικ. Στα τρία αυτά σχήματα φαίνεται ότι το τυφλό δείγμα εμφάνισε το πιο ανοιχτό χρώμα σε σχέση με τα υπόλοιπα κέικ ενώ στη συνεκτικότητα και την ελαστικότητα ψίχας έλαβε τη μεγαλύτερη βαθμολογία, γεγονός που σημαίνει ότι η υφή ήταν “λαστιχωτή”. Επίσης, σε γενικές γραμμές, καλύτερη επίγευση είχαν τα κέικ με ποσοστό 10% διαιτητικών ινών.

Τη μεγαλύτερη βαθμολογία για την ολική αποδοχή έλαβαν τα δείγματα που περιείχαν ίνες φιγγιών σε ποσοστό 20%, τόσο χοντρόκοκκης όσο και λεπτόκοκκης υφής (σχήμα 6.11). Από τις μετρήσεις, τα δείγματα αυτά εμφάνισαν μεγάλο ειδικό όγκο, μέτριο πορώδες και ελαστικότητα και μικρή σκληρότητα. Τα αποτελέσματα αυτά φαίνεται να συμφωνούν με αυτά της οργανοληπτικής αξιολόγησης όσον αφορά τις παραμέτρους της υφής και της εμφάνισης της ψίχας. Η οργανοληπτική εξέταση δείχνει ότι η προσθήκη 30% ινών επηρεάζει αρνητικά την ελαστικότητα και τη συνεκτικότητα της ψίχας.

Στον πίνακα 6.3 παρατίθενται οι βαθμολογίες των χαρακτηριστικών των κέικ, όπως προέκυψαν από την οργανοληπτική αξιολόγηση των δειγμάτων. Κατά την οργανοληπτική εξέταση όλα τα δείγματα, εκτός από το τυφλό, κρίθηκαν αποδεκτά, αφού έλαβαν βαθμολογία για την ολική αποδοχή από το 5 έως 7. Τη μεγαλύτερη βαθμολογία κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο έλαβαν τα δείγματα που περιείχαν ίνες φιγγιών, ακολουθούμενα από τα δείγματα που περιείχαν ίνες μύρτιλλων και τελευταία τα δείγματα με ίνες καρότου, τα οποία εξέλαβαν τη χαμηλότερη βαθμολογία. Ως γενική τάση παρατηρήθηκε ότι τα δείγματα με ποσοστό 20% διαιτητικών ινών έλαβαν υψηλότερη βαθμολογία, ακολουθούμενα από τα δείγματά με 10% ίνες. Τα δείγματα με 30% χοντρόκοκκες ίνες έλαβαν τη μικρότερη βαθμολογία εξαιτίας της κοκκώδους υφής που προσέδωσαν οι μη αλεσμένες ίνες στα κέικ. Συνολικά, τα κέικ με 30% ίνες σε όλες τις περιπτώσεις προτιμήθηκαν λιγότερο λόγω της άσχημης επίγευσης που προσέδωσε το υψηλό ποσοστό ινών στα κέικ (σχήμα 6.11).

Όσον αφορά τη συνολική εμφάνιση της ψίχας, τα δείγματα με περιεκτικότητα 20% ινών εμφανίζουν καλύτερη δομή σε σχέση με τα υπόλοιπα. Επιπρόσθετα, η αύξηση του ποσοστού των ινών κάνει εντονότερη την πικρή γεύση ενώ αντίθετα τα κέικ με χαμηλή περιεκτικότητα ινών είναι περισσότερο γλυκά.



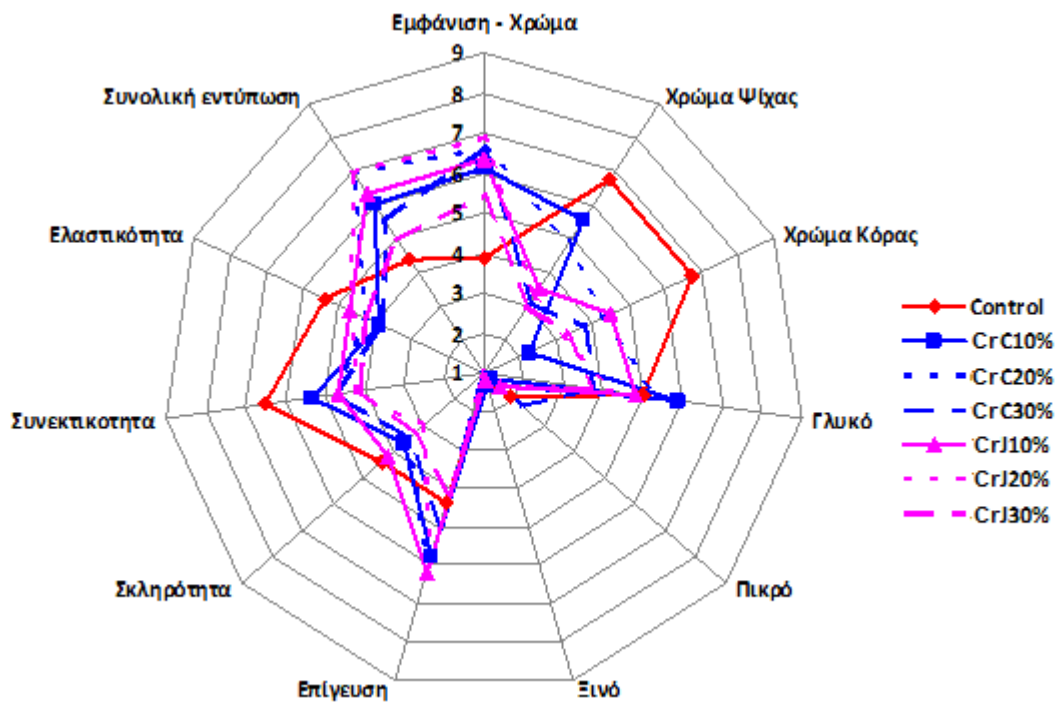
**Σχήμα 6.8** Επίδραση διαιτητικών ιών καρότου στα χαρακτηριστικά των κέικ.

(1: μη αποδεκτό, 9: άριστο)

Control: τυφλό δείγμα, C: ίνες καρότου

C: χοντρόκοκκο, J: λεπτόκοκκο

10, 20, 30% προσθήκη ιών)



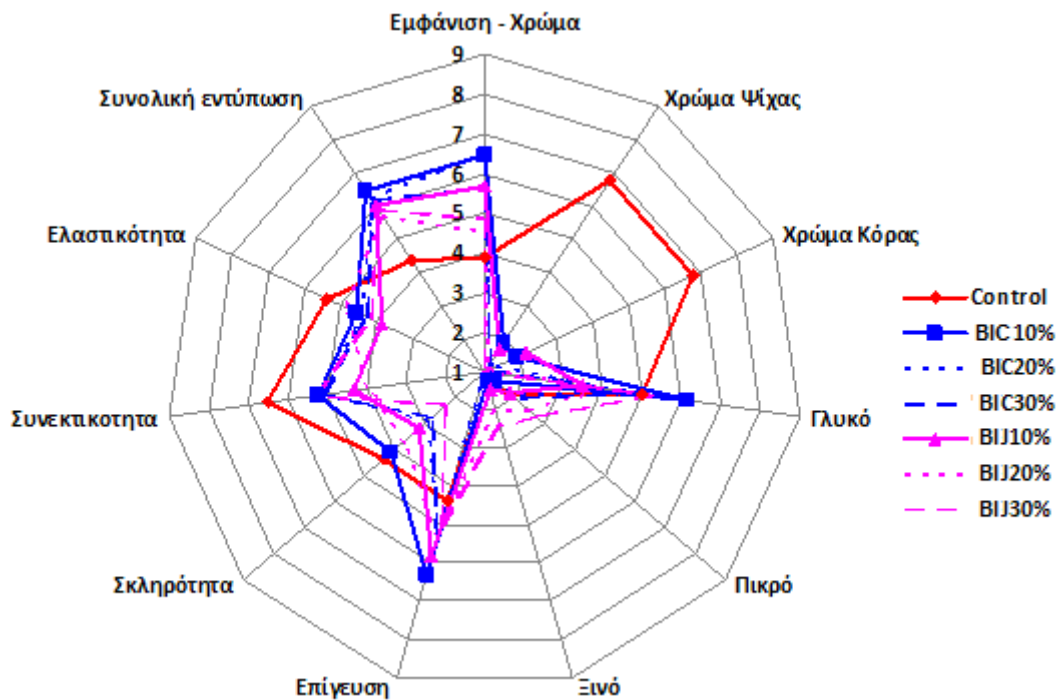
**Σχήμα 6.9** Επίδραση διαιτητικών ιών φιγγιών στα χαρακτηριστικά των κέικ.

(1: μη αποδεκτό, 9: άριστο)

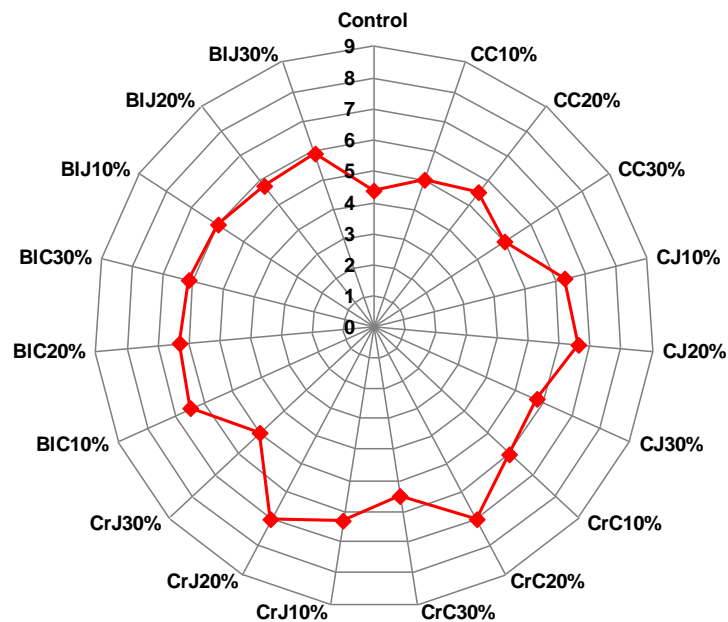
Control: τυφλό δείγμα, Cr: ίνες φίγγι

C: χοντρόκοκκο, J: λεπτόκοκκο

10, 20, 30% : προσθήκη ιών)



**Σχήμα 6.10** Επίδραση διαιτητικών ινών μύρτιλλων στα χαρακτηριστικά των κέικ.  
 (1: μη αποδεκτό, 9: άριστο  
 Control: τυφλό δείγμα, BI: ίνες μύρτιλλου  
 C: χοντρόκοκκο, J: λεπτόκοκκο  
 10, 20, 30% : προσθήκη ινών)



**Σχήμα 6.11** Επίδραση διαιτητικών ινών στην ολική αποδοχή των κέικ.  
 (1: μη αποδεκτό, 9: άριστο  
 Control: τυφλό δείγμα, C: ίνες καρότου, Cr: ίνες φίγγι, BI: ίνες μύρτιλλου  
 C: χοντρόκοκκο, J: λεπτόκοκκο  
 10, 20, 30% : προσθήκη ινών)



Πίνακας 6.3 Οργανοληπτική βαθμολόγηση των κέικ μέσω της χρήσης ερωτηματολογίων. Μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση. Οι τιμές που έχουν διαφορετικά γράμματα στην ίδια στήλη διαφέρουν σημαντικά (P<0.05)

Κωδικός Δειγμάτων	Εμφάνιση Ψίχας	Χρώμα Κόρας	Χρώμα Ψίχας	Γλυκό	Πικρό	Ξινό	Επίγευση	Σκληρότητα	Συνεκτικότητα	Ελαστικότητα	Συνολική Εντύπωση
<b>Control</b>	3,9 (±2,0) <sup>a</sup>	6,8 (±1,0) <sup>h</sup>	6,8 (±1,2) <sup>g</sup>	5,0 (±2,0) <sup>abcd</sup>	1,9 (±1,6) <sup>ab</sup>	1,3 (±0,5) <sup>a</sup>	4,4 (±2,8) <sup>abc</sup>	4,4 (±1,8) <sup>e</sup>	6,5 (±1,4) <sup>c</sup>	5,4 (±1,4) <sup>b</sup>	4,4 (±2,4) <sup>a</sup>
<b>CC10%</b>	6,4 (±0,9) <sup>cd</sup>	5,3 (±2,4) <sup>fg</sup>	4,6 (±1,7) <sup>f</sup>	5,1 (±1,4) <sup>abcd</sup>	1,8 (±1,8) <sup>ab</sup>	1,5 (±0,9) <sup>ab</sup>	4,0 (±1,9) <sup>a</sup>	3,4 (±0,9) <sup>bcde</sup>	4,4 (±1,1) <sup>ab</sup>	4,1 (±1,4) <sup>ab</sup>	5,0 (±1,5) <sup>ab</sup>
<b>CC20%</b>	6,9 (±1,3) <sup>d</sup>	4,7 (±1,7) <sup>efg</sup>	4,4 (±1,5) <sup>f</sup>	4,7 (±1,8) <sup>abcd</sup>	2,0 (±2,2) <sup>ab</sup>	1,0 (±0) <sup>a</sup>	5,3 (±2,1) <sup>abcde</sup>	3,7 (±1,1) <sup>cde</sup>	4,9 (±1,1) <sup>ab</sup>	4,6 (±1,3) <sup>ab</sup>	5,4 (±2,0) <sup>abcd</sup>
<b>CC30%</b>	6,9 (±0,9) <sup>d</sup>	3,1 (±1,5) <sup>cd</sup>	3,9 (±1,5) <sup>def</sup>	5,1 (±1,9) <sup>abcd</sup>	2,3 (±1,5) <sup>ab</sup>	1,3 (±0,5) <sup>ab</sup>	4,4 (±1,6) <sup>abcd</sup>	3,9 (±1,9) <sup>cde</sup>	4,3 (±1,0) <sup>ab</sup>	3,9 (±1,2) <sup>a</sup>	5,0 (±1,8) <sup>abc</sup>
<b>CJ10%</b>	6,5 (±1,0) <sup>d</sup>	5,2 (±1,5) <sup>fg</sup>	7,0 (±1,5) <sup>g</sup>	4,8 (±1,0) <sup>abcd</sup>	1,0 (±0) <sup>a</sup>	1,7 (±0,8) <sup>ab</sup>	6,0 (±0,9) <sup>bcde</sup>	4,0 (±1,5) <sup>cde</sup>	5,0 (±0,6) <sup>ab</sup>	5,0 (±0,9) <sup>ab</sup>	6,3 (±0,5) <sup>bcd</sup>
<b>CJ20%</b>	6,9 (±1,5) <sup>d</sup>	4,1 (±1,1) <sup>def</sup>	7,1 (±1,0) <sup>g</sup>	4,3 (±1,9) <sup>abc</sup>	1,8 (±0,9) <sup>ab</sup>	1,4 (±0,7) <sup>ab</sup>	5,0 (±1,5) <sup>abcde</sup>	2,8 (±1,4) <sup>abc</sup>	4,3 (±1,3) <sup>ab</sup>	4,5 (±2,2) <sup>ab</sup>	6,6 (±0,9) <sup>cd</sup>
<b>CJ30%</b>	5,6 (±1,3) <sup>bcd</sup>	5,3 (±1,7) <sup>fg</sup>	6,4 (±0,5) <sup>g</sup>	5,7 (±1,3) <sup>bcd</sup>	1,9 (±1,6) <sup>ab</sup>	1,3 (±0,5) <sup>ab</sup>	4,7 (±1,6) <sup>abcde</sup>	2,0 (±0,6) <sup>a</sup>	5,1 (±2,0) <sup>ab</sup>	3,4 (±1,3) <sup>a</sup>	5,7 (±1,4) <sup>abcd</sup>
<b>CrC10%</b>	6,1 (±1,4) <sup>cd</sup>	5,6 (±1,7) <sup>gh</sup>	2,3 (±0,7) <sup>bc</sup>	5,9 (±1,5) <sup>cd</sup>	1,2 (±0,4) <sup>a</sup>	1,3 (±0,5) <sup>ab</sup>	5,8 (±2,1) <sup>abcde</sup>	3,7 (±1,9) <sup>cde</sup>	5,3 (±1,4) <sup>bc</sup>	3,9 (±1,5) <sup>a</sup>	6,0 (±1,9) <sup>bcd</sup>
<b>CrC20%</b>	6,6 (±2,0) <sup>d</sup>	4,9 (±1,7) <sup>efg</sup>	4,3 (±1,2) <sup>ef</sup>	5,4 (±1,4) <sup>abcd</sup>	1,5 (±1,4) <sup>ab</sup>	1,0 (±0) <sup>a</sup>	6,1 (±1,1) <sup>de</sup>	3,5 (±0,9) <sup>bcde</sup>	4,8 (±0,7) <sup>ab</sup>	4,3 (±1,2) <sup>ab</sup>	7,0 (±0,8) <sup>d</sup>
<b>CrC30%</b>	6,6 (±1,4) <sup>d</sup>	3,1 (±1,0) <sup>cd</sup>	3,8 (±0,7) <sup>def</sup>	3,8 (±1,9) <sup>a</sup>	2,3 (±1,6) <sup>ab</sup>	1,0 (±0) <sup>a</sup>	5,0 (±1,7) <sup>bcde</sup>	3,5 (±1,6) <sup>bcde</sup>	4,8 (±1,2) <sup>ab</sup>	3,8 (±1,0) <sup>a</sup>	5,5 (±1,5) <sup>abcd</sup>
<b>CrJ10%</b>	6,3 (±1,0) <sup>cd</sup>	3,5 (±1,5) <sup>de</sup>	4,5 (±1,9) <sup>f</sup>	4,8 (±1,6) <sup>abcd</sup>	1,5 (±0,8) <sup>ab</sup>	1,2 (±0,4) <sup>a</sup>	6,2 (±1,0) <sup>cde</sup>	4,2 (±1,2) <sup>cde</sup>	4,7 (±1,4) <sup>ab</sup>	4,7 (±1,0) <sup>ab</sup>	6,3 (±2,3) <sup>bcd</sup>
<b>CrJ20%</b>	6,9 (±0,8) <sup>d</sup>	3,3 (±0,9) <sup>d</sup>	3,1 (±0,4) <sup>cd</sup>	4,3 (±2,6) <sup>abc</sup>	1,4 (±1,1) <sup>ab</sup>	1,0 (±0) <sup>a</sup>	5,9 (±1,7) <sup>bcde</sup>	3,0 (±1,3) <sup>abcd</sup>	4,3 (±1,3) <sup>ab</sup>	4,6 (±2,4) <sup>ab</sup>	7,0 (±1,1) <sup>d</sup>
<b>CrJ30%</b>	5,4 (±2,1) <sup>bcd</sup>	3,0 (±1,4) <sup>bcd</sup>	3,3 (±1,7) <sup>cde</sup>	3,7 (±1,9) <sup>a</sup>	1,6 (±1,1) <sup>ab</sup>	1,1 (±0,4) <sup>a</sup>	4,1 (±1,8) <sup>ab</sup>	3,3 (±1,3) <sup>abcde</sup>	4,1 (±1,3) <sup>ab</sup>	4,3 (±1,8) <sup>ab</sup>	5,0 (±2,1) <sup>abc</sup>
<b>BIC10%</b>	6,4 (±0,5) <sup>d</sup>	1,9 (±0,8) <sup>ab</sup>	1,9 (±0,8) <sup>ab</sup>	6,1 (±0,9) <sup>d</sup>	1,3 (±0,7) <sup>a</sup>	1,2 (±0,4) <sup>a</sup>	6,3 (±1,5) <sup>c</sup>	4,1 (±2,0) <sup>be</sup>	5,2 (±1,6) <sup>ab</sup>	4,6 (±1,6) <sup>ab</sup>	6,4 (±1,5) <sup>bcd</sup>
<b>BIC20%</b>	6,5 (±1,4) <sup>d</sup>	1,3 (±0,5) <sup>a</sup>	1,4 (±0,5) <sup>ab</sup>	4,8 (±1,8) <sup>abcd</sup>	1,9 (±1,1) <sup>ab</sup>	1,0 (±0) <sup>a</sup>	5,3 (±1,3) <sup>abcde</sup>	2,9 (±0,6) <sup>abcd</sup>	5,1 (±1,1) <sup>ab</sup>	4,4 (±1,3) <sup>ab</sup>	6,3 (±1,0) <sup>bcd</sup>
<b>BIC30%</b>	5,6 (±1,9) <sup>bcd</sup>	1,3 (±0,5) <sup>a</sup>	1,1 (±0,4) <sup>a</sup>	4,9 (±2,4) <sup>abcd</sup>	2,0 (±1,3) <sup>ab</sup>	1,3 (±0,5) <sup>a</sup>	5,4 (±1,1) <sup>abcde</sup>	2,8 (±0,7) <sup>abc</sup>	5,1 (±1,0) <sup>ab</sup>	4,3 (±1,0) <sup>ab</sup>	6,1 (±1,1) <sup>bcd</sup>
<b>BIJ10%</b>	5,7 (±1,5) <sup>bcd</sup>	1,7 (±0,5) <sup>ab</sup>	2,2 (±0,4) <sup>abc</sup>	3,5 (±1,8) <sup>a</sup>	1,8 (±1,0) <sup>ab</sup>	1,5 (±0,8) <sup>ab</sup>	5,8 (±1,7) <sup>bcde</sup>	3,2 (±0,4) <sup>abcde</sup>	4,3 (±1,4) <sup>ab</sup>	3,8 (±1,2) <sup>ab</sup>	6,0 (±1,3) <sup>abcd</sup>
<b>BIJ20%</b>	4,5 (±2,2) <sup>ab</sup>	1,2 (±0,4) <sup>a</sup>	1,2 (±0,4) <sup>ab</sup>	4,0 (±2,1) <sup>ab</sup>	2,5 (±2,1) <sup>ab</sup>	2,0 (±1,5) <sup>bc</sup>	5,3 (±2,3) <sup>abcde</sup>	3,7 (±1,2) <sup>bcde</sup>	4,0 (±0,6) <sup>a</sup>	4,8 (±1,5) <sup>ab</sup>	5,7 (±2,6) <sup>abcd</sup>
<b>BIJ30%</b>	4,9 (±1,9) <sup>abc</sup>	1,0 (±0) <sup>a</sup>	1,0 (±0) <sup>a</sup>	5,3 (±2,1) <sup>abcd</sup>	2,7 (±1,8) <sup>b</sup>	2,4 (±1,7) <sup>c</sup>	5,0 (±1,2) <sup>abcde</sup>	2,3 (±0,8) <sup>ab</sup>	5,3 (±1,1) <sup>abc</sup>	4,1 (±1,6) <sup>ab</sup>	5,9 (±0,9) <sup>abcd</sup>

(1: μη αποδεκτό, 9: άριστο

Control: τυφλό δείγμα, C: ίνες καρότου, Cr: ίνες φίγγι, BI: ίνες μύρτιλλου

C: χοντρόκοκκο, J: λεπτόκοκκο

10, 20, 30% : προσθήκη ινών)

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου και όπως προαναφέρθηκε, τα κέικ με ποσοστό ινών 20% συγκέντρωσαν σε κάθε περίπτωση τη μεγαλύτερη βαθμολογία. Στα σχήματα 6.12 – 6.17 γίνεται σύγκριση του πορώδους και του χρώματος των κέικ με διαφορετική κοκκομετρία. Το μέγεθος των κόκκων των ινών φαίνεται πως επιδρά στο χρώμα των κέικ. Έτσι, στα κέικ όπου οι ίνες έχουν αλεστεί με πεπιεσμένο αέρα το χρώμα είναι πιο σκούρο σε σχέση με τα κέικ με χοντρόκοκκη υφή. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τις μετρήσεις που λήφθηκαν με τη βοήθεια του χρωματόμετρου (πίνακας 6.2). Επίσης, το πορώδες είναι ένα άλλο χαρακτηριστικό που επηρεάζεται από την υφή των ινών. Κατά συνέπεια, τα κέικ με χοντρόκοκκη υφή ινών εμφανίζουν μεγάλους πόρους και αραιούς σε αντίθεση με τα κέικ με λεπτόκοκκη υφή ινών όπου οι πόροι είναι εμφανώς μικρότεροι και η δομή φαίνεται περισσότερο συνεκτική.



**Σχήμα 6.12** Πορώδες και χρώμα κέικ με ίνες καρότου χοντρόκοκκης υφής σε ποσοστό 20%.



**Σχήμα 6.13** Πορώδες και χρώμα κέικ με ίνες καρότου λεπτόκοκκης υφής σε ποσοστό 20%.



**Σχήμα 6.14** Πορώδες και χρώμα κέικ με ίνες μύρτιλλου χοντρόκοκκης υφής σε ποσοστό 20%.



**Σχήμα 6.15** Πορώδες και χρώμα κέικ με ίνες μύρτιλλου λεπτόκοκκης υφής σε ποσοστό 20%.



**Σχήμα 6.16** Πορώδες και χρώμα κέικ με ίνες φίγγι χοντρόκοκκης υφής σε ποσοστό 20%.



**Σχήμα 6.17** Πορώδες και χρώμα κέικ με ίνες φίγγι λεπτόκοκκης υφής σε ποσοστό 20%.

## 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Η παρούσα εργασία εστίασε στη μελέτη της επίδρασης της προσθήκης διάφορων πηγών διαιτητικών ινών από παραπροϊόντα της βιομηχανίας επεξεργασίας χυμών φρούτων, εμπλουτισμένα σε διαιτητικές ίνες, στα ποιοτικά χαρακτηριστικά κέικ ελεύθερων γλουτένης. Επιπλέον, μελετήθηκε η επίδραση της κοκκομετρίας των διαιτητικών ινών στις φυσικές ιδιότητες των σκευασμάτων. Οι ίνες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν είτε σε εμπορική μορφή, χοντρόκοκκες, ( $d_{50}$ : ~ 300 $\mu$ m) είτε σε λεπτόκοκκη ( $d_{50}$ :~18 $\mu$ m) μορφή αφότου αλέστηκαν με χρήση μύλου άλεσης πεπιεσμένου αέρα.

Η διαδικασία που αναπτύχθηκε και τα αποτελέσματα που ελήφθησαν μπορούν να χρησιμοποιηθούν από την αρτοποιομηχανία για την παρασκευή υψηλής διατροφικής αξίας αρτοποιημάτων, με βελτιωμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Συνοψίζοντας, τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη μελέτη ενσωμάτωσης διαιτητικών ινών στα κέικ είναι τα ακόλουθα:

- Η αύξηση των διαιτητικών ινών, δεν επηρεάζει την υγρασία των κέικ, καθώς η συνολική υγρασία κυμαίνεται στο 25% (σε υγρή βάση).
- Η προσθήκη διαιτητικών ινών βελτίωσε τον ειδικό όγκο των κέικ σε σύγκριση με το τυφλό δείγμα (καμία προσθήκη διαιτητικών ινών).
- Τα κέικ που περιείχαν λεπτόκοκκη υφή διαιτητικών ινών εμφάνισαν χαμηλότερες τιμές στη σκληρότητα της ψίχας από ότι τα κέικ με χοντρόκοκκη υφή ινών.
- Η προσθήκη διαιτητικών ινών δε φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά την ελαστικότητα των κέικ και φαίνεται ότι είναι παρόμοια με αυτή του τυφλού δείγματος.
- Η προσθήκη λεπτόκοκκων διαιτητικών ινών αύξησε, σε γενικές γραμμές, το πορώδες των κέικ. Επίσης παρατηρήθηκε ότι οι πόροι ήταν μικρότεροι, παρόμοιοι σε μέγεθος και περισσότεροι.
- Τα κέικ με ίνες φίγγι (λεπτόκοκκη και χοντρόκοκκη υφή) σε ποσοστό 20% έλαβαν την υψηλότερη βαθμολογία στον οργανοληπτικό έλεγχο.
- Τα δείγματα με 30% χοντρόκοκκες ίνες έλαβαν τη μικρότερη βαθμολογία εξαιτίας της κοκκώδους υφής που προσέδωσαν οι μη αλεσμένες ίνες στα κέικ.
- Συνολικά, τα κέικ με 30% ίνες σε όλες τις περιπτώσεις προτιμήθηκαν λιγότερο λόγω της άσχημης επίγευσης που προσέδωσε το υψηλό ποσοστό ινών στα κέικ.

- Συμπερασματικά, θα μπορούσε να προταθεί ένα προϊόν αρτοποιίας που περιέχει φυτικές ίνες σε ποσοστό έως 20%. Αν η περιεκτικότητα των ιών μειωθεί στο 10% το προϊόν που λαμβάνεται είναι δομικά το βέλτιστο.

Μελέτες που θα μπορούσαν να γίνουν μελλοντικά αφορούν:

- Τη χρήση των διαιτητικών ιών στα αρτοσκευάσματα ως παράγοντες που καθυστερούν το μπαγιάτεμα.
- Τη χρήση των διαιτητικών ιών στα αρτοσκευάσματα ως παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία ζελατινοποίησης
- Την μερική αντικατάσταση του λίπους σε προϊόντα ζαχαροπλαστικής από φυτικές ίνες και ιδιαίτερα από λεπτόκοκκες.
- Την προσθήκη διαιτητικών ιών από άλλες πηγές της βιομηχανίας επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών σε αρτοσκευάσματα ελεύθερα γλουτένης.
- Την προσθήκη διαιτητικών ιών που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη εργασία σε άλλα είδη αρτοσκευασμάτων (μπισκότα, ζυμαρικά κλπ.).

## 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. AACC (American Association of Cereal Chemists). 2001. The definition of dietary fiber. Report of the Dietary Fiber Definition Committee to the Board of Directors of the American Association of Cereal Chemists. *Cereal Foods World*. 46(3), pp. 112– 126.
2. Ahlborn, G.J., Pike, O.A., Hendrix, S.B., Hess, W.M. & Huber, C.S. 2005. Sensory, mechanical, and microscopic evaluation of staling in low-protein and gluten free breads. *Cereal Chemistry*, 82, pp. 328–335.
3. Allen, T. 1989. Granulométrie. *Technique de l'Ingénieur*. pp. 1040-1066.
4. American Association of Cereal Chemists AACC, 2000. International Approved Methods - AACC Method 74-09.01. Measurement of Bread Firmness by Universal Testing Machine.
5. American Gastroenterological Association. 2001. *American Gastroenterological Association medical position statement: Celiac Sprue*. *Gastroenterol* 120 (6), pp. 1522-1525.
6. Andersson, A. A. M., Lampi, A.-M., Nyström, L., Piironen, V., Li, L., Ward, J. L., Gebruers, K., Courtin, C. M., Delcour, J. A., Boros, D., Fraś, A., Dynkowska, W., Rakszegi, M., Bedo, Z., Shewry, P. R., & Åman, P. 2008. Phytochemical and dietary fiber components in barley varieties in the HEALTHGRAIN diversity screen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(21), pp. 9767-9776.
7. Andersson, R., Eliasson, C., Selenare, M., Kamal-Eldin, A., & Åman, P. 2003. Effect of endo-xylanase-containing enzyme preparations and laccase on the solubility of rye bran arabinoxylan. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 83, pp. 617-623.
8. Anon. 1982. Wheat gluten contributes to nutrition, functionality to meat, baked goods and other foods. *Food Development*, 16 (2), pp. 22-23.
9. Anon. 1998. Carbohydrates in human nutrition. FAO/WHO Report 66, FAO, Rome.
10. Anon. 1999. Inulin: added value. *European Baker*, 32, pp. 40–44.
11. Anon. 2001. The Definition of Dietary Fibre. Report of the Dietary Fibre Definition Committee to the Board of Directors of the American Association of Cereal Chemists, January 10, 2001.
12. Arendt, E.K. and Dal Bello, F. 2008. *Gluten-free cereal products and beverages*. Food Science and Technology International Series.
13. Asp, N.G. 1992. Resistant starch. Proceedings from the second plenary meeting of EURESTA: European FLAIR Concerted Action No. 11 on physiological implications of the consumption of resistant starch in man. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46 (Suppl 2) p. 1.

14. Baxter, E. J., Hester, E. E. 1958. The effect of sucrose on gluten development and the solubility of the proteins of a soft wheat flour. *Cereal Chemistry*, 35, pp. 366-374.
15. Bean, M. M., Yamazaki, W. T. 1978. Wheat starch gelatinisation in sugar solutions: 1. Sucrose e microscopy and viscosity effects. *Cereal Chemistry*, 55, pp. 936-944.
16. Beleia, A., Miller, R. A., Hosoney, R. C. 1996. Starch gelatinisation in sugar solutions. *Starch*, 48, pp. 259-262.
17. Bennion, E. B., Bamford, G. S. 1997. The technology of cake making. London, UK: Blackie Academic and Professional.
18. Berti, I., Horvath, K., Green, P.H.R., Sblattero, D., Not, T., Fasano, A. 2000. Differences of celiac disease's clinical presentation among pediatric and adults relatives of CD patients in U.S.A. *J Invest Med* 48 pp. 215A.
19. Bollinger, H. 1996. Wheat fiber- A special type of dietary fiber. *International Food Marketing and Technology*, 10(2), pp. 16-17.
20. Brett, C.T. & Waldren, K. 1996. *Physiology and Biochemistry of Plant Cell Walls*. Chapman and Hall, UK.
21. Brooker, B. E. 1996. The role of fat in the stabilisation of gas cells in bread dough. *Journal of Cereal Science*, 24, pp. 187-198.
22. Brummell, D.A. 2006. Cell wall disassembly in ripening fruit. *Funct. Plant Biol.*, 33, pp. 103–119.
23. Brummell, D.A., Harpster, M.H. 2001. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant Mol. Biol.*, 47, pp. 311–339.
24. Campbell, L., Raikos, V., Euston, S. R. 2003. Modification of functional properties of egg-white proteins. *Food*, 47, pp. 369-376.
25. Carpita, N., McCann, M. 2000. *The plant cell wall*. In: *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*, B. Buchanan, W. Gruissem, R. Jones (eds). American Society of Plant Physiologists, pp. 52–109.
26. Carpita, N.C. and Gibecut, D.M. 1993. Structural models of primary cell walls in flowering plants: consistency of molecular structure with the physical properties of the wall during growth. *Plant Journal*, 3 (1), pp. 1-30.
27. Catassi, C., Fabiani, E., Corrao, G et al. 2002. Risk of Non-Hodgkin Lymphoma in Celiac Disease. *Journal of the American Medical Association*, 287(11) pp. 1413-1419.
28. Cho, K.C. & White, P.J. 1993. Enzymatic analysis of  $\beta$ -glucan content in different oat genotypes. *Cereal Chemistry*, 70, pp. 539-542.

29. Cho, S.S. & Prosky, L. 1999. Complex Carbohydrates: Definition and Analysis. In: *Complex Carbohydrates*, Cho, S.S., Prosky, L. & Dreher, M. (eds). Marcel Dekker, USA, pp. 131-144.
30. Cocup, R.O., & Sanderson, W.B. 1987. Functionality of dairy ingredients in bakery products. *Food Technology*, 41, pp. 102–104.
31. Codex Alimentarius Commission. 2000. Draft revised standard for gluten free foods (CX/NFSDU 98/4). Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses, 22nd session, Berlin, Germany.
32. Codex Alimentarius. 2009. Report of the 31st Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses. Düsseldorf, Germany, 2–6 November, 2009. ALINORM 10/33/26.
33. Cohen, A., Dubois, L.J. 2010. Raw Food for Everyone: Essential Techniques and 300 Simple-to-Sophisticated Recipes. Penguin. p. 54.
34. Collar, C. & Angioloni, A. 2010. An Approach to Structure-Function Relationships of Polymeric Dietary Fibres in Foods: Significance in Breadmaking Applications. In: *Dietary fibre: New Frontiers for Food and Health*, Van der Kamp, J.W., Jones, J., McCleary, B. & Topping, D. (eds.). Wageningen Academic Publishers, the Netherlands, pp. 91-114.
35. Commission of European Communities. 2008. Commission Directive 2008/100/EC of 28 October 2008 amending Council Directive 90/496/EEC on nutrition labelling for foodstuffs as regards recommended daily allowances, energy conversion factors and definitions. Official Journal of the European Union, L285, pp. 9–13.
36. DeVries, J. W. 2010. Validation official methodology commensurate with dietary fibre research and definitions. In J. W. van der Kamp, J. Jones, B. McCleary, & D.Topping (Eds.), *Dietary fibre: New frontiers for food and health* (pp. 29–48). Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
37. Dikeman, C.L. & Fahey, Jr. C.F. 2006. Viscosity as related to dietary fibre: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46, pp. 649-663.
38. Dimler, R.J. 1963. Gluten, the key to wheat's utility. *Baker's Digest*, 37(1) pp. 52
39. Diplock, A.T., Agget, P.J., Ashwell, M., Borner, F., Fern, E.B. and Roberfroid, R. 1999. Functional food science in Europe. *British Journal of Nutrition*, 81, pp. S1–S27.
40. Donovan, J. W. 1977. Study of baking process by differential scanning calorimetry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28, pp. 571-578.



41. Donovan, J. W., Mapes, C. J., Davis, J. G., Garibaldi, J. A. 1975. Differential scanning calorimetric study of stability of egg white to heat denaturation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 26, pp. 73-83.
42. F.A. Masoodi, B. Sharma, and G.S. Chauhan. 2002. Use of apple pomace as a source of dietary fiber in cakes. *Plant Foods for Human Nutrition* 57, pp. 121–128
43. Fasano, A. 2003. Celiac Disease-How to Handle a Clinical Chameleon. *New England Journal of Medicine*, 348 pp. 2568-2570.
44. Fastnaught, C.E. 2001. Barley Fiber. In: *Handbook of Dietary Fiber*. Dreher, M.L. & Cho, S.S. (eds.). Marcel Dekker, USA, pp. 519-536
45. Feighery, C.F. 1999. Coeliac Disease. *British Medical Journal*, 319, pp. 236-239.
46. Ferguson A. 1995. Coeliac disease research and clinical practice: maintaining momentum into the twenty-first century. *Baillieres Clin Gastroenterol* 9 (2) pp. 395-412.
47. Fincher, G.B. 1992. Cell wall metabolism in barley. In: *Barley: Genetics, Biochemistry. Molecular Biology and Biotechnology*. Shewry, P.R. (ed.). CAB International, UK, pp. 413–437.
48. Fleury, N. & Lahaye, M. 1991. Chemical and physicochemical characterisation of fibres from laminaria digitata (Kombu breton): a physiological approach. *Journal of Science Food and Agriculture*, 55, pp 389-400.
49. Fulcher, R.G. & Miller, S.S. 1993. Structure of Oat Bran and Distribution of Dietary Fiber Components. In: *Oat Bran*. Wood, P.J. (ed). AACC press, USA, pp. 1–24.
50. Gallagher, E., Gormley, T. R., & Arendt, E. K. 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science and Technology*, 15, pp. 143–152.
51. Gan, Z., Ellis, P. R., & Schofield, J. D. 1995. Gas cell stabilization and gas retention in wheat bread dough. *Journal of Cereal Science*, 21, pp. 215-230.
52. Gibson, G. R., Roberfroid, M. B. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition*, 125, pp. 1401–1412.
53. Gómez, M., Ruiz-Paris, E., Oliete, B. & Pando, V. 2010. Modelling of texture evolution of cakes during storage. *Journal Texture Studies*, 41, pp. 17–33.
54. Green, P.H. and Jabri, B. 2003. Coeliac disease. *Lancet* 362 (9381) pp. 383–391.
55. Grehn, S., Fridell, K., Lilliecreutz, M., Hallert, C. 2001. Dietary habits of Swedish adult coeliac patients treated by a gluten-free diet for 10 years. *Scandinavian Journal of Nutrition*, 45, pp. 178–182.

56. Guillon, F. and Champ, M. 2000. Structural and physical properties of dietary fiber, and consequence of processing on human physiology. *Food Research International*, 33, pp. 233–245.
57. Gularte, M.A., de la Hera, E., Gómez, M., Rosell, C.M. 2012. Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. *Food Science and Technology*, 48, pp. 209-214.
58. Guy, R. C. E., Pithawala, H. R. 1981. Rheological studies of high ratio cake batters to investigate the mechanism of improvement of flours by chlorination or heat treatment. *Journal of Food Technology*, 16, pp. 153-166.
59. Haard, N.F. & Chism, G.W. 1996. Characteristics of edible plant tissue. In: *Food Chemistry*, Fennema, O. (ed). Marcel Dekker, USA, pp. 943-1013.
60. Haas, E., Levin, B. 2012. Staying Healthy with Nutrition: The Complete Guide to Diet and Nutritional Medicine. Random House Digital. p. 97.
61. Halliwell, B. 2007. Dietary polyphenols: good, bad, or indifferent for your health? *Cardiovasc. Res.* 73 (2) pp. 341–7.
62. Hansen, H.B., Rasmussen, C.V., Bach Knudsen, K.E. & Hansen, Å. 2003. Effect of genotype and harvest year on content and composition of dietary fibre in rye (*Secale cereale* L.) grain. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, pp. 76-85.
63. Henry, R.J. 1985. A comparison of the non-starch carbohydrates in cereal grains. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 36, pp. 1243–1253.
64. Hipsley, E.H. 1953. Dietary fibre and toxemia of pregnancy. *British Medical Journal* ii pp. 420-422.
65. Howlett, J.F., Betteridge, V.A., Champ, M., Craig, S.A.S., Meheust, A. and Jones, J.M. 2010. The definition of dietary fiber – Discussions at the Ninth Vahouny Fiber Symposium: Building scientific agreement. *Food Nutrition and Research*, 54, pp. 5750.
66. Jabri, B., Kasarda, D.D. and Green, H.R. 2005. Innate and Adaptive Immunity: The Yin and Yang of Celiac Disease. *Immunological Reviews*, 206 pp. 219-231.
67. Kamal-Eldin, A., Åman, P., Zhang, J.X., Bach Knudsen, K.E. and Poutanen, K. 2008. Rye bread and other Rye Products. In: *Technology of Functional Cereal Products*, Hamaker, B.R. (ed.). Woodhead Publishing Limited, UK, pp. 233-260.
68. Kamal-Eldin, A., Larke, H. N., Knudsen, K. E. B., Lampi, A. M., Piironen, V., Adlercreutz, H., Katina, K., Poutanen, K., & Aman, P. 2009. Physical, microscopic and chemical characterisation of industrial rye and wheat brans from the Nordic countries. *Food & Nutrition Research*, p. 53.

69. Karppinen, S., Liukkonen, K., Aura, A.-M., Forssell, P., & Poutanen, K. 2000. In vitro fermentation of polysaccharides of rye, wheat and oat brans and inulin by human faecal bacteria. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 80(10), pp. 1469-1476.
70. Karppinen, S., Myllymäki, O., Forssell, P. and Poutanen, K. 2003. Fructan content of rye and rye products. *Cereal Chemistry*, 80, pp. 168–171.
71. Kaushik, J. K., Bhat, R. 1998. Thermal stability of proteins in aqueous polyol solutions: role of the surface tension of water in the stabilising effect of polyols. *Journal of Physical Chemistry B*, 102, pp. 7058-7066.
72. Kelly, C.P., Feighery, C., Gallagher, R.B. and Weir, D.G. 1999. The diagnosis and treatment of gluten-sensitive enteropathy. *Advances in Internal Medicine*, 35, pp. 341-364.
73. Kenny, S., Wehrle, K., Auty, M., & Arendt, E.K. 2001. Influence of sodium caseinate and whey protein on baking properties and rheology of frozen dough. *Cereal Chemistry*, 78, pp. 458-463.
74. Kent-Jones, A.W. and Amos, A.J. 1957. *Modern Cereal Chemistry*. The Northern Publishing Co. Liverpool.
75. Kim, C. S., Walker, C. E. 1992. Effects of sugars and emulsifiers on starch gelatinization evaluated by differential scanning calorimetry. *Cereal Chemistry*, 69, pp. 212-217.
76. Kiosseoglou, V. 2004. Interactions and competitive adsorption effects in egg-based products. *Worlds Poultry Science Journal*, 60, pp. 311-320.
77. L. Kinsey, S. T. Burden and E. Bannerman. (2008). A dietary survey to determine if patients with coeliac disease are meeting current healthy eating guidelines and how their diet compares to that of the British general population. *European Journal of Clinical Nutrition* 62, 1333–1342
78. Logan, R.F., Tucker, G., Rifkind, E.A., Heading, R.C., Ferguson, A. 1983. Changes in the clinical features of coeliac disease in adults in Edinburgh and the Lothians 1960-79. *Br Med J* 286 (6359), pp. 65-67.
79. Lohiniemi, S., Maki, M., Kaukinen, K., Laippala, P., Collin, P. 2000. Gastrointestinal symptoms rating scale in coeliac patients on wheat starch-based gluten-free diets. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 35, pp. 947–949.
80. Lorenz, K. 1983. Diacetyl tartaric esters of monoglycerides (DATEM) as emulsifiers in breads and buns. *Baker's Digest*, 57, pp. 6–9.

81. Luharoo, M., Martensson, A. C., Andersson, R., & Aman, P. (1998). Compositional analysis and viscosity measurements of commercial oat brans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76(1), pp. 142-148.
82. Lupton, J.R., Betteridge, V.A. and Pijls, L.T.J. 2009. Codex final definition of dietary fibre: Issues of implementation. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 1(4), pp. 206–212.
83. MacDougall, A.J. and Selvendran, R.R. 2001. Chemistry, Architecture, and Composition of Dietary Fiber from Plant Cell Walls. In: *Handbook of Dietary Fiber*, Dreher, M.L. and Cho, S.S. (eds.). Marcel Dekker, USA, pp. 281-319.
84. MacGregor, A.W. and Fincher, G.B. 1994. Carbohydrates of the Barley Grain. In: *Barley: Chemistry and Technology*. MacGregor, A.G. & Bhatta, R.S. (eds.). AACC Press, USA, pp. 73-130.
85. Maes, C., & Delcour, J. A. 2002. Structural Characterisation of Water-extractable and Water-unextractable Arabinoxylans in Wheat Bran. *Journal of Cereal Science*, 35, pp. 315-326.
86. Maki, M. and Collin, P. 1988. Coeliac Disease. *Lancet*, 349 pp. 1755-1759.
87. Mannie, E., Asp, E. H. 1989. Dairy ingredients in baking. *Cereal Foods World*, 44, pp. 143-146.
88. Mariani, P., Grazia, V.M., Montouri, M., Cipolletta, E., Calvani, L., Bonamico, M. and la Vecchia, A. 1998. The gluten-free diet: a nutritional risk factor for adolescents with celiac disease. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 27 (5), pp. 519-523.
89. Marlett, J.A. 1993. Comparisons of Dietary Fiber and Selected Nutrient Composition of Oat and other Grain Fractions. In: *Oat Bran*. Wood, P. J. (ed.). AACC press, USA, pp. 49–82.
90. Martinez-Anaya, M.A., Jimenez, T. 1997. Rheological properties of enzyme supplemented doughs. *Journal of Texture Studies*, 28(5), pp. 569–583.
91. McCleary, B.V. 2010. Development of an integrated total dietary fiber method consistent with the Codex Alimentarius definition. *Cereal Foods World*, 55(1), pp. 24–28.
92. McEwen, M. 2011. Disease of civilization? Or disease only properly diagnosed by civilization? [Online] Available at: <http://huntgatherlove.com/content/disease-civilization-or-disease-only-properly-diagnosed-civilization> Accessed: 10 December 2013
93. Meiske, D. P., Jones, M. F., Jones, E. M. 1960. The effect of various sugars on the formation and character of gluten. *Cereal Chemistry*, 37, pp. 483-488.
94. Mettler, E., Seibel, W. 1993. Effects of emulsifiers and hydrocolloids on whole wheat bread quality: A response surface methodology study. *Cereal Chemistry*, 70(4), pp. 373–377.

95. Miller, S.S., Wood, P.J., Pietrzak, L.N. & Fulcher, R.G. 1993. Mixed-linkage  $\beta$ -glucan, protein content, and kernel weight in *Avena* species. *Cereal Chemistry*, 70, pp. 231–235.
96. Mine, Y. 1995. Recent advances in the understanding of egg white protein functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 6, pp. 225-232.
97. Mine, Y. 2002. Recent advances in egg protein functionality in the food system. *Worlds Poultry Science Journal*, 58, pp. 31-39.
98. Moldenhauer, K.A., Champagne, E.T., McCaskill, D.R. and Guraya, H. 1998. Functional products from rice. In: Mazza, G. ed (1998) *Functional Foods. Technomic*, pp.71-89.
99. Morris, V.J. 1990. Starch gelation and retrogradation. *Trends in Food Science and Technology*, 1, pp. 2-6.
100. Musatto, S.I., Dragone, G. and Roberto, I.C. 2006. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*, 43 (1), 1-14.
101. National Academy of Sciences. 2005. Dietary, Functional, and Total Fiber. Chpt. 7 In: *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrates, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids. National Academies Press, Washington, D.C.*
102. National Nutrient Database for Standard Reference. Agricultural Research Service United States Department of Agriculture. [Online] Available at: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2244?qlookup=09050&format=Full&max=25&man=&lfacet=&new=1> Accessed: 25 November 2013
103. National Nutrient Database for Standard Reference. Agricultural Research Service United States Department of Agriculture. [Online] Available at: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2269> Accessed: 25 November 2013.
104. Nelson, A. L. 2001. *High Fiber Ingredients. Eagan Press, USA.*
105. Nelson, A.L. 2001b. Properties of high-fiber ingredients. *Cereal Foods World*, 46(3), pp. 93-97.
106. Neto, C.C. 2007. Cranberry and blueberry: evidence for protective effects against cancer and vascular diseases. *Mol. Nutr. Food Res.* 51 (6) pp. 652–64.
107. Newman, R.K., McGuire, C.F. & Newman, C.W. 1990. Composition and muffin-baking characteristics of flours from barley cultivars. *Cereal Food World*, 35 (6), pp. 563–566.
108. Newman, R.K., Newman, C.W. & Graham, H. 1989. The hypocholesterolemic function of barley beta-glucans. *Cereal Foods World*, 34, 883-886.
109. Ng, M., Lawlor, J.B., Chandra, S., Chaya, C., Hewson, L., Hort, J. 2012. Using quantitative descriptive analysis and temporal dominance of sensations analysis as complementary

- methods for profiling commercial blackcurrant squashes. *Food Quality and Preference*. 25, pp. 121-134.
110. Novotny, J.A., Dueker, S.R., Zech, L.A., Clifford, A.J. 1995. Compartmental analysis of the dynamics of  $\beta$ -carotene metabolism in an adult volunteer. *Journal of Lipid Research* 36 (8) pp. 1825–1838.
  111. Nyström, L., Lampi, A.-M., Andersson, A. A. M., Kamal-Eldin, A., Gebruers, K., Courtin, C. M., Delcour, J. A., Li, L., Ward, J. L., Fraš, A., Boros, D., Rakszegi, M., Bedoš, Z., Shewry, P. R., & Piironen, V. 2008. Phytochemicals and Dietary Fiber Components in Rye Varieties in the HEALTHGRAIN Diversity Screen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(21), pp. 9758-9766.
  112. Oscarsson, M., Andersson, R., Salomonsson, A.C. and Aman, P. 1996. Chemical composition of barley samples focusing on dietary fibre components. *Journal of Cereal Science*, 24 (2), pp. 161-170.
  113. Penfield, M.P., Campbell, A.M. 1990. Leavening Agents. In: Taylor, S., Penfield, M.P. and Campbell A.M. ed (1990) *Experimental Food Science* (Third Edition) pp. 406-417.
  114. Pilling, J., Banafa, W. 2010. Use of modified wheat flour for reducing baking losses. United States Patents and Trademark Office.
  115. Pruessner H.T. 1998. Detecting celiac disease in your patients. *American Family Physician*, 57, pp. 1023-1044.
  116. Renard, C. M. G. C., Crépeau, M.-J., & Thibault, J.F. 1994. Influence of ionic strength, pH and dielectric constant on hydration properties of native and modified fibres from sugar-beet and wheat bran. *Industrial Crops and products*, 3, pp.75-84.
  117. Renuala, T. and Collin, P. 1997. Diseases associated with dermatitis herpetiformis. *Br J Dermatol*, 136 pp. 315-318.
  118. Rewers, M. 2005. Epidemiology of celiac disease: what are the prevalence, incidence, and progression of celiac disease? *Gastroenterology* 128 (4 Suppl 1), pp. 47-51.
  119. Robertson, J. A. 1998. Summary of the conclusions of the working group on hydration properties of fibre and resistant starch. In F. Guillon, et al., *Proceedings of the PROFIBRE Symposium, Functional properties of non digestible carbohydrates* (pp. 11-15). Nantes: Imprimerie Parenthèses.
  120. Rosell, CM, Gómez, M. 2006. Rice. In: Hui Y.H. ed. (2006) *Bakery products: science and technology*. Blackwell Publishing, USA, pp. 123–137.

121. Rupasinghe, H.P.V., Wang, L., Huber, G.M, Pitts, N.L. 2008. Effect of baking on dietary fibre and phenolics of muffins incorporated with apple skin powder. *Food Chemistry*, 107 (1), pp. 1217-1224.
122. Russell, W.R., Labat, A., Scobbie, L., Duncan, S.H. 2007. Availability of blueberry phenolics for microbial metabolism in the colon and the potential inflammatory implications. *Mol. Nutr. Food Res.* 51 (6) pp. 726–31.
123. Sabanis, D., Tzia, C. 2008. Effect of raisin juice addition on selected properties of gluten free bread. *Food Bioprocess Technol.* 1(4), pp. 374-383.
124. Saltveit, M.E. 1988. Postharvest glyphosate application reduces toughening fiber content and lignification of stored asparagus spears. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 113, pp. 569–572.
125. Sanderson, G. R. 1981. Polysaccharides in foods. *Food Technology*, 35(1), pp. 50–57.
126. Schoenlechner, R., Berghofer, E. 2002. Investigation of the processing aspects of the pseudocereals amaranth and quinoa. In: *Proceedings of the International Association of Cereal Chemists Conference*, pp. 73–79.
127. Seeram, N.P., Adams, L.S., Zhang, Y. 2006. Blackberry, black raspberry, blueberry, cranberry, red raspberry, and strawberry extracts inhibit growth and stimulate apoptosis of human cancer cells in vitro. *Journal Agriculture Food Chemistry* 54 (25) pp. 9329–9339.
128. Seifried, H.E., Anderson, D.E., Fisher, E.I., Milner, J.A. 2007. A review of the interaction among dietary antioxidants and reactive oxygen species. *J Nutr Biochem.* 18 (9) pp. 567–79.
129. Shan, L., Molberg, O., Parrot, I. et al. 2002. Structural Basis for Gluten Intolerance in Celiac Sprue. *Science*, 297(5590) pp. 2275-2279.
130. Shepherd, I. S., & Yoell, R. 1976. Cake emulsions. In S. Friberg (Ed.), *Food emulsions* (pp. 216-275). New York, NY, USA: Marcel Dekker.
131. Shewry, P. R., & Halford, N. G. 2002. Cereal seed storage proteins: Structures, properties and role in grain utilization. *Journal of Experimental Botany*, 53(370), pp. 947–958.
132. Shewry, P. R., Piironen, V., Lampi, A.-M., Nyström, L., Li, L., Rakszegi, M., Fraś, A., Boros, D., Gebruers, K., Courtin, C. M., Delcour, J. A., Andersson, A. A. M., Dimberg, L., Bedo, Z., & Ward, J. L. 2008. Phytochemical and fiber components in oat varieties in the HEALTHGRAIN diversity screen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(21), pp. 9777-9784.
133. Shewry, P.R and Lookhart G.L (eds.). 2002. Wheat Gluten Protein Analysis. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.

134. Shewry, P.R. and Bechtel, D.B. 2001. Morphology and Chemistry of Rye Grain. In: Rye: Production, Chemistry and Technology, Bushuk, W. (ed.). AACC press, USA, pp. 69–127.
135. Singh, H., & MacRitchie, F. 2001. Application of polymer science to properties of gluten Source. *Journal of Cereal Science*, 33, pp. 231-243.
136. Spies, R. 1997. Application of rheology in the bread industry. In: Faridi H and J.M. Faubion (eds). Dough Rheology and Baked Product Texture, CBS Press, Huston, USA pp: 343–61.
137. Spiller, G. A. 1993. CRC Handbook of Dietary fiber in Human Nutrition. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
138. Stampfli, L., Nersten, B. 1995. Emulsifiers in bread making. *Food Chem* 52 pp. 353–360.
139. Stone, B.A. 1996. Cereal Grain Carbohydrates. In: *Cereal Grain Quality*, Henry, R.J. and Kettlewell, P.S. (eds.). Chapman & Hall, UK, pp. 250-288.
140. Strube, M., OveDragsted, L. 1999. Naturally Occurring Antitumourigens. IV. Carotenoids Except  $\beta$ -Carotene. Copenhagen: Nordic Council of Ministers. p. 48.
141. Taylor, J.R.N. and Parker, M.L. 2002. Quinoa. Pseudocereals and less common cereals, grain properties and utilization potential. Berlin: Springer Verlag, pp. 93-122.
142. The organic blueberry company. [Online] Available at: <http://www.organicblueberry.co.uk/> Accessed: 10 January 2014.
143. Thompson, T. 1997. Do oats belong in a gluten free diet? *Journal of the American Dietetic Association* 97 (12), pp. 1413-1416.
144. Thompson, T. 2000. Folate, iron and dietary fibre contents of the gluten-free diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 1000 (11), pp. 1389-1396.
145. Thompson, T. 2003. Oats and the gluten-free diet. *Journal of the American Dietetic Association* 103 (8), pp. 376-379.
146. Treem, W. 2004. Emerging concepts in celiac disease. *Curr Opin Pediatr* 16 (5) pp. 552–559
147. Trowell, H.C., Southgate, D.A.T., Wolever, T..M.S., Leeds, A.R., Gassull, M.A. and Jenkins, D. J. A. 1976. Dietary fibre redefined. *Lancet* i pp.967.
148. Trowell, H. 1972. Ischemic heart disease and dietary fiber. *American Journal of Clinical Nutrition*, 25, 926-932.
149. Tsatsaragkou, K., Yiannopoulos, S., Kontogiorgi, A., Poulli, E, Krokida, M., Mantala, I. 2012. Mathematical approach of structural and textural properties of gluten free bread enriched with carob flour. *Journal of Cereal Science* 56, pp. 603-609.



150. Turabi, E., Sumnu, G., Sahin, S. 2010. Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different oven. *Food Hydrocolloids*, 24 (8) pp. 755-762.
151. Uedaira, H., Uedaira, H. 1980. The effect of sugars on the thermal denaturation of lysozyme. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 53, pp. 2451-2455.
152. van Heel, D.A. and West, J. 2006. Recent advances in coeliac disease. *Gut* 55 (7) pp. 1037–1046
153. Varavinit, S., Shobsngob, S. 2000. Comparative properties of cakes prepared from rice flour and wheat flour. *European Food Research and Technology* 211, pp. 117-120.
154. Victoria, J.C, Arrieta, A., Ortiz, L., Ayesta, A. 2001. Antibodies to human tissue transglutaminase for the diagnosis of celiac disease. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*, 33 pp. 349–50.
155. Visakorpi, J.K. 1997. Changing features of coeliac disease. In Maki, M., Collin, P., Visakorpi, J.K. Coeliac disease. Proceedings of the seventh international symposium on coeliac disease, Tampere, Finland: Coeliac disease study group, pp. 1-8
156. Weipert, D. 1996. Rye and Triticale. In: *Cereal Grain Quality*, Henry, R.J. & Kettlewell, P.S., (eds.). Chapman & Hall, UK, pp. 205-224.
157. Wenzel de Menezes, E., Giuntini E.B., Tanasov Dan, M.C., Hoffmann Sardá, F.A., Lajolo F.M. 2013. Codex dietary fibre definition–Justification for inclusion of carbohydrates from 3 to 9 degrees of polymerisation. *Food Chemistry* 140 pp. 581-585.
158. Wieser, H. 2007. Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiol*, 24 pp. 115-119.
159. Wild about food. [Online] Available at: <http://www.wildaboutfood.co.uk/#/cranberry-winter-foraging/4549055744> Accessed: 10 January 2014.
160. Wood, P.J. 1986. Oat  $\beta$ -glucan: Structure, Location and Properties. In: *Oats: Chemistry and Technology*, Webster, F.H., (ed), AACC, USA, pp. 121-152.
161. Γεωργόπουλος, Θ. 2012. Η χρήση αλεύρων χωρίς γλουτένη στην αρτοποιία. [Online] Available at: <http://www.freshbakery.gr/issues/η-χρήση-αλεύρων-χωρίς-γλουτένη-στην-αρ/> Accessed: 8 November 2013.
162. Γεωργόπουλος, Θ. Γνωριμία με το αλεύρι σίτου. [Online] Available at: [http://www.foodbites.eu/j15/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1351&catid=117&Itemid=73&lang=el](http://www.foodbites.eu/j15/index.php?option=com_content&view=article&id=1351&catid=117&Itemid=73&lang=el) Accessed: 10 January 2014.
163. Δελής, Κ. 2012. Κοιλιοκάκη (ή αλλιώς εντεροπάθεια από γλουτένη). [Online] Available at: <http://www.dr->

[delis.gr/index.php/%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BB%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%AC%CE%BA%CE%B7](http://delis.gr/index.php/%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BB%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%AC%CE%BA%CE%B7) Accessed: 10 December 2013

164. Καραμάνος, Α. 1999. *Τα σιτηρά των θερμών κλιμάτων*. Παπαζήση.
165. Λεμπέση, Δ. 2012. *Δράση ενζύμων και διαιτητικών ινών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά αρτοσκευασμάτων*. Διδακτορική διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
166. Ολύμπιος, Χ. 1996. Σημειώσεις ειδικής λαχανοκομίας. Πανεπιστημιακές παραδόσεις. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
167. Σαμπάνης, Δ. 2010. *Παραγωγή αρτοσκευασμάτων ελεύθερων γλουτένης*. Διδακτορική διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### Έντυπο οργανοληπτικού ελέγχου κέικ

<i>Όνοματεπώνυμο:</i>	<i>Ημερομηνία:</i>
-----------------------	--------------------

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ:

<b>εμφάνιση- χρώμα</b>	φέτα (κυψελωτό-πόροι) [1:μη ικανοποιητικό, 9:ικανοποιητικό]	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>χρώμα</b>	Χρώμα κόρας [1:σκούρο, 9:ανοιχτό]	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Χρώμα ψίχας [1:σκούρο, 9:ανοιχτό]	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>γεύση</b>	Γλυκό [1:όχι έντονο, 9:έντονο]	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Πικρό [1:όχι έντονο, 9:έντονο]	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Ξινό [1:όχι έντονο, 9:έντονο]	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Επίγευση [1:καθόλου καλή, 9:πάρα πολύ καλή]	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>υφή</b>	Σκληρότητα 1: ανθότυρο, 4: γραβιέρα, 9: καραμέλα	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Συνεκτικότητα 1: corn flakes, 4: κουλούρι Θεσσαλονίκης, 9: τσίχλα	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Ελαστικότητα 1: corn flakes, 4: καραμέλα ζαλεδάκι, 9: τσίχλα	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Συνολική εντύπωση	1	2	3	4	5	6	7	8	9

**Σκληρότητα:** δύναμη για παραμόρφωση τροφίμου

**Συνεκτικότητα:** ποσοστό παραμόρφωσης τροφίμου πριν σπάσει

**Ελαστικότητα:** βαθμός επαναφοράς στην αρχική κατάσταση

**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:**

