



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ
ΑΝΘΡΩΠΟΥ**

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών:

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μελέτη φυσικών και οργανοληπτικών
χαρακτηριστικών μπισκότων
παρασκευασμένων με λευκού τύπου και
ολικής άλεσης άλευρι σίτου προερχόμενο
από μύλο άλεσης με πεπιεσμένο αέρα.**

ΜΠΑΤΖΑΚΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

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

ΑΘΗΝΑ 2014

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΠΙΣΚΟΤΩΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΜΕ ΛΕΥΚΟΥ ΤΥΠΟΥ ΚΑΙ ΟΛΙΚΗΣ ΑΛΕΣΗΣ ΑΛΕΥΡΙ ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ ΜΥΛΟ ΑΛΕΣΗΣ ΜΕ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟ ΑΕΡΑ».

ΜΠΑΤΖΑΚΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

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

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

ΓΙΑΝΝΙΩΤΗΣ Σ., Καθηγητής Γ.Π.Α

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στις μέρες μας, υπάρχει αυξανόμενη ζήτηση για την κατανάλωση υγιεινών σνακ και τροφίμων. Τα μπισκότα αποτελούν ένα από τα πιο σημαντικά σνακ που καταναλώνονται σε καθημερινή βάση και η βιομηχανία αρτοποιίας προσπαθεί να βελτιώσει τόσο τις ιδιότητες τους όσο και να παράγει νέα βελτιωμένα προϊόντα τα οποία αντανakλούν τις ανάγκες των καταναλωτών για υγιεινά προϊόντα (Seal 2013).

Τα μπισκότα «Digestive» αποτελούν ένα από τα πιο διάσημα σνακ που καταναλώνονται παγκοσμίως, δεδομένου ότι αποτελούν μία πιο υγιεινή επιλογή ανάμεσα στους διάφορους τύπους μπισκότων. Σε ένα κλασικό τύπου μπισκότο «digestive» το ποσό του αλεύρου ολικής αλέσεως είναι 22 % σε βάση αλεύρου. Στην παρούσα έρευνα, το αλεύρι ολικής αλέσεως (WWF) κονιορτοποιήθηκε με μύλο άλεσης πεπιεσμένου αέρα (jet mill) σε διαφορετικές συνθήκες και χρησιμοποιήθηκε για να αντικαταστήσει το αλεύρι μπισκοτοποΐας (BF) σε μίγματα ζύμης μπισκότων σε ένα εύρος από 0 έως 100 %.

Σκοπός της παρούσας μελέτης, ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της περιεκτικότητας σε άλευρο ολικής αλέσεως προερχόμενο από jet mill σε μπισκότα. Τέσσερις συνθήκες άλεσης οι οποίες διέφεραν στην πίεση, το ρυθμό τροφοδοσίας και τον αριθμό των περασμάτων από τον μύλο χρησιμοποιήθηκαν για να ληφθούν συγκεκριμένα δείγματα αλεύρων. Καθώς ο ρυθμός τροφοδοσίας μειώθηκε και η πίεση αυξήθηκε, το μέγεθος των σωματιδίων του αλεύρου ολικής αλέσεως μειώθηκε και η ικανότητα συγκράτησης του νερού αυξήθηκε, δεδομένου ότι το μέγεθος των πΐτουρων μειώθηκε. Το ιξώδες των ζυμαριών που περιείχαν τα παραπάνω άλευρα σε διάφορα ποσοστά μετρήθηκε. Παρατηρήθηκε αύξηση του καθώς το μέγεθος των σωματιδίων μειώθηκε, για την ίδια περιεκτικότητα σε νερό. Ο παράγοντας απλώματος (SF), η περιεκτικότητα σε υγρασία, η δύναμη σπασίματος και το χρώμα μετρήθηκαν για τα μπισκότα που παράχθηκαν. Ισχυρές συσχετίσεις βρέθηκαν μεταξύ των ιδιοτήτων που μελετήθηκαν. Ο SF των μπισκότων που παρασκευάστηκαν με αλεύρι προερχόμενο από jet mill ήταν σταθερός για τα διάφορα επίπεδα υποκατάστασης. Η δύναμη σπασίματος συσχετίστηκε θετικά με την υγρασία και αυξήθηκε με την αντικατάσταση του BF. Η οργανοληπτική αξιολόγηση έδειξε ότι τα μπισκότα με αλεσμένο άλευρο WWF στα 8 bar με μέγεθος σωματιδίων 29,1 μm, σε επίπεδο υποκατάστασης 50% παρουσίασαν βελτιωμένη εμφάνιση σε σχέση με τα υπόλοιπα μπισκότα.

Λέξεις κλειδιά: μπισκότα «digestive», άλευρο από jet mill, φυσικές ιδιότητες

Αθήνα, 2014

ABSTRACT

Nowadays, there is an increasing demand in the consumption of healthier snacks and foods. Biscuits are one of the major snacks that are consumed daily and the bakery industry is trying to improve the properties of the existing cookies or to create new products which reflect consumers' needs for healthier products (Seal 2013).

Digestive biscuits are one of the most famous snacks that are consumed worldwide as they consist a health choice between the different types of biscuits. In a typical "digestive" type biscuit the amount of whole wheat flour is 22% on a flour basis. In the present research, whole wheat flour (WWF) was micronized by jet milling at different conditions and substituted the biscuit flour (BF) in biscuits' batter at a range from 0 to 100%.

The purpose of this study was to investigate the effect of jet milled whole wheat flour content in biscuits. Four milling conditions differing in pressure, feed rate and number of passes from the jet mill were used to obtain specific whole wheat flours. As feed rate decreased and pressure increased, the particle size of the whole wheat flour decreased and water holding capacity increased, given that brans were micronized. Viscosity of the batters containing the above micronized flours at different levels was measured. It increased as the particle size decreased, for the same water content. Spread factor (SF), moisture content, snap force and colour were measured for biscuits produced. Strong correlations were found among studied properties. The SF of biscuits made with jet milled flours was constant at different substitution levels compared to those with WWF. Snap force was correlated positively with moisture and was increased with substitution of BF. Sensory evaluation indicated that biscuits with jet milled WWF at 8 bar with particle size 29.1 μm , at substitution level of 50%, presented improved appearance compared to biscuits with WWF.

Keywords: "digestive" biscuit, jet milled flour, 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.

Για την διεκπαιρέωση της παρούσας διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την επιβλέπουσα επίκουρο καθηγήτρια Μαντάλα Ιωάννα για την πολύτιμη καθοδήγηση, την συμπαράσταση και τις γνώσεις που μου προσέφερε καθόλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την υποψήφια διδάκτωρ Στέλλα Πρωτονοταρίου για τη συνεχή βοήθεια της, την μεταβίβαση γνώσεων, την αφιέρωση πολύτιμου χρόνου και τις χρήσιμες παρατηρήσεις της κατά την πειραματική διαδικασία και τη συγγραφή της μεταπτυχιακής εργασίας.

Θερμές ευχαριστίες σε όλο το Εργαστήριο Μηχανικής Τροφίμων, Επεξεργασίας και Συντήρησης Γεωργικών Προϊόντων και στη Λέα, τη Μαίρη και τη Μαρία για την άψογη συνεργασία τους.

Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου, Ηλία και Ουρανία, στα αδέρφια μου, Αλεξάνδρα και Σπύρο, στους φίλους μου και ιδιαίτερα στην Ολυμπία για την αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξη τους καθόλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Ίδρυμα Κρατικών Υποτροφιών (ΙΚΥ), καθώς η ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας συγχρηματοδοτήθηκε μέσω της Πράξης Πρόγραμμα χορήγησης υποτροφιών ΙΚΥ για Μεταπτυχιακές Σπουδές Πρώτου Κύκλου (Μάστερ) - Οριζόντια Πράξη, από πόρους του ΕΠ «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση», του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου (ΕΚΤ) του ΕΣΠΑ, 2007-2013.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
1. ΑΛΕΥΡΑ ΣΙΤΟΥ	13
1.1. Γενικές πληροφορίες για τα σιτηρά.....	13
1.2. Σιτάρι.....	13
1.2.1. Χημική σύσταση του σιταριού.....	14
1.3. Άλεση Σίτου.....	16
1.4. Αλευρι.....	17
1.4.1. Γενικές πληροφορίες για το αλεύρι.....	17
1.4.2. Χημική σύσταση αλεύρου.....	18
1.4.3. Αλεύρι μπισκοτοποιίας.....	20
1.4.4. Αλεύρι Σίτου Ολικής Άλεσης.....	21
2. ΜΠΙΣΚΟΤΑ	22
2.1. Γενικές πληροφορίες για τα μπισκότα.....	22
2.2. Βασικές λειτουργίες των συστατικών που χρησιμοποιούνται στα αρτοποιηθέντα	24
2.3. Συνταγή μπισκότων Digestive.....	25
2.4. Συστατικά των μπισκότων και ο ρόλος τους.....	26
2.4.1. Λιπαρά.....	26
2.4.2. Γλυκαντικές Ύλες - Ζάχαρη.....	28
2.4.3. Αλάτι	30
2.4.4. Διογκωτικοί Παράγοντες - Διτανθρακική σόδα.....	30
2.4.5. Κρεμόριο / οξινο τρυγικό κάλιο.....	31
2.4.6. Μηλικό Οξύ.....	31
2.4.7. Νερό	32
2.5. Ζύμη Μπισκότων.....	32
2.5.1. Ορισμός	32
2.5.2. Στάδιο παραγωγής- Μέθοδοι ανάμιξης της ζύμης.....	33
2.5.3. Παράγοντες που επηρεάζουν τις ιδιότητες της ζύμης.....	34
2.5.4. Στάδιο Ψησίματος	36
2.5.5. Διαδικασία Ψύξης	37
2.5.6. Διαδικασία Ολοκλήρωσης.....	37

2.5.7.	Συσκευασία	38
2.6.	Φαινόμενα που παρατηρούνται στα μπισκότα	38
2.6.1.	Διόγκωση- Leavening	38
2.6.2.	Φαινόμενο Cracking.....	39
2.6.3.	Παράγοντας απλώματος- Spread Factor	40
3.	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	40
3.1.	Υλικά	40
3.2.	Συνταγή.....	41
3.3.	Άλεση Αλεύρων.....	41
3.4.	Παρασκευή Μπισκότων	42
3.4.1.	Δείγματα Μπισκότων.....	42
3.5	Συσκευές και Όργανα	44
3.5.1.	Jet Milling - Άλεση με Πεπιεσμένο Αέρα Υψηλής Ενέργειας.....	44
3.5.2.	Φαρινογράφος Hunkoery - Brabender -Προσδιορισμός των ρεολογικών χαρακτηριστικών των διαφόρων δειγμάτων αλεύρου	45
3.5.3.	Universal Testing Machine Instron	47
3.5.4.	Χρωματόμετρο Minolta C-R 200 - Προσδιορισμός Χρώματος.....	47
3.5.5.	Ξηραντήρας Memmert - Προσδιορισμός Υγρασίας Μπισκότων	47
3.6.	Μέθοδοι – Μετρήσεις – Αναλύσεις.....	47
3.6.1.	Προσδιορισμός Ικανότητας Συγκράτησης Ύδατος (Water Holding Capacity)	48
3.6.2.	Προσδιορισμός των ρεολογικών χαρακτηριστικών των διαφόρων δειγμάτων αλεύρου	48
3.6.3.	Προσδιορισμός Υγρασίας Μπισκότων.....	49
3.6.4.	Προσδιορισμός διαστάσεων.....	49
3.6.5.	Μετρηση Χρώματος.....	50
3.6.6.	Προσδιορισμός Φαινομενικού ιξώδους ζύμης (Apparent biaxial extensional viscosity)	50
3.6.7.	Δοκιμή τριών σημείων σπασίματος	51
3.6.8.	Προσδιορισμός των γεωμετρικών διαστάσεων μπισκότων με χρήση λογισμικού επεξεργασίας εικόνας.....	51
3.7.	Οργανοληπτική αξιολόγηση των μπισκότων με κλίμακα αρεσκειάς.....	51
3.7.1.	Κατηγορίες οργανοληπτικών δοκιμών.....	52
3.7.2.	Δοκιμή αρέσκειας.....	53
3.7.3.	Οργανοληπτικός Έλεγχος.....	53

3.8. Στατιστική Επεξεργασία.....	54
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	55
4.1. Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των δειγμάτων αλεύρου.....	55
4.2. Προσδιορισμός Φαινομενικού ιξώδους ζύμης (Apparent biaxial extensional viscosity).....	56
4.3. Προσδιορισμός διαστάσεων μπισκότων.....	60
4.4. Δοκιμή τριών σημείων σπασίματος – Ινστρον Μπισκότων.....	61
4.5. Προσδιορισμός Υγρασίας μπισκότων.....	64
4.6. Προσδιορισμός Χρώματος.....	67
4.7. Προσδιορισμός των γεωμετρικών διαστάσεων των μπισκότων.....	72
4.8. Συσχετιμός χαρακτηριστικών που μελετήθηκαν.....	73
4.9. Οργανοληπτική αξιολόγηση των μπισκότων με κλίμακα αρεσκείας.....	73
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	77
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	79
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	84

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

Σχήμα 1.1 Δομή του σπόρου του σιταριού. 12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

Σχήμα 2.1. Αύξηση μεγέθους μπισκότων κατά τη διάρκεια ψησίματος από 0 έως 10 λεπτά . 37

Σχήμα 2.2.: Επίδραση της υγρασίας αλεύρου στην επιφάνεια σπασίματος. 38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

Σχήμα 4.1. Μέση τιμή του φαινομενικού ιξώδους ως συνάρτηση του ρυθμού παραμόρφωσης για ζύμη που παρασκευάστηκε από: αλεύρι μπισκοτοποίησης (BF), αλεύρι σίτου ολικής αλέσεως (WWF), αλεύρι συνθήκης C1 (FC1), αλεύρι συνθήκης C2 (FC2), αλεύρι συνθήκης C3 (FC3) και αλεύρι συνθήκης C4 (FC4) με 20% νερό (σε βάση αλεύρου). 55

Σχήμα 4.2. Μέση τιμή του φαινομενικού ιξώδους ως συνάρτηση του ρυθμού παραμόρφωσης για ζύμη που παρασκευάστηκε από αλεύρι σίτου ολικής αλέσεως (WWF) σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF) (0%, 18,5%, 30%, 50%, 100%), με 20% νερό (σε βάση αλεύρου). 55

Σχήμα 4.3. Μέση τιμή του φαινομενικού ιξώδους ως συνάρτηση του ρυθμού παραμόρφωσης για ζύμη που παρασκευάστηκε από αλεύρι συνθήκης C1 (FC1) σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF) (0%, 18,5%, 30%, 50%, 100%), με 20% νερό (σε βάση αλεύρου). 56

Σχήμα 4.4. Μέση τιμή του φαινομενικού ιξώδους ως συνάρτηση του ρυθμού παραμόρφωσης για ζύμη που παρασκευάστηκε από αλεύρι συνθήκης C2 (FC2) σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF) (0%, 18,5%, 30%, 50%, 100%), με 20% νερό (σε βάση αλεύρου). 56

Σχήμα 4.5. Μέση τιμή του φαινομενικού ιξώδους ως συνάρτηση του ρυθμού παραμόρφωσης για ζύμη που παρασκευάστηκε από αλεύρι συνθήκης C3 (FC3) σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF) (0%, 18,5%, 30%, 50%, 100%), με 20% νερό (σε βάση αλεύρου). 57

- Σχήμα 4.6. Μέση τιμή του φαινομενικού ιξώδους ως συνάρτηση του ρυθμού παραμόρφωσης για ζύμη που παρασκευάστηκε από αλεύρι συνθήκης C4 (FC4) σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίας (BF) (0%, 18,5%, 30%, 50%, 100%), με 20% νερό (σε βάση αλεύρου). 57
- Σχήμα 4.7. Μέγιστη δύναμη σπασίματος κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι σίτου ολικής αλέσεως (WWF) σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίας (BF) (0%, 18,5%, 30%, 50%, 100%). 60
- Σχήμα 4.8. Μέγιστη δύναμη σπασίματος κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι FC1 σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίας (BF) (0%, 18,5%, 30%, 50%, 100%). 60
- Σχήμα 4.9. Μέγιστη δύναμη σπασίματος κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι FC2 σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίας (BF) (0%, 18,5%, 30%, 50%, 100%). 60
- Σχήμα 4.10. Μέγιστη δύναμη σπασίματος κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι FC3 σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίας (BF) (0%, 18,5%, 30%, 50%, 100%). 61
- Σχήμα 4.11. Μέγιστη δύναμη σπασίματος κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι FC4 σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίας (BF) (0%, 18,5%, 30%, 50%, 100%). 61
- Σχέδιο 4.12. Ποσοστό υγρασίας κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι σίτου ολικής αλέσεως (WWF) σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίας (BF) (0%, 18,5%, 30%, 50%, 100%). 63

Σχέδιο 4.13. Ποσοστό υγρασίας κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι FC1 σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF) (0%, 18,5%, 30%, 50%, 100%).	63
Σχέδιο 4.14. Ποσοστό υγρασίας κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι FC2 σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF) (0%, 18,5%, 30%, 50%, 100%).	64
Σχέδιο 4.15. Ποσοστό υγρασίας κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι FC3 σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF) (0%, 18,5%, 30%, 50%, 100%).	64
Σχέδιο 4.16. Ποσοστό υγρασίας κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι FC4 σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF) (0%, 18,5%, 30%, 50%, 100%).	64
Σχήμα 4.17. Οργανοληπτική αξιολόγηση δειγμάτων μπισκότων με αλεύρι σίτου ολικής αλέσεως αλεσμένο σε jet milling σε πίεση 8 bar και 5,18 kg / h (FC2) και διαφορετικό ποσοστό υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF).	71
Σχήμα 4.18. Μπισκότα με αλεύρι σίτου ολικής αλέσεως FC2 σε ποσοστό υποκατάστασης 18,5%, 30%, 50% και 80% αντίστοιχα.	71
Σχήμα 4.19. Οργανοληπτική αξιολόγηση δειγμάτων μπισκότων. Δείγματα: BF: WWF (50:50), BF: FC1 (50:50), BF: FC2 (50:50), BF: FC3 (50:50) και BF: FC4 (50:50). Το ίδιο γράμμα σε μια στήλη υποδηλώνει μη σημαντική διαφορά ($p < 0.05$).	72
Σχήμα 4.20. Μπισκότα BF: WWF (50:50), BF: FC1 (50:50), BF: FC2 (50:50), BF: FC3 (50:50) και BF: FC4 (50:50) αντίστοιχα.	72

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

Πίνακας 1.1 Κύρια χημικά συστατικά στα διάφορα μέρη του καρπού του σίτου.	12
Πίνακας 1.2.: Διεθνείς κατηγορίες αλεύρου.	16
Πίνακας 1.3.: Γενική σύσταση αλεύρου σίτου και αλεύρου σίτου ολικής αλέσεως.	20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

Πίνακας 2.1.: Συμβολή των κύριων συστατικών στις λειτουργικές ιδιότητες των μπισκότων.	23
Πίνακας 2.2.: Συνταγή Μπισκότων Digestive.	24
Πίνακας 2.3.: Σύσταση φοινικελαίου.	26
Πίνακας 2.4.: Αξιολόγηση μπισκότων ως τελικά προϊόντα.	36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

Πίνακας 3.1: Υλικά παρασκευής των μπισκότων.	39
Πίνακας 3.2.: Συνθήκες άλεσης αλεύρου σίτου ολικής.	39
Πίνακας 3.3.: Περιγραφή δειγμάτων μπισκότων.	41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

Πίνακας 4.1.: Χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων αλεύρου.	53
Πίνακας 4.2.: Προσδιορισμός του παράγοντα απλώματος (Spread Factor) για τα διάφορα δείγματα μπισκότων.	58
Πίνακας 4.3: Χρώμα Ζύμης μπισκότων. Μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση.	66
Πίνακας 4.4: Χρώμα μπισκότων άνω επιφάνειας. Μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση.	67
Πίνακας 4.5: Χρώμα μπισκότων κάτω επιφάνειας. Μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση.	68
Πίνακας 4.6: Γεωμετρικές διαστάσεις μπισκότων. Μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση.	69
Πίνακας 4.7 .: Συσχέτιση μεταξύ των διαφόρων χαρακτηριστικών των μπισκότων.	70

1. ΑΛΕΥΡΑ ΣΙΤΟΥ

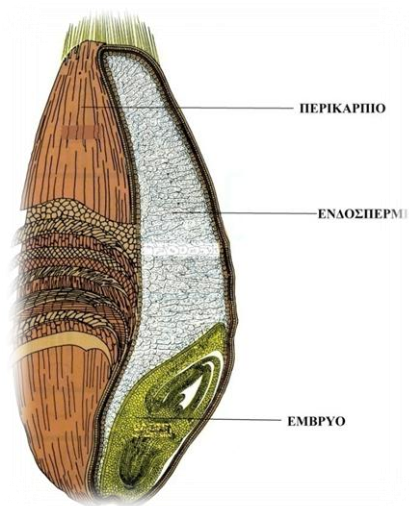
1.1. Γενικές πληροφορίες για τα σιτηρά

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 φυτρώνουν και αυξάνονται γρήγορα εξαιτίας των μεγάλων αποθεμάτων 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.

1.2. Σιτάρι

Το σιτάρι αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα σιτηρά των εύκρατων κλιμάτων καθώς αποτελεί μια από τις κύριες ύλες για την παραγωγή αλεύρου. Πρόκειται για ένα φυτό που καλλιεργείται παγκοσμίως και μάλιστα είναι το δεύτερο σε συγκομιδή, μετά τον αραβόσιτο. Όλοι οι τύποι σιταριού ανήκουν στο γένος *Triticum* της οικογένειας *Graminaeae*. Το μεγαλύτερο μέρος του σιταριού το οποίο προορίζεται για τροφή, ανήκει σε δύο κυρίως βοτανικά είδη, το *Triticum aestivum* και το *Triticum durum*, με το πρώτο να διακρίνεται σε σκληρό και μαλακό σιτάρι, ανάλογα με την απαιτούμενη δύναμη για τη σύνθλιψη των πυρήνων. Η ιδιότητα, που καθιστά το σιτάρι μοναδικό ως προϊόν είναι το γεγονός ότι ολόκληρο το φυτό είναι εκμεταλλεύσιμο. Ο καρπός του χρησιμοποιείται σε ποσοστό 75 - 78% στην βιομηχανία τροφίμων για άμεση κατανάλωση, αλλά συγχρόνως χρησιμοποιείται και ως πρώτη ύλη για την παρασκευή αλκοολούχων ποτών, καυσίμων και ζωοτροφών όπως συμβαίνει στο Ηνωμένο Βασίλειο (Edwards, 2007).

Ο καρπός του σίτου έχει μέσο μέγεθος 8 mm σε μήκος, βάρος 35 mg (Hoseney 1994) και αποτελείται από τρία διακριτά μέρη: το περικάρπιο ή φλοιό (εξωτερικό πίτυρο), το οποίο καλύπτει το 13- 15% του κόκκου, το ενδοσπέρμιο το οποίο καλύπτει το 82- 83% του κόκκου και χρησιμοποιείται για την παραγωγή του αλεύρου και το έμβρυο το οποίο καλύπτει το 1- 3% του κόκκου και από αυτό θα προέλθει το νέο φυτό (Σχήμα 1.1).



Σχήμα 1.1 Δομή του σπόρου του σιταριού (Potter and Hotchkiss, 1998).

Η παγκόσμια παραγωγή σίτου το 2013 αυξήθηκε κατά 7,4 % φτάνοντας τα 708,5 εκατομμύρια τόνους. Το παγκόσμιο εμπόριο το έτος 2013- 2014 εκτιμάται σε 142 εκατομμύρια τόνους, 1,9% υψηλότερο από ό,τι το 2012- 2013. Τέλος, η συνολική χρήση σιταριού για άμεση κατανάλωση από τον άνθρωπο ανήλθε στα 482 εκατομμύρια τόνους, 1,6% μεγαλύτερη συγκριτικά με το 2012 (FAO, 2013).

1.2.1. Χημική σύσταση του σιταριού

Στον Πίνακα 1.1. παρουσιάζεται η χημική σύσταση του καρπού του σιταριού. Παρατηρείται, ότι ο καρπός είναι κατ' εξοχήν αμυλούχος, με όλο το άμυλο να βρίσκεται στο ενδοσπέρμιο. Επιπλέον, τα διαλυτά σάκχαρα υπάρχουν κυρίως στο έμβρυο ενώ οι άλλοι πολυσακχαρίτες (κυτταρίνες – ημικυτταρίνες) στα περιβλήματα. Πρωτεΐνες, τέφρα και λίπη βρίσκονται κυρίως στο έμβρυο και το ασπίδιο και σε μικρότερα ποσοστά στο ενδοσπέρμιο.

Πίνακας 1.1 Κύρια χημικά συστατικά στα διάφορα μέρη του καρπού του σίτου (Grundas, 2003).

Χημικά συστατικά	Ολόκληρος καρπός (%)	Περίβλημα καρπού και στρώση αλευρόνης (%)	Έμβρυο (%)	Ενδοσπέρμιο (%)
Πρωτεΐνες	10-17	23-33	36-42	9-14
Υδατάνθρακες	60-70	0	0	78-84
Άμυλο				
Σάκχαρα	3.0-6.0	3.0-5.0	22-28	3.0-4.0
Πεντοζάνες	6.0-9.5	30-40	9-11	2.5-3.0
	2.5-3.3	12-20	3-5	0.13-0.18
Κυτταρίνη				
Λίπη	2.0-2.5	7.0-8.5	12-16	0.5-0.7

Ιχνοστοιχεία	1.4-2.3	9-11	5-6	0.3-0.5
Τέφρα	1,5 – 2	6.3	4,5	0.7

1.2.1.1. Υδατάνθρακες

Το μεγαλύτερο ποσοστό ανάμεσα στους υδατάνθρακες, καταλαμβάνει το άμυλο σε ποσοστό 65- 75% του ξηρού βάρους του κόκκου, καθώς επίσης και διάφορα διαλυτά σάκχαρα, κυτταρίνη και πεντοζάνες.

1.2.1.2. Πρωτεΐνες

Οι ώριμοι κόκκοι του σιταριού περιέχουν 8- 20% πρωτεΐνες. Η γλουτένη, οι γλιαδίνες και οι γλουτενίνες, αποτελούν πάνω από το 80- 85% του συνόλου των πρωτεϊνών στο αλεύρι (Shewry et al., 1995). Οι γλιαδίνες και οι γλουτενίνες συνιστούν περίπου το 50% των πρωτεϊνών της γλουτένης. Σήμερα, χρησιμοποιείται το σύστημα ταξινόμησης πρωτεϊνών το οποίο βασίζεται στα βιολογικά χαρακτηριστικά των πρωτεϊνών και στην χημική και γενετική σχέση τους. Έτσι, οι γλιαδίνες είναι ένα μίγμα μονομερικών πολυπεπτιδίων και οι γλουτενίνες αποτελούνται από πολυπεπτίδια που συνδέονται με δισουλφιδικούς δεσμούς (Singh and MacRitchie, 2001a).

Οι πρωτεΐνες είναι κατανεμημένες στα διάφορα ανατομικά μέρη του κόκκου. Πιο ειδικά, το ενδοσπέρμιο έχει περίπου 13% πρωτεΐνη, το πίτουρο 15% και το φύτρο 26%. Το 80% του συνόλου της πρωτεΐνης του ενδοσπέρματος είναι η γλοιαδίνη η οποία συμβάλει στη ρευστότητα, στην διόγκωση και στην «αφράτη» υφή των προϊόντων και μια γλουτελίνη, η γλουτενίνη με λόγο αναλογίας 1:1. Οι δύο αυτές πρωτεΐνες σχηματίζουν τη γλουτένη, μια ελαστική μάζα από τις ιδιότητες της οποίας, εξαρτάται η ποιότητα του τροφίμου (Shewry, 2006). Η σύσταση της γλουτένης ευθύνεται για τη μη οργάνωση της πρωτεΐνης σε ελικοειδή μορφή που έχει ως συνέπεια τις ελαστικές ιδιότητες που παρουσιάζει η ζύμη των διαφόρων προϊόντων κατά τη διαδικασία ανάμιξης (MacRitchie and Singh, 2004).

Οι πρωτεΐνες του σίτου που δε σχηματίζουν τη γλουτένη είναι οι αλβουμίνες και οι γλοβουλίνες και αποτελούν το 10- 22% περίπου των πρωτεϊνών του αλεύρου (Singh and MacRitchie, 2001). Δεν συμβάλλουν στη δημιουργία ζύμης και δεν είναι επακριβώς γνωστό αν και με ποιο τρόπο επηρεάζουν την αρτοποιητική ικανότητα του αλεύρου.

Γενικά, τα μαλακά σιτάρια έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες από 8 έως 11%, μαλακό ενδοσπέρμιο, αδύναμες ιδιότητες γλουτένης και χρησιμοποιούνται για την παρασκευή, κέικ, γλυκών, κράκερ, μπισκότων και muffin (Lukow 2006). Τα σκληρά

σιτάρια, χαρακτηρίζονται από σκληρούς κόκκους, έχουν μέτρια προς υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη 10 έως 15%, ισχυρές ιδιότητες γλουτένης και συνήθως αναφέρονται ως σιτηρά ψωμιού.

1.3. Άλεση Σίτου

Η άλεση έχει ως στόχο τον διαχωρισμό των κύριων τμημάτων του καρπού του σίτου (ενδοσπέρμιο, φύτρο και πίτυρο). Η διαδικασία αυτή δεν είναι εύκολα επιτεύξιμη, καθώς ο αύλακας του σπόρου και η ανισότητα μεγέθους των κυττάρων της αλευρόνης δε διευκολύνουν την απλή αποφλοιώση. Επομένως, γίνεται προσεκτική θραύση του σπόρου, διαχωρισμός των επιμέρους τμημάτων και στη συνέχεια πραγματοποιείται περαιτέρω διάσπαση (Belitz et al., 2004).

Το πρώτο στάδιο της άλεσης είναι ο καθαρισμός των σπόρων από τυχόν ακαθαρσίες, όπως γαιώδεις προσμίξεις και βασίζεται στο μέγεθος του κόκκου των σιτηρών και το ειδικό βάρος. Ο καθαρός σπόρος στη συνέχεια οδηγείται στη διαδικασία του «κοντισιοναρίσματος» (εξισσορόπηση). Η διεργασία αυτή περιλαμβάνει εμποτισμό των σπόρων σε νερό, η οποία ακολουθείται από μία περίοδο θέρμανσης (έως 65°C), επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο στο νερό να εισέλθει στους σπόρους του σιτηρού. Το κοντισιονάρισμα, συμβάλλει στον διαχωρισμό του εξωτερικού φλοιού (πίτυρου) από το ενδοσπέρμιο. Πιο συγκεκριμένα, το πίτυρο γίνεται πολύ σκληρό, αποτρέποντας με αυτό τον τρόπο την άλεσή του. Παράλληλα, η σκληρότητα του ενδοσπερμίου μειώνεται και ευνοείται η άλεσή του. Το βέλτιστο επιπέδο υγρασίας για την άλεση είναι κρίσιμο σημείο καθώς υψηλό ποσοστό υγρασίας μειώνει την απόδοση της θερμικής κατεργασίας του αλεύρου, διότι δεν επιτυγχάνεται πλήρης διαχωρισμός του πίτυρου από το ενδοσπέρμιο και η αποτελεσματικότητα του κοσκινίσματος μειώνεται. Αντίθετα, χαμηλό ποσοστό υγρασίας οδηγεί σε άλεση και του πίτυρου, το οποίο δεν είναι επιθυμητό. Το είδος του σίτου, που θα χρησιμοποιηθεί θα καθορίσει επίσης το ποσοστό της βέλτιστης υγρασίας, καθώς το μαλακό σιτάρι απαιτεί χαμηλότερη υγρασία σε σχέση με το σκληρό.

Στη συνέχεια, οι κόκκοι περνούν από τους κυλίνδρους άλεσης. Μετά από κάθε πέρασμα ελαττώνεται το μέγεθος των σωματιδίων μέσω πίεσης και διατμητικών δυνάμεων και ακολουθεί διαχωρισμός του αλεύρου ανάλογα με το μέγεθος των σωματιδίων με τη χρήση κόσκινων. Οι κύλινδροι ρυθμίζονται ανάλογα με το προϊόν που πρόκειται να παραχθεί. Παράγοντες που μπορούν να ρυθμιστούν είναι το μέγεθος των

κυλίνδρων, οι αύλακες που φέρουν στην επιφάνεια, η ταχύτητα περιστροφής τους, το διάκενο μεταξύ του ζεύγους των κυλίνδρων που κινούνται σε αντίθετη φορά με διαφορετικές ταχύτητες (Dexter & Sarkar, 2004).

Ο τελικός διαχωρισμός των προϊόντων άλεσης γίνεται με βάση το μέγεθος ή τη διάμετρο των σωματιδίων. Η ποιότητα του αλεύρου που παράγεται δεν εξαρτάται μόνο από την ποικιλία του σίτου που έχει χρησιμοποιηθεί αλλά και από το εάν το άλεσμα προέρχεται από το εσωτερικό ή το εξωτερικό τμήμα του ενδοσπερμίου (Belitz et al., 2004). Η χημική σύσταση του αλεύρου εξαρτάται από το βαθμό άλεσης, όπου με την αύξηση του μειώνεται το ποσοστό του αμύλου στο άλευρο και αυξάνονται τα συστατικά που υπάρχουν στον φλοιό (ανόργανα συστατικά, αδιάλυτες ίνες, βιταμίνες).

Ως βαθμός άλεσης ορίζεται το ποσό του αλεύρου σε χιλιόγραμμα, το οποίο παράγεται από την άλεση 100 χιλιόγραμμων καθαρισμένου και πλυμένου σίτου. Ο βαθμός αλέσης καθορίζει τον τύπο του αλεύρου που παράγεται καθώς, λόγω χάριν εάν ο βαθμός άλεσης είναι μικρός, το άλευρο το οποίο παράγεται είναι σκουρόχρωμο.

Συνολικά η διαδικασία της άλεσης (Milling) αφαιρεί τα ινώδη στρώματα από το σιτάρι, με αποτέλεσμα το τελικό προϊόν να μην έχει τις ίδιες θρεπτικές ιδιότητες και τα ίδια οφέλη για την υγεία. Χωρίς το πίτουρο και το φύτρο, περίπου το 45% των πρωτεϊνών του σίτου, μαζί με το 80% των ινών, το 50-85% των βιταμινών και το 20-80% των ιχνοστοιχείων χάνεται. Επιπλέον, σημαντική απώλεια αμινοξέων (35-55%) συμβαίνει κατά τη διάρκεια της διύλισης. Μερικές φυτικές ίνες, βιταμίνες και μέταλλα μπορούν να προστεθούν ξανά στα προϊόντα των επεξεργασμένων δημητριακών μέσω εμπλουτισμού (Cauvain and Young, 2006).

1.4. Αλευρι

1.4.1. Γενικές πληροφορίες για το αλεύρι

Το αλεύρι αποτελεί μια λεπτή λευκή σκόνη, προϊόν της άλεσης των δημητριακών (σιτάρι, κριθάρι, ρύζι, καλαμπόκι, σίκαλη) ή άλλων αμυλούχων φυτών και αποτελεί το κύριο συστατικό των προϊόντων αρτοποιίας. Χρησιμοποιείται κατεξοχήν για την παρασκευή ψωμιού αλλά και άλλων προϊόντων όπως είναι τα μπισκότα, τα κέικ και τα κράκερς καθώς είναι υπεύθυνο για τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των προϊόντων όπως το άρωμα, τη δομή και την υφή. Ιδιαίτερης σημασίας είναι τα άλευρα της αρτοποιίας, δηλαδή τα άλευρα σιταριού και σίκαλης, καθώς προσδίδουν κυρίως στο ψωμί το ιδιαίτερο πορώδες αλλά και την γεύση.

Η αρτοποιητική ικανότητα του αλεύρου εξαρτάται από την ποικιλία του σιτηρού, τις γεωργικές και κλιματικές συνθήκες, και από τις διαδικασίες συγκομιδής και άλεσης. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του αλεύρου είναι οι περιεχόμενες πρωτεΐνες, και ιδιαίτερα η ποσότητα και η ποιότητα της περιεχόμενης γλουτένης και η ικανότητα απορρόφησης νερού. Κατά την παρασκευή προϊόντων αρτοποιίας συμβαίνουν σύνθετες χημικές, βιοχημικές και φυσικές μετατροπές οι οποίες επηρεάζουν και επηρεάζονται από τα διάφορα συστατικά του αλεύρου (Cauvain and Young, 2006).

Ο διαχωρισμός των αλεύρων γίνεται με βάση τον τρόπο άλεσης, το βαθμό κοσκινίσματος και την ποιότητα του σιταριού ή των άλλων δημητριακών, από το οποίο παρασκευάζεται. Τα άλευρα του σίτου όσον αναφορά την ποιότητά τους, διακρίνονται σε άλευρα σκληρού σίτου, μαλακού σίτου και ημίσκληρου. Στον Πίνακα 1.2. παρουσιάζονται οι διάφορες διεθνείς κατηγορίες αλεύρου.

Πίνακας 1.2.: Διεθνείς κατηγορίες αλεύρου (Π.Ο.Ε.Σ.Ε, 2005).

Τέφρα	Πρωτεΐνες	Βαθμός άλεσης (%)	ΗΠΑ	Γερμανία	Γαλλία
~0.4%	~9%	67-70	Αλεύρι ζαχαροπλαστικής	405	45
~0.55%	~11%	75-78	Αλεύρι για όλες τις χρήσεις	550	55
~0.8%	~14%	82-85	Αλεύρι υψηλής περιεκτικότητας σε γλουτένη	812	80
>1.5%	~13%	90-98	Αλεύρι σίτου ολικής	1600	150

1.4.2. Χημική σύσταση αλεύρου

Το αλεύρι αποτελείται από πρωτεΐνες, άμυλο, τέφρα, διαιτητικές ίνες, λιπίδια, νερό και περιέχει μικρές ποσότητες βιταμινών, μετάλλων και ενζύμων. Πιο αναλυτικά:

1.4.2.1. Υδατάνθρακες

Το αλεύρι αποτελείται κυρίως από άμυλο σε ποσοστό ίσο με 70-75%. Τα βασικά συστατικά του αμύλου είναι τα πολυμερή της γλυκόζης, η αμυλόζη (25-28%) και η αμυλοπηκτίνη (72-75%). Εκτός από το άμυλο, το αλεύρι περιέχει και μη αμυλούχους πολυσακχαρίτες, η περιεκτικότητά των οποίων αυξάνεται με τη μείωση του μεγέθους των σωματιδίων του αλεύρου κατά την άλεση. Στην κατηγορία αυτή

συμπεριλαμβάνονται οι αραβινοξυλάνες, οι β-γλυκάνες, οι κυτταρίνες και τα πεπτιδία αραβινογαλακτάνης. Οι αραβινοξυλάνες κυμαίνονται μεταξύ 1,5-2,5% και παρόλο το μικρό ποσοστό τους θεωρείται ότι προσδίδουν στο τελικό προϊόν αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά όπως βελτίωση της υφής (Cauvain and Young, 2006).

Το ποσοστό των υδατανθράκων δεν επηρεάζει την ποιότητα του αλεύρου, επηρεάζει όμως διάφορες ιδιότητες των τροφίμων, για την παρασκευή των οποίων χρησιμοποιείται το αλεύρι ως κύριο συστατικό. Διαφορές στην κατανομή του αμύλου και στο ποσοστό των κατεστραμμένων κόκκων αμύλου στο άλευρο φαίνεται να επιδρούν σημαντικά στην διαδικασία ψησίματος (Hoseney et al., 1971). Λόγου χάρη, όσον αναφορά το ψωμί, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό της κόρας, στη διόγκωση, την απορρόφηση - δέσμευση του νερού και στο μπαγιάτεμά του, εξαιτίας της αναδιάταξης του αμύλου.

1.4.2.2. Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες οι οποίες περιέχονται στο αλεύρι κυμαίνονται σε ποσοστό 8-11% και είναι ίδιες με εκείνες που περιέχονται στο σιτάρι.

1.4.2.3. Λιπίδια

Τα λιπίδια του σίτου αποτελούν περίπου το 2-2.5% του συνολικού βάρους του αλεύρου και καλούνται ενδογενή λιπίδια. Η περιεκτικότητα των αλεύρων σε λιπίδια καθορίζεται από γενετικούς, περιβαλλοντικούς παράγοντες, αλλά και από παράγοντες που σχετίζονται με την παραγωγή του αλεύρου, όπως είναι η άλεση (Paryet et al., 2011). Τα ενδογενή λιπίδια, διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τα αμυλούχα (ISL) και τα μη αμυλούχα λιποειδή (NSL), με τα τελευταία να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του αλεύρου (Goesaert et al., 2005). Τα μη αμυλούχα λιποειδή (Non-starch Lipids, NSL) αποτελούν το 70-75% της συνολικής ποσότητας λιπιδίων και μπορούν να διακριθούν περαιτέρω σε ελεύθερα και δεσμευμένα λιπίδια.

Παρά το μικρό ποσοστό τους, τα λιπίδια επηρεάζουν την ποιότητα των αρτοποιημάτων (Morrison, 1988). Τέλος, τα σκουρόχρωμα άλευρα περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα λιπιδίων σε σύγκριση με τα λευκά άλευρα.

1.4.2.4. Υγρασία

Η περιεχόμενη υγρασία του αλεύρου δε θα πρέπει να ξεπερνά το 15%. Μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό, οδηγεί σε ανάπτυξη μυκήτων, δυσάρεστων οσμών, προσέλκυση

εντόμων, ταχεία αποσύνθεση της γλουτένης και σε μικρότερη απορρόφηση νερού από το ζυμάρι.

1.4.2.5. Ανόργανα συστατικά

Η περιεκτικότητα του αλεύρου σε ανόργανα συστατικά διαφέρει ανάλογα με την ποικιλία του σιταριού, την σοδειά και τον τρόπο αποθήκευσης. Η σύσταση του αλεύρου σε ανόργανα συστατικά φαίνεται να επιδρά θετικά στη γλουτένη κυρίως κατά το ψήσιμο των προϊόντων.

1.4.3. Αλεύρι μπισκοτοποιίας

Οι ιδιότητες του αλεύρου μπισκοτοποιίας διαφέρουν από τις ιδιότητες του αλεύρου που χρησιμοποιείται στην παρασκευή ψωμιού. Πιο συγκεκριμένα, τα άλευρα τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ψωμιού, προέρχονται από σκληρό σιτάρι και έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και κατεστραμένο αμύλο. Αντίθετα, τα άλευρα μπισκοτοποιίας έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (<9%) και κατεστραμένο άμυλο. Το συγκεκριμένο αλεύρι οδηγεί στην παραγωγή μαλακής, ελαστικής, επιθυμητής ζύμης. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένα μαλακά άλευρα, προερχόμενα από μαλακά σιτηρά τα οποία παρουσιάζουν ιδιότητες όμοιες με αυτές των αλεύρων ψωμιού και χρησιμοποιούνται για την παρασκευή μπισκότων στην Γαλλία και τη Βόρεια Αμερική. Πέρα από τις διαφορές στη σύστασή τους, οι δυο τύποι αλεύρων διαφέρουν και ως προς την επεξεργασία τους. Το αλεύρι που χρησιμοποιείται στην παραγωγή ψωμιού, υφίσταται επεξεργασία με οξειδωτικούς παράγοντες, ενώ το αλεύρι μπισκοτοποιίας με παράγοντες αναγωγής. Η κύρια επεξεργασία του αλεύρου μπισκοτοποιίας γίνεται με διοξείδιο του θείου, το οποίο εφαρμόζεται είτε στην διαδικασία της άλεσης του αλεύρου σε αέρια μορφή ή προστίθεται υπό τη μορφή μεταδιθειώδες νατρίου στη ζύμη. Το μεταδιθειώδες νάτριο απελευθερώνει διοξείδιο του θείου κατά τη διαβροχή και τη θέρμανση (Edwards, 2007).

Η επιλογή του συγκεκριμένου τύπου αλεύρου για την παραγωγή μπισκότων, πέρα από το χαμηλότερο κόστος έγκειται κυρίως στη σύστασή του, καθώς συμβάλει στην επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος, που είναι η παραγωγή μπισκότων χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία.

Όσον αφορά το αλεύρι μπισκοτοποιίας που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

1. Ελάχιστα τεχνολογικά κριτήρια

- Υγρασία: 14,0% max
- Τέφρα: 0,55% max
- Γλουτένη: 26 -32%
- Οξύτητα σε θειικό οξύ: 0,15% max
- Υπόλειμμα σε τετραχλωράνθρακα: 0.03% max

2. Φαρινογράφικα χαρακτηριστικά:

- Απορρόφηση νερού: 52 - 56,5 %
- Χρόνος Ανάπτυξης: 1,0 - 2,5 min
- Χρόνος Σταθερότητας: 2,0 – 4,0 min
- Βαθμός Φαρινογραφικής Πτώσης στα 10': 90 – 110 FU

3. Εξτενσιογραφικά χαρακτηριστικά:

- 45 MIN: εκτατότητα 130-180mm/min, αντίσταση 110-160 BUmax
- 90 MIN: εκτατότητα 130-180mm/min, αντίσταση 170-220 BUmax
- 135 MIN: εκτατότητα 150-200mm/min, αντίσταση 180-230 BUmax

1.4.4. Αλεύρι Σίτου Ολικής Άλεσης

Το αλεύρι ολικής αλέσεως προέρχεται από το σύνολο του σιταριού, περιέχει βιταμίνες, μέταλλα, πρωτεΐνες και διατροφικά είναι πιο θρεπτικό από το συμβατικό αλεύρι σίτου. Πέρα από τα πιο κοινά αντιοξειδωτικά, όπως η βιταμίνη C, η βιταμίνη E και τα καροτενοειδή, περιέχει επίσης ορισμένες φυτο-αντιοξειδωτικές ουσίες, συμπεριλαμβανομένων των φαινολικών οξέων και των φλαβονοειδών (συγκεντρωμένα στο φύτρο και το πίτουρο) (Yu, 2013). Παρουσιάζει μεγαλύτερη ενζυμική δραστηριότητα και έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λίπος από το συμβατικό αλεύρι σίτου, γεγονός το οποίο μπορεί να επηρεάσει την τελική χρήση και τις συνθήκες αποθήκευσής του (Doblado-Maldonado et al., 2012). Γενικά, δεν χρησιμοποιείται συχνά στα προϊόντα αρτοποιίας, καθώς η παρουσία του πίτουρου μειώνει την ανάπτυξη της γλουτένης, και ως εκ τούτου, τα προϊόντα που περιέχουν αλεύρι ολικής αλέσεως τείνουν να είναι πιο συνεκτικά (Edwards, 2007).

Η πιο σημαντική παράμετρος για την παραγωγή του είναι η επιλογή της μεθόδου άλεσης που θα χρησιμοποιηθεί. Οι δύο κυρίαρχες τεχνικές για παραγωγή αλεύρων

ολικής αλέσεως είναι μέσω κυλινδρόμυλων ή πετρόμυλων. Οι σύγχρονοι πετρόμυλοι, αποτελούνται από μεταλλικές πλάκες με επισυναπτόμενες συνθετικές πέτρες και η μέθοδος αυτή έχει αρκετά μειονεκτήματα, όπως την αύξηση θερμοκρασίας λόγω τριβής η οποία με τη σειρά της προκαλεί καταστροφή στο άμυλο, τις πρωτεΐνες και τα ακόρεστα λιπαρά οξέα (Doblado-Maldonado et al., 2012). Η μέθοδος των κυλινδρόμυλων περιλαμβάνει, διαχωρισμό του ενδοσπερμίου από το πίτυρο, με σταδιακή μείωση του μεγέθους του ενδοσπερμίου. Για την παραγωγή του αλεύρου ολικής αλέσεως, τα κλάσματα του ενδοσπερμίου και πιτύρου- φύτρου αναμιγνύονται ξανά. Η κύρια διαφοροποίηση του αλεύρου ολικής αλέσεως σε σχέση με το κοινό αλεύρι, ως προς τη διαδικασία άλεσης, είναι ότι σε αυτή την περίπτωση το «κοντισιονάρισμα» ουσιαστικά δεν είναι απαραίτητο. Στον Πίνακα 1.3. παρουσιάζεται η γενική σύσταση των δυο τύπων αλεύρων.

Πίνακας 1.3.: Γενική σύσταση αλεύρου σίτου και αλεύρου σίτου ολικής αλέσεως (Cauvain and Young, 2006).

Συστατικό αλεύρου(%)	Αλεύρι ολικής άλεσης σίτου	Αλεύρι σίτου (g / 100g)
Υγρασία	13-14	13-14.5
Άμυλο και άλλοι υδατάνθρακες	67-73	71-78
Πρωτεΐνη	10-15	8-13
Λιπίδια	~2.0	1.0-1.5
Διαιτητικές Ίνες	~2.0	~0.2

2. ΜΠΙΣΚΟΤΑ

2.1. Γενικές πληροφορίες για τα μπισκότα

Δεν υπάρχει ένας κοινά αποδεκτός ορισμός για τον προσδιορισμό των μπισκότων. Ανάλογα με τη χώρα προέλευσης διατυπώνονται διαφορετικοί ορισμοί. Στην Αγγλία, με τον όρο μπισκότο εννοείται μια ποικιλία από κέικ που έχουν χαμηλό ποσοστό υγρασίας, είναι λεπτά, μικρά σε μέγεθος, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και καταναλώνονται ως σνακ.

Αντίθετα, στις ΗΠΑ μπισκότο θεωρείται το προϊόν που περιέχει ζάχαρη, μέτριο ποσοστό υγρασίας και καταναλώνεται συνήθως ως κύριο μέρος του πρωινού γεύματος μαζί με αλμυρά τρόφιμα.

Τέλος, στη Γαλλία χρησιμοποιείται ο όρος «biscuit» για να περιγράψει ένα προϊόν με χαμηλό ποσοστό υγρασίας, σκληρό, με μεγάλη διάρκεια ζωής και σπογγώδη δομή (εγκλωβισμός αέρα στο εσωτερικό) (Edwards, 2007).

Σύμφωνα με τον κώδικα τροφίμων ένα προϊόν θεωρείται ότι ανήκει στην κατηγορία των μπισκότων, όταν έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία (<5%), είναι λεπτό σε πάχος, συνήθως μικρότερο από 10 mm, στρογγυλού ή ορθογώνιου σχήματος με τραγανή υφή και συνήθως γλυκιάς γεύσης και αποτελεί όχι μέρος ενός κύριου γέυματος, αλλά ενός ενδιάμεσου σνακ. Εξαιτίας της χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία και της χαμηλής ενεργότητας νερού τα προϊόντα αυτά, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, συνήθως πολλούς μήνες. Σε αυτό το χρονικό διάστημα, διατηρούν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους καθώς μέσω της κατάλληλης συσκευασίας δεν πραγματοποιείται απώλεια υγρασίας. Τα κρίσιμα σημεία, τα οποία πρέπει να προσεχθούν κατά την αποθήκευση των μπισκότων είναι η απορρόφηση υγρασίας από το περιβάλλον η οποία μπορεί να οδηγήσει σε μαλάκωμα του μπισκότου και επομένως σε απώλεια της επιθυμητής τραγανής γεύσης και ο κίνδυνος ταγγίσματος του λίπους ο οποίος προκύπτει από τον συνδυασμό του αυξημένου χρόνου αποθήκευσης και της χαμηλής ενεργότητας νερού (Manley, 2000).

Το άρωμα των μπισκότων, όπως συμβαίνει και με τα κέικ, εξαρτάται από τα συστατικά που χρησιμοποιούνται στην εκάστοτε συνταγή, αλλά και σε ένα ποσοστό από την διαδικασία ψησίματος. Συγκριτικά με τα κέικ και το ψωμί τα μπισκότα είναι συνεκτικότερα καθώς υπάρχει περιορισμένη ανάπτυξη γλουτένης και αμελητέος σχηματισμός αφρού κατά την ανάμειξη της ζύμης.

Τα μπισκότα που παράγονται βιομηχανικά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες: ως μπισκότα που σχηματίζονται σε περιστροφικά καλούπια (rotary mould), σε μηχανήματα κοπής (cutting machine) και σε σύρμα κοπής (wire cut biscuits) με βάση τον τρόπο που διαχωρίζεται η ζύμη για την παρασκευή τους (Kulr, 1994). Ο Hosenev (1994) εξήγησε ότι για την παρασκευή μπισκότων που σχηματίζονται με περιστρεφόμενο καλούπι χρησιμοποιείται ιξωδο-πλαστική ζύμη, υψηλής περιεκτικότητας σε ζάχαρη και λίπος με ποσοστό υγρασίας περίπου 10%. Σε αυτού του είδους τα μπισκότα, το άπλωμα και το φούσκωμα ελαχιστοποιούνται καθώς η ζύμη είναι ξηρή, εύθρυπτη και άκαμπτη χωρίς ελαστικές ιδιότητες και είναι μόνο συνεκτική όταν εφαρμόζεται πίεση. Η δεύτερη κατηγορία μπισκότων έχει περιεκτικότητα υγρασίας σε ποσοστό 20% το οποίο επιτρέπει στη γλουτένη να αναπτυχθεί μερικώς κατά τη διάρκεια της αναμίξης με αποτέλεσμα η ζύμη να κόβεται εύκολα αλλά τα μπισκότα να είναι

σκληρά και να μην έχουν αυξημένο πλάτος. Η τρίτη κατηγορία μπισκότων φτιάχνεται μέσω εξώθησης της μαλακής ζύμης, η οποία περιέχει υψηλά επίπεδα ζάχαρης και λίπους από μια οπή και στη συνέχεια δίνεται σχήμα στα μπισκότα μέσω ενός σύρματος κοπής. Κατά τη διάρκεια του ψησίματος τα μπισκότα αυξάνουν σε μέγεθος και πλάτος (Kuip, 1994).

Όσον αναφορά την κατανάλωση των μπισκότων, παρατηρείται μια ραγδαία αύξηση της κατανάλωσης που συνεπάγεται αύξηση της παραγωγής των μπισκότων. Το μέγεθος της εγχώριας αγοράς μπισκότων κυμαίνεται μεταξύ 22.000 - 25.600 τόνων ετησίως. Ο Έλληνας καταναλωτής δείχνει σαφή προτίμηση στα γλυκά μπισκότα, τα οποία εκτιμάται ότι καλύπτουν το 90% του συνόλου της κατανάλωσης, ενώ τα αλμυρά το υπόλοιπο 10%.

2.2. Βασικές λειτουργίες των συστατικών που χρησιμοποιούνται στα αρτοπαρασκευάσματα

Οι λειτουργικές ιδιότητες που προσδίδουν τα διάφορα συστατικά που χρησιμοποιούνται στην παρασκευή ψημένων προϊόντων και πιο ειδικά στην παραγωγή μπισκότων είναι πολλές και ποικίλες. Το κάθε συστατικό μπορεί να έχει παράλληλα περισσότερες από μία λειτουργίες σε ένα δεδομένο προϊόν. Μια ευρεία ταξινόμηση της λειτουργικότητας των συστατικών που χρησιμοποιούνται συνήθως στην παρασκευή αρτοπαρασκευασμάτων είναι η ακόλουθη (Cauvain and Young, 2006):

➤ Διαμόρφωση Δομής (*Structure forming*)

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα συστατικά που συνεισφέρουν στις δομικές ιδιότητες του ενδιάμεσου προϊόντος (κάθε είδους ζύμης) ή τελικού ψημένου προϊόντος (ψωμί, κέικ, μπισκότο κτλ.).

➤ Αερισμός (*Aeration*)

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τα συστατικά που συνεισφέρουν στην παγίδευση και σταθεροποίηση του αέρα στο ενδιάμεσο (π.χ. λιπαρά στα μπισκότα, λιπαρά και γαλακτωματοποιητές στο μίγμα κέικ).

➤ Γεύση (*Flavour*)

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα συστατικά που έχουν την μεγαλύτερη συνεισφορά στην τελική γεύση του προϊόντος (π.χ. κομμάτια σοκολάτας σε μπισκότα).

➤ Χρώμα (*Colour*)

Περιλαμβάνονται συστατικά τα οποία είτε εξαιτίας του χρώματος τους (π.χ. κακάο), είτε εξαιτίας της αντίδρασης τους με άλλα προϊόντα ως μέρος των μηχανισμών σχηματισμού χρώματος κατά το ψήσιμο (π.χ. αντιδράσεις Maillard) συμβάλλουν στο τελικό χρώμα του προϊόντος.

➤ **Διάρκεια ζωής (Shelf-life)**

Ο όρος διάρκεια ζωής αναφέρεται στην διατήρηση τόσο των οργανοληπτικών ιδιοτήτων των προϊόντων όσο και στην μικροβιακή σταθερότητα τους και περιλαμβάνει όλα τα συστατικά που συμβάλλουν στην διατήρηση των χαρακτηριστικών αυτών.

Στον Πίνακα 2.1. παρουσιάζεται η συμβολή των κυρίων κοινών συστατικών στις διάφορες λειτουργικές ιδιότητες των μπισκότων.

Πίνακας 2.1.: Συμβολή των κύριων συστατικών στις λειτουργικές ιδιότητες των μπισκότων (Cauvain and Young, 2006).

Συστατικό	Δομή	Αερισμός	Γεύση	Χρώμα	Χρόνος Ζωής
Αλεύρι	A	M	K	K	K
Φυτικές ίνες	M	M	K	K	A
Σουκρόζη	A	M	A	A	A
Λίπος/Βούτυρο/Μαργαρίνη	A	A	A	M	K
Νερό	A	K	K	K	A
Γάλα	M	K	M	M	A
Διτανθρακική Σόδα	M	A	A	A	K
Αλάτι	M	K	A	K	M

*A: Αυξημένη συνεισφορά, M: Μικρή συνεισφορά, K: Καμία συνεισφορά

1.3. Συνταγή μπισκότων Digestive

Τα μπισκότα τα οποία μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία ήταν τα μπισκότα Digestive τα οποία βιομηχανικά παρασκευάζονται σε περιστροφικά καλούπια. Τα μπισκότα digestive περιγράφονται ως γλυκά ή ημι-γλυκά μπισκότα και προέρχονται από το Ηνωμένο Βασίλειο με την διάδοσή τους να είναι ευρεία στις μέρες μας. Στον Πίνακα 2.2. παρατίθεται η γενική συνταγή των μπισκότων Digestive (Cauvain and Young, 2006).

Πίνακας 2.2.: Συνταγή Μπισκότων Digestive (Cauvain and Young, 2006).

Digestive biscuit (rotary moulded)	Συστατικό %
------------------------------------	-------------

Αλεύρι Μπισκοτοποιίας	78
Αλεύρι Ολικής Άλεσης	22
Φυτικό Λίπος	31
Ζάχαρη Άχνη	8.3
Κρυσταλλική Ζάχαρη	16
Golden syrup	7.1
Εκχύλισμα Βύνης	1.2
Διτανθρακικό Νάτριο	1.56
Αμμωνία	0.38
Ταρταρικό Οξύ	1.67
Αλάτι	1.1
Νερό	14.3

Στη συνέχεια γίνεται περιγραφή των συστατικών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία για την παρασκευή μπισκότων digestive καθώς και της λειτουργικότητάς τους.

2.4. Συστατικά των μπισκότων και ο ρόλος τους

2.4.1. Λιπαρά

Παλαιότερα ως κύριο λίπος για την παρασκευή διαφόρων συνταγών χρησιμοποιούνταν κυρίως το λίπος ζωικής προέλευσης. Στις μέρες μας έχει αυξηθεί ιδιαίτερα η χρήση λίπους φυτικής προέλευσης με τα κύρια έλαια να είναι τα ακόλουθα: σογιέλαιο, βαμβακέλαιο, καλαμποκέλαιο, ηλιέλαιο και φοινικέλαιο. Τα έλαια φυτικής προέλευσης κατά την αποθήκευση τους τείνουν να διατηρούν την φρέσκια γεύση τους και το άρωμα και να είναι πιο σταθερά πιθανότατα εξαιτίας των φυσικών αντιοξειδωτικών που περιέχουν.

Η αλληλουχία των λιπαρών οξέων είναι εκείνη που καθορίζει το είδος του λίπους ή του ελαίου. Εξαιτίας της διαφοράς στη δομή τους, τα λίπη παρουσιάζουν διαφορά στο σημείο τήξεως τους (melting point) και επομένως διαφορετική συμπεριφορά στη θερμοκρασία ψησίματος του εκάστοτε προϊόντος που χρησιμοποιούνται. Η κρυσταλλική μορφή και το μέγεθος του λίπους έχει αντίκτυπο στην κατακράτηση αερίων στη ζύμη, με τους κρυστάλλους μικρότερου μεγέθους να επιτρέπουν μεγαλύτερη συγκράτηση.

Οι κύριες λειτουργίες του λίπους στην παραγωγή των μπισκότων συνοψίζονται παρακάτω (Cauvain and Young, 2006).

2.4.1.1. Κύριες λειτουργίες λίπους στα μπισκότα

Τα λίπη φυτικής προέλευσης έχουν τέσσερις κύριες λειτουργίες στην παρασκευή μπισκότων: α. Λίπανση (Lubrication) β. Αερισμός (Aeration) γ. Οργανοληπτική ποιότητα (Eating quality) δ. Ομοιομορφία – Εξάπλωση (Spread)

A. Με τον όρο λίπανση εννοείται η ικανότητα μείωσης των τριβών εξαιτίας των ιδιοτήτων του ελαίου. Πιο ειδικά το έλαιο το οποίο χρησιμοποιείται μειώνει την τριβή που δημιουργείται από τη ζάχαρη και το αλεύρι κατά την ανάμειξη τους, με αποτέλεσμα την παραγωγή μαλακότερης ζύμης. Η λίπανση αποτρέπει την ανάπτυξη υπερβολικής γλουτένης και μειώνει τη σκληρότητα στο τελικό προϊόν εξαιτίας του αλεύρου. Επιπλέον, εμποδίζει τα μπισκότα να «κολλήσουν» στην επιφάνεια ψήσιματος.

B. Κατά την αποβουτύρωση το λίπος που χρησιμοποιείται έχει την ικανότητα να εσωνματώνει μεγάλες ποσότητες αέρα. Ο παγιδευμένος αέρας, τα παραγόμενα αέρια και οι υδρατμοί που παράγονται κατά το ψήσιμο οδηγούν στην παραγωγή ενός προϊόντος με αυξημένο επιθυμητό όγκο.

Γ. Η κατάλληλη επιλογή της λιπαρής ύλης και της ποσότητας της στην συνταγή διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στις οργανοληπτικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος.

Δ. Όσον αφορά την ομοιομορφία των μπισκότων, η λιπαρή ύλη που χρησιμοποιείται φαίνεται να έχει περιορισμένη επίδραση σε αυτή, με τα λίπη με χαμηλό ποσοστό στερεών να επιδρούν σημαντικά στην ομοιομορφία των τελικών προϊόντων. Σπουδαιότερη επίδραση παρουσιάζουν το αλεύρι και η ζάχαρη στην ομοιομορφία.

2.4.1.2. Φοινικέλαιο

Το φυτικό έλαιο το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία ήταν το φοινικέλαιο. Το φοινικέλαιο αποτελεί το 22% της παγκόσμιας παραγωγής φυτικών ελαίων κατέχοντας μια εξέχουσα θέση στα καταναλισκόμενα φυτικά έλαια με το 80% παγκοσμίως να χρησιμοποιείται για την παραγωγή τροφίμων (Basiron & Weng 2004). Υπάρχουν δύο τύποι ελαίου που μπορούν να ληφθούν από τους καρπούς: το φοινικέλαιο από το μεσοκάρπιο (φοινικέλαιο/ palm oil) και το φοινικέλαιο από τον πυρήνα με την αναλογία παραγωγής τους να είναι δέκα προς ένα (MPOC 2011a). Και τα δυο είδη ελαίου χρησιμοποιούνται σε μια σειρά προϊόντων αλλά τονίζεται ότι διαφέρουν σημαντικά χημικά και διατροφικά. Πιο ειδικά, το έλαιο που προέρχεται από το μεσοκάρπιο περιέχει ίση αναλογία κορεσμένων προς ακόρεστα λιπαρά οξέα με την σύσταση του να παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.3. (Cottrell, 1991) και σε θερμοκρασία

δωματίου είναι ημι-στερεό, ενώ το έλαιο από τον πυρήνα περιέχει κυρίως κορεσμένα λιπαρά οξέα (Teoh, 2002). Επιπλέον, το πρώτο έλαιο παρουσιάζει αντοχή στην οξειδωση λόγω της υψηλής φυσικής περιεκτικότητας του σε αντιοξειδωτικά (καροτενοειδή, βιταμίνη E) (Edem, 2002).

Η χρήση του στην βιομηχανία τροφίμων είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη εξαιτίας του χαμηλού του κόστους και της υψηλής οξειδωτικής του σταθερότητας. Πολλά επεξεργασμένα τρόφιμα όπως οι μαργαρίνες περιέχουν ως κύριο συστατικό το φοινικέλαιο (Sumathi et al., 2008).

Παρά την ευρεία χρήση του, έχει ενοχοποιηθεί ιδιαίτερα για τις πιθανές αρνητικές επιδράσεις του στην υγεία των καταναλωτών καθώς αρκετές μελέτες έχουν συσχετίσει την κατανάλωση του με καρδιαγγειακές παθήσεις και ο ίδιος ο USDA αναφέρει ότι το φοινικέλαιο δεν πρέπει να αποτελεί και κατεπέκταση να θεωρείται ένα υγιεινό υποκατάστατο των τρανς λιπαρών. Παρόλ' αυτά, σύμφωνα με δύο εκθέσεις που δημοσιεύθηκαν το 2010 το φοινικέλαιο αποτελεί μια αποδεκτή αντικατάσταση υδρογονωμένων φυτικών ελαίων (McNamara, 2010) και μια φυσική αντικατάσταση μερικώς υδρογονωμένων φυτικών ελαίων, τα οποία αποτελούν σημαντική πηγή των trans λιπαρών οξέων (Hayes, 2010).

Πίνακας 2.3.: Σύσταση φοινικελαίου (Cottrell, 1991).

Είδος των λιπαρών οξέων	Περιεκτικότητα %	Είδος Λιπαρού Οξέως
Μυριστικό κορεσμένο C14	1,0	Κορεσμένο
Παλμιτικό κορεσμένο C16	43,5	Κορεσμένο
Στεατικό κορεσμένο C18	4,3	Κορεσμένο
Ελαϊκό μονοακόρεστο C18	36,6	Μονοακόρεστο
Το λινελαϊκό πολυακόρεστο C18	9,1	Πολυακόρεστο
Άλλο / Άγνωστο	5,5	-

2.4.2. Γλυκαντικές Ύλες - Ζάχαρη

Η κυρίαρχη μορφή στην οποία χρησιμοποιείται η σουκρόζη στην βιομηχανία μπισκότων είναι η κοκκοποιημένη ζάχαρη. Όσον αναφορά, τα μπισκότα η ζάχαρη έχει πολλές επιδράσεις σε αυτά ως τελικά προϊόντα. Πιο ειδικά, όσο αυξάνεται το ποσοστό της σουκρόζης, επιδρά ως παράγοντας σκλήρυνσης (hardening agent) εξαιτίας της τήξης της κατά το ψήσιμο και την επακόλουθη μετάβαση σε μια υαλώδη κατάσταση κατά την ψύξη, κάνοντας τα μπισκότα πιο σταθερά και τραγανά (Chevallier, Colonna,

Buleon, et al., 2000). Παρολ'αυτά, όταν είναι σε διάλυμα τείνει να δρα ως παράγοντας μαλακώματος (softening agent) όταν χρησιμοποιείται σε μέτρια επίπεδα, βοηθώντας στην συγκράτηση νερού στα μπισκότα.

Η σουκρόζη συμβάλλει στην γεύση και την γλυκύτητα των μπισκότων, ενώ η κραμελοποίηση της συμβάλλει στο χρώμα της άνω επιφάνειας (κρούστα). Η κοκκοποίηση επηρεάζει το άπλωμα των μπισκότων κατά τη διάρκεια του ψησίματος και την υφή της επιφάνειας των μπισκότων. Καθώς τα μπισκότα ψήνονται, η μη διαλυτή ζάχαρη λιώνει και η ρευστή ζύμη απλώνεται στην επιφάνεια ψησίματος (Kuip, 1994).

Ο βαθμός κοκκομετρίας της ζάχαρης που χρησιμοποιείται γενικά στην παρασκευή μπισκότων είναι είτε ένα πρότυπο μέγεθος κόκκων ή ένα ειδικό μέγεθος κόκκων μπισκοτοποιίας. Όσο πιο μεγάλοι είναι οι κόκκοι της ζάχαρης που χρησιμοποιείται τόσο λιγότερο είναι το άπλωμα της ζύμης κατά τη διάρκεια του ψησίματος, καθώς απαιτείται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα διαλυτότητας συγκριτικά με τους μικρούς κρυστάλλους, επιτρέποντας σε μεγαλύτερο βαθμό την ανάπτυξη γλουτένης και τη ζελατινοποίηση του αμύλου (Kweon, 2009). Η ζάχαρη άχνη προκαλεί τη μεγαλύτερη εξάπλωση δεδομένου ότι είναι ιδιαίτερα διαλυτή και επομένως διαλύεται πλήρως στο νερό που περιέχει η ζύμη. Επομένως, οι μικρότεροι κρύσταλλοι οδηγούν σε μεγαλύτερο «άπλωμα» των μπισκότων και μικρότερο ύψος στα μπισκότα κοπής.

Η ζάχαρη με μεγάλους κόκκους αυξάνει το μέγεθος της σκούρας επιφάνειας των μπισκότων, καθώς κατά την τήξη της μεταναστεύει στην επιφάνεια των μπισκότων όπου κραμελοποιείται και αυξάνει το χρώμα της επιφάνειας. Η ακατέργαστη σουκρόζη, λόγω της μετανάστευσης της στην επιφάνεια μετά την τήξη της, τείνει να προκαλέσει ρωγμές (cracking) στην επιφάνεια του μπισκότου (Kuip, 1994). Η ζάχαρη με μικρούς κόκκους, σε σκόνη ή σε υγρή μορφή συμβάλλει στην παραγωγή μπισκότων με ομαλή επιφάνεια και πιο ανοιχτού χρώματος, καθώς διασπείρεται και/ ή διαλύεται ολοκληρωτικά στο σύστημα και δεν μεταναστεύει προς την επιφάνεια. Σύμφωνα με τους Doescher και Hosenev (1985) η ανακρυστάλλωση της σακχαρόζης στην επιφάνεια των μπισκότων είναι υπεύθυνη για τις επιφανειακές ρωγμές.

Διαδραματίζει επιπλέον σημαντικό ρόλο στην ενεργότητα νερού του προϊόντος που παρασκευάζεται (Cauvain and Young, 2006). Η αύξηση των επιπέδων της μειώνει την ενεργότητα νερού με αποτέλεσμα να επιδρά στον τελικό χρόνο ζωής του προϊόντος καθώς δεν ευνοείται η ανάπτυξη μικροοργανισμών.

2.4.3. Αλάτι

Το αλάτι αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά συστατικά κατά την παρασκευή μπισκότων, καθώς επηρεάζει την υφή και προσδίδει γεύση στο τελικό προϊόν. Συνήθως, η γεύση του στο τελικό προϊόν δεν είναι ευδιάκριτη αλλά στόχος είναι η εξισορρόπηση της γλυκιάς γεύσης που προσδίδεται από τη ζάχαρη. Προστίθεται συνήθως σε ποσοστό ίσο με 1-2%. Θεωρείται σημαντικό, λόγω της ιονικής φύσης του, καθώς συμβάλλει στον έλεγχο της ενεργότητας του νερού του προϊόντος και επομένως δεν ευνοεί την ανάπτυξη μικροοργανισμών αλλά συμβάλλει στην αύξηση της διάρκειας ζωής (Cauvain and Young, 2006).

Η προσθήκη άλατος επηρεάζει θετικά την μορφή, το μέγεθος και την εμφάνιση των μπισκότων, διατηρώντας τα αέρια εντός της ζύμης πριν το ψήσιμο τους αυξάνοντας μερικώς τον όγκο τους. Επίσης, βελτιώνει τη συνεκτικότητα της ζύμης των μπισκότων και την αντοχή της κατά τη μορφοποίηση καθώς ενισχύει τους δεσμούς μεταξύ των δομικών συστατικών της γλουτένης. Μπορεί να επηρεάσει έμμεσα το χρώμα της κόρας των μπισκότων και φαίνεται να μην φέρει καμία επίδραση στην δράση των ενζύμων που περιέχονται στα άλευρα.

Επιπλέον, για το αλάτι αναφέρεται ότι κατά την παρασκευή προϊόντων που έχουν υποστεί ζύμωση, περιορίζει τη δραστηριότητα των ζυμών στο μίγμα της ζύμης και φαίνεται να έχει κάποια επίδραση στο σχηματισμό της γλουτένης στο στάδιο παραγωγής της ζύμης (Cauvain and Young, 2006).

2.4.4. Διογκωτικοί Παράγοντες - Διτανθρακική σόδα

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 (Kulp, 1994).

Η μαγειρική σόδα (διτανθακικό νάτριο) αποτελεί ένα χημικό διογκωτικό μέσο και στις περισσότερες περιπτώσεις συνδιάζεται με ένα οξύ για την παραγωγή CO₂. Υφίσταται θερμική υποβάθμιση σύμφωνα με την αντίδραση:



Η συγκεκριμένη αντίδραση για να πραγματοποιηθεί σε επαρκή ρυθμό απαιτεί θερμοκρασία της τάξης των 90 °C ή μεγαλύτερη (Cauvain and Young, 2006). Επομένως, η χρήση της μαγειρικής σόδας ως μοναδικό διογκωτικό μέσο περιορίζεται

κυρίως στην παρασκευή μπισκότων και κράκερς στα οποία επιτυγχάνονται μεγαλύτερες εσωτερικές θερμοκρασίες.

Η πιο συνηθισμένη αντίδραση της μαγειρικής σόδας είναι εκείνη με ιόντα υδρογόνου από διογκωτικά οξέα: $\text{NaHCO}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Na}^+ + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Είναι ιδιαίτερα διαλυτή στο νερό και διαλύεται εύκολα στη ζύμη κατά την διάρκεια της ανάμειξης. Ο ρυθμός της αντίδρασης εξαρτάται από το βαθμό διάλυσης του οξέως. Τονίζεται ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμα κατιόντα υδρογόνου εωσότου το οξύ διαλυθεί και ιονιστεί. Ωστόσο, το διτανθρακικό νάτριο μπορεί να αντιδράσει και με όξινα συστατικά από τα υλικά της εκάστοτε συνταγής όπως το βούτυρο/ φυτικό λίπος ή το ίδιο το άλευρο.

2.4.5. Κρεμόριο / οξινο τρυγικό κάλιο

Το κρεμόριο, ονομάζεται αλλιώς τρυγικό οξύ και γενικά παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά ενός οξέος. Πρόκειται για ένα διβασικό διϋδροξυο, το οποίο κυκλοφορεί στην αγορά υπό τη μορφή λευκής σκόνης. Είναι άοσμο, έχει μια ελαφρά χαρακτηριστική ξινή γεύση και εκχυλίζεται από τα υπολείμματα της βιομηχανίας οίνου. Είναι ένα μετρίως ταχείας δράσεως οξύ που χρησιμοποιείται σε αναλογία 0.9 έως 1 μέρος διτανθρακικού νατρίου.

Το κύριο άλας που χρησιμοποιείται στην βιομηχανία τροφίμων είναι το τρυγικό κάλιο, γνωστό ως κρέμα τρυγίας (cream of tartar). Συνήθως, χρησιμοποιείται ως τμήμα οξέος του συστήματος διόγκωσης για αρτοποιασκευάσματα. Βρίσκει εφαρμογή σε διάφορες κατηγορίες τροφίμων και σε προϊόντα που απαιτούν οξίνιση, αλλά στην πράξη η χρήση του περιορίζεται σε αρωματισμένα προϊόντα, όπως ποτά και καραμέλες και σε προϊόντα που είναι επιθυμητή η στύφη γεύση (Francis, 1999). Επιπλέον, γίνεται χρήση του σε προϊόντα όπως το ψωμί και άλλα προϊόντα που απαιτείται ζύμωση με σκοπό τη σταθερότητα των φυσαλίδων αερίων και την αποτροπή της συνένωσης τους, κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Σε πρακτικό επίπεδο αυτό οδηγεί σε μια βελτίωση της συγκράτησης αερίου στη ζύμη και στην διατήρηση της κυτταρικής δομής (Cauvain and Young, 2006).

2.4.6. Μηλικό Οξύ

Το μηλικό οξύ είναι το δεύτερο πιο δημοφιλές οξύ γενικού σκοπού που χρησιμοποιείται στην βιομηχανία τροφίμων μετά το κιτρικό οξύ. Πρόκειται για ένα λευκό, άοσμο οξύ, σε κρυσταλλική μορφή ή μορφή κόκκων με χαρακτηριστική ξινή γεύση.

Παράγεται χημικά από την ενυδάτωση του μηλεϊνικού οξέος και στο μόριο του έχει ένα ασύμμετρο άνθρακα και επομένως υπάρχει σε διάφορες ισομερικές μορφές. Η διαδικασία σύνθεσης του μηλικού οξέος οδηγεί στην παραγωγή ενός μίγματος D και L ισομερών. Το L -μηλικό οξύ είναι αυτό που απαντάται στη φύση και υπάρχει σε σημαντική ποσότητα στα μήλα και στα κεράσια και σε μικρότερες ποσότητες στα δαμάσκηνα, στο καρπούζι, στο κυδώνι και στα μανιτάρια.

Όπως, το κιτρικό οξύ, το L - μηλικό οξύ παίζει ουσιαστικό ρόλο στον μεταβολισμό των υδατανθράκων στον άνθρωπο και σε άλλα ζώα. Δεν υπάρχουν άλατα μηλικού οξέος εμπορικά διαθέσιμα για τις βιομηχανίες τροφίμων και ποτών. Το μηλικό οξύ βρίσκει εφαρμογή σε μια σειρά τροφίμων όπως και το κιτρικό οξύ και πιο συγκεκριμένα στην παραγωγή ποτών, αρτοποιασκευασμάτων, γλυκών, κρεάτων, γαλακτοκομικών προϊόντων και μαρμελάδων (Francis, 1999).

2.4.7. Νερό

Το νερό είναι το απλούστερο συστατικό που χρησιμοποιείται στην παραγωγή προϊόντων που πρόκειται να ψηθούν, αλλά λόγω των ειδικών ιδιοτήτων του διαδραματίζει πολλούς σημαντικούς ρόλους στο ψήσιμο, όσον αφορά την τελική ποιότητα του προϊόντος και τον χρόνο ζωής του (Cauvain and Young, 2000). Οι κύριοι ρόλοι του σχετίζονται με τη διαλυτότητα και τη διασπορά των συστατικών κατά την ανάμειξη και το σχηματισμό συμπλοκών όπως της γλουτένης στο ψωμί.

Το ποσό του νερού που χρησιμοποιείται σε μια συγκεκριμένη συνταγή ενός προϊόντος θα πρέπει να βελτιστοποιείται προκειμένου να επιτευχθούν οι απαιτούμενες ιδιότητες χειρισμού (ζύμη ψωμιού, ζύμη διαφόρων ειδών μπισκότων) και τα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Όσον αφορά την παρασκευή μπισκότων το ποσοστό νερού που περιέχουν είναι μικρό, σε αντίθεση με το ψωμί και τα κεικ καθώς είναι επιθυμητό το χαμηλό ποσοστό υγρασίας στο τελικό προϊόν.

2.5. Ζύμη Μπισκότων

2.5.1. Ορισμός

Ο όρος ζύμη αναφέρεται στο ενδιάμεσο προϊόν μεταξύ του αλεύρου και των μπισκότων, το οποίο προκύπτει από την ανάμειξη των επιμέρους συστατικών που απαρτίζουν την εκάστοτε συνταγή. Η ρεολογία της ζύμης έχει ιδιαίτερη σημασία στην παραγωγή των μπισκότων καθώς επηρεάζει την επεξεργασία της ζύμης και

κατεπέκταση την τελική ποιότητα των μπισκότων. Λόγου χάρη, η ζύμη, η οποία είναι πάρα πολύ σταθερή ή πολύ μαλακή, δεν θα επεξεργαστεί ικανοποιητικά ή δεν θα αποδώσει το επιθυμητό σχήμα στα μπισκότα με αποτέλεσμα το τελικό προϊόν να μην είναι ικανοποιητικό (Manohar, 2002).

2.5.2. Στάδιο παραγωγής- Μέθοδοι ανάμιξης της ζύμης

Υπάρχουν τρεις κύριες μέθοδοι ανάμιξης της ζύμης μπισκότων: μονού σταδίου (single stage), πολλαπλών σταδίων (multiple stage) και συνεχής διεργασία (continuous mixing).

2.5.2.1. Μονού σταδίου

Σε αυτή τη διεργασία, όλα τα συστατικά εκτός από τα κομμάτια σοκολάτας, τα φρούτα ή τους ξηρούς καρπούς προστίθενται στο μίξερ την ίδια χρονική στιγμή και η ζύμη αναμειγνύεται σε ένα στάδιο. Η μέθοδος αυτή δεν είναι κατάλληλη όταν απαιτείται υψηλός βαθμός εγκλωβισμού αέρα στη ζύμη. Η αλληλουχία της προσθήκης των συστατικών του μίγματος πρέπει να γίνεται με ελεγχόμενο τρόπο. Κρίνεται σκόπιμη η προσθήκη των συστατικών με μικρό μέγεθος πάνω από το αλεύρι για την ομοιόμορφη ενσωμάτωση και διασπορά τους στη ζύμη.

Η αύξηση της θερμοκρασίας κατά το μονό στάδιο ανάμιξης είναι μεγαλύτερη από το πολλαπλό στάδιο εξαιτίας της ανάμιξης μεγαλύτερης μάζας στο μίξερ και της απαίτησης περισσότερου χρόνου.

Η παραγωγή ζύμης με αυτή τη μέθοδο μπορεί να προκαλέσει κάποια διόγκωση εξαιτίας της ταυτόχρονης προσθήκης όλων των ξηρών συστατικών και του νερού. Προβλήματα μπορεί να προκύψουν εξαιτίας αυτού όταν η συνταγή περιλαμβάνει υγρά συστατικά. Η αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης πραγματοποιείται με την κατάλληλη προσθήκη των ξηρών συστατικών και την βαθμιαία προσθήκη του νερού ενώ το μίξερ είναι σε λειτουργία (Kulr, 1994).

2.5.2.2. Πολλαπλών σταδίων

Η ανάμιξη με αυτή τη μέθοδο μπορεί να πραγματοποιηθεί σε δυο ή περισσότερα βήματα και βρίσκει εφαρμογή στην παραγωγή των περισσότερων τύπων μπισκότων. Αποτελεί τον πιο κατάλληλο τρόπο ανάμιξης όταν θέλουμε να επιτύχουμε τα ακόλουθα:

- Επίτευξη ομοιόμορφης διασποράς των συστατικών, κυρίως σε ευρείας κλίμακας παραγωγή.
- Επίτευξη καλής ενσωμάτωσης του αέρα στη ζύμη.
- Διευκόλυνση της ενσωμάτωσης των υψηλών επιπέδων ζάχαρης κατά την ανάμιξη.
- Μείωση του συνολικού χρόνου ανάμιξης του αλεύρου συγκριτικά με τη μέθοδο του μονού σταδίου ανάμιξης (single stage mixing method).
- Καλύτερος έλεγχος της θερμοκρασίας της ζύμης.

Το κύριο πρόβλημα αυτής της διαδικασίας είναι η ενσωμάτωση του αέρα στη ζύμη. Καθώς ο αέρας λειτουργεί ως διογκωτικό μέσο στη ζύμη, ο βαθμός στον οποίο είναι παρόν στη ζύμη επηρεάζει τόσο τις ιδιότητες της ζύμης όσο και των μπισκότων. Μεγάλη ποσότητα αέρα στη ζύμη προκαλεί ανομοιομορφία και ανεπιθύμητο πάχος οδηγώντας στην παραγωγή μπισκότων με τις ίδιες φυσικές ιδιότητες (Kulr, 1994).

2.5.2.3. Συνεχής ανάμιξη

Παρότι υπάρχουν συσκευές συνεχούς ανάμιξης, η μέθοδος αυτή είναι εφαρμόσιμη μόνο σε διεργασίες μεγάλης κλίμακας και χρησιμοποιείται γενικά σε ειδικές παραγωγές καθώς η αλλαγή τύπου ζύμης είναι δύσκολη και χρονοβόρα. Η συνεχής διεργασία ανάμιξης αποτελεί την πιο γρήγορη από τις τρεις διεργασίες.

Μετά το πέρας της ανάμιξης, η ζύμη μεταφέρεται κατευθείαν στα μηχανήματα σχηματισμού μπισκότων. Ωστόσο, ορισμένες ζύμες μπορεί να απαιτούν κάποια περίοδο «ανάπαυσης». Το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα συμβάλλει στην καλύτερη ενυδάτωση των συστατικών και στην καλύτερη διάλυση της ζάχαρης. Η κύρια αλλαγή στις φυσικές ιδιότητες της ζύμης αποδίδεται στην ενυδάτωση και στις πρωτεΐνες. Αυτές οι αλλαγές επηρεάζουν τις μηχανικές ιδιότητες χειρισμού της ζύμης. Κατά την περίοδο αναμονής, οι ζύμες γίνονται πιο συνεκτικές και μειώνεται ο κολλώδης χαρακτήρας του ιξώδους (stickiness) τους. Ο χρόνος αναμονής κυμαίνεται από 10- 30 λεπτά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 25- 28.5 °C.

2.5.3. Παράγοντες που επηρεάζουν τις ιδιότητες της ζύμης

Οι παράγοντες οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν τις ιδιότητες της ζύμης και κατεπέκταση τις ιδιότητες των μπισκότων είναι οι ακόλουθοι (Kulr, 1994):

1. Πιθανοί παράγοντες αύξησης του απλώματος (spread) των μπισκότων

- Άλευρο χαμηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη
- Άλευρο με περιεκτικότητα πρωτεΐνης χαμηλής ποιότητας
- Χρήση ζάχαρης με μικρούς κόκκους
- Χρήση υψηλής ποσότητας σιροπιού ζάχαρης
- Υψηλός βαθμός διόγκωσης
- Επιλογή μονού σταδίου ανάμειξης ή πολλαπλού σταδίου. Στο μονό στάδιο ανάμειξης παρατηρείται αύξηση του απλώματος των μπισκότων.
- Υψηλό ποσοστό υγρασίας
- Χαμηλή αρχική ή μειωμένη αύξηση της θερμοκρασίας κατά το ψήσιμο
- Χαμηλό ποσοστό λίπους: υψηλό ποσοστό ζάχαρης

2. Πιθανοί παράγοντες μείωσης του απλώματος (spread) των μπισκότων

- Άλευρο υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη
- Άλευρο με πρωτεΐνη υψηλής ποιότητας
- Ζάχαρη με μεγάλους κόκκους
- Αυξημένο ποσοστό λίπους: χαμηλό ποσοστό ζάχαρης
- Επιλογή πολλαπλού σταδίου ανάμειξης
- Χαμηλή αρχική θερμοκρασία φούρνου κατά το ψήσιμο
- Χαμηλό ποσοστό υγρασίας (νερού) που προστίθεται κατά την εκτέλεση της συνταγής
- Υψηλό ποσοστό απορρόφησης νερού από τα συστατικά (π.χ. ίνες)

Η ζύμη μπισκότων με χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπος έχει δειχθεί ότι οδηγεί στην παραγωγή σκληρών μπισκότων, όπως προσδιορίστηκε με το πείραμα τριών σημείων καμπής (Mamat, Abu & Hill, 2010). Το λίπος, επιπλέον συμβάλλει στο ιξώδες της ζύμης, επιτρέποντας της να ρέει όταν εφαρμόζεται θερμότητα (Chevallier, Colonna et al., 2000). Αντίθετα, η γλουτένη δεν φαίνεται να έχει καμία επίδραση στο ιξώδες της ζύμης. Η χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία των μπισκότων επιτρέπει στη λιπαρή ύλη που χρησιμοποιείται, να ενσωματώσει τον αέρα, με αποτέλεσμα να αυξάνεται το μέγεθος των μορίων του αέρα που εγκλωβίζονται στη ζύμη των μπισκότων - sugar snap cookies (Pareyt et al., 2009).

2.5.4. Στάδιο Ψησίματος

Η διαδικασία ψησίματος δεν μπορεί να προσαρμοστεί και να ελεγχθεί καθώς επηρεάζεται από ποικίλες θερμοκρασίες στις διάφορες ζώνες ψησίματος του κάθε φούρνου. Καθώς οι τελικές ιδιότητες των μπισκότων σχετίζονται με τη θερμοκρασία σε ένα ορισμένο σημείο ψησίματος, η σχέση αυτή μπορεί να βοηθήσει στον καθορισμό της προσαρμογής της θερμοκρασίας του φούρνου και στη βελτιστοποίηση του θερμοκρασιακού προφίλ ενός προϊόντος. Έπιπλέον, η θερμοκρασία του φούρνου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διόρθωση ορισμένων προβλημάτων, όπως η απώλεια εξέχουσας υγρασίας, μέσω της αύξησης της θερμοκρασίας του φούρνου. Ο χρόνος ψησίματος κυμαίνεται από 5 έως 20 λεπτά, ανάλογα με το είδος του μπισκότου και η θερμοκρασία του φούρνου από 180 – 200 °C.

Κατά τη διαδικασία ψησίματος, εφαρμόζεται θερμότητα στη ζύμη, με αποτέλεσμα την απομάκρυνση νερού και την πραγματοποίηση φυσικοχημικών αλλαγών. Οι μετασχηματισμοί που συμβαίνουν στο προϊόν είναι αποτέλεσμα αλληλεπιδράσεων μεταξύ των χαρακτηριστικών της ζύμης και των παραμέτρων της διαδικασίας ψησίματος (Manley, 2000). Η ζύμη των μπισκότων έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία συγκριτικά με τη ζύμη του ψωμιού και το επιστημονικό ενδιαφέρον έγκειται στη μελέτη της αλλαγής των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του αμύλου και των πρωτεϊνών (Moiraghi et al., 2011), η οποία φαίνεται να είναι αμελητέα. Οι μετασχηματισμοί που λαμβάνουν χώρα κατά το ψήσιμο περιλαμβάνουν την αύξηση του όγκου (spread of biscuits), την εξάτμιση του ύδατος, το σχηματισμό μίας πορώδους δομής, τη μετουσίωση των πρωτεϊνών, την ζελατινοποίηση του αμύλου, το σχηματισμό κρούστας και την αντίδραση αμαύρωσης (Kulr, 1994).

Στο στάδιο του ψησίματος ενσωματώνεται και το τεστ συγκράτησης (Sugar- Snap Cookie Test) το οποίο θεωρείται μια ιδιαίτερα σημαντική μέτρηση καθώς αποτελεί δείκτη της ποιότητας του αλεύρου. Το ιξώδες της ζύμης του μπισκότου μειώνεται κατά τη διάρκεια του ψησίματος προκαλώντας το άπλωμα του μπισκότου μέσα στο φούρνο και επομένως την αύξηση της διαμέτρου του. Η διάμετρος του μπισκότου ή το άπλωμα είναι ο κύριος παράγοντας ο οποίος μετράται, αν και η εμφάνιση της άνω επιφάνειας του μπισκότου είναι εξίσου σημαντική (Kulr, 1994):

2.5.5. Διαδικασία Ψύξης

Μετά το πέρας του ψησίματος τα μπισκότα πρέπει να κρυώσουν με έναν ελεγχόμενο ρυθμό σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον. Παρόλ' αυτά, αυτή η διεργασία δεν είναι το ίδιο κρίσιμη για όλους τους τύπους μπισκότων. Τα μαλακού τύπου μπισκότα αφήνονται να κρυώσουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος χωρίς να έχει κάποια επίπτωση στην δομή τους και στην συνέχεια συσκευάζονται. Αντίθετα τα τραγανά τύπου μπισκότα κρυώνουν υπό ελεγχόμενες συνθήκες, δηλαδή ελέγχεται η θερμοκρασία και η υγρασία για τη διατήρηση της τραγανότητας. Επομένως, οι ακατάλληλες συνθήκες κατά την διαδικασία ψύξης των μπισκότων επηρεάζουν την υφή, την τραγανότητα το σχήμα και τη δομή τους.

Όσον αναφορά τα προβλήματα τα οποία μπορούν να προκύψουν εξαιτίας της διαδικασίας της ψύξης στα τραγανά τύπου μπισκότα αναφέρονται τα εξής:

1. **Διάρρηξη της δομής των μπισκότων (*checking*):** Οφείλεται στον υπερβολικά υψηλό ρυθμό ψύξης. Πρόκειται για μικρό βαθμό ρήξης ο οποίος οφείλεται σε ταχεία ψύξη και μπορεί να παράγει εσωτερικές ρωγμές οι οποίες δεν είναι ανιχνευσιμες εξωτερικά. Οι εσωτερικές αυτές ρωγμές οδηγούν σε περαιτέρω θραύση κατά την συσκευασία και την αποθήκευση. Η διόρθωση αυτής της κατάστασης πραγματοποιείται με την μείωση του ρυθμού ψύξης μέσω της αύξησης της θερμοκρασίας και/ ή τη μείωση της ροής του αέρα στο προϊόν (Cauvain and Young, 2001).

2. **Απώλεια τραγανότητας:** Οφείλεται είτε σε ανεπαρκή ψύξη ή σε υπερβάλλουσα έκθεση στο περιβάλλον κυρίως με αυξημένη υγρασία. Ένα μέρος της υγρασίας του μπισκότου χάνεται στα αρχικά στάδια της ψύξης. Με στόχο την παραγωγή μπισκότων επιθυμητής υγρασίας, όλη η διαδικασία πρέπει να βελτιστοποιηθεί για την βέλτιστη απώλεια υγρασίας. Πιο ειδικά, προσοχή πρέπει να δοθεί στο χρόνο ψύξης και στη θερμοκρασία του προϊόντος κατά την συσκευασία δεδομένου ότι έχουμε αέρα σταθερής ταχύτητας και υγρασίας (Cauvain and Young, 2006).

2.5.6. Διαδικασία Ολοκλήρωσης

Μετά το πέρας της ψύξης τα μπισκότα μπορούν είτε να συσκευαστούν ή να υποστούν τις τελικές διεργασίες οι οποίες βελτιώνουν τη γεύση και την εμφάνιση τους.

Τυπικές τελικές διεργασίες επεξεργασίας είναι η διακόσμηση, η επικάλυψη και η κάλυψη με γλάσο.

2.5.7. Συσκευασία

Πριν την ολοκλήρωση της γραμμής παραγωγής μέσω της συσκευασίας των μπισκότων πραγματοποιείται αξιολόγηση συγκεκριμένων παραμέτρων όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.4. Ανάλογα με το αν τα μπισκότα πληρούν τις επιθυμητές ιδιότητες της εκάστοτε βιομηχανίας πραγματοποιείται ολοκλήρωση της διαδικασίας παραγωγής.

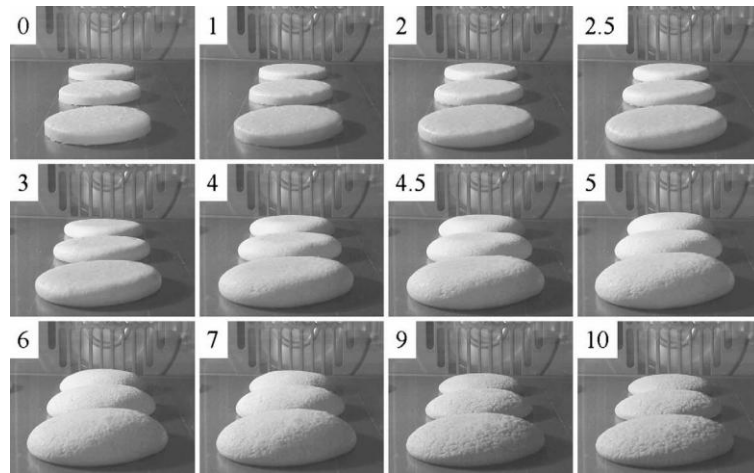
Πίνακας 2.4.: Αξιολόγηση μπισκότων ως τελικά προϊόντα (Kulpr, 1994):

Εξωτερικοί παράμετροι	Περιγραφικοί Όροι
Χρώμα κρούστας	Ανοιχτό, σκούρο (light, dark)
Υφή κρούστας	Απαλή, σκληρή
Εμφάνιση επιφάνειας	Ελκυστική, ανεπαρκής
Απλωμα: διάμετρος	Αριθμητική Έκφραση
Πάχος	Αριθμητική Έκφραση
Ομοιομορφία σχήματος	Ομοιόμορφο, μη- ομοιόμορφο
Εσωτερικοί παράμετροι	Περιγραφικοί Όροι
Δομή ψίχας	Συμπαγής, μη συμπαγής
Χρώμα ψίχας	Ανοιχτό, σκούρο
Τραγανότητα/ Μαλακότητα	Σκληρό, μαλακό
Χαρακτηριστικά μύσησης	Εύθρυπτο, ξηρό, κολλώδες
Γεύση	Ευχάριστη, δυσάρεστη, άγνωστη
Άρωμα	Ευχάριστο, δυσάρεστο: δυνατό, αδύναμο

2.6. Φαινόμενα που παρατηρούνται στα μπισκότα

2.6.1. Διόγκωση- Leavening

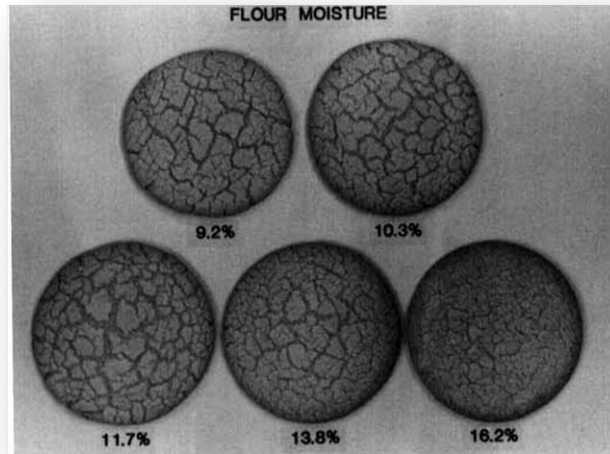
Η διόγκωση των μπισκότων είναι αποτέλεσμα της εφαρμογής του ατμού κατά το ψήσιμο και του CO₂ που προκύπτει από την διάσπαση της διττανθρακικής σόδας. Η σόδα προστίθεται στην ζύμη των μπισκότων για να αυξήσει το pH αλλά και για την διόγκωση των μπισκότων μέσω της απελευθέρωσης CO₂ εντος του φούρνου. Η αύξηση του pH φαίνεται να έχει ανασταλτική επίδραση στις αντιδράσεις που επηρεάζουν τη δομή και το τελικό προϊόν μπορεί να έχει χαμηλότερο ύψος (Kulpr, 1994). Επομένως, η διόγκωση στα μπισκότα προκαλεί δυο αποτελέσματα: α. Αύξηση του τελικού όγκου του μπισκότου και β. Μια αλλαγή στον παράγοντα απλώματος (Spread Factor).



Σχήμα 2.1. Αύξηση μεγέθους μπισκότων κατά τη διάρκεια ψήσιματος από 0 έως 10 λεπτά (Mehri Hadi Nezhad, Butler, 2009).

2.6.2. Φαινόμενο Cracking

Κατά το ψήσιμο των μπισκότων πραγματοποιείται απώλεια υγρασίας η οποία επιδρά στην τελική εμφάνιση των μπισκότων. Πιο συγκεκριμένα, όταν τα μπισκότα αρχίζουν να ψήνονται, η εξωτερική επιφάνεια τους ξηραίνεται και δημιουργούνται ραβδώσεις και σπασίματα. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται cracking και επηρεάζεται σημαντικά από το ποσοστό υγρασίας του αλεύρου που χρησιμοποιείται για την παραγωγή της ζύμης. Λόγου χάρη, σε άλευρα με χαμηλό ποσοστό υγρασίας παρατηρείται έντονο το φαινόμενο αυτό κατά το ψήσιμο των μπισκότων. Επιπλέον, η ύπαρξη σουκρόζης μπορεί να αυξήσει το φαινόμενο cracking. Οι Doescher και Hosenev (1985), συμπέραναν ότι κατά τη διάρκεια του ψήσιματος, η σουκρόζη που υπάρχει στην επιφάνεια των μπισκότων κρυσταλλοποιείται προκαλώντας ξήρανση της άνω επιφάνειας και τη δημιουργία ραγισμάτων.



Σχήμα 2.2.: Επίδραση της υγρασίας αλεύρου στην επιφάνεια σπασίματος (Doeschel και Hosenev 1985).

2.6.3. Παράγοντας απλώματος- Spread Factor

Ως Spread Factor ορίζεται ο λόγος του πλάτους προς το ύψος του μπισκότου. Είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την βιομηχανία μπισκότων και υπάρχουν συγκεκριμένα όρια απαραίτητα για την στίβαξη και συσκευασία των μπισκότων. Συνήθως, προσαρμογή στην ποσότητα της ζάχαρης που χρησιμοποιείται στην συνταγή πραγματοποιείται για να έχουν τα μπισκότα το κατάλληλο πλάτος (spread). Το ύψος είναι λιγότερο προσαρμόσιμο, αν και ορισμένοι συνδυασμοί διογκωτικών αυξάνουν το ύψος χωρίς να επηρεάζουν ιδιαίτερα το πλάτος των μπισκότων. Το πλάτος μπορεί να επηρεαστεί επίσης από την χλωρίωση του αλεύρου, την προσθήκη γαλακτοματοποιητών στην ζύμη ή από τη χρήση συγκεκριμένων ενζύμων (Kulr, 1994).

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1. Υλικά

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή μπισκότων είναι οι εξής:

- Άλευρο Σίτου Μπισκοτοποιίας
- Άλευρο Σίτου Ολικής (control/ Jet Mill)
- Κρυσταλλική ζάχαρη (EBZ)
- Φοινικέλαιο

- Αλάτι
- Διτανθρακική Σόδα
- Κρεμόριο
- Μηλικό οξύ
- Νερό

3.2. Συνταγή

Για κάθε συνταγή χρησιμοποιήθηκαν 200 g αλεύρου. Η ποσότητα των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των μπισκότων καθώς και το ποσοστό τους επί του αλεύρου παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Υλικά παρασκευής των μπισκότων.

Υλικά
Κρυσταλλική ζάχαρη
Φοινικέλαιο
Αλάτι
Διτανθρακική Σόδα
Κρεμόριο
Νερό
Μηλικό Οξύ

3.3. Άλεση Αλεύρων

Η προμήθεια του αλεύρου μπισκοτοποιίας (BF) και του αλεύρου ολικής άλεσης (WWF) πραγματοποιήθηκε από την εταιρεία Μύλοι Λούλη Α.Ε. Το αλεύρι ολικής αλέσεως κονιορτοποιήθηκε με μύλο άλεσης (Model 0101S Jet-O-Mizer Milling, Fluid Energy Processing and Equipment Company, Telford, Pennsylvania, USA) χρησιμοποιώντας τέσσερις διαφορετικές συνθήκες. Στον Πίνακα 3.2. παρουσιάζονται οι διαφορετικές συνθήκες άλεσης.

Πίνακας 3.2.: Συνθήκες άλεσης αλεύρου σίτου ολικής.

Συνθήκη	Πίεση αέρα (bar)	Ρυθμός Τροφοδότησης(kg/h)	Ανατροφοφότηση	Συντόμευση
C1	4	4.51	Όχι	FC1
C2	8	5.18	Όχι	FC2
C3	8	2.54	Ναι	FC3
C4	8	0.67	Όχι	FC4

3.4. Παρασκευή Μπισκότων

Για την πραγματοποίηση της πειραματικής διαδικασίας, αρχικά ζυγίστηκαν και προστέθηκαν στον κάδο του αναμίκτη (Hobart Mixer, Hobart N50, Hobart Co., Troy, OH, USA) το φοινικέλαιο, το νερό, η ζάχαρη, το αλάτι, η διτανθρακική σόδα και το μηλικό οξύ στις ποσότητες που αναφέρονται στον Πίνακα 3.1. Στην συνέχεια, έγινε ανάμιξη για 3 λεπτά σε μεσαία ταχύτητα (475 rpm). Σημειώνεται ότι, το φοινικέλαιο, που χρησιμοποιήθηκε βρισκόταν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, 27 °C, για να είναι δυνατός ο χειρισμός του στη ζύμη αλλά και η διατήρηση της δομής του.

Μετά το πέρας των 3 λεπτών προστέθηκε στον κάδο του αναμίκτη το αλεύρι (στα αντίστοιχα ποσοστά) και το κρεμόριο και αναμίχθηκαν για 3 λεπτά σε μεσαία ταχύτητα (475 rpm). Ακολούθησε τοποθέτηση της ζύμης σε ειδικό ταψί, άπλωμα της σε πάχος 7mm με πλάστη και παρασκευή μπισκότων με στρογγυλα κου – πάτ διαμέτρου 6 cm.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε ψήσιμο σε φούρνο αέρα στους 190 °C για 10 λεπτά. Στην συνέχεια τα μπισκότα αφέθηκαν να κρυώσουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για 30 λεπτά και έγινε μέτρηση των διαστάσεων τους, του χρώματος, της υγρασίας και της σκληρότητας. Τα μπισκότα που απέμειναν αποθηκεύθηκαν σε ειδικά πλαστικά σακουλάκια που κλείνουν αεροστεγώς και χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση της μεταβολής της υγρασίας και της σκληρότητας κατά την αποθήκευση τους σε συνθήκες περιβάλλοντος στις μέρες αποθήκευσης: 3^η, 7^η, 14^η και 30^η ημέρα.

3.4.1. Δείγματα Μπισκότων

Για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας παρασκευάστηκαν 26 διαφορετικές συνταγές μπισκότων. Σε πρώτη φάση παρασκευάστηκε η συνταγή όπως δίνεται παραπάνω με 100% αλεύρι σίτου μπισκοτοποιίας. Στη συνέχεια το αλεύρι μπισκοτοποιίας υποκαταστάθηκε με αλεύρι ολικής περασμένο από το μύλο άλεσης σε ένα ποσοστό 18,5, 30, 50, 80 και 100%. Οι υποκαταστάσεις διεξήχθησαν για όλες τις συνθήκες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Στον Πίνακα 3.3. γίνεται περιγραφή των δειγμάτων που παρασκευάστηκαν.

Τα μπισκότα που παρασκευάστηκαν με WWF και με BF στα διάφορα ποσοστά αποτέλεσαν τα τυφλά δείγματα και χρησιμοποιήθηκαν ως μέτρο σύγκρισης για τη μελέτη και αξιολόγηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων που αναλύθηκαν.

Πίνακας 3.3.: Περιγραφή δειγμάτων μπισκότων.

Κωδικός Δείγματος	Ποσοστό αλεύρου Ολικής (%)	Ποσοστό Αλεύρου Σίτου Μπισκοτοποιίας (%)
Control Ολικής		
WWF18	18.5	81.5
WWF30	30	70
WWF50	50	50
WWF80	80	20
WWF100	100	0
Μίγμα J.M.100%Rate, 4Bar		
FC1-18	18.5	81.5
FC1-30	30	70
FC1-50	50	50
FC1-80	80	20
FC1-100	100	0
Μίγμα J.M.100% Rate, 8Bar		
FC2-18	18.5	81.5
FC2-30	30	70
FC2-50	50	50
FC2-80	80	20
FC2-100	100	0
Μίγμα J.M.100% Rate, 8Bar Ανατροφοδότηση		
FC3-18	18.5	81.5
FC3-30	30	70
FC3-50	50	50
FC3-80	80	20
FC3-100	100	0
Μίγμα J.M.70% Rate, 8Bar		
FC4-18	18.5	81.5
FC4-30	30	70
FC4-50	50	50
FC4-80	80	20

FC4-100	100	0
Control Μπισκοτοποιίας		
BF	0	100

3.5 Συσκευές και Όργανα

- Μύλος άλεσης με αέρα (Jet mill)
- Φαρινογράφος Hancocry - Brabender
- Ηλεκτρονικός ζυγός ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων (KERN 770)
- Ηλεκτρονικός ζυγός (Percisa 6100 SuperBal-servis)
- Αναμίκτης (Hobart N50, Hobart Co., Troy, OH, USA)
- Φούρνος Αέρα
- Φούρνος (Memmert)
- Μηχάνημα μέτρησης αντοχής (Universal Testing Machine Instron 1011)
- Χρωματόμετρο (Minolta CR/200)
- Scanner (HP scanjet 4370, Hewlett-Packard)

3.5.1. Jet Milling - Άλεση με Πεπιεσμένο Αέρα Υψηλής Ενέργειας

Η χρήση του jet mill αποτελεί μια νέα τεχνολογία άλεσης. Πρόκειται για μία τεχνική κρούσης- άλεσης με πεπιεσμένο αέρα μέσω της χρήσης υψηλής πίεσης αερίων. Συνήθως, γίνεται χρήση αέρα και σκοπός είναι η δημιουργία λεπτόκοκκων σωματιδίων σε επίπεδο μικρο-κλίμακας < 40 μικρά (Chamayou and Dodds, 2007) ενώ παράλληλα παρατηρείται αξιοσημείωτη επίδραση επί των χαρακτηριστικών του αλεύρου σίτου (Protonotariou et al., 2014).

Ο αέρας είναι σε χαμηλή θερμοκρασία συνεπώς η θερμοκρασία του προϊόντος που επεξεργάζεται δεν αυξάνεται. Η τριβή από τις κρούσεις των σωματιδίων και την επαφή με το θάλαμο άλεσης αντισταθμίζεται από την επίδραση της ψύξης του αέρα. Οι πιο σημαντικές παράμετροι είναι ο ρυθμός τροφοδοσίας του αέρα και ο ρυθμός τροφοδοσίας του προϊόντος κατά τη λειτουργία του μύλου. Πιο συγκεκριμένα, η αύξηση της ογκομετρικής παροχής του αέρα και η μείωση του ρυθμού τροφοδοσίας του προϊόντος μειώνουν το μέσο μέγεθος των παραγόμενων σωματιδίων. Επιπλέον, όσο αυξάνεται η ταχύτητα του αέρα τόσο αυξάνεται η ταχύτητα των σωματιδίων και ο ρυθμός που σπάνε.

Η τεχνολογία αυτή, βρίσκει εφαρμογή σε θερμοευαίσθητα και εύθρυπτα υλικά με μέγεθος σωματιδίων 1-10 μm σε κρυσταλλική ή εύθρυπτη μορφή με σκοπό την παραγωγή υπέρ-λεπτών σωματιδίων (ultra-fine powder) αλλά και σε προ-αλεσμένα δείγματα για περαιτέρω άλεση. Τα βασικά πλεονεκτήματα αυτής της διεργασίας είναι ότι επιτυγχάνει μικρά μεγέθη σωματιδίων με ταυτόχρονα μικρό εύρος μέσης κοκκομετρίας (Heng, 2000).

Τέλος, η χρήση του jet milling, έγκειται στην παραγωγή αλεσμάτων με βελτιωμένες λειτουργικές ιδιότητες. Πιο ειδικά, οδηγεί στην παραγωγή αλεύρων με καλύτερη ενσωμάτωση σε μίγματα διατηρώντας ή και αυξάνοντας την βιοδιαθεσιμότητα των βιοενεργών συστατικών που περιέχουν (ινών, ιχνοστοιχείων, βιταμινών) οδηγώντας τελικά στην παραγωγή προϊόντων με πιθανά καλύτερα οργανοληπτικά και διατροφικά χαρακτηριστικά.

3.5.2. Φαρινογράφος Hancocry - Brabender -Προσδιορισμός των ρεολογικών χαρακτηριστικών των διαφόρων δειγμάτων αλεύρου

Ο προσδιορισμός των ρεολογικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων αλεύρου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση Φαρινογράφου Hancocry - Brabender στα πλαίσια συνεργασίας με τη βιομηχανία μπισκότων και ειδών διατροφής ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Ε.Ι. Α. Ε.

Η αρχή λειτουργίας του οργάνου βασίζεται στη δύναμη που χρειάζονται οι δύο σιγμοειδείς μαχαιρωτοί βραχίονες του ζυμωτηρίου για να περιστραφούν με σταθερή ταχύτητα μέσα στη μάζα του ζυμαριού που έχει καθορισμένη αρχική σύσταση. Ειδικότερα μας πληροφορεί για την ικανότητα του αλεύρου στην απορρόφηση νερού και την αντοχή του ζυμαριού στην μηχανική καταπόνηση κατά την κατεργασία (Brabender, 1986). Όσο προχωραει η εξέταση, η δύναμη που απαιτείται μεταβάλλεται ανάλογα, με τη φύση του εξεταζόμενου αλεύρου. Η απαιτούμενη δύναμη μετριέται με δυναμόμετρο που συνδέεται με ζυγό και ηλεκτρονικό υπολογιστή. Το δημιουργούμενο διάγραμμα ονομάζεται Φαρινογράφημα. Ο Φαρινογράφος αποτελεί ένα πρότυπο ζυμωτήριο χωρητικότητας 300g αλεύρου συνδεδεμένο με μηχανισμό που καταγράφει την αντίσταση που εκδηλώνεται από το ζυμάρι κατά την ανάμειξή του.

Πάνω από το ζυμωτήριο είναι στερεωμένη προχοϊδα για την προσθήκη νερού στο αλεύρι που βρίσκεται στο ζυμωτήριο. Τα αποτελέσματα λαμβάνονται υπό μορφή διαγράμματος στο οποίο ο οριζόντιος άξονας είναι βαθμολογημένος σε λεπτά (min) και

ο κάθετος άξονας σε μονάδες Brabender (BU) που αναφέρονται και ως φαρινογραφικές μονάδες (FU).

Αξιολόγηση του φαρινογραφήματος

α) Απορρόφηση (%): Είναι το ποσοστό (επί αλεύρου) του νερού που χρειάζεται για να φτάσει το ζυμάρι σε συνεκτικότητα 500 FU (ή BU).

β) Χρόνος άφιξης: Είναι ο χρόνος σε λεπτά (min) που χρειάζεται η κορυφή του φαρινογραφήματος να φτάσει την γραμμή των 500 FU. Ο χρόνος άφιξης είναι μέτρο της ταχύτητας με την οποία προσλαμβάνεται το νερό από το αλεύρι και όσο μεγαλύτερος είναι τόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη του αλεύρου.

γ) Χρόνος ανάπτυξης της ζύμης: Είναι ο χρόνος σε λεπτά (min) από την αρχή του φαρινογραφήματος μέχρι το σημείο της μέγιστης συνεκτικότητας.

δ) Σταθερότητα: Είναι η διαφορά μεταξύ του χρόνου άφιξης και του χρόνου αναχώρησης, δηλαδή του χρόνου κατά τον οποίο η κορυφή της καμπύλης εγκαταλείπει τις 500 FU. Δείχνει την αντοχή του ζυμαριού στη μηχανική καταπόνηση από το ζυμωτήριο.

ε) Φαρινογραφική πτώση: Είναι η απομάκρυνση της καμπύλης από τις 500 FU ύστερα από ορισμένο χρονικό διάστημα συνεχούς ανάμειξης που μετριέται από την στιγμή που η καμπύλη φθάσει στο μέγιστο. Μετριέται σε FU (ή BU) και δείχνει την εξασθένηση του ζυμαριού εξ' αιτίας της μηχανικής καταπόνησης

στ) Δείκτης Ελαστικότητας (Elasticity Index): Ο Δείκτης Ελαστικότητας είναι ο λόγος του εύρους του φαρινογραφήματος στα 20 λεπτά ζυμώματος δια το εύρος του φαρινογραφήματος την στιγμή του χρόνου ανάπτυξης. Ένα αλεύρι που επιδεικνύει μεγάλο δείκτη ελαστικότητας, περιέχει γλουτένη καλής ποιότητας ή πολύ ανθεκτική στην μηχανική καταπόνηση.

ζ) Δείκτης Ανοχής Ζυμώματος, Mixing Tolerance Index (MTI): Ο MTI είναι ο αριθμός σε μονάδες Brabender, από την κορυφή του φαρινογραφήματος την στιγμή του χρόνου ανάπτυξης μέχρι την κορυφή του φαρινογραφήματος 5 λεπτά μετά τον χρόνο ανάπτυξης. Άλευρα που έχουν μικρό MTI είναι ανθεκτικά στο ζύμωμα και επομένως διατηρούν τις ιδιότητές τους για περισσότερο χρόνο μετά την ανάπτυξη (Blokma, 1974).

3.5.3. Universal Testing Machine Instron

Ο προσδιορισμός του φαινομενικού ιξώδους της ζύμης και της αντοχής των μπισκότων πραγματοποιήθηκε με το Μηχάνημα Καταπόνησης Υλικών (Universal Testing Machine- Instron Model 1011, Massachusetts, USA). Συγκεκριμένα, για τη ζύμη πραγματοποιήθηκε τεστ συμπίεσης ενώ για τα μπισκότα τεστ κάμψης. Μέσω του οργάνου αυτού εφαρμόστηκε η απαραίτητη δύναμη συμπίεσης στο εκάστοτε δείγμα και καταγράφηκε η μεταβολή αντίστασης. Πιο συγκεκριμένα, το δείγμα τοποθετήθηκε σε ειδικό χώρο στο οποίο πραγματοποιήθηκε η μέτρηση με κατερχόμενο έμβολο. Ανάλογα με το είδος του δείγματος (ζύμη ή μπισκότο) αλλάζει το σχήμα του εμβόλου, η διάμετρος του και ταχύτητα καθόδου.

3.5.4. Χρωματόμετρο Minolta C-R 200 - Προσδιορισμός Χρώματος

Ο προσδιορισμός του χρώματος της ζύμης και των μπισκότων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του χρωματόμετρου Minolta C-R 200 (Minolta Company, Chuo-ku, Osaka, Ιαπωνία) το οποίο είναι χρωματόμετρο χειρός. Ο προσδιορισμός του χρώματος των δειγμάτων δίνεται από τις παραμέτρους L, a ,b (Hunter), όπου το κόκκινο χρώμα αντιστοιχεί στο (+a), το πράσινο χρώμα στο (-a), το κίτρινο χρώμα στο (+b), το μπλε χρώμα στο (-b) και το L σχετίζεται με την φωτεινότητα του χρώματος.

Για την πραγματοποίηση μετρήσεων απαιτείται η βαθμονόμηση του οργάνου η οποία γίνεται με τη χρήση λευκής πλάκας αναφοράς Minolta που αποτελεί πρότυπο αντανακλαστικότητας.

3.5.5. Ξηραντήρας Memmert - Προσδιορισμός Υγρασίας Μπισκότων

Για τον προσδιορισμό της υγρασίας στα διάφορα δείγματα μπισκότων που παρασκευάστηκαν χρησιμοποιήθηκε ο ξηραντήρας με ρεύμα αέρα Memmert. Πιο ειδικά, πρόκειται για έναν απλού τύπου ξηραντήρα που λειτουργεί με ρεύμα αέρα και χρησιμοποιείται κυρίως σε εργαστήρια και σε βιομηχανίες μικρής κλίμακας.

3.6. 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.

3.6.1. Προσδιορισμός Ικανότητας Συγκράτησης Ύδατος (Water Holding Capacity)

Για τον προσδιορισμό της ικανότητας συγκράτησης ύδατος των διαφόρων δειγμάτων αλεύρου ακολουθήθηκε η μέθοδος 925.310, AOAC, η οποία περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

- Ζύγιση 0,5 g αλεύρου (όλων των δειγμάτων) με ακρίβεια τριών δεκαδικών ψηφίων μέσα σε δοκιμαστικό σωλήνα και καταγραφή του βάρους του δείγματος (W_0) αλλά και του βάρους του δοκιμαστικού σωλήνα με το δείγμα (W_1).
- Προσθήκη 5 ml απιονισμένου νερού με σιφώνιο σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα.
- Ανάδευση των σωλήνων με Vortex στα 40 Hz για 2 min και αναμονή για 30 min.
- Φυγοκέντρηση στις 3500 rpm (90%) για 30 min.
- Απόχυση του υπερκείμενου υγρού και ζύγιση των σωλήνων (W_2).

Για κάθε δείγμα πραγματοποιήθηκαν τρεις επαναλήψεις. Ο προσδιορισμός έγινε με βάση τον τύπο 3.2. και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως g νερού/g στερεού.

$$WHC(\%) = \frac{W_2 - W_1}{W_0} \cdot 100 \quad (3.1.)$$

3.6.2. Προσδιορισμός των ρεολογικών χαρακτηριστικών των διαφόρων δειγμάτων αλεύρου

Για τον προσδιορισμό των ρεολογικών χαρακτηριστικών των διαφόρων δειγμάτων αλεύρου ακολουθήθηκε η μέθοδος AACC Method 54-21, η οποία περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

- Ζύγιση 300 g αλεύρου (όλων των δειγμάτων) με ακρίβεια τριών δεκαδικών ψηφίων (14 % υγρασία) και τοποθέτηση στο κατάλληλο δοχείο του φαρινογράφου.
- Προσθήκη νερού στο αλεύρι από την προχοΐδα του φαρινογράφου και εκκίνηση λειτουργίας του μηχανήματος.
- Ανάμειξη και σχηματισμός της ζύμης με παράλληλη καταγραφή της καμπύλης αντίστασης στην οθόνη του υπολογιστή.

Η ποσότητα του νερού που προστέθηκε (απορρόφηση) επηρεάζει τη θέση της καμπύλης. Λιγότερο νερό αυξάνει τη συνοχή της ζύμης και η καμπύλη κινείται προς τα πάνω. Η καμπύλη μίξης έχει ανοδική πορεία μέχρι ένα μέγιστο σημείο και στη συνέχεια πέφτει αργά. Για να είναι δυνατή η σύγκριση φαρινογραφημάτων από διαφορετικά δείγματα, το μέσο εύρος ζώνης του φαρινογράφου στη μέγιστη αντίσταση είναι στη γραμμή των 500-BU.

3.6.3. Προσδιορισμός Υγρασίας Μπισκότων

Για τον προσδιορισμό της υγρασίας των μπισκότων κατά την αποθήκευση τους ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία (AACC44-15 A, 1999):

- Τοποθέτηση γυάλινων φιαλιδίων ξήρανσης σε κλίβανο στους 100°C για 3 ώρες ώστε να απομακρυνθεί η υπάρχουσα υγρασία.
- Τοποθέτηση των φιαλιδίων σε ξηραντήριο με αφυγραντικό μέσο (P₂O₅) για να κρυσώσουν.
- Ζύγιση των φιαλιδίων σε ζυγό ακριβείας τριών δεκαδικών ψηφίων ώστε να προσδιοριστεί το απόβαρό τους.
- Άλεση των διαφόρων δειγμάτων μπισκότων με γουδί και ζύγιση περιπού 1g δείγματος εντός των φιαλιδίων.
- Τοποθέτηση των γυάλινων φιαλιδίων στον ξηραντήρα Memmert για 3 h.
- Τοποθέτηση των φιαλιδίων σε ξηραντήριο με αφυγραντικό μέσο (P₂O₅) για να κρυσώσουν και ζύγιση τους.

Για κάθε δείγμα πραγματοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις. Από την απώλεια βάρους υπολογίστηκε η περιεχόμενη υγρασία και εκφράστηκε ως % σε ξηρή βάση.

3.6.4. Προσδιορισμός διαστάσεων

Ο προσδιορισμός του ύψους και του πλάτους των μπισκότων πραγματοποιήθηκε την ίδια μέρα που παράχθηκαν και αφού κρύωσαν για 30 λεπτά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Το πλάτος των μπισκότων υπολογίστηκε από την παράταξη 6 μπισκότων κάθε δείγματος σε αριθμημένη κλίμακα και με παράλληλη περιστροφή τους κατά 90 μοίρες καταγράφηκαν έξι μετρήσεις και υπολογίστηκε το πλάτος ως ο μέσος όρος των μετρήσεων.

Όσον αναφορά το πάχος, έξι μπισκότα από το κάθε δείγμα τοποθετήθηκαν το ένα πάνω στο άλλο και με αναδιάταξη τους έγιναν έξι μετρήσεις και υπολογίστηκε το πάχος ως ο μέσος όρος των μετρήσεων. Ο παράγοντας απλώματος (Spread factor) υπολογίστηκε με την εξίσωση (3.3) σύμφωνα με την μέθοδο AACC 10-50D (AACC, 2000a).

$$SF=W/T \quad (3.2)$$

3.6.5. Μετρηση Χρώματος

Ο προσδιορισμός του χρώματος της ζύμης των μπισκότων με το χρωματόμετρο Minolta πραγματοποιήθηκε μέσω της τοποθέτησης της ζύμης σε διαφανή καλιππίδα και μετά την βαθμονόμηση του οργάνου πριν την μέτρηση κάθε δείγματος. Πραγματοποιήθηκαν και καταγράφηκαν τρεις μετρήσεις για κάθε δείγμα.

Όσον αναφορά τα μπισκότα, ο προσδιορισμός του χρώματος με το χρωματόμετρο έγινε στο κέντρο και στις δύο επιφάνειες κάθε δείγματος. Από κάθε συνταγή πραγματοποιήθηκε μέτρηση σε έξι μπισκότα για τον ακριβή προσδιορισμό και την αξιοπιστία των μετρήσεων. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα πραγματοποιούνταν βαθμονόμηση του χρωματόμετρου. Επιπλέον, μέτρηση του χρώματος πραγματοποιήθηκε κατόπιν της σάρωσης των μπισκότων μέσω του προγράμματος Image Pro Plus 1.3. Για κάθε δείγμα μετρήθηκαν έξι μπισκότα και στόχος ήταν η σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις δύο μεθόδους.

3.6.6. Προσδιορισμός Φαινομενικού ιξώδους ζύμης (Apparent biaxial extensional viscosity)

Για την παρασκευή των δειγμάτων ζύμης για τον συγκεκριμένο προσδιορισμό, η ζύμη τοποθετήθηκε σε ειδικό ταψί, απλώθηκε με τη βοήθεια πλάστη σε πάχος 1 cm και τα δείγματα ζύμης κόπηκαν με στρογγυλα κου – πάτ διαμέτρου 4 cm. Επομένως, τα τελικά δείγματα ζύμης είχαν κυλινδρικό σχήμα διαμέτρου 4 cm και ύψους 1 cm. Το φαινομενικό ιξώδες (Apparent biaxial extensional viscosity, ABEV) της ζύμης μετρήθηκε χρησιμοποιώντας το όργανο Instron (Universal Testing Machine, Μοντέλο 1100, Massachusetts, USA) σύμφωνα με τη μέθοδο των HadiNezhad και Butler, (2009). Η ζύμη των μπισκότων τοποθετήθηκε σε ένα δίσκο, και ένα κατερχόμενο έμβολο (500 N) με ταχύτητα εγκάρσιας κεφαλής 10 mm / min συμπίεσε τη ζύμη στο 75% του αρχικού ύψους. Η πρώτη δοκιμή διεξήχθη 90 λεπτά μετά το πέρας της παρασκευής της ζύμης

και ο μέσος όρος τριών επαναλήψεων του κάθε δείγματος καταγράφηκε. Το φαινομενικό ιξώδες της ζύμης υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$ABEV = 2F_t h_t / \pi R^2 v \quad (3.3)$$

Όπου F_t είναι η δύναμη συμπίεσης (N) στο χρόνο t , H_t είναι το ύψος του δείγματος της ζύμης (m) στο χρόνο t , R είναι η αρχική ακτίνα (m) του δείγματος και v είναι η ταχύτητα κεφαλής (m / s).

3.6.7. Δοκιμή τριών σημείων σπασίματος

Ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών υφής των μπισκότων εκτιμήθηκε με ένα τεστ τριων σημείων, με το όργανο Instron. Το κάθε μπισκότο τοποθετήθηκε στην κατάλληλη υποδοχή του οργάνου και «σπάστηκε» από έμβολο μήκους 5 cm και ύψους 4,65 cm κατερχόμενο με ταχύτητα 10 mm/ min. Η ένδειξη δύναμης του οργάνου (Newton), η οποία αντιπροσωπεύει τη σκληρότητα, εκφράζει την δύναμη σπασίματος. Πραγματοποιήθηκαν τρεις επαναλήψεις για κάθε δείγμα μπισκότου στις ακόλουθες μέρες αποθήκευσης 1η, 3η, 7η, 14η και 30η.

3.6.8. Προσδιορισμός των γεωμετρικών διαστάσεων μπισκότων με χρήση λογισμικού επεξεργασίας εικόνας

Η μέτρηση των γεωμετρικών διαστάσεων των μπισκότων πραγματοποιήθηκε κατόπιν της σάρωσης τους (άνω και κάτω επιφάνειας) και την αποθήκευση τους σε υπολογιστή και μέσω της επεξεργασίας με το πρόγραμμα Image Pro Plus 1.3. Για κάθε δείγμα μετρήθηκαν έξι μπισκότα. Πιο ειδικά οι παράμετροι οι οποίοι καταγράφηκαν ήταν: η περίμετρος, η μεση διάμετρος και η ετερογένεια.

3.7. Οργανοληπτική αξιολόγηση των μπισκότων με κλίμακα αρεσκειάς

Ως οργανοληπτική αξιολόγηση ορίζουμε τον επιστημονικό έλεγχο που χρησιμοποιείται για να μετρήσει, να αναλύσει και να μεταφράσει τις αντιδράσεις των χαρακτηριστικών των τροφίμων και των υλικών τους, όπως αυτά γίνονται αντιληπτά από τις αισθήσεις της όρασης, της όσφρησης, της γεύσης, της αφής και της ακοής. Ο οργανοληπτικός έλεγχος στη βιομηχανία τροφίμων διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην αποδοχή ενός προϊόντος από τον καταναλωτή. Εφαρμόζεται σε διάφορα στάδια της ανάπτυξης ενός προϊόντος και συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας του, στον

έλεγχου τήρησης των προδιαγραφών του και στην παρακολούθηση του συστήματος ελέγχου ποιότητας.

Ο οργανοληπτικός έλεγχος συνίσταται από την παρουσίαση ενός ερεθίσματος σε ένα άτομο και την καταγραφή της αντίδρασής του. Η αντίδραση αυτή, είτε εκφράζεται απευθείας ή μετατρέπεται σε κάποια αριθμητική μορφή ώστε να αναλυθεί στατιστικά.

Οι δοκιμαστές (sensory panel), τα άτομα δηλαδή που συμμετέχουν στον οργανοληπτικό έλεγχο, θεωρούνται επιστημονικά όργανα και η οργανοληπτική αξιολόγηση που πραγματοποιούν βασίζεται είτε στην αντικειμενική, είτε στην υποκειμενική κρίση τους. Πιο συγκεκριμένα, όταν γίνεται μέτρηση της έντασης φυσικών χαρακτηριστικών (π.χ. μαλακό, πικρό, πυκνό) η αξιολόγηση βασίζεται στην αντικειμενική κρίση των δοκιμαστών, ενώ η μέτρηση της έντασης της προτίμησης οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (π.χ. πόσο αρεστή είναι η υφή) βασίζεται στην υποκειμενική κρίση των δοκιμαστών. Τα κύρια σημεία που συνήθως εξετάζονται στον οργανοληπτικό έλεγχο των τροφίμων είναι οι διαφορές στην εμφάνιση, την οσμή και τη γεύση.

3.7.1. Κατηγορίες οργανοληπτικών δοκιμών

Οι δοκιμές του οργανοληπτικού ελέγχου διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τις αναλυτικές δοκιμές και τις δοκιμές προτίμησης- αποδοχής (Lawless and Haymann, 2010). Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις δοκιμές διάκρισης (discrimination testing), όπου ζητείται να βρεθεί εάν υπάρχουν αντιληπτές διαφορές στα εξεταζόμενα δείγματα. Σε αυτού του είδους τις δοκιμές απαιτούνται 25 έως 40 δοκιμαστές οι οποίοι μπορεί να είναι είτε εκπαιδευμένοι δοκιμαστές, είτε δοκιμαστές όπου πραγματοποιείται παρουσία τους μια επίδειξη της δοκιμής πριν λάβουν μέρος στον οργανοληπτικό έλεγχο. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτών των δοκιμών είναι ότι η ανάλυση των δεδομένων τους, βασίζεται σε στατιστικούς πίνακες από τους οποίους συμπεραίνεται η επιτυχία εύρεσης της διαφοράς με βάση την καταμέτρηση των σωστών απαντήσεων (Lawless and Haymann, 2010).

Οι περιγραφικές δοκιμές (descriptive testing), χρησιμοποιούνται όταν αναζητούνται διαφορές σε συγκεκριμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων. Οι συγκεκριμένες δοκιμές γίνονται από εκπαιδευμένους δοκιμαστές οι οποίοι είναι σε θέση να αξιολογήσουν την ένταση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών όπως οσμή, εμφάνιση, γεύση, υφή και ακουστικών ιδιοτήτων των δειγμάτων. Στη συνέχεια η βαθμολογία που δίνουν στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μετατρέπεται σε συνεχή

ποσοτική μεταβλητή λόγου χάρη με τη χρήση βαθμολογημένων κλιμάκων ίδιων διαστάσεων, ώστε να γίνει η ανάλυση (Murray et al. 2001). Σε αυτού του είδους τις δοκιμές ο ελάχιστος αριθμός των δοκιμαστών που απαιτείται είναι πέντε (Gacula and Rutenbeck, 2006).

Οι δοκιμές προτίμησης- αποδοχής (affective testing) χρησιμοποιούνται για να διαπιστωθεί ο βαθμός προτίμησης των τροφίμων. Κατά αυτές τις δοκιμές οι δοκιμαστές εκφράζουν την αρέσκεια (like) ή απαρρέσκεια (dislike) τους για κάποιο τρόφιμο ή/ και για κάποιο οργανοληπτικό χαρακτηριστικό του. Η εφαρμογή αυτής της μέθοδου δεν απαιτεί τη συμμετοχή εκπαιδευμένων δοκιμαστών, αλλά είναι επιθυμητό να πραγματοποιείται από δοκιμαστές που είναι καταναλωτές του εξεταζόμενου τροφίμου. Το σύνολο των δοκιμαστών που απαιτείται για τον συγκεκριμένο έλεγχο έχει υπολογιστεί στους 40 με 100 δοκιμαστές (Gacula and Rutenbeck, 2006).

3.7.2. Δοκιμή αρέσκειας

Η δοκιμή αρέσκειας ανήκει στις δοκιμές προτίμησης- αποδοχής και πραγματοποιείται με τη χρήση της κλίμακας αρέσκειας (hedonic scale) στην οποία οι δοκιμαστές εκφράζουν το βαθμό προτίμησης/ αρέσκειας τους για το εξεταζόμενο δείγμα (Watts et al., 1989).

Έχει αποδειχτεί πως η χρήση εννέα κατηγοριών στην κλίμακα είναι πιο περιγραφική και αποτελεσματική. Έτσι, η κλίμακα που χρησιμοποιείται συνήθως έχει εννέα κατηγορίες διαβάθμισης του εξεταζόμενου χαρακτηριστικού με αντίθετους χαρακτηρισμούς προτίμησης στα άκρα της (π.χ. δεν μου αρέσει καθόλου/ μου αρέσει υπερβολικά), ενώ στο κέντρο της φέρει ουδέτερη διαβάθμιση.

3.7.3. Οργανοληπτικός Έλεγχος

Ο οργανοληπτικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε την επόμενη ημέρα από την ημέρα παρασκευής των δειγμάτων. Τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε κατάλληλα δοχεία, κλεισμένα αεροστεγώς σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Πραγματοποιήθηκαν δυο οργανοληπτικοί έλεγχοι και πιο συγκεκριμένα ο πρώτος είχε ως στόχο την εύρεση του αρεστού ποσοστού αλεύρου ολικής στο τελικό προϊόν. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε παρασκευή μπισκότων με αλεύρι μπισκοτοποιίας και αλεύρι ολικής περασμένο από το Jet Mill σε συνθήκες 100% Rate, 8 Bar. Έγινε επιλογή του συγκεκριμένου αλεύρου καθώς τα μπισκότα παρουσίαζαν παρόμοιες ιδιότητες με τα

μπισκότα αναφοράς (συνταγή control). Τα δείγματα που ετοιμάστηκαν είχαν τις ακόλουθες αναλογίες σε FC2 και BF 18.5:81.5, 30:70, 50:50 και 80:20.

Η οργανοληπτική αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε από 40 δοκιμαστές ηλικίας 20- 50 ετών και απαρτίζοταν από επαγγελματίες, φοιτητές και καταναλωτές. Το φύλλο δοκιμής που κλίθηκαν να συμπληρώσουν οι δοκιμαστές παρατίθεται στο παράρτημα. Μια κλίμακα αρεσκείας εννέα κατηγοριών χρησιμοποιήθηκε για να αξιολογήσει τη συνολική αποδοχή. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τα οποία εκτίμησαν οι δοκιμαστές επιλέχθηκαν σύμφωνα με τη βιβλιογραφία πάνω στον οργανοληπτικό έλεγχο των μπισκότων (Gurta, Bawa and Ghannam, 2011) και περιλάμβαναν το χρώμα, την υφή, την εμφάνιση, τη γεύση και τη γενική αποδοχή. Όσο υψηλότερη είναι η αισθητηριακή βαθμολογία, τόσο καλύτερη είναι η ποιότητα του μπισκότου

Μετα το πέρας του οργανοληπτικού έλεγχου και τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, δείχθηκε ότι το δείγμα αρεσκείας ήταν εκείνο που έχει 50% ποσοστό αλευρού ολικής (Jet Mill, 100% Rate, 8 Bar). Με βάση αυτό πραγματοποιήθηκε ο δεύτερος οργανοληπτικός έλεγχος μια ημέρα μετά την παρασκευή των τελικών δειγμάτων. Σε αυτή την περίπτωση τα δείγματα που ετοιμάστηκαν περιείχαν 50% αλεύρι ολικής στις διάφορες συνθήκες άλεσης και 50% αλεύρι μπισκοτοποιίας. Επομένως, το σύνολο των δειγμάτων ήταν πέντε και απαρτίζονταν από τις τέσσερις διαφορετικές συνθήκες άλεσης και από ένα δείγμα ελέγχου (control).

Η οργανοληπτική αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε από μια ομάδα 10 εκπαιδευμένων δοκιμαστών οι οποίοι κλίθηκαν να αξιολογήσουν τα μπισκότα ως προς τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: παρουσία ινών (1: χαμηλή, 9: υψηλή), φωτεινότητα (1: ανοιχτό, 9: σκούρο), σκληρότητα (1: μαλακό, 9: σκληρό), αίσθηση στο στόμα (1: αμμώδης, 9: κανένα υπόλειμμα στο στόμα), ένταση γλυκύτητας (1: χαμηλή, 9: υψηλή), ένταση αλμυρότητας (1: χαμηλή, 9: υψηλή) και η ένταση επίγευσης (1: χαμηλή, 9: υψηλή). Το φύλλο δοκιμής που κλίθηκαν να συμπληρώσουν οι δοκιμαστές παρατίθεται στο παράρτημα

3.8. Στατιστική Επεξεργασία

Για την επεξεργασία των πειραματικών αποτελεσμάτων εφαρμόστηκαν στατιστικά εργαλεία παραμετρικής (Ανάλυση διακύμανσης – ANOVA) σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας, $p < 5\%$, με το πρόγραμμα STATGRAPHICS Centurion XV (Statgraphics, Rockville, MD, USA). Η σχέση μεταξύ των παραμέτρων που μετρήθηκαν

για τα μπισκότα εκτιμήθηκε με τη δοκιμασία του Pearson (*, ** επίπεδο σημαντικότητας $P < 0,05$ και $P < 0,01$, αντίστοιχα).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των δειγμάτων αλεύρου.

Οι ιδιότητες του αλεύρου καθορίζουν την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων αρτοποιίας. Η χρήση του jet mill οδήγησε στην παραγωγή δειγμάτων αλεύρων με μικρό μέγεθος σωματιδίων (d_{50}). Η μικροποίηση μπορεί να μειώσει το μέσο μέγεθος των σωματιδίων του εκάστοτε τύπου αλεύρου έως το ένα πέμπτο της αρχικής του τιμής, όπως αυτό παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.1. Η χαμηλότερη τιμή d_{50} παρατηρήθηκε στο δείγμα αλεύρου το οποίο ανατροφοδοτήθηκε στο μύλο άλεσης (FC3) και ακολούθησαν τα δείγματα FC4, FC2, FC1.

Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε υγρασία επηρεάστηκε από τον τελικό μέγεθος των σωματιδίων του αλεύρου αλλά και από το χρόνο παραμονής των δειγμάτων στον μύλο άλεσης. Επομένως, η αύξηση του χρόνου άλεσης, η μείωση του ρυθμού τροφοδοσίας και/ ή η χρήση της ανατροφοδότησης – οδηγεί σε μείωση της περιεκτικότητας σε υγρασία των δειγμάτων αλεύρου που εκτέθηκαν περισσότερο χρόνο στη ροή ξηρού αέρα (εντός του μύλου άλεσης).

Η μείωση του μεγέθους των σωματιδίων αύξησε την ικανότητα συγκράτησης νερού (WHC) των αλεύρων εξαιτίας της υψηλής ειδικής επιφάνειας τους ανά μονάδα βάρους όπως παρατηρήθηκε και από τους Feifei et al. (2012), Manley et al. (2011) και Pauly et al. (2013). Συγκριτικά με το αλεύρι μπισκοτοποίησης, το αλεύρι σίτου ολικής παρουσίασε σε όλες τις περιπτώσεις την υψηλότερη WHC καθώς το τελευταίο περιείχε περισσότερες φυτικές ίνες, οι οποίες συνήθως απορροφούν νερό. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί από τους Noort et al., (2010) and Villemejeane et al. (2013) για τα πίτουρα βρώμης και κριθαριού τα οποία προστέθηκαν σε συνταγές μπισκότων με αλεύρι σίτου. Καθώς το μέγεθος των σωματιδίων μειώθηκε η ικανότητα συγκράτησης ύδατος αυξήθηκε. Όλα τα δείγματα που μικροποιήθηκαν παρουσίασαν υψηλότερη WHC συγκριτικά με το δείγμα ελέγχου ($p < 0,05$). Ωστόσο, επισημάνεται ότι οι διαφορές δεν ήταν μεγάλες και η αύξηση της WHC ήταν μικρότερη από το 10 % των αρχικών τιμών. Τέλος, η μείωση του μεγέθους των σωματιδίων του αλεύρου ολικής αλέσεως αύξησε την απορρόφηση του νερού όπως αυτή υπολογίστηκε με τον φαρινογράφο.

Πίνακας 4.1. : Χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων αλεύρου. Οι τιμές που έχουν διαφορετικά γράμματα στην ίδια στήλη διαφέρουν σημαντικά (P<0.05).

	Μέγεθος Κόκκων D₅₀(μm)	Περιεχόμενη Υγρασία (%)	Συγκράτηση Νερού -WHC (%)	Απορρόφηση Νερού (%)
BF	67,42	12.98 ^c ±0.03	72.33 ^a ±0.48	56.75 ^a ±0.35
WWF	84,15	12.26 ^d ±0.03	85.64 ^b ±0.47	73.7 ^b ±0.42
FC1	53,49	8.28 ^c ±0.28	87.6 ^c ±0.27	77.75 ^c ±1.06
FC2	29,10	8.59 ^b ±0.03	90.36 ^d ±0.09	79.45 ^{cd} ±2.05
FC3	17,02	7.02 ^a ±0.05	93.7 ^f ±0.73	83.55 ^e ±0.78
FC4	18,11	7.03 ^a ±0.00	92.21 ^e ±0.26	81.05 ^{de} ±1.49

BF: Αλεύρι Μπισκοτοποιίας, WWF: αλεύρι σίτου ολικής, FC1: αλεύρι σίτου ολικής αλεσμένο σε πίεση 4 bar και 4,51 kg / h, FC2: αλεύρι σίτου ολικής αλεσμένο σε πίεση 8 bar και 5,18 kg / h, FC3: αλεύρι σίτου ολικής αλεσμένο σε πίεση 8 bar και 2,54 kg / h, FC4: αλεύρι σίτου ολικής αλεσμένο σε πίεση 8 bar και 0,67 kg / h.

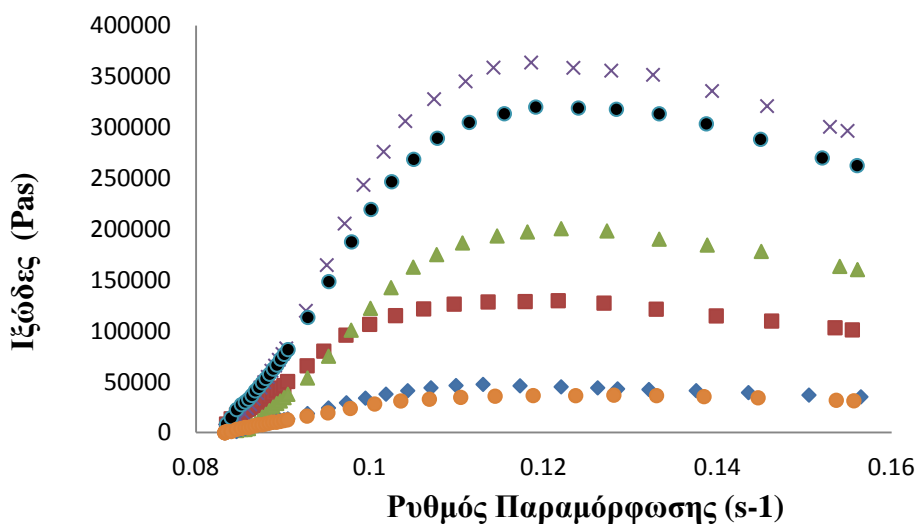
Όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.1. τα δείγμα αλεύρων που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας είναι το BF και το WWF τα οποία δεν έχουν επεξεργαστεί στο μύλο άλεσης. Το δείγμα FC3 έχει τη μικρότερη περιεχόμενη υγρασία καθώς έχει διέλθει δυο φορές από το μύλο και έχει έρθει σε επαφή για περισσότερο χρόνο με τον άερα. Τα αποτελέσματα του προσδιορισμού συγκράτησης νερού συμπίπτουν με τα αποτελέσματα απορρόφησης νερού όπως αυτά υπολογίστηκαν με τη χρήση φαρινογράφου, με το δείγμα αλεύρου FC3 να παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές εξαιτίας του μικρότερου μεγέθους σωματιδίων. Παρατηρείται γραμμική σχέση ανάμεσα στην απορρόφηση νερού όπως υπολογίστηκε με τη χρήση φαρινογράφου και στο μέγεθος των σωματιδίων, με αποτέλεσμα όσο μειώνεται το μέγεθος των σωματιδίων του αλέρου να αυξάνεται η συγκράτηση νερού.

4.2. Προσδιορισμός Φαινομενικού ιξώδους ζύμης (Apparent biaxial extensional viscosity)

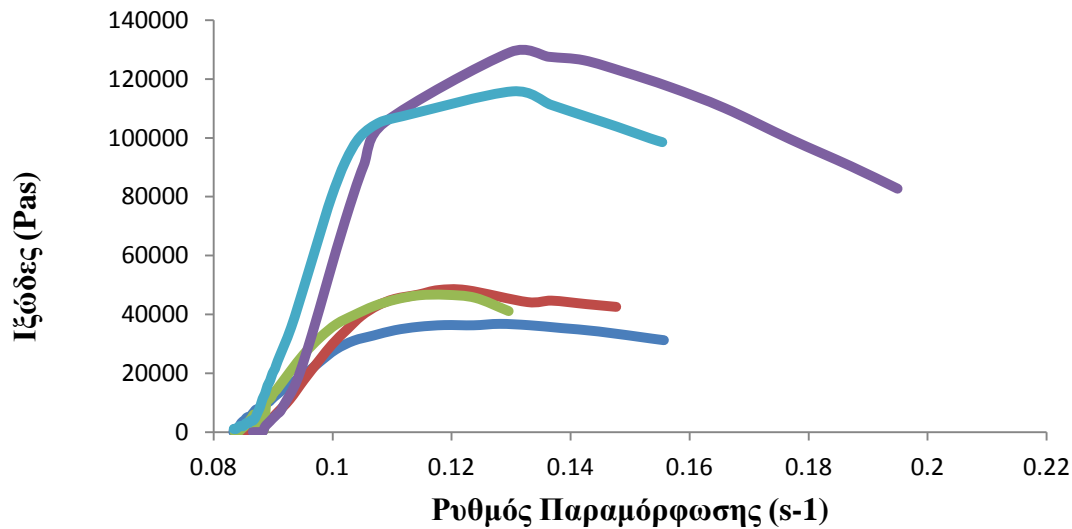
Στο Σχήμα 4.1. παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ του ρυθμού διαξονικής παραμόρφωσης (biaxial strain rate) και του φαινομενικού ιξώδες (apparent biaxial extensional viscosity) της ζύμης μπισκότων η οποία παρασκευάστηκε από τους διάφορους τύπους αλεύρων. Το προφίλ του ιξώδους για όλες τις ζύμες που παρασκευάστηκαν με αλεύρι περασμένο απο το μύλο άλεσης ήταν παρόμοιο. Πιο συγκεκριμένα, η αρχική απότομη αύξηση ακολουθήθηκε από σταδιακή αύξηση λαμβάνοντας μια μέγιστη τιμή και στη συνέχεια ακολουθήθηκε από μια περίοδο μικρής πτώσης. Τα δείγματα ζύμης των αλεύρων WWF και BF παρουσίασαν παρόμοια

φάσματα με πολύ χαμηλότερο ιξώδες. Η χρήση αλεύρων με μικρότερο μέγεθος σωματιδίων οδήγησε στην παραγωγή ζύμης με υψηλό φαινομενικό ιξώδες (ABEV). Επομένως, όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των σωματιδίων, τόσο μεγαλύτερο είναι το ιξώδες της παραγόμενης ζύμης.

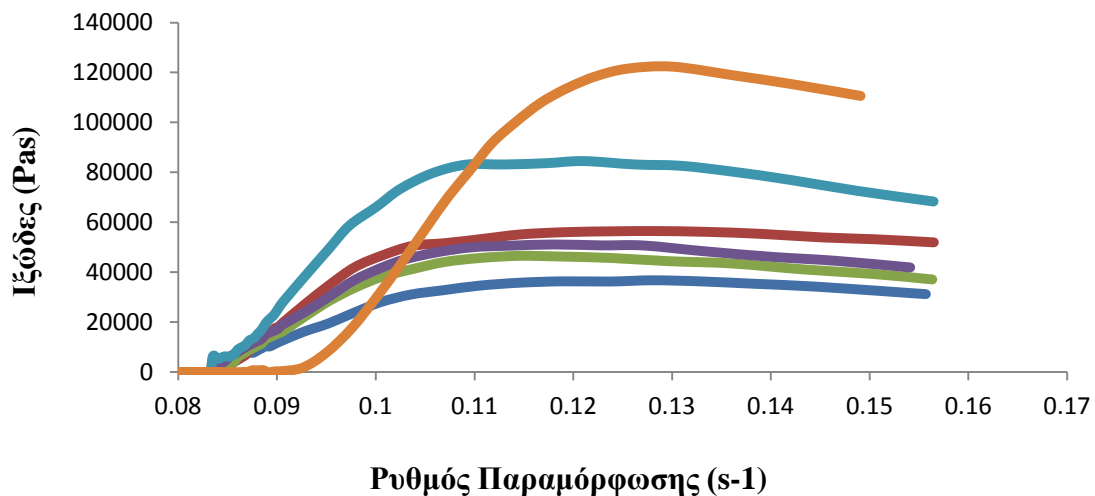
Τα Σχήματα 4.2. έως 4.6. παρουσιάζουν τη σχέση μεταξύ του ρυθμού διαξονικής παραμόρφωσης και του φαινομενικού ιξώδες της ζύμης μπισκότων για το κάθε δείγμα αλεύρου (WWF, FC1, FC2, FC3, FC4) στα διάφορα ποσοστά υποκατάστασης. Όλα τα δείγματα 100% υποκατάστασης παρουσιάζουν το υψηλότερο φαινομενικό ιξώδες με το δείγμα FC3-100 να κατέχει την πρώτη θέση. Ομοίως, τα περισσότερα δείγματα ακολουθούν το διο προφίλ με μια αρχική απότομη αύξηση που ακολουθήθηκε από μια σταδιακή αύξηση λαμβάνοντας μια μέγιστη τιμή και στη συνέχεια ακολουθήθηκε από μια περίοδο μικρής πτώσης. Μόνο το δείγμα WWF παρουσίασε διαφορετικό προφίλ με το δείγμα 80% υποκατάστασης να παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές φαινομενικού ιξώδους.



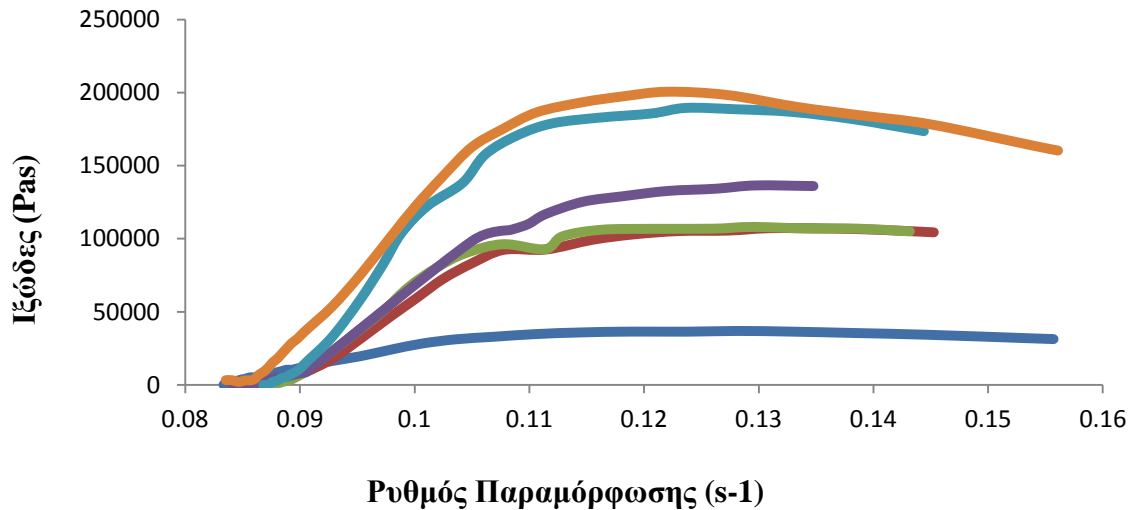
Σχήμα 4.1.: Μέση τιμή του φαινομενικού ιξώδους ως συνάρτηση του ρυθμού παραμόρφωσης για ζύμη που παρασκευάστηκε από: α. ● BF αλεύρι μπισκοτοποιίας, β. ◆ WWF αλεύρι σίτου ολικής αλέσεως, γ. ■ FC1 αλεύρι συνθήκης C1, δ. ▲ FC2 αλεύρι συνθήκης C2, ε. ✕ FC3 αλεύρι συνθήκης C3, στ. * FC4 αλεύρι συνθήκης C4 με 20% νερό (σε βάση αλεύρου).



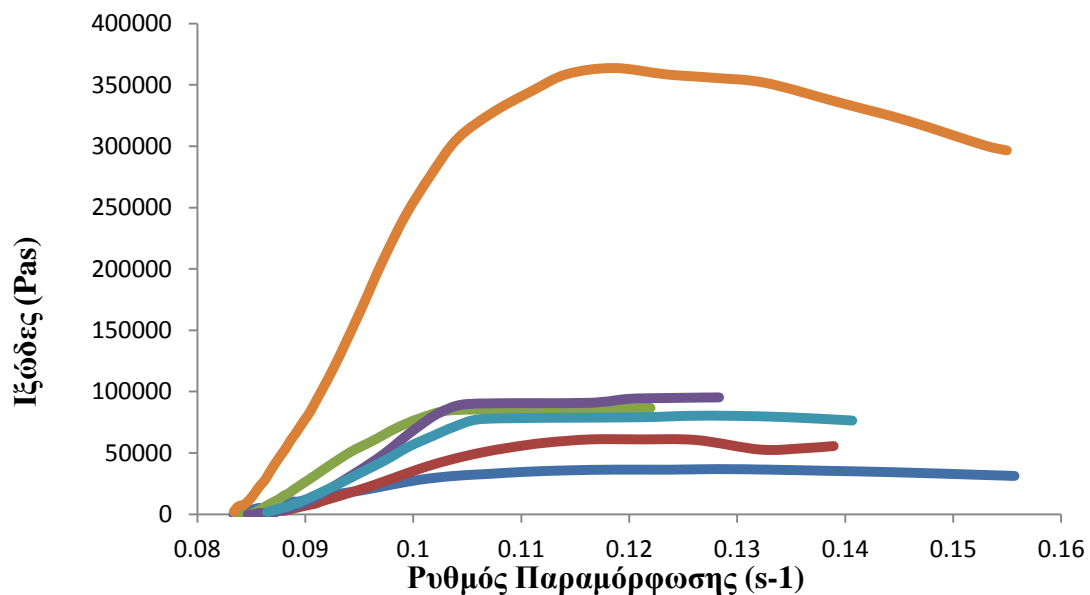
Σχήμα 4.2.: Μέση τιμή του φαινομενικού ιξώδους ως συνάρτηση του ρυθμού παραμόρφωσης για ζύμη που παρασκευάστηκε από αλεύρι σίτου ολικής αλέσεως (WWF) σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF): α. 0%, β. 18,5%, γ. 30%, δ. 50%, ε. 80% με 20% νερό (σε βάση αλεύρου).



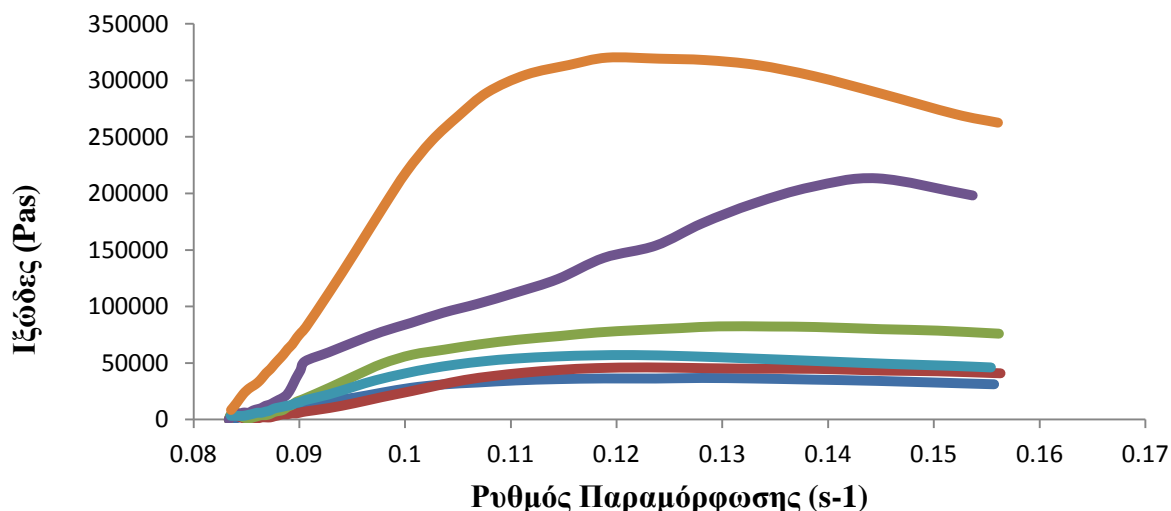
Σχήμα 4.3.: Μέση τιμή του φαινομενικού ιξώδους ως συνάρτηση του ρυθμού παραμόρφωσης για ζύμη που παρασκευάστηκε από αλεύρι συνθήκης C1 (FC1) σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF): α. 0%, β. 18,5%, γ. 30%, δ. 50%, ε. 80%, στ. 100% με 20% νερό (σε βάση αλεύρου).



Σχήμα 4.4.: Μέση τιμή του φαινομενικού ιξώδους ως συνάρτηση του ρυθμού παραμόρφωσης για ζύμη που παρασκευάστηκε από αλεύρι συνθήκης C2 (FC2) σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF): α. 0%, β. 18,5%, γ. 30%, δ. 50%, ε. 80%, στ. 100%, με 20% νερό (σε βάση αλεύρου).



Σχήμα 4.5.: Μέση τιμή του φαινομενικού ιξώδους ως συνάρτηση του ρυθμού παραμόρφωσης για ζύμη που παρασκευάστηκε από αλεύρι συνθήκης C3 (FC3) σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF): α. 0%, β. 18,5%, γ. 30%, δ. 50%, ε. 80%, στ. 100%, με 20% νερό (σε βάση αλεύρου).



Σχήμα 4.6.: Μέση τιμή του φαινομενικού ιξώδους ως συνάρτηση του ρυθμού παραμόρφωσης για ζύμη που παρασκευάστηκε από αλεύρι συνθήκης C4 (FC4) σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF): α. 0%, β. 18,5%, γ. 30%, δ. 50%, ε. 80%, στ. 100%, με 20% νερό (σε βάση αλεύρου).

4.3. Προσδιορισμός διαστάσεων μπισκότων

Τα αποτελέσματα του προσδιορισμού του SF για τα διάφορα δείγματα μπισκότων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2. Τα μπισκότα που παρασκευάστηκαν με WWF παρουσίασαν το υψηλότερο SF σε όλες τις αντικαταστάσεις, εκτός από το 100%, το οποίο παρουσίασε μείωση της τάξης του 23%. Τα μπισκότα που παρασκευάστηκαν με αλεύρι προερχόμενο από το μύλο άλεσης είχαν χαμηλότερες τιμές SF, αλλά ήταν πιο σταθερά μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων υποκατάστασης, το οποίο παρατηρείται και για τις τέσσερις διαφορετικές συνθήκες άλεσης όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.2. Γενικότερα δεν παρατηρούνται μεγάλες διαφορές μεταξύ των διάφορων δειγμάτων, ωστόσο καθώς ο βαθμός υποκατάστασης του BF αυξάνεται σε ποσοστό >50% παρατηρείται μείωση του SF για τα δείγματα όλων των συνθηκών με τα δείγματα 100% υποκαταστάσεως να παρουσιάζουν την χαμηλότερη τιμή.

Πίνακας 4.2. : Προσδιορισμός του παράγοντα απλώματος (Spread Factor) για τα διάφορα δείγματα μπισκότων. Οι τιμές που έχουν διαφορετικά γράμματα στην ίδια στήλη διαφέρουν σημαντικά ($P < 0.05$).

Δείγμα	Υποκατάσταση του BF (%αλεύρου)	Παράγοντας απλώματος (Spread Factor) (mm)
BF	-	8.17 ^{ijk} ±0.13
WWF	18.5	8.27 ^{kl} ±0.00

	30	8.28 ^{kl} ±0.01
	50	8.33 ^{jk} ±0.16
	80	8.04 ^{hi} ±0.00
	100	6.35 ^a ±0.04
FC1	18.5	7.98 ^l ±0.1
	30	8.02 ^m ±0.00
	50	7.70 ^{gh} ±0.07
	80	7.45 ^{bc} ±0.06
	100	7.47 ^b ±0.05
FC2	18.5	8.20 ^{gh} ±0.01
	30	8.00 ^{gh} ±0.06
	50	7.95 ^e ±0.14
	80	7.59 ^{cd} ±0.03
	100	7.43 ^{cd} ±0.06
FC3	18.5	8.08 ^{jk} ±0.00
	30	7.89 ^{gh} ±0.00
	50	7.89 ^{hi} ±0.11
	80	7.29 ^{de} ±0.04
	100	7.56 ^c ±0.02
FC4	18.5	8.44 ^{hij} ±0.01
	30	8.57 ^f ±0.14
	50	8.00 ^{fg} ±0.03
	80	7.41 ^{bc} ±0.08
	100	7.30 ^e ±0.03

4.4. Δοκιμή τριών σημείων σπασίματος – Ινστρον Μπισκότων

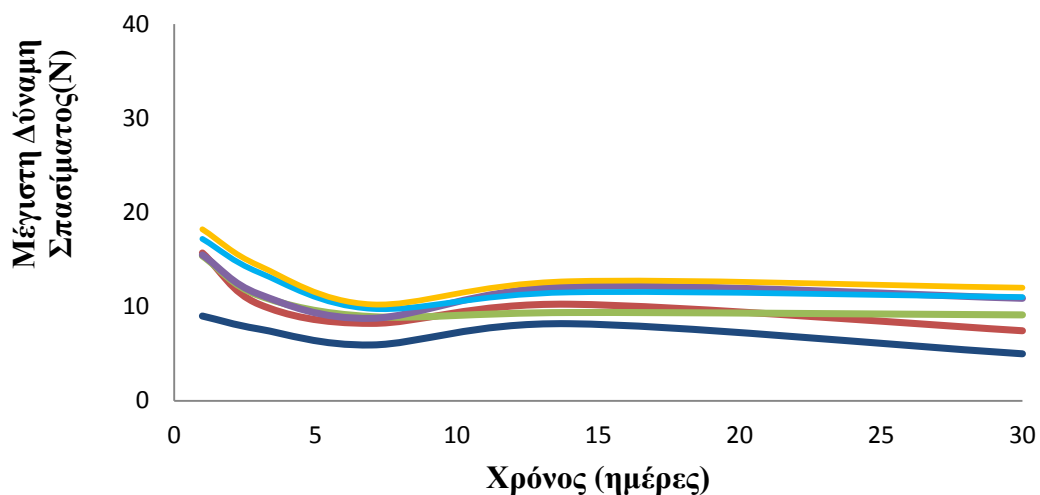
Όσον αναφορά τον προσδιορισμό της δύναμης σπασίματος όπως αυτή υπολογίστηκε από τη δοκιμή τριών σημείων σπασίματος, παρουσιάζεται στα Σχήματα 4.7. έως 4.11. για τους διάφορους τύπους μπισκότων για τις ημέρες αποθήκευσης 1^η, 3^η, 7^η, 14^η και 30^η.

Σε όλα τα διαγράμματα παρουσιάζεται το δείγμα 0% υποκατάστασης που αντιπροσωπεύει το δείγμα μπισκότων με 100% BF. Το δείγμα αυτό παρουσιάζει τη μικρότερη δύναμη σπασίματος σε όλες τις μέρες αποθήκευσης συγκρινόμενο με όλα τα υπόλοιπα δείγματα. Όλα τα δείγματα μπισκότων ανεξάρτητα του βαθμού υποκατάστασης παρουσίασαν την ίδια τάση στη δύναμη σπασίματος. Πιο συγκεκριμένα, την πρώτη ημέρα αποθήκευσης παρουσιάζουν την μέγιστη δύναμη σπασίματος η οποία ακολουθείται από μια μείωση κατά την 3^η και 7^η ημέρα αποθήκευσης και στη συνέχεια παρατηρείται αύξηση της δύναμης κατά τη 14^η ημέρα

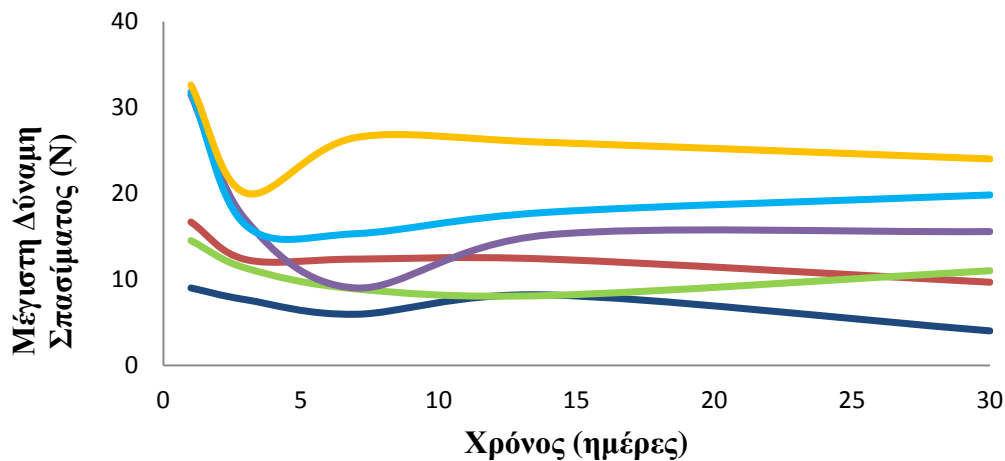
και μια ελαφριά πτώση ή διατήρηση των ίδιων επιπέδων κατά την 30^η ημέρα αποθήκευσης πιθανότατα εξαιτίας της σταδιακής απώλειας υγρασίας.

Κατά την πρώτη ημέρα αποθήκευσης τα μπισκότα που παράχθηκαν με το FC4 παρουσίασαν τη μεγαλύτερη δύναμη σπασίματος σε υψηλά επίπεδα υποκατάστασης με τις τιμές να είναι 44.19 και 46.5 N για 80 και 100 % υποκατάσταση αντίστοιχα. Αντίθετα τα μπισκότα που παράχθηκαν με FC2 παρουσίασαν την υψηλότερη δύναμη σπασίματος στα χαμηλότερα επίπεδα υποκατάστασης 18,5 % και 30 % (19 και 16.72 αντίστοιχα).

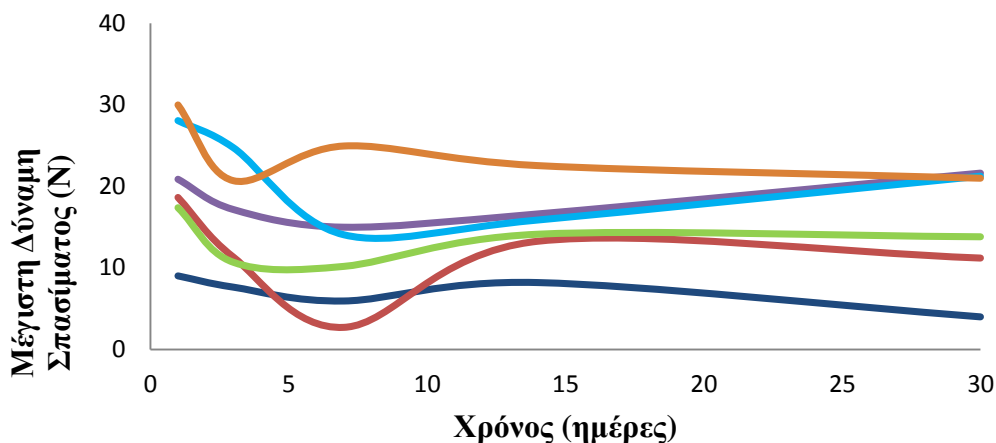
Σε όλα τα διαγράμματα τα δείγματα μπισκότων με 100% υποκατάσταση παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη δύναμη σπασίματος ακολουθούμενα από τα δείγματα 80% υποκαταστάσεως.



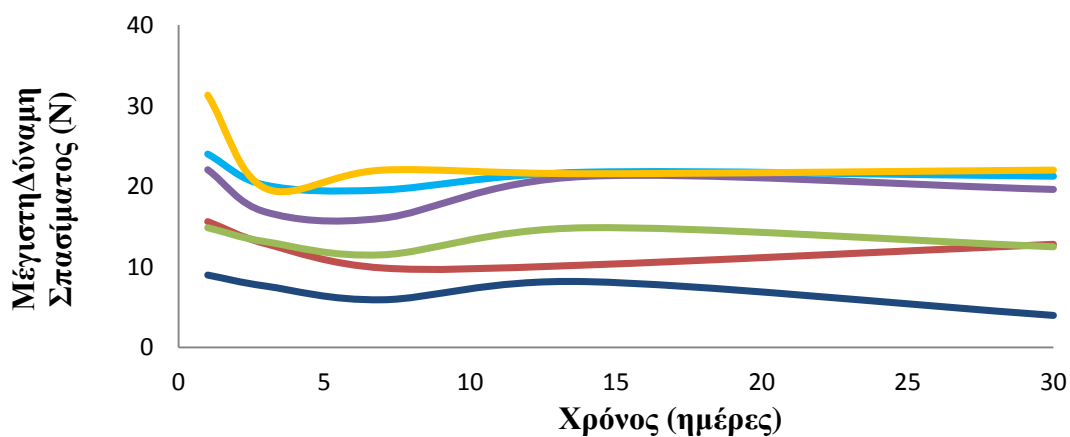
Σχήμα 4.7.: Μέγιστη δύναμη σπασίματος κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι σίτου ολικής αλέσεως (WWF) σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF): α. 0%, β. 18,5%, γ. 30%, δ. 50%, ε. 80%, στ. 100%.



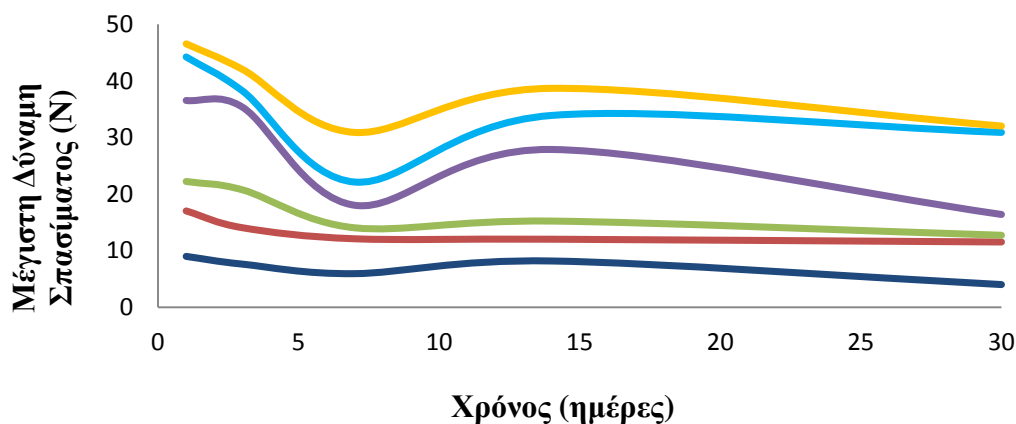
Σχήμα 4.8.: Μέγιστη δύναμη σπασίματος κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι FC1 σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF): α. 0%, β. 18,5%, γ. 30%, δ. 50%, ε. 80%, στ. 100%.



Σχήμα 4.9.: Μέγιστη δύναμη σπασίματος κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι FC2 σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF): α. 0%, β. 18,5%, γ. 30%, δ. 50%, ε. 80%, στ. 100%.



Σχήμα 4.10.: Μέγιστη δύναμη σπασίματος κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι FC3 σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποιίας (BF): α. 0%, β. 18,5%, γ. 30%, δ. 50%, ε. 80%, στ. 100%.



Σχήμα 4.11.: Μέγιστη δύναμη σπασίματος κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι FC4 σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποιίας (BF): α. 0%, β. 18,5%, γ. 30%, δ. 50%, ε. 80%, στ. 100%.

4.5. Προσδιορισμός Υγρασίας μπισκότων

Όσον αναφορά τον προσδιορισμό της υγρασίας των μπισκότων που παρασκευάστηκαν, τα αποτελέσματα για τη χρονική διάρκεια των 30 ημερών αποθήκευσης για το κάθε δείγμα μπισκότων, παρουσιάζονται στα Σχήματα 4.12.- 4.16.

Γενικά τα μπισκότα χαρακτηρίζονται από χαμηλό ποσοστό υγρασίας, ωστόσο, στην παρούσα μελέτη τα μπισκότα με αυξημένα επίπεδα WWF και WWF προερχόμενο από το μύλο άλεσης παρουσίασαν αυξημένη περιεκτικότητα σε υγρασία, η οποία συσχετίζεται με την WHC των αλεύρων. Τα άλευρα με αυξημένη WHC οδήγησαν στην παραγωγή μπισκότων με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, καθώς οι ίνες τείνουν να δεσμεύουν το νερό (Noort et al., 2010).

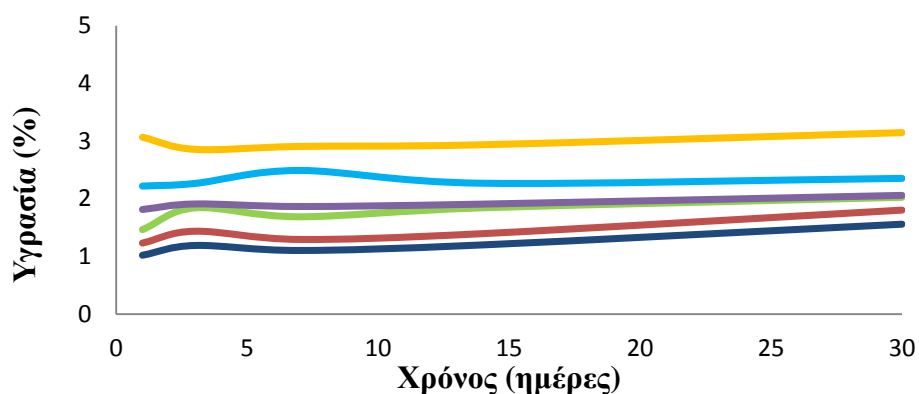
Πιο συγκεκριμένα, τα μπισκότα που παρασκευάστηκαν με 100% BF είχαν το μικρότερο ποσοστό υγρασίας καθόλη τη διάρκεια αποθήκευσης. Όλα τα δείγματα μπισκότων ανεξάρτητα του βαθμού υποκατάστασης παρουσίασαν την ίδια τάση στην υγρασία αποθήκευσης. Πιο συγκεκριμένα, στα περισσότερα δείγματα, παρατηρήθηκε μείωση του αρχικού ποσοστού υγρασίας κατά την 3^η αποθήκευσης περίπου κατά 16 έως 30% με το δείγμα FC1 18% υποκατάσταση να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μείωση. Στη συνέχεια η υγρασία αυξήθηκε στα περισσότερα δείγματα από την 3^η στην 7^η ημέρα αποθήκευσης σε ποσοστό περίπου 2% ενώ από την 7^η στην 14^η ημέρα κατά 14%. Το ποσοστό υγρασίας την 30^η ημέρα αποθήκευσης στα περισσότερα δείγματα ήταν στα

ίδια επίπεδα με της 1^{ης} ημέρας, με τα μπισκότα των αλεύρων FC1 και FC4 100% υποκατάστασης να παρουσιάζουν μια απώλεια της τάξης 4% συγκριτικά με την ημέρα παρασκευής τους ενώ αντίθετα το ποσοστό υγρασίας των μπισκότων του αλεύρου FC3 50% υποκατάσταση διπλασιάστηκε.

Κατά την πρώτη ημέρα αποθήκευσης τα μπισκότα που παράχθηκαν με το FC4 παρουσίασαν το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας σε υψηλά επίπεδα υποκατάστασης με τις τιμές να είναι 4.7% και 4.57% για 100 και 80 % υποκατάσταση αντίστοιχα. Κατά την 30^η ημέρα αποθήκευσης τα μπισκότα που παράχθηκαν με FC4 παρουσίασαν την υψηλότερη περιεχόμενη υγρασία στο ποσοστό υποκατάστασης 100 % (4.52%) με αύξηση της αρχικής υγρασίας τους κατά 4%. Η υγρασία των μπισκότων του δείγματος WWF σε όλες τις υποκαταστάσεις ακολούθησε γενικά την ίδια πορεία με τα μπισκότα του αλεύρου BF.

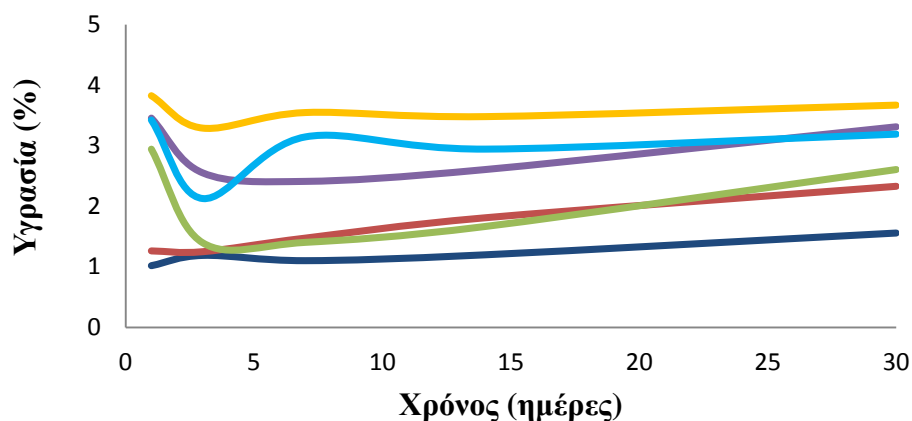
Σε όλα τα διαγράμματα τα δείγματα μπισκότων με 100% υποκατάσταση παρουσίασαν το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας ακολουθούμενα από τα δείγματα 80% υποκαταστάσεως όπως συνέβει και με τη δύναμη σπασίματος. Σε όλα τα δείγματα το ποσοστό υγρασίας κυμαίνονταν μεταξύ 1- 5%, όπως είναι αναμενόμενο για τα μπισκότα τα οποία έχουν ψηθεί (Sudha, 2006), όντας εντός των ανεκτών επιπέδων υγρασίας μπισκότων.

Οι διακυμάνσεις οι οποίες παρατηρήθηκαν στην υγρασία των μπισκότων μπορεί να οφείλονται είτε στις μη σταθερές συνθήκες αποθήκευσης είτε στη μη σταθεροποίηση της δομής των μπισκότων.

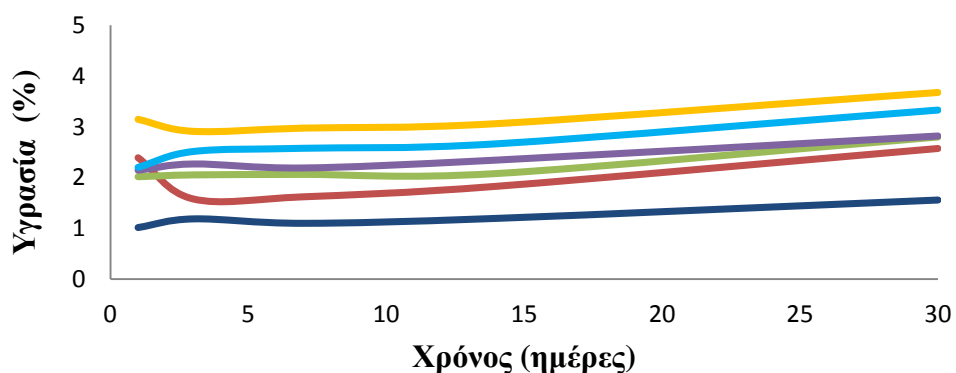


Σχήμα 4.12.: Ποσοστό υγρασίας κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι σίτου ολικής αλέσεως (WWF) σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης

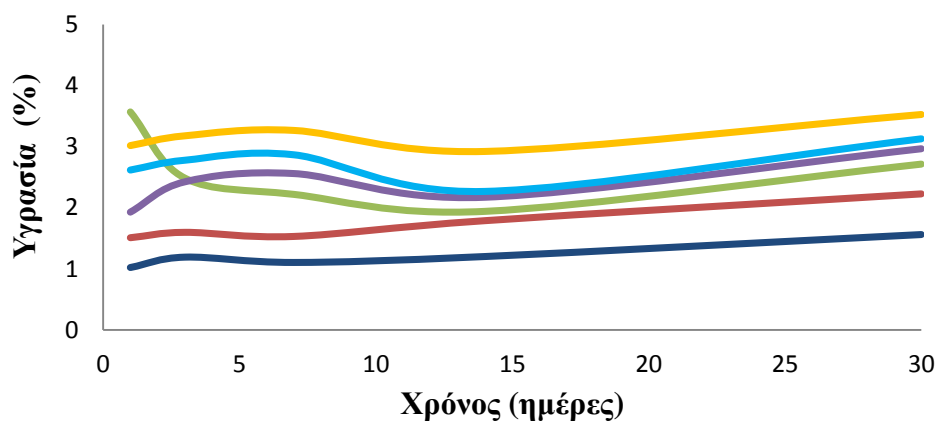
(BF): α. 0%, β. 18,5%, γ. 30%, δ. 50%, ε. 80%, στ. 100%.



Σχέδιο 4.13.: Ποσοστό υγρασίας κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι FC1 σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF): α. 0%, β. 18,5%, γ. 30%, δ. 50%, ε. 80%, στ. 100%.

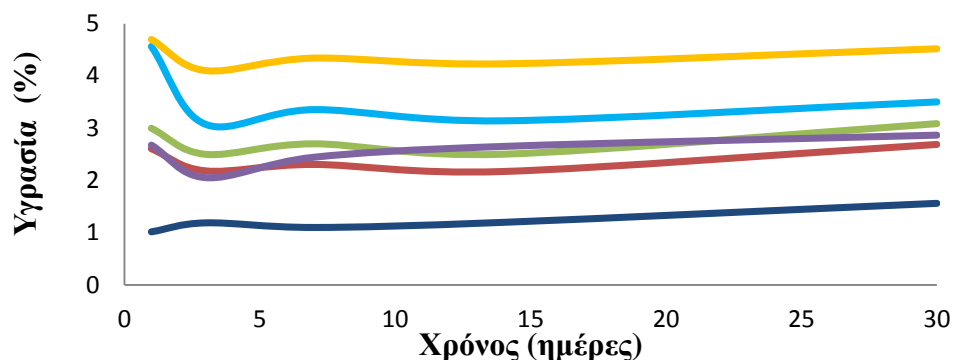


Σχέδιο 4.14.: Ποσοστό υγρασίας κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι FC2 σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF): α. 0%, β. 18,5%, γ. 30%, δ. 50%, ε. 80%, στ. 100%.



Σχέδιο 4.15.: Ποσοστό υγρασίας κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι FC3 σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης (BF): α. 0%,

β. 18,5%, γ. 30%, δ. 50%, ε. 80%, στ. 100%.



Σχέδιο 4.16.: Ποσοστό υγρασίας κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης για μπισκότα με αλεύρι FC4 σε διαφορετικά επίπεδα υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποιίας (BF):

α. 0%, β. 18,5%, γ. 30%, δ. 50%, ε. 80%, στ. 100%.

4.6. Προσδιορισμός Χρώματος

Το χρώμα της ζύμης των μπισκότων και κατ'επέκτασιν το χρώμα των μπισκότων επηρεάζεται από το είδος του αλεύρου και από το ποσοστό των φυτικών ινών που περιέχει το εκάστοτε άλευρο. Πιο συγκεκριμένα, τα μπισκότα που παρασκευάσθηκαν με BF παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές L και b, ενώ η τιμή a ήταν η χαμηλότερη. Ομοίως, η ζύμη των μπισκότων με BF παρουσίασε την μεγαλύτερη φωτεινότητα. Η υποκατάσταση του BF σε όλες τις περιπτώσεις αύξησε την φωτεινότητα και μείωσε την απόχρωση.

Το σκούρο χρώμα των μπισκότων είναι αποτέλεσμα της αύξησης της ενσωμάτωσης ινών όπως έχει αναφερθεί και από τον Raymundo et al. (2014). Επομένως, τα μπισκότα που παρασκευάσθηκαν με αλεύρι ολικής άλεσης ήταν πιο σκούρα με τα μπισκότα με FC4 να έχουν το πιο σκούρο χρώμα συγκριτικά με τα υπόλοιπα και να ακολουθούνται από τα μπισκότα με άλευρο FC3. Τα μπισκότα με 100% υποκατάσταση παρουσίασαν τη χαμηλότερη τιμή L και την υψηλότερη τιμή a συγκριτικά με τις υποκαταστάσεις 0%, 18,5%, 30% και 50% για κάθε δείγμα αλεύρου (FC1, FC2, FC3, FC4 εκτός του WWF) όσον αναφορά το χρώμα της άνω επιφάνειας. Ομοίως, σχετικά με το χρώμα της κάτω επιφάνειας των μπισκότων, τα δείγματα με 100% υποκατάσταση παρουσίασαν τη χαμηλότερη τιμή L συγκριτικά με τις υποκαταστάσεις 0%, 18,5%, 30% και 50% για κάθε δείγμα αλεύρου (FC1, FC2, FC3, FC4 εκτός του WWF).

Τα ίδια αποτελέσματα έδειξαν και οι μετρήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν με το πρόγραμμα Image pro όπως φαίνεται στους Πίνακες 4.4 και 4.5. Ωστόσο, παρατηρείται ότι οι τιμές όλων των μετρήσεων (L, a, b) για όλα τα δείγματα μπισκότων, τόσο της άνω όσο και της κάτω επιφάνειας των μπισκότων που υπολογίστηκαν με το πρόγραμμα Image pro ήταν μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες τιμές, όπως αυτές προσδιορίστηκαν με το χρωματόμετρο Minolta.

Πίνακας 4.3: Χρώμα Ζύμης μπισκότων. Μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση. Οι τιμές που έχουν διαφορετικά γράμματα στην ίδια στήλη διαφέρουν σημαντικά (P<0.05).

Κωδικός Δείγματος	Χρώμα Ζύμης		
	L	a	b
WWF-18	56.8 ^{lm} ±0.18	0.36 ^c ±0.02	18.49 ^{ab} ±0.25
WWF-30	55.5 ^j ±0.1	0.76 ^e ±0.06	18.5 ^{ab} ±0.11
WWF-50	52.48 ^h ±0.2	2.44 ^h ±0.1	18.3 ^a ±0.24
WWF-80	50.57 ^f ±0.2	3.11 ^{ij} ±0.06	18.44 ^{ab} ±0.17
WWF-100	53.42 ⁱ ±0.32	2.6 ^h ±0.36	23.96 ^g ±0.14
FC1-18	68 ^s ±0.19	-0.96 ^b ±0.01	25.72 ^{ij} ±0.67
FC1-30	63.76 ^q ±0.29	0.23 ^d ±0.13	25.27 ⁱ ±0.65
FC1-50	55.36 ^j ±0.15	1.38 ^g ±0.11	24.73 ^h ±0.33
FC1-80	55.79 ^{kl} ±0.18	3.39 ^{kl} ±0.15	24.63 ^h ±0.19
FC1-100	49.18 ^d ±0.79	4.7 ⁿ ±0.06	21.16 ^e ±0.09
FC2-18	59.83 ^o ±0.18	-0.96 ^b ±0.02	20.14 ^d ±0.06
FC2-30	56.17 ^l ±0.17	1.11 ^f ±0.07	19.43 ^c ±0.11
FC2-50	52.35 ^h ±0.05	3.19 ^{jk} ±0.08	21.1 ^e ±0.14
FC2-80	43.08 ^a ±0.09	4.95 ⁿ ±0.11	19.5 ^c ±0.06
FC2-100	47.98 ^c ±0.17	4.86 ⁿ ±0.04	21.4 ^e ±0.2
FC3-18	58.4 ⁿ ±0.22	0.6 ^e ±0.005	18.08 ^a ±0.01
FC3-30	56.17 ^l ±0.09	1.48 ^g ±0.03	18.86 ^b ±0.03
FC3-50	51.21 ^g ±0.02	2.51 ^h ±0.07	19.67 ^{cd} ±0.03
FC3-80	50.14 ^{ef} ±0.12	3.59 ^l ±0.09	19.65 ^{cd} ±0.09
FC3-100	46.63 ^{de} ±0.36	5.34 ^o ±0.27	21.97 ^f ±0.75
FC4-18	65.53 ^r ±0.46	-0.52 ^c ±0.34	25.98 ^{jk} ±0.75
FC4-30	62.19 ^p ±0.98	1.23 ^{fg} ±0.2	27.04 ^l ±0.19
FC4-50	51.47 ^g ±0.15	2.9 ^{li} ±0.06	26.92 ^l ±0.04
FC4-80	52.77 ^h ±0.07	3.92 ^m ±0.16	26.4 ^k ±0.04
FC4-100	45.07 ^b ±0.33	5.48 ^q ±0.05	21.15 ^e ±0.09
BF	75.96 ^t ±0.13	-5.16 ^a ±0.01	25.66 ^{ij} ±0.14

Πίνακας 4.4: Χρώμα μπισκότων άνω επιφάνειας. Μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση. Οι τιμές που έχουν διαφορετικά γράμματα στην ίδια στήλη διαφέρουν σημαντικά (P<0.05).

Κωδικός Δείγματος	Minolta			Image Pro		
	L	a	b	L	a	b
Control Ολικής						
WWF18	68.2 ^{hi} ±0.99	2.27 ^{cd} ±0.36	33.9 ^{kl} ±0.11	71.4 ^{gh} ±0.47	5.29 ^{hi} ±0.76	38.88 ^{hij} ±0.85
WWF30	71.25 ^m ±0.18	1.5 ^b ±0.37	32.19 ^{ij} ±0.15	74.53 ^k ±0.3	2.29 ^{ab} ±0.28	37.97 ^{ef} ±0.66
WWF50	69.64 ^{jk} ±0.22	2.53 ^{def} ±0.34	31.44 ^g ±0.36	75.19 ^k ±0.59	2.63 ^{bc} ±0.29	37.69 ^{def} ±0.26
WWF80	66.49 ^{fg} ±0.23	2.55 ^{def} ±0.17	30.51 ^{ef} ±0.32	71.1 ^g ±0.47	2.74 ^{bcd} ±0.28	34.55 ^{bc} ±0.28
WWF100	78.68 ^o ±0.61	2.77 ^{ef} ±0.14	21.29 ^a ±0.53	69.76 ^t ±0.67	3.3 ^{def} ±0.3	33.1 ^a ±0.44
Μίγμα J.M.100%, 4Bar	L	a	b	L	a	b
FC1-18	70.36 ^{klm} ±0.35	2.85 ^f ±0.23	31.15 ^{fg} ±0.36	76.26 ^l ±0.38	3.6 ^{efg} ±0.23	39.92 ^{hij} ±0.3
FC1-30	71.43 ^m ±0.38	1.57 ^b ±0.09	33.6 ^{jk} ±0.3	77.94 ⁿ ±0.74	2.43 ^b ±0.28	40.18 ^{hjk} ±0.48
FC1-50	67.28 ^{gh} ±0.23	2.04 ^c ±0.27	30.43 ^e ±0.32	72.32 ^{ij} ±0.23	3.07 ^{cde} ±0.28	37.04 ^{de} ±0.31
FC1-80	62.32 ^{cd} ±0.08	3.56 ^g ±0.33	30.84 ^{efg} ±0.91	68.02 ^e ±0.6	3.8 ^{fg} ±0.33	37.03 ^{de} ±0.82
FC1-100	57.31 ^a ±0.8	5.35 ^{ij} ±0.09	28.59 ^c ±0.71	66.56 ^c ±0.42	6.37 ^l ±0.14	33.49 ^a ±0.98
Μίγμα J.M.100%, 8Bar	L	a	b	L	a	b
FC2-18	70.06 ^{kl} ±0.63	2.4 ^{cde} ±0.24	34.36 ^l ±0.12	77.86 ^m ±0.8	2.65 ^{bc} ±0.3	42.32 ^l ±0.73
FC2-30	68.76 ^{ij} ±0.42	2.83 ^{ef} ±0.14	32.22 ^h ±0.28	74.64 ^k ±0.12	3.6 ^{fg} ±0.25	38.69 ^{fg} ±0.2
FC2-50	62.55 ^d ±0.36	4.53 ^h ±0.36	30.6 ^{ef} ±0.34	67.5 ^{de} ±0.17	5.26 ^{hi} ±0.42	36.9 ^d ±0.38
FC2-80	59.83 ^b ±0.03	5.4 ^{ij} ±0.07	29.29 ^d ±0.15	65.16 ^{ab} ±0.19	5.54 ^{ijk} ±0.14	33.34 ^a ±0.44
FC2-100	57.47 ^a ±0.6	5.76 ^{ij} ±0.04	25.26 ^c ±0.43	65.38 ^b ±0.28	6.15 ^{kl} ±0.24	34.57 ^b ±0.26
Μίγμα J.M.100%, 8Bar Ανατροφοδότηση	L	a	b	L	a	b
FC3-18	71.02 ^{lm} ±0.005	1.58 ^b ±0.15	33.6 ^{jk} ±0.3	76.16 ^l ±0.86	2.61 ^{bc} ±0.28	39.09 ^{gh} ±0.6
FC3-30	67.46 ^{gh} ±0.05	3.37 ^g ±0.06	33.55 ^{jk} ±0.3	73.05 ^l ±0.62	5.08 ^{hi} ±0.57	41.17 ^k ±0.17
FC3-50	64.31 ^e ±0.26	4.34 ^h ±0.3	31 ^{efg} ±0.4	69.23 ^t ±0.4	4.98 ^{hi} ±0.1	37.49 ^{de} ±0.46
FC3-80	61.35 ^c ±0.08	4.57 ^h ±0.36	28.54 ^c ±0.44	67.24 ^{cde} ±0.6	4.85 ^h ±0.36	33.79 ^{ab} ±0.09
FC3-100	56.61 ^a ±0.17	6.33 ^k ±0.45	27.56 ^b ±0.66	64.94 ^{ab} ±0.85	6.27 ^l ±0.81	32.98 ^a ±0.29
Μίγμα J.M.70%, 8Bar	L	a	b	L	a	b
FC4-18	68.58 ^{ij} ±0.47	3.52 ^g ±0.4	32.62 ^{hi} ±0.4	75.41 ^{kl} ±0.42	3.96 ^g ±0.56	40.92 ^{jk} ±0.81
FC4-30	65.49 ^t ±0.4	4.74 ^h ±0.4	33.29 ^{jk} ±0.16	72.1 ^{hi} ±0.8	5.5 ^{ij} ±0.06	39.6 ^{ghi} ±0.23
FC4-50	61.73 ^{cd} ±0.25	5.28 ⁱ ±0.1	29.53 ^d ±0.42	66.77 ^{cd} ±0.25	6.23 ^l ±0.026	37.74 ^{def} ±0.4
FC4-80	61.36 ^c ±0.33	5.63 ^{ij} ±0.13	30.62 ^{ef} ±0.17	65.08 ^{ab} ±0.64	6 ^{kl} ±0.32	34.92 ^c ±0.17
FC4-100	57.5 ^a ±0.8	5.76 ⁱ ±0.04	27.35 ^b ±0.41	64.42 ^a ±0.17	6.28 ^l ±0.05	32.92 ^a ±0.3
Control Μπισκοτοποιίας	L	a	b	L	a	b
BF	77.9 ⁿ ±0.56	-0.41 ^a ±0.3	37.82 ^m ±0.18	82.28 ^o ±0.7	1.7 ^a ±0.38	43.86 ^m ±0.37

Πίνακας 4.5: Χρώμα μπισκότων κάτω επιφάνειας. Μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση. Οι τιμές που έχουν διαφορετικά γράμματα στην ίδια στήλη διαφέρουν σημαντικά (P<0.05).

Κωδικός Δείγματος	Minolta			Image Pro		
	L	a	b	L	a	b
Control Ολικής						
WWF18	55.79 ^{efghi} ±0.79	9.57 ^{hij} ±0.4	35.55 ^{ijk} ±0.34	50.02 ^a ±0.47	10.77 ^{defgh} ±0.2	33.38 ^a ±0.36
WWF30	55.3 ^{efghi} ±0.63	9.34 ^{fghi} ±0.12	35.67 ^{jkl} ±0.32	58.82 ^g ±0.89	9.83 ^{abc} ±0.76	36.7 ^{ef} ±0.29
WWF50	56.69 ^{hi} ±0.95	8.69 ^{cdef} ±0.48	34.29 ^g ±0.32	60.87 ^{ij} ±0.65	11.34 ^{ghi} ±0.37	39.2 ^{ij} ±0.53
WWF80	53.67 ^{cd} ±0.2	9.17 ^{efghi} ±0.2	32.61 ^{ef} ±0.31	59.03 ^{gh} ±0.7	10.48 ^{bcd} ±0.4	37.4 ^{fg} ±0.4
WWF100	55.98 ^{efghi} ±0.44	11.03 ^l ±0.53	33.3 ^{klm} ±0.18	55.99 ^c ±0.43	11.68 ^{ij} ±0.3	35.55 ^{cd} ±0.34
Μίγμα J.M.100%, 4Bar	L	a	b	L	a	b
FC1-18	55.19 ^{defgh} ±0.69	9.77 ^{ijk} ±0.57	34.63 ^{gh} ±0.8	60.07 ^{hi} ±0.69	11.2 ^{fghi} ±0.19	38.34 ^{hi} ±0.26
FC1-30	59.36 ^j ±0.87	8.24 ^{bc} ±0.27	35.97 ^{ghij} ±0.17	64.19 ^k ±0.26	11.45 ^{hij} ±0.27	41.29 ^l ±0.24
FC1-50	55.45 ^{efghi} ±0.36	8.43 ^{bcd} ±0.33	33.18 ^f ±0.2	60.6 ^{ij} ±0.36	10.43 ^{abcde} ±0.33	38.17 ^{gh} ±0.07
FC1-80	54.75 ^{def} ±0.95	9.46 ^{ghi} ±0.36	33.24 ^f ±0.12	56.37 ^{cd} ±0.5	10.52 ^{cdef} ±0.43	36.57 ^{ef} ±0.2
FC1-100	46.57 ^a ±0.8	9.73 ^{ijk} ±0.57	27.98 ^b ±0.36	54.23 ^b ±0.96	11.21 ^{fghi} ±0.14	33.49 ^a ±0.98
Μίγμα J.M.100%, 8Bar	L	a	b	L	a	b
FC2-18	56.47 ^{ghi} ±0.29	10.13 ^{jk} ±0.25	36.56 ^m ±0.4	61.6 ^j ±0.47	11.35 ^{ghi} ±0.47	39.47 ^{jk} ±0.4
FC2-30	56.74 ^l ±0.1	8.71 ^{cdef} ±0.27	34.34 ^g ±0.28	60.94 ^{ij} ±0.36	11.55 ^{ij} ±0.16	41.08 ^l ±0.72
FC2-50	54.48 ^{cde} ±0.63	9.32 ^{fghi} ±0.6	33.14 ^f ±0.23	59.23 ^{gh} ±0.62	10.65 ^{defg} ±0.28	38.3 ^{ghi} ±0.03
FC2-80	53.12 ^c ±0.46	8.82 ^{cdefg} ±0.5	31.43 ^d ±0.11	57.05 ^{cde} ±0.7	10.77 ^{defg} ±0.42	34.57 ^b ±0.4
FC2-100	50.27 ^b ±0.47	8.93 ^{defgh} ±0.19	26.37 ^c ±0.58	56.55 ^{cd} ±0.5	10.67 ^{defgh} ±0.4	30.57 ^b ±0.26
Μίγμα J.M.100%, 8Bar Ανατροφοδότηση	L	a	b	L	a	b
FC3-18	56.2 ^{fghi} ±0.08	9.34 ^{fghi} ±0.22	35.33 ^{hij} ±0.23	63.27 ^k ±0.68	12.13 ^j ±0.56	39.54 ^{jk} ±0.2
FC3-30	56.43 ^{ghi} ±0.03	8.69 ^{cdef} ±0.63	34.76 ^{ghi} ±0.09	61.23 ^{ij} ±0.27	11.67 ^{ij} ±0.25	39.72 ^{jk} ±0.09
FC3-50	55.42 ^{efghi} ±0.05	9.64 ^{ijk} ±0.09	33.2 ^f ±0.2	59.15 ^{gh} ±0.69	10.14 ^{abcd} ±0.6	38.36 ^{hi} ±0.26
FC3-80	55.64 ^{efghi} ±0.46	9.49 ^{hij} ±0.29	31.97 ^{de} ±0.26	58.05 ^{efg} ±0.72	10.53 ^{cdef} ±0.3	35 ^{bc} ±0.14
FC3-100	47.16 ^a ±0.79	8.56 ^{cde} ±0.36	22.96 ^a ±0.35	57.5 ^{def} ±0.74	9.75 ^a ±0.41	32.98 ^a ±0.29
Μίγμα J.M.70%, 8Bar	L	a	b	L	a	b
FC4-18	56.47 ^{ghi} ±0.55	9.57 ^{hij} ±0.15	36.43 ^{lm} ±0.28	61.35 ^j ±0.55	9.57 ^{hij} ±0.15	40.38 ^{kl} ±0.24
FC4-30	55.15 ^{defg} ±0.23	7.51 ^a ±0.23	32.84 ^f ±0.23	59 ^{gh} ±0.76	11.44 ^{hij} ±0.84	37.75 ^{gh} ±0.8
FC4-50	55.64 ^{efghi} ±0.36	7.78 ^{ab} ±0.06	31.34 ^d ±0.24	58.32 ^{fg} ±0.53	11 ^{efghi} ±0.55	36.4 ^d ±0.24
FC4-80	56.37 ^{ghi} ±0.25	7.84 ^{bc} ±0.87	31.56 ^d ±0.28	58.79 ^g ±0.52	10.57 ^{def} ±0.47	35.37 ^{bc} ±0.44
FC4-100	46.91 ^a ±0.2	8.25 ^{bc} ±0.58	26.93 ^a ±0.56	56.49 ^{cd} ±0.5	9.8 ^{ab} ±0.63	32.92 ^a ±0.74
Control Μπισκοτοποιίας	L	a	b	L	a	b
BF	63.93 ^k ±0.57	10.3 ^l ±0.53	40.49 ⁿ ±0.62	65.96 ^l ±0.61	11.3 ^{ghi} ±0.5	43.2 ^m ±0.371

4.7. Προσδιορισμός των γεωμετρικών διαστάσεων των μπισκότων

Τα αποτελέσματα της μέτρησης των γεωμετρικών διαστάσεων των μπισκότων όπως προσδιορίστηκαν με το πρόγραμμα Image Pro Plus 1.3 παρατίθενται στον Πίνακα 4.6. Δεν παρατηρούνται ιδιαίτερες διαφορές ανάμεσα στα δειγμένα δείγματα μπισκότων αλλά και στα διάφορα ποσοστά υποκατάστασης. Παρατηρείται ότι όλα τα δείγματα με 100% υποκατάσταση παρουσιάζουν τη μικρότερη περίμετρο και διάμετρο συγκριτικά με τα υπόλοιπα ποσοστά υποκατάστασης με το δείγμα FC3-100 να έχει τη μικρότερη περίμετρο και με το δείγμα FC4-100 να έχει τη μικρότερη διάμετρο (203 mm και 62.14 mm αντίστοιχα). Όσον αφορά την ετερογένεια η οποία δείχνει την ανομοιομορφία της επιφάνειας των μπισκότων, τα μπισκότα των δειγμάτων αλεύρων που έχουν περαστεί από το μύλο παρουσιάζουν μικρότερες τιμές συγκριτικά με τα μπισκότα του αλεύρου WWF και BF, τα οποία έχουν παρόμοιες τιμές τις τάξης 0,2 έως 0,3.

Πίνακας 4.6: Γεωμετρικές διαστάσεις μπισκότων. Μέσες τιμές \pm τυπική απόκλιση. Οι τιμές που έχουν διαφορετικά γράμματα στην ίδια στήλη διαφέρουν σημαντικά ($P < 0.05$).

Κωδικός Δείγματος	Περίμετρος (mm)	Διάμετρος (mm)	Ετερογένεια
WWF18	219.35 ^{ijk} \pm 7.54	66.9 ^{ij} \pm 0.74	0.39 ^m \pm 0.04
WWF30	213.46 ^{efgh} \pm 1.07	66.55 ^{hi} \pm 0.42	0.24 ^l \pm 0.04
WWF50	219.47 ^{hijk} \pm 5.55	67.53 ^{jk} \pm 0.37	0.2 ^{ijk} \pm 0.02
WWF80	217.63 ^{fghijk} \pm 0.29	68.67 ^{kl} \pm 0.03	0.19 ^{ijk} \pm 0.02
WWF100	212.25 ^{defg} \pm 3.11	65.78 ^{fg} \pm 0.63	0.23 ^{kl} \pm 0.02
FC1-18	220.13 ^{jk} \pm 5.48	67.84 ^k \pm 0.44	0.16 ^{defghi} \pm 0.03
FC1-30	222.79 ^k \pm 6.11	68.64 ^m \pm 0.8	0.18 ^{ghij} \pm 0.04
FC1-50	212.56 ^{defg} \pm 2.88	66.05 ^{gh} \pm 0.73	0.16 ^{defghi} \pm 0.02
FC1-80	214.55 ^{efghi} \pm 5.28	66.62 ^{hi} \pm 0.87	0.15 ^{cdefgh} \pm 0.02
FC1-100	208.41 ^{abcde} \pm 2.45	63.56 ^{bcde} \pm 0.34	0.19 ^{hijk} \pm 0.01
FC2-18	212.44 ^{defg} \pm 5.24	65.59 ^{fg} \pm 0.52	0.17 ^{defghi} \pm 0.03
FC2-30	210.2 ^{bcde} \pm 3.8	66.12 ^{gh} \pm 0.13	0.15 ^{cdefgh} \pm 0.02
FC2-50	206.49 ^{abc} \pm 3.03	63.92 ^{de} \pm 0.36	0.13 ^{abcd} \pm 0.01
FC2-80	204.87 ^{ab} \pm 5.6	63.62 ^{cd} \pm 0.62	0.13 ^{abc} \pm 0.02
FC2-100	204.57 ^{ab} \pm 4.92	63.04 ^{bc} \pm 0.43	0.17 ^{efghij} \pm 0.04
FC3-18	215.11 ^{efghij} \pm 8.38	66.66 ^{hij} \pm 0.79	0.16 ^{cdefghi} \pm 0.04
FC3-30	212.81 ^{efgh} \pm 4.66	66.5 ^{hi} \pm 0.51	0.19 ^{ijk} \pm 0.02
FC3-50	211.35 ^{cdef} \pm 6.62	65.5 ^{fg} \pm 0.3	0.15 ^{cdefgh} \pm 0.02
FC3-80	207.19 ^{abcd} \pm 4.1	64.39 ^e \pm 0.67	0.14 ^{cdef} \pm 0.02
FC3-100	203 ^a \pm 2.93	62.68 ^{ab} \pm 0.15	0.14 ^{abcdef} \pm 0.02
FC4-18	215.99 ^{fghij} \pm 5.24	66.43 ^{hi} \pm 0.66	0.14 ^{bcdef} \pm 0.04
FC4-30	211.84 ^{cdefg} \pm 5.76	66.03 ^{gh} \pm 0.71	0.11 ^{ab} \pm 0.11

FC4-50	209.88 ^{bcd} ±4.25	65.12 ^f ±0.26	0.1 ^a ±0.1
FC4-80	204.34 ^a ±3.64	63.65 ^{cde} ±0.37	0.14 ^{abcd} ±0.02
FC4-100	204.15 ^{ab} ±1.92	62.14 ^a ±0.23	0.14 ^{abcdefg} ±0.01
BF	217.28 ^{ghijk} ±2.03	67.98 ^{kl} ±0.3	0.22 ^{ijkl} ±0.04

4.8. Συσχετιμός χαρακτηριστικών που μελετήθηκαν

Η χρήση του αλεσμένου αλεύρου WWF στις διάφορες συνθήκες οδήγησε σε αλλαγές των φυσικών ιδιοτήτων των μπισκότων που μελετήθηκαν. Ο Πίνακας 4.7. δείχνει τις συσχετίσεις ανάμεσα στα διάφορα συστατικά που μελετήθηκαν.

Παρατηρείται ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στις ιδιότητες οι οποίες μελετήθηκαν. Η δύναμη σπασίματος της ημέρας παραγωγής συσχετίζεται θετικά με την υγρασία και αυξάνεται με την αντικατάσταση του BF. Αυτή η αύξηση σχετίζεται με την αύξηση της περιεκτικότητας σε ίνες όπως έχει παρατηρηθεί και από τους Sudha et al. (2007). Επιπλέον, σχετίζεται αρνητικά με τον SF, επομένως η αύξηση του παράγοντα απλώματος οδηγεί σε μείωση της δύναμης σπασίματος καθώς μειώνεται το πάχος των μπισκότων. Επιπλέον, με βάση τις συσχετίσεις όπως φαίνονται στον Πίνακα 4.7. παρατηρείται ότι αν ο SF ενός μπισκότου έχει μεγάλη τιμή τότε το ποσοστό υγρασίας και η δύναμη σπασίματος της πρώτης ημέρας αποθήκευσης είναι χαμηλά ενώ το χρώμα του μπισκότου είναι πιο φωτεινό.

Πίνακας 4.7. : Συσχέτιση μεταξύ των διαφόρων χαρακτηριστικών των μπισκότων.

	SF	Υγρασία	Δύναμη Σπασίματος	L*	a*	b*
SF	1	-0.624**	-0.632**	0.537**	-0.420*	0.621**
Υγρασία		1	0.845**	-0.666**	0.606**	-0.625**
Δύναμη Σπασίματος			1	-0.817**	0.756**	-0.776**
L*				1	-0.780**	0.964**
a*					1	-0.673**
b*						1

*,** Επίπεδο σημαντικότητας P < 0.05, P < 0.01 αντιστοίχως

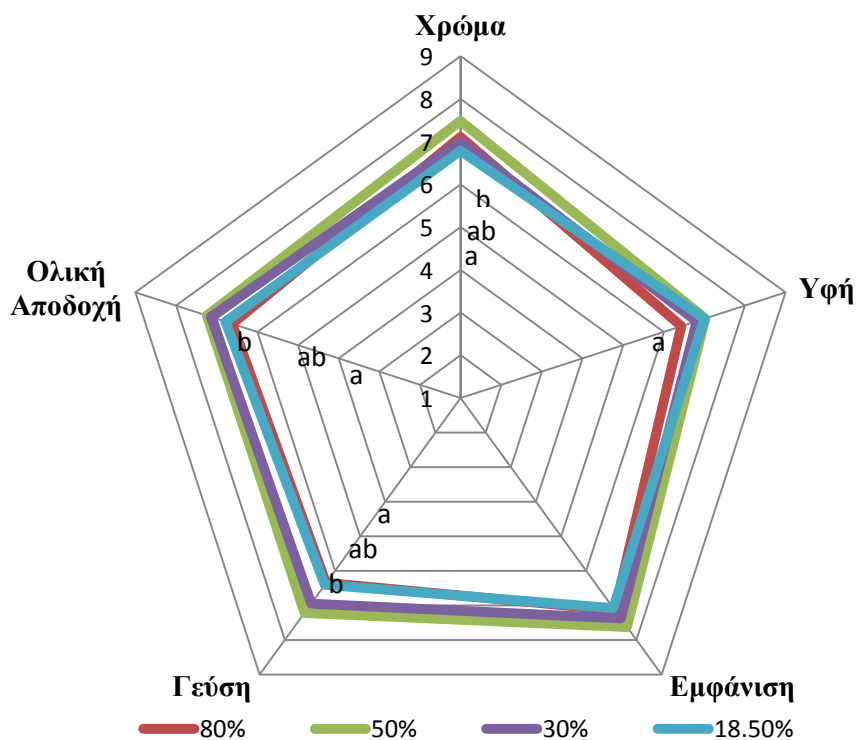
4.9. Οργανοληπτική αξιολόγηση των μπισκότων με κλίμακα αρεσκείας

Στο πρώτο στάδιο της οργανοληπτικής αξιολόγησης παρατηρήθηκε προτίμηση στο δείγμα με 50% υποκατάσταση του BF (Σχήμα 4.17.). Τα δείγματα δεν διέφεραν

σημαντικά ως προς την υφή και την εμφάνιση. Ωστόσο, οι δοκιμαστές διαπίστωσαν διαφορές μεταξύ των δειγμάτων ως προς το χρώμα, τη γεύση και τη γενική αποδοχή. Τελικά επιλέχθηκε το δείγμα 50% υποκατάστασης του BF που είχε με μικρή διαφορά καλύτερο χρώμα, εμφάνιση και γεύση.

Τα αποτελέσματα της δεύτερης οργανοληπτικής αξιολόγησης παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.19. Οι διάφορες συνθήκες άλεσης δεν επηρέασαν την επίγευση, την αίσθηση στο στόμα, την αλμυρότητα και τη γλυκύτητα των τελικών προϊόντων. Αντίθετα διαφορές εντοπίστηκαν στο χρώμα, τη σκληρότητα και την παρουσία ινών. Τα δείγματα αλεύρου έντονης διεργασίας άλεσης (δείγματα FC4 και FC3) οδήγησαν στην παραγωγή μπισκότων με πιο σκούρο χρώμα, χωρίς την αίσθηση της παρουσίας ινών. Τα μπισκότα του δείγματος αλεύρου FC2 παρουσίασαν σημαντική μείωση στο αίσθημα της παρουσίας ινών, χωρίς αλλαγή στο χρώμα το οποίο δεν διέφερε σημαντικά από εκείνο του WWF. Όσον αφορά τη σκληρότητα, ήταν σημαντικά αυξημένη στα μπισκότα με δείγμα αλεύρου FC3 ενώ τα μπισκότα που παρασκευάστηκαν με δείγμα αλεύρου FC2 είχαν παρόμοια σκληρότητα με τα μπισκότα του WWF.

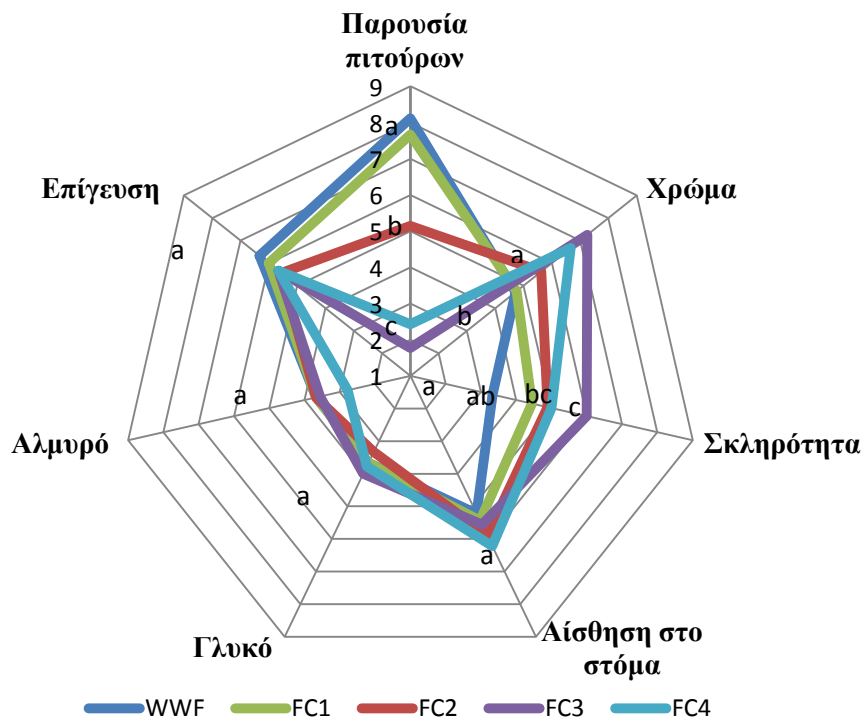
Με βάση τις μετρήσεις της παρούσας εργασίας παρατηρούμε συμφωνία ανάμεσα στα αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου ως προς την παρουσία πιτούρων καθώς το δείγμα FC3 έχει τη χαμηλότερη παρουσία δεδομένου ότι πρόκειται για το πιο λεπτόκκοκο αλεύρο εφόσον έχει διέλθει δυο φορές από το μύλο άλεσης. Ομοίως δεν παρατηρήθηκαν έντονες διαφορές στο χρώμα, με τα πιο σκούρα δείγματα να είναι τα μπισκότα των δειγμάτων αλεύρων FC4 και FC3 τα οποία συμπίπτουν με τις μετρήσεις οι οποίες έχουν προκύψει από τον προσδιορισμό χρώματος αλλά και με τα αναμενόμενα αποτελέσματα, καθώς προέρχονται από άλευρα έντονης διεργασίας. Αντίθετα, αναμένονταν ότι τα μπισκότα αλεύρου FC4 θα παρουσίαζαν τη μεγαλύτερη δύναμη σπασίματος, όπως αυτή υπολογίστηκε με το Instron ακολουθούμενα από τα μπισκότα δείγματος FC1 και έπειτα από τα μπισκότα του δείγματος FC3.



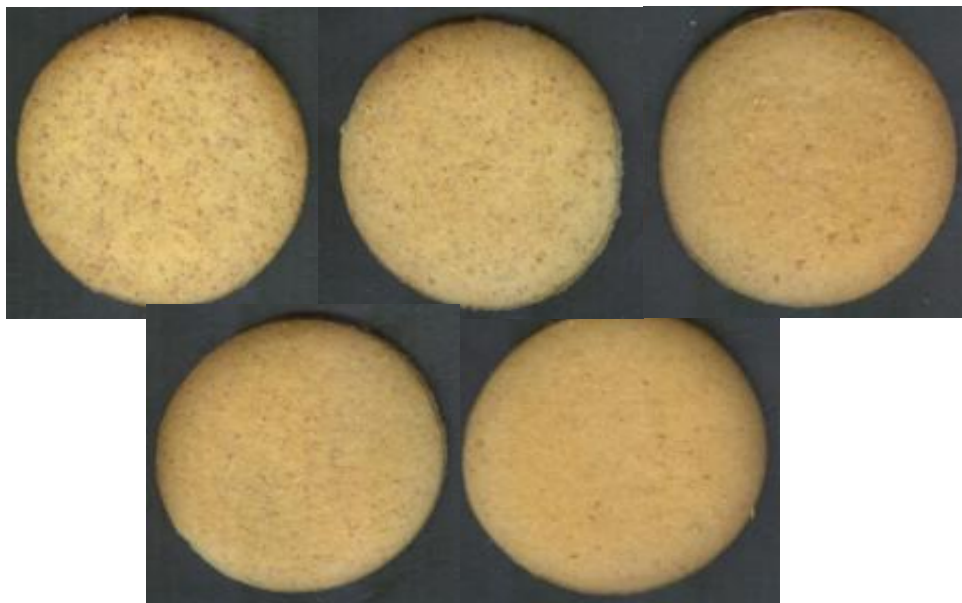
Σχήμα 4.17.: Οργανοληπτική αξιολόγηση δειγμάτων μπισκότων με αλεύρι σίτου ολικής αλέσεως αλεσμένο σε jet milling σε πίεση 8 bar και 5,18 kg / h (FC2) και διαφορετικό ποσοστό υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποιίας (BF).



Σχήμα 4.18.: Μπισκότα με αλεύρι σίτου ολικής αλέσεως FC2 σε ποσοστό υποκατάστασης 18,5%, 30%, 50% και 80% αντίστοιχα.



Σχήμα 4.19.: Οργανοληπτική αξιολόγηση δειγμάτων μπισκότων. Δείγματα: BF: WWF (50:50), BF: FC1 (50:50), BF: FC2 (50:50), BF: FC3 (50:50) και BF: FC4 (50:50). Το ίδιο γράμμα σε μια στήλη υποδηλώνει μη σημαντική διαφορά ($p < 0.05$).



Σχήμα 4.20.: Μπισκότα BF: WWF (50:50), BF: FC1 (50:50), BF: FC2 (50:50), BF: FC3 (50:50) και BF: FC4 (50:50) αντίστοιχα.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σε ένα τυπικό μπισκότο digestive το ποσοστό του αλεύρου ολικής αλέσεως είναι 22% (Chamayou & Dodds, 2007). Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί η επίδραση του ποσοστού του αλεύρου σίτου προερχόμενο από μύλο άλεσης (jet mill) στα μπισκότα αυτά με τελικό στόχο την αύξηση του βαθμού υποκαταστάσεως με την προσθήκη μικροσωματιδιακού αλεύρου, αποφεύγοντας την χαμηλή ικανότητα ενσωμάτωσης στο μίγμα (ζύμη μπισκότων) ή την μη επιθυμητή υφή.

Το σύνολο των αποτελεσμάτων μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η ενσωμάτωση του αλεύρου σίτου προερχόμενου από το μύλο άλεσης, θα μπορούσε να αυξήσει το σύνολο του περιεχομένου αλεύρου σίτου στα μπισκότα digestive. Οι διαφορετικές συνθήκες άλεσης δεν φαίνεται να επηρεάζουν σημαντικά τις ιδιότητες των μπισκότων ενώ αντίθετα το επίπεδο υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποιίας με αλεύρι σίτου ολικής άλεσης είναι πιο κρίσιμο.

Όσον αφορά τα άλευρα η μείωση του μεγέθους των σωματιδίων αύξησε την ικανότητα συγκράτησης νερού (WHC) των αλεύρων με το αλεύρι σίτου ολικής να παρουσιάζει σε όλες τις περιπτώσεις την υψηλότερη WHC, αλλά οι διαφορές ανάμεσα στα διάφορα δείγματα ήταν μικρότερες από 10 %. Το προφίλ του ιξώδους για όλες τις ζύμες που παρασκευάστηκαν με αλεύρι περασμένο από το μύλο άλεσης ήταν παρόμοιο με όλα τα δείγματα 100% υποκατάστασης να παρουσιάζουν το υψηλότερο φαινομενικό ιξώδες με το δείγμα FC3-100 να κατέχει την πρώτη θέση. Παρατηρήθηκε μείωση του SF για τα δείγματα όλων των συνθηκών όσο αυξάνοταν το ποσοστό υποκατάστασης με το δείγμα WWF-100 να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μείωση 23%, ακολουθούμενο από το δείγμα FC4 (13%) και από τα δείγματα FC1 και FC4 που είχαν τη μικρότερη μείωση, ίση με 6%. Παρατηρείται ότι όλα τα δείγματα με 100% υποκατάσταση παρουσιάζουν τη μικρότερη περίμετρο και διάμετρο συγκριτικά με τα υπόλοιπα ποσοστά υποκατάστασης.

Όλα τα δείγματα των μπισκότων ανεξάρτητα του βαθμού υποκατάστασης παρουσίασαν την ίδια τάση στη δύναμη σπασίματος με τα μπισκότα με 100% υποκατάσταση να παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη δύναμη σπασίματος σε όλες τις περιπτώσεις ακολουθούμενα από τα δείγματα 80% υποκαταστάσεως, με το δείγμα FC4 να έχει τη μεγαλύτερη τιμή δύναμης σπασίματος. Παρόμοια τάση παρατηρήθηκε και στο ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας. Πιο συγκεκριμένα η υγρασία αυξήθηκε στα περισσότερα δείγματα από την 3^η στην 7^η ημέρα αποθήκευσης σε ποσοστό περίπου 2% ενώ από την 7^η στη 14^η ημέρα κατά 14%. Κατά την πρώτη ημέρα αποθήκευσης τα

μπισκότα που παράχθηκαν με το FC4 παρουσίασαν το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας σε υψηλά επίπεδα υποκατάστασης 100%, 80%. Το ποσοστό υγρασίας την 30^η ημέρα αποθήκευσης ήταν διακυμενόμενο.

Σχετικά με το χρώμα, τα μπισκότα με 100% υποκατάσταση παρουσίασαν τη χαμηλότερη τιμή L και την υψηλότερη τιμή a με τα μπισκότα με FC4 να έχουν το πιο σκούρο χρώμα συγκριτικά με τα υπόλοιπα. και να ακολουθούνται από τα μπισκότα με άλευρο FC3 όπως προσδιορίστηκαν με το χρωματόμετρο Minolta. Όμοια αποτελέσματα υπολογίστηκαν και με το πρόγραμμα Image Pro, το οποίο είχε απόκλιση τιμών κατά 8% για την τιμή L συγκριτικά με το χρωματόμετρο.

Η οργανοληπτική αξιολόγηση μπισκότων με βαθμό υποκατάστασης του αλεύρου μπισκοτοποίησης με 50% αλεύρι ολικής αλέσεως προερχόμενο από μύλο άλεσης, με μέγεθος σωματιδίων 29,1 μm (FC2), έδειξε ότι τα μπισκότα παρουσίασαν βελτιωμένη εμφάνιση συγκριτικά με τα μπισκότα που παρασκευάστηκαν με αλεύρι ολικής άλεσης μη διερχόμενο από το μύλο (WWF, μέγεθος σωματιδίου 84.15 μm), παρουσίασαν σημαντική μείωση στο αίσθημα της παρουσίας ινών και ήταν λιγότερο σκληρά συγκριτικά με τα μπισκότα των αλεύρων FC3 και FC4.

Μελλοντικά, απαιτείται περαιτέρω έρευνα για να διαπιστωθούν οι συνέπειες του μύλου άλεσης με πεπιεσμένο αέρα στο άλευρο ολικής αλέσεως και πιο ειδικά στα κλάσματα φυτικών ινών και κατ' επέκταση στα προϊόντα της αρτοποιίας. Ωστόσο, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για την παραγωγή αρχικά μπισκότων digestive με ποσοστό αλεύρου ολικής αλέσεως >22% όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία και αύξηση της θρεπτικής αξίας τους ως τελικά προϊόντα διατηρώντας και βελτιώνοντας όλες τις επιθυμητές ιδιότητες.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. AOAC International. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th ed. The Association, Gaithersburg, MD.
2. AACC International. 2000a Methods 10-50D and 10-52. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A.
3. AACC, 1999. Method 44-15 A. Moisture-Air – Oven Methods; Method 54-21 Farinograph Method for flour, American association of Cereal Chemistry.
4. American Association of Cereal Chemists. 2000. Approved Methods of the AACC, 10th ed. The Association, St. Paul, MN.
5. Belitz, H.D., Grosch, W., Schieberle, P., 2004. Food Chemistry, 3rd Revised Edition. Springer – Verlag Berlin Heidelberg New York. Posner, 2003
6. Bloksma A.H. 1974. Rheology of wheat flour doughs. Cereal Science Today 19, 285 Research. 16(1):1-10.
7. Bollinger, H. 1996. Wheat fiber- A special type of dietary fiber. International Food Marketing and Technology, 10(2), pp. 16-17.
8. Brabender OHG, Duisburg, 1986. Farinograph-Resistograph. Instruction Manuan. Germany.
9. Cauvain, S.P. and Young, L.S. 2000. *Bakery Food Manufacture and Quality: Water Control and Effects*. Blackwell Science, Oxford.
10. Chamayou, A., & Dodds, A.J., 2007. Air jet milling. In Salman D.S., Ghadiri M., & Hounslow J.M. (Ed.) *Handbook of Powder Technology, Particle Breakage* Vol 12 (pp 421-435).
11. Chevallier, S., Colonna, P., Buleon, A., & Della Valle, G. 2000. Physicochemical Behaviors of Sugars, Lipids, and Gluten in Short Dough and Biscuit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 1322–1326.
12. Cottrell, RC, 1991. "Introduction: nutritional aspects of palm oil". *The American journal of clinical nutrition* 53 (4 Suppl.): 989S–1009S. PMID 2012022.
13. Dexter, J.E., Sarkar, A.K., 2004. Wheat: Dry Milling. In: *Encyclopedia of Grain Science*, pp. 363-375.
14. Doblado- Maldonado, A.F., Pike, O.A., Sweley, J.C., Rose, D.J. (2012). Key issues and challenges in whole wheat flour milling and storage. *Journal of Cereal Science*, 56, 119-126.

15. Doescher, L. C., and Hosney, R.C. 1985. Effect of sugar type and flour moisture in surface cracking of sugar- snap cookies. *Cereal Chemistry* 62(4):263- 266.
16. Donald J McNamara, 2010. Palm Oil and Health: A Case of Manipulated Perception and Misuse of Science Report. Retrieved 12 February 2013.
17. EDEM, D.O., 2002. Palm oil: Biochemical, physiological, nutritional, hematological, and toxicological aspects: A review. *Plant Foods for Human Nutrition*. 57:319–341
18. Feifei L., Xiansheng Z., Hanxue H., Haizhou D., Jinli Z. and Chenqi L., 2012. Effects of debranning and ultra-fine grinding on the quality of flour and cookies from blue wheat. *African Journal of Biotchnology*. Vol. 11(44), 10232-10241
19. Gacula M. J. R., Rutenbeck S., 2006. Sample size in consumer test and descriptive analysis. *Journal of Sensory Studies*, 21:129-145.
20. Goesaert H., Brijs, K., Veraverbeke, W.S., Courtin, C.M., Gebruers, K., Delcour, J.A., 2005. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 16, 12–30.
21. Gupta M., Singh Bawa A. and Abu- Ghannam N., 2011. Effect of barley flour and freeze- Thaw cycles on textural nutritional and functional properties of cookies. *Food and Bioproducts Processing*, 89, 520-527.
22. HadiNezhad M., Butler F., 2009 Effect of flour type and dough rheological properties on cookie spread measured dynamically during baking. *Journal of Cereal Science*, 49, 178–183.
23. Heng P:W:S:, Chern L:W:, Lee C:C, 2000. Ultrafine grinding using a fluidized bed opposed jet mill: effect of process parameters on the size distribution of milled particles. *S.T.P. Pharma Sciences* 10, 445- 451.
24. Hosney, R. C., Finney, K. F., Shogren, M. D. and Pomeranz, Y. 1971. Functional (breadmaking) and biochemical properties of wheat flour components. VIII. Starch. *Cereal Chemistry* 48, 191-201.
25. Hosney, R.C. 1994. *Principles of Cereal Science and Technology*. 2nd Ed. American Association of Cereal Chemists: St. Paul, MN. Pp 1- 30
26. K.C. Hayes; A. Pronczuk, 2010. Replacing trans fat: the argument for palm oil with a cautionary note on interesterification. *Journal of the American College*

- of Nutrition. Retrieved 14 February 2013.
27. Karel Kulp, 1994. *Cookie Chemistry and Technology*, Published by American Institute of Baking, Capture 11 (280- 296)
 28. Kweon, M., Slade, L., Levine, H., Martin, R., & Souza, E., 2009a. Exploration of Sugar Functionality in Sugar-Snap and Wire-Cut Cookie Baking: Implications for Potential Sucrose Replacement or Reduction. *Cereal Chemistry*, 86(4), 425–433.
 29. Lawless H. T. and Heymann H., 2010. *Sensory evaluation of food principles and practice*. Springer Science and Business Media LLC, New York.
 30. Lilei Yu, Anne-Laure Nanguet and Trust Beta, 2013. Comparison of Antioxidant Properties of Refined and Whole Wheat Flour and Bread, ISSN 2076-3921
 31. Lukow. O. M. 2006. Wheat flour classification. Pages 69-86 in: *Bakery Products Science and Technology*. X. H. Hui, H. Corke, I. De Leyn, W. Nip, and N. Cross, eds. Blackwell Publishing: Ames, IA
 32. MacRitchie, F., Singh, H. 2004. Polymer concepts applied to gluten behavior in dough. Paper presented at: 8th Gluten Workshop, 8-10 September, 2003 (Viterbo, Italy).
 33. Mamat, H., Abu, M. O., & Hill, S. E., 2010. Physicochemical Properties of Commercial Semi-sweet Biscuit. *Food Chemistry*, 121, 1029–1038.
 34. Manley, D., 2000. *Technology of Biscuits, Crackers and Cookies*. Woodhead Publishing, Cambridge.
 35. Manley D, Pareyt B., & Delcour J.A., 2011. Wheat flour and vital wheat gluten as biscuit ingredient. In Manley D. (Ed.). *Manley's technology of biscuits, crackers and cookies* (pp 109–33). UK: Woodhead Publishing. Cambridge.
 36. Morrison, W. R. 1988. Lipids. In *Wheat: chemistry and technology*, Pomeranz, Y., ed. (St. Paul., USA, American Association of Cereal Chemists), 373-439 pp.
 37. MPOC. 2011a. Malaysian Palm Oil Council webpage. Available at: http://www.mpoc.org.my/Malaysian_Palm_Oil_Industry.aspx
 38. Noort M.W.J., Haaster Daan van, Hemery Y., Schols H.A., Hamer R. J. (2010). The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality - Evidence for fibre – protein interactions. *Journal of Cereal Science*, 52, 59-64.

39. Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhofs, G., Brijs, K., Goesaert, H., Wevers, M., & Delcour, J. A., 2009. The Role of Sugar and Fat in Sugar-snap Cookies: Structural and Textural Properties. *Journal of Food Engineering*, 90, 400–408.
40. Paryet, B., Finnie, S.M., Putseys, J.A., Delcour, J.A., 2011. Lipids in breadmaking: Sources, interactions and impact on bread quality. *Journal of Cereal Science*, 54, 266-279.
41. Pauly A., Pareyt B, Fierens E., & Delcour J.A., 2013. Wheat (*Triticum aestivum* L. and *T. turgidum* L. ssp. durum) Kernel Hardness: II. Implications for End-Product Quality and Role of Puroindolines There. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(4), 427–438.
42. Potter N., Hotchkiss J.H., 1998. *Food Science*; Fifth edition. Aspen Publication, INC, ISBN -0-8342-1265-X, United States of America.
43. Protonotariou S., Drakos A., Evageliou V., Ritzoulis C., Mandala I., 2014. Sieving fractionation and jet mill micronization affect the functional properties of wheat flour. *Journal of Food Engineering*, 134, 24–29.
44. Raymundo A., Fradinho P., Nunesa M.C., 2014. Effect of Psyllium fibre content on the textural and rheological characteristics of biscuit and biscuit dough. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 3, 96–105.
45. R. Sai Manohar*, P. Haridas Rao, 2002: Interrelationship between rheological characteristics of dough and quality of biscuits; use of elastic recovery of dough to predict biscuit quality *Food Research International* 35, 807–813.
46. Seal C.J., 2013. Whole Grains. *Encyclopedia of Human Nutrition*. (3rd Ed.). UK: Newcastle University, Newcastle upon Tyne.
47. Shewry, P. R., Napier, J.A., Tatham, A. S. 1995. Seed storage proteins: structures and biosynthesis. *The Plant Cell* 7, 945-956.
48. Singh, H., and MacRitchie, F. 2001a. Application of polymer science to properties of gluten. *Journal of Cereal Science* 33, 231-243.
49. Soulaka, A. B., Morrison, W. R. 1985. The amylose and lipid contents, dimensions, and gelatinization characteristics of some wheat starches and their A- and B- granule fraction. *Journal of Science and Food Agriculture* 36, 709-718.
50. Stanley P. Cauvain and Linda S. Young, 2006. *Baked Products: Science, Technology and Practice*, Blackwell Publishing Ltd, ISBN-10: 1-4051-2702-3

- BakeTran, High Wycombe, Bucks, UK.
51. Sudha M.L., Vetrmani R., Leelavathi K., 2007. Influence of fiber from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. *Food Chemistry*, 100 (4), 1365–1370.
 52. Sumathi, S., Chai, S.P., Mohamed, A.R. 2008. Utilization of oil palm as a source of renewable energy in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.12:1404-2421.
 53. Teoh, C.H. 2002. The Palm Oil Industry in Malaysia: From Seed to Frying Pan. Report of WWF Malaysia.
 54. Villemejeane C., Roussel P., Berland S, Aymard P., Michon C., 2013. Technological and sensory tools to characterize the consistency and performance of fibre enriched biscuit doughs. *Journal of Cereal Science*, 57, 551-559.
 55. W. P. Edwards, Bardfield Consultants, Braintree, Essex, UK, 2007. *The Science of Bakery Products*, Published by The Royal Society of Chemistry, ISBN: 978-0-85404-486-3.
 56. Watts B. M., Ylimaki G. L., Jeffery L. E. and Elias L. G., 1989. *Basic sensory methods for food evaluation*. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa.
 57. Wiley, 1999. *Encyclopedia of Food Science and Technology*, 4 Volume Set, 2nd Edition Frederick J. Francis (Editor) ISBN: 978-0-471-19285-5, 2816 pages.
 58. Williams, T. and Pullen, G. 1998. Functional ingredients. In: *Technology of Breadmaking* (eds S.P. Cauvain and L.S. Young), pp. 45–80. Blackie Academic & Professional, London.
 59. Π.Ο.Ε.Σ.Ε. (Πανελλήνια Ομοσπονδία Εστιατορικών & συναφών Επαγγελματιών), 2005. Κεφάλαιο 5, «Άλευρα - Αλευρόμυλοι – Ζυμαρικά», Άρθρο 100, “Τύποι και κατηγορίες αλεύρων”, σελ. 1.

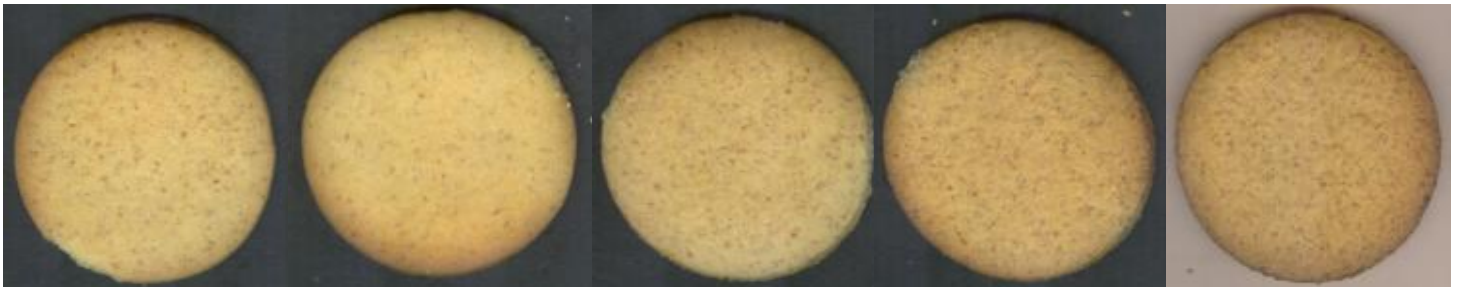
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1. Μπισκότα WWF: 18,5%, 30%, 50%, 80%, 100% αντίστοιχα.



Εικόνα 2. Μπισκότα FC1: 18,5%, 30%, 50%, 80%, 100% αντίστοιχα.



Εικόνα 3. Μπισκότα FC3: 18,5%, 30%, 50%, 80%, 100% αντίστοιχα.



Εικόνα 4. Μπισκότα FC4: 18,5%, 30%, 50%, 80%, 100% αντίστοιχα.



Εικόνα 5. Στάδια παραγωγής μπισκότων. Από τη ζύμη στο τελικό προϊόν.

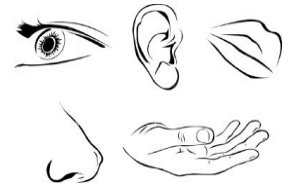


Εικόνα 6. Μέτρηση του φαινομενικού Ιξώδους ζύμης μπισκότων με το μηχάνημα Instron.



Εικόνα 7. Τεστ τριών σημείων σε μπισκότα με το μηχάνημα Instron.





Έντοπο πρώτης οργανοληπτικής αξιολόγησης μπισκότων



Ημερομηνία



Ηλικία



Γένος: Θηλυκό Αρσενικό



Καπνίζω: Ναι Όχι



Έχω συμμετάσχει στο παρελθόν σε οργανοληπτικό έλεγχο:

Ναι Όχι



Καταναλώνω μπισκότα τύπου *digestive*: Ναι Όχι



Αξιολογήστε τις παρακάτω ιδιότητες των μπισκότων:

ΔΕΙΓΜΑ	δεν μου αρέσει καθόλου										μου αρέσει πάρα πολύ
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
.....											
χρώμα		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
υφή		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
εμφάνιση		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
γεύση		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
συνολική εντύπωση		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Παρατηρήσεις



Σας ευχαριστούμε για τη συνεργασία

Έντυπο δεύτερης οργανοληπτικής αξιολόγησης μπισκότων

Όνοματεπώνυμο	Ημερομηνία
---------------	------------

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ:

εμφάνιση	παρουσία πίτουρων (1:πάρα πολλά, 9:καθόλου)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	χρώμα επιφάνειας μπισκότου (1:σκουρό, 9:ανοιχτό)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
υφή	σκληρότητα (1:λίγο σκληρό, 9: πολύ σκληρό)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	αίσθηση στο στόμα (1: αμμώδης, 9: δεν μένει στο στόμα)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
γεύση	γλυκό (1:όχι έντονο, 9:έντονο)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	αλμυρό (1:όχι έντονο, 9:έντονο)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	επίγευση (1: καθόλου καλή, πάρα πολύ καλή)	1	2	3	4	5	6	7	8	9

συνολική εντύπωση	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

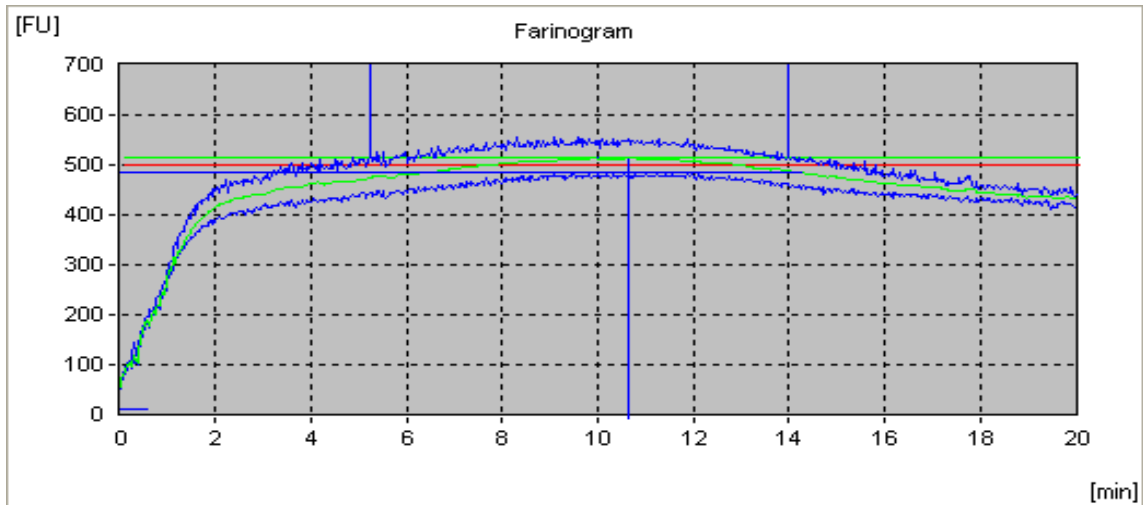
Παρατηρήσεις



Σας ευχαριστούμε για τη συνεργασία

ΦΑΡΙΝΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

1. Φαρινογράφημα WWF



Consistency: 516 FU

with waterabsorption: 73.0 %

Ημερομηνία

29/10/2013 5:21:01

Μέθοδος

BRABENDER / ICC / BIPEA

Δείγμα

WWF

Βάρος δείγματος

300 g

Ταχύτητα

63 1/min

Υγρασία αλεύρου

14%

Απορρόφηση νερού

73.4% (διορθομένο για 500 FU)

Απορρόφηση νερού

73.4 % (διορθομένο για 14,0% υγρασία)

Χρόνος ανάπτυξης

10.7 min

Σταθερότητα

8.8 min

Degree of softening

3 FU

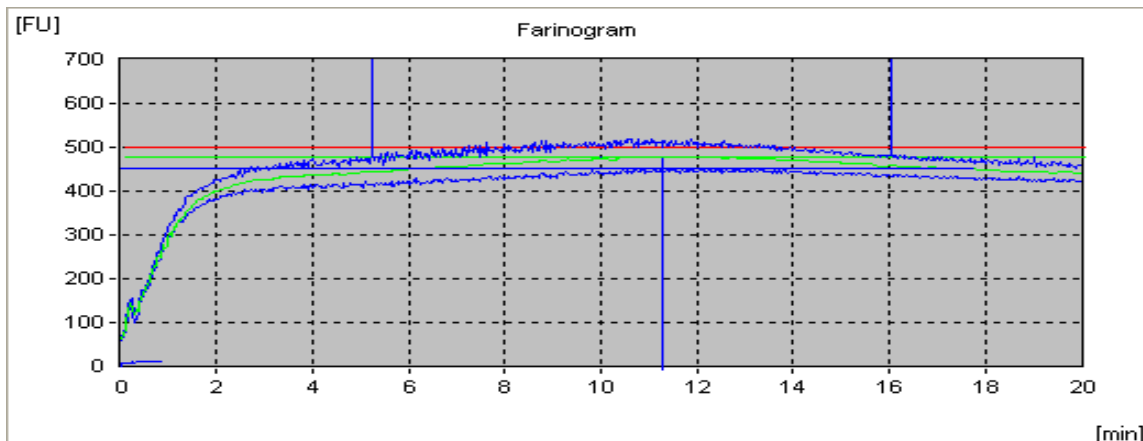
Degree of softening (ICC)

98 FU

Farinograph quality number

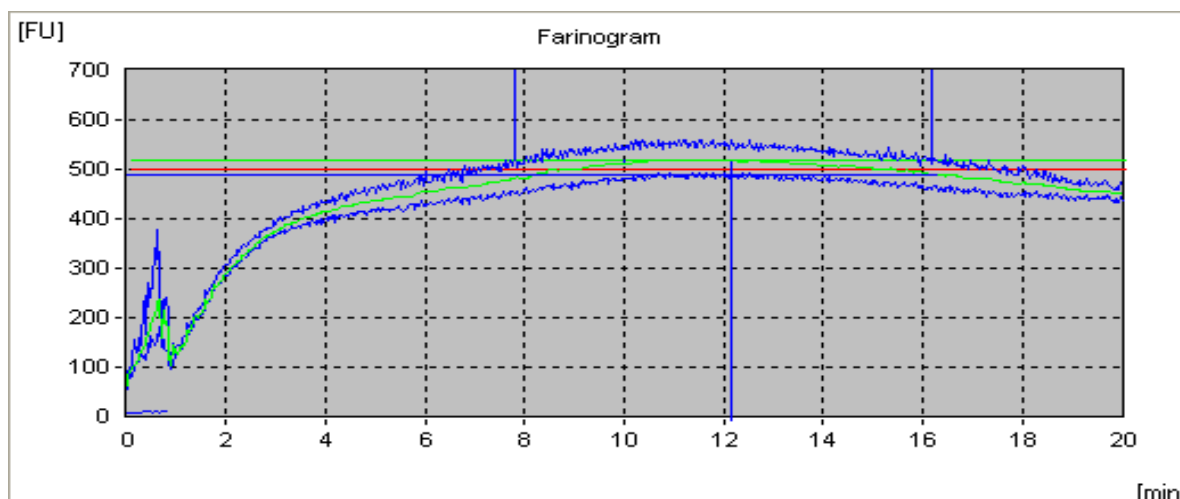
143

2. Φαρινογράφημα FC1



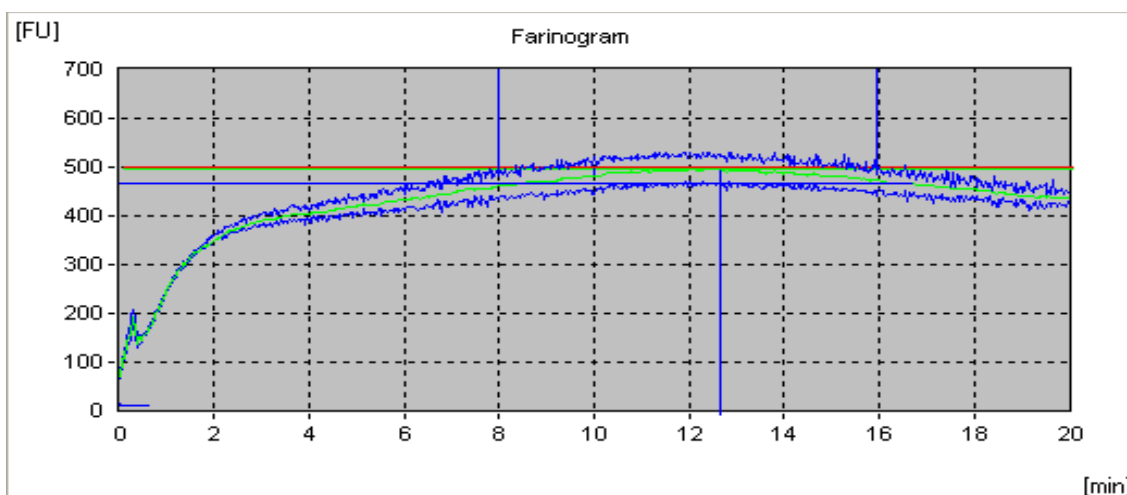
Consistency: 481 FU	with waterabsorption: 73.7 %
Ημερομηνία	16/12/2013 6:42:07
Μέθοδος	BRABENDER / ICC / BIPEA
Δείγμα	FC1
Βάρος δείγματος	300 g
Ταχύτητα	63 1/min
Υγρασία αλεύρου	9.5%
Απορρόφηση νερού	73.2% (διορθωμένο για 500 FU)
Απορρόφηση νερού	68.2 % (διορθωμένο για 14,0% υγρασία)
Χρόνος ανάπτυξης	11.3 min
Σταθερότητα	10.8 min
Degree of softening	5 FU
Degree of softening (ICC)	0 FU
Farinograph quality number	178

3. Φαρινογράφημα FC2



Consistency: 522 FU	with waterabsorption: 80.3 %
Ημερομηνία	28/10/2013 6:11:42
Μέθοδος	BRABENDER / ICC / BIPEA
Δείγμα	FC2
Βάρος δείγματος	300 g
Ταχύτητα	63 1/min
Υγρασία αλεύρου	14%
Απορρόφηση νερού	80.9% (διορθωμένο για 500 FU)
Απορρόφηση νερού	80.9 % (διορθωμένο για 14,0% υγρασία)
Χρόνος ανάπτυξης	12.2 min
Σταθερότητα	8.4 min
Degree of softening	8 FU
Degree of softening (ICC)	95 FU
Farinograph quality number	163

4. Φαρινογράφημα FC3



Consistency: 497 FU

with waterabsorption: 84.2 %

Ημερομηνία

30/10/2013 5:52:44

Μέθοδος

BRABENDER / ICC / BIPEA

Δείγμα

FC3

Βάρος δείγματος

300 g

Ταχύτητα

63 1/min

Υγρασία αλεύρου

14%

Απορρόφηση νερού

84.1% (διορθωμένο για 500 FU)

Απορρόφηση νερού

84.1 % (διορθωμένο για 14,0% υγρασία)

Χρόνος ανάπτυξης

12.7 min

Σταθερότητα

7.9 min

Degree of softening

13 FU

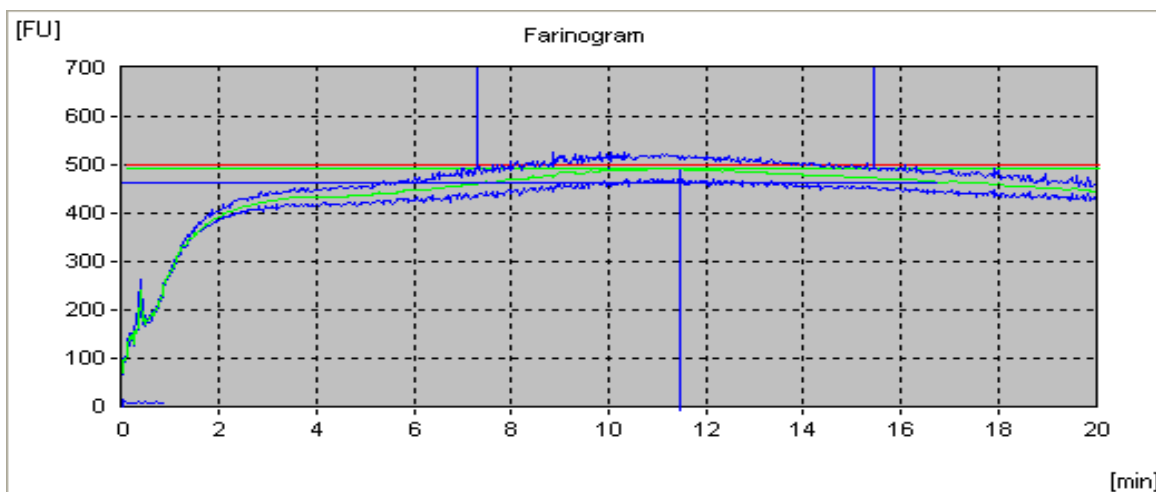
Degree of softening (ICC)

83 FU

Farinograph quality number

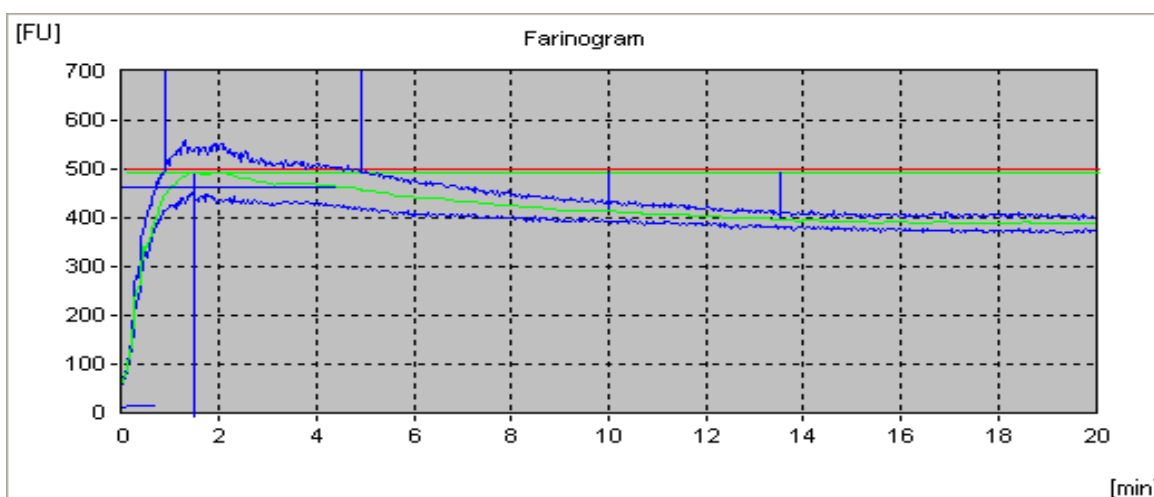
167

5. Φαρινογράφημα FC4



Consistency: 481 FU	with waterabsorption: 83.7 %
Ημερομηνία	16/12/2013 5:21:33
Μέθοδος	BRABENDER / ICC / BIPEA
Δείγμα	FC4
Βάρος δείγματος	300 g
Ταχύτητα	63 1/min
Υγρασία αλεύρου	6.9%
Απορρόφηση νερού	79.9% (διορθομένο για 500 FU)
Απορρόφηση νερού	72.3 % (διορθομένο για 14,0% υγρασία)
Χρόνος ανάπτυξης	11.5 min
Σταθερότητα	8.1 min
Degree of softening	6 FU
Degree of softening (ICC)	65 FU
Farinograph quality number	168

6. Φαρινογράφημα BF



Consistency: 496 FU	with waterabsorption: 56.6 %
Ημερομηνία	1/10/2013 3:41:37
Μέθοδος	BRABENDER / ICC / BIPEA
Δείγμα	BF
Βάρος δείγματος	300 g
Ταχύτητα	63 1/min
Υγρασία αλεύρου	14%
Απορρόφηση νερού	56.5% (διορθομένο για 500 FU)
Απορρόφηση νερού	56.5 % (διορθομένο για 14,0% υγρασία)
Χρόνος ανάπτυξης	1.5 min
Σταθερότητα	4 min
Degree of softening	81 FU
Degree of softening (ICC)	98 FU
Farinograph quality number	44