



ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Εκτίμηση της δυνατότητας εκμετάλλευσης εναλλακτικών πρώτων
υλών για την παρασκευή προϊόντων ελεύθερων γλουτένης**

Μουσελεμίδου Παναγιώτα

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2014

Εκτίμηση της δυνατότητας εκμετάλλευσης εναλλακτικών πρώτων υλών για την παρασκευή προϊόντων ελεύθερων γλουτένης

Μουσελεμίδου Παναγιώτα

Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης (ΑΤΕΙ),
Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, 57400 Θεσσαλονίκη ΤΘ 141

Υποβολή Πτυχιακής Διατριβής που αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για την απονομή του Πτυχίου του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του ΤΕΙ Θεσσαλονίκης

Ημερομηνία: 18/02/2014

Εισηγήτρια: Παπαγεωργίου Μαρία

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα της παρούσας εργασίας, κα. Μαρία Παπαγεωργίου, για τη σημαντική επιστημονική καθοδήγησή της καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης. Την κυρία Marcie Mayer που ανταποκρίθηκε στην πρόσκλησή μας για συνεργασία και μας παρείχε την πρώτη ύλη. Φυσικά, τίποτα δεν θα ήταν εφικτό χωρίς τη βοήθεια του κου. Αθ. Κόκκαλη και της Αντριάνας Σκέντη στην επεξεργασία της πρώτης ύλης και στον χαρακτηρισμό του προϊόντος.

Αξίζει να αναφερθεί ότι το θέμα είναι εμπνευσμένο από έναν αθλητή του τένις (Novak Djokovic) ο οποίος έπασχε από κοιλιοκάκη και αναγκάστηκε να αλλάξει τη διατροφή του καταναλώνοντας αποκλειστικά τροφές χωρίς γλουτένη αυτό τον βοήθησε στην καριέρα του.

ABSTRACT

The present study was carried out in order to study the possibility of the production of gluten-free bread with the use of acorn meal (*Quercus aegilops*) and rice flour in the presence of emulsifiers and hydrocolloids. Providing that gluten is the ingredient that makes bread to rise and gives the fluffy feeling and satisfying textural characteristics, its absence deteriorates bread quality. Therefore, the development of gluten-free bread constitutes a great technological challenge.

In the first place, the chemical composition of the acorn meal and rice flour was measured. Subsequently, experimental bread making was performed during which the ability of mixtures of rice flour and corn starch at a ratio of 50:50 to produce bread was studied with varying amounts of acorn addition (5-25%) and water content in the dough (65-75%). Overall, the quality features of nine recipes were assessed regarding the volume and the moisture of the final products, as well as the colour of their crust and crumb. Furthermore, the texture analyzer was used for the characterization of the crumb texture (hardness, cohesiveness, springiness, chewiness and resilience). Finally, starch retrogradation of the loaves was studied with DSC as a function of the storage time after four days at 4°C.

Among the recipes that were produced, there were ones with acceptable textural characteristics, which can be consumed by people suffering from coeliac disease. Nevertheless, the further improvement of the loaves as regards the texture and the extension of their conservation is needed.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έγινε προκειμένου να μελετηθεί η δυνατότητα παρασκευής αρτοσκευασμάτων ελεύθερων γλουτένης με τη χρήση αλέσματος βελανιδιού (*Quercus aegilops*) και ρυζάλευρου παρουσία γαλακτωματοποιητών και υδροκολοειδών, τα οποία βοηθούν στην ενίσχυση της δομής του τελικού προϊόντος. Δεδομένου ότι η γλουτένη είναι αυτή που δίνει το φούσκωμα, την αφράτη αίσθηση και τα ικανοποιητικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά στο ψωμί, η απουσία της δημιουργεί υποβάθμιση της ποιότητας και η ανάπτυξη αρτοσκευασμάτων ελεύθερων γλουτένης αποτελεί μεγάλη τεχνολογική πρόκληση.

Κατά την πειραματική διαδικασία αρχικά μετρήθηκε η χημική σύσταση του αλέσματος βελανιδιού και του ρυζάλευρου. Στη συνέχεια έγινε πειραματική αρτοποιήση όπου μελετήθηκε η αρτοποιητική ικανότητα μιγμάτων ρυζάλευρου –αμύλου καλαμποκιού σε αναλογία 50:50 για κάθε συνταγή όπου μεταβλήθηκε το ποσοστό προσθήκης βελανιδιού (5-25%) και η περιεκτικότητα του νερού (65-75%) στη ζύμη. Συνολικά, αξιολογήθηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εννέα συνταγών ως προς τον όγκο και την υγρασία των τελικών αρτοσκευασμάτων, καθώς επίσης το χρώμα της κόρας και της ψίχας τους. Επιπλέον έγινε ο προσδιορισμός της υφής της ψίχας τους με τον αναλυτή υφής (σκληρότητα, συνεκτικότητα, ελαστικότητα, μασητικότητα, άμεση ελαστικότητα (ανθεκτικότητα)) και τέλος μελετήθηκε η αναδιάταξη του αμύλου των αρτοσκευασμάτων ως συνάρτηση του χρόνου αποθήκευσης μετά από τέσσερις ημέρες στους 4°C.

Από τις συνταγές που παρασκευάστηκαν υπήρξαν συνταγές με αποδεκτά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, οι οποίες μπορούν να καταναλωθούν από πάσχοντες από κοιλιοκάκη. Παρ' όλα αυτά απαιτείται βελτίωση των αρτοσκευασμάτων ως προς την υφή τους και την επέκταση της διατηρησιμότητάς τους.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	iv
Περιεχομενα	v
Εισαγωγή.....	1
1. Βιβλιογραφική ανασκόπηση	2
1.1 Ψωμί	2
1.1.1 Συστατικά αρτοσκευασμάτων	2
1.2 Δημητριακά χωρίς γλουτένη	4
1.2.1 Ρύζι	4
1.2.2 Καλαμπόκι.....	4
1.3 Σημασία της γλουτένης στην αρτοποιήση.....	5
1.4 Κοιλιοκάκη.....	6
1.4.1 Συμπτώματα της ασθένειας	7
1.4.2 Διατροφή ελεύθερης γλουτένης	7
1.5. Βελανίδι.....	8
2. Σκοπός της εργασίας	10
3 Πειραματικό μέρος	11
3.1 Υλικά και συσκευές.....	11
3.1.1 Πρώτες ύλες.....	11
3.1.2 Αντιδραστήρια	11
3.1.3 Όργανα.....	11
3.2 Προετοιμασία-άλεση βελανιδιού	12
3.3 Μέθοδοι ανάλυσης άλευρων	12
3.3.1 Προσδιορισμός υγρασίας (ICC Standard No 110/1).....	12
3.3.2 Προσδιορισμός τέφρας (ICC Standard No 104/2).....	12
3.3.3 Προσδιορισμός λίπους	13
3.3.4 Προσδιορισμός πρωτεϊνών (ICC Standard No 105/2).....	13
3.4 Σχεδιασμός πειράματος.....	14
3.4.1 Παρασκευή αρτοσκευασμάτων χωρίς γλουτένη	15
3.5 Ανάλυση του ψωμιού.....	16
3.5.1 Προσδιορισμός του όγκου	16
3.5.2 Προσδιορισμός του χρώματος.....	16



3.5.3 Προσδιορισμός της υγρασίας	16
3.5.4 Προσδιορισμός της υφής.....	17
3.5.5 Προσδιορισμός της διαφορικής θερμοδομετρικής ανάλυσης.....	18
4. Αποτελέσματα και συζήτηση	19
4.1 Διατροφικά χαρακτηριστικά άλευρων.....	19
4.2 Όγκος αρτοσκευασμάτων	20
4.3 Υγρασία αρτοσκευασμάτων.....	22
4.4 Χαρακτηριστικά χρώματος.....	24
4.5 Μετρήσεις υφής της ψίχας.....	30
4.5.1 Σκληρότητα.....	31
4.5.3 Ελαστικότητα	32
4.5.5 Άμεση Ελαστικότητα	35
4.6 Έλεγχος αναδιάταξης του αμύλου	36
5. Συμπεράσματα.....	38
6. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	39
7. Βιβλιογραφία	40



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κάποιοι ανθρώπινοι οργανισμοί δεν ανέχονται τη γλουτένη, αφού τους προκαλεί φλεγμονή του λεπτού εντέρου και λόγω αυτής της εντερικής βλάβης δεν μπορούν να απορροφήσουν σημαντικά θρεπτικά συστατικά για τη ζωή τους. Αυτή η νόσος είναι γνωστή ως κοιλιοκάκη σύμφωνα με τους Nehra et al. (2005). Η μόνη αποδεκτή και αποτελεσματική θεραπεία είναι η διατροφή προϊόντων άνευ γλουτένης. (Bentley 2013)

Θεωρείται ότι είναι νόσος της καυκάσιας φυλής και συναντάται κυρίως στη Νότια Αμερική και την Ευρώπη όπου το σιτάρι αποτελεί βασικό είδος διατροφής ενώ δεν εμφανίζεται εκεί όπου το σιτάρι δεν είναι κύριο συστατικό της τροφής τους. (Farrell & Kelly, 2002).

Ο Κεφαλάς (2009) αναφέρει ότι η γλουτένη είναι βασική πρωτεΐνη των σιτηρών και με την ενυδάτωση της στο ζυμωτήριο κατά την παρασκευή αρτοσκευασμάτων κάνει τη μάζα του ψωμιού συνεκτική και ελαστική, δίνοντας έτσι αφράτη αίσθηση. Από την άλλη μεριά τα προϊόντα ελεύθερα γλουτένης έχουν μειωμένη θρεπτική αξία και υποδιέστερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά σύμφωνα με τους Gallagher et al. (2003).

Τα βελανίδια ως τρόφιμο είναι μια ικανοποιητική πηγή πρωτεϊνών, λόγω του υψηλού ποσοστού λίπους θεωρούνται μια τροφή πλούσια σε ενέργεια αλλά και σε θερμιδική αξία. Αξιοσημείωτο είναι ότι έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις, οι οποίες βοηθούν στην καλή υγεία. (Sabrin, 2009).

Έμφαση πρέπει να δοθεί στην εκμετάλλευση των βελανιδιών από το παρελθόν. Συγκεκριμένα τα δέντρα των βελανιδιών τα χρησιμοποιούσαν για την παραγωγή καυσόξυλων και ξυλανθράκων (Charef et al., 2008) Ακόμη τα διακινούσαν στην εγχώρια αγορά, χρησιμοποιώντας αυτά στη βυρσοδεψία και στη διαδικασία βαφής των δερμάτων. Ήταν μία από τις σημαντικότερες πηγές ζωοτροφών σύμφωνα με τον Ozcan (2007). Τέλος το χρησιμοποιούσαν στην καθημερινότητα τους ως τροφή αρκετοί πολιτισμοί της Ασίας και της Αμερικής. (Sabrin, 2009)



1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 Ψωμί

Το ψωμί θεωρείται μία από τις κυριότερες πηγές τροφής για τον άνθρωπο εδώ κι έξι χιλιετίες. Η ευκολία στην παρασκευή του και το γεγονός ότι περιέχει πολλά θρεπτικά συστατικά το καθιστούν τόσο απαραίτητο. Η αρτοποιία είναι μια τέχνη η οποία συνδέεται άρρηκτα με την ανάπτυξη του πολιτισμού. Κατά το 19^ο και 20^ο αιώνα ήταν καθοριστικής σημασίας η ανάπτυξη του φούρνου ψησίματος και της βιομηχανικής παραγωγής μαγιάς. Έπειτα εξελίχθηκε η παρασκευή του ψωμιού λόγω της ανακάλυψης των φυσικοχημικών ιδιοτήτων και της ρεολογίας τόσο στο αλεύρο όσο και στο ζυμάρι. (Pomeranz, 1968)

Στις μέρες μας έχει προχωρήσει η τεχνολογία προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα που σχετίζεται με το μπαγιάτεμα των αρτοσκευασμάτων, η επίδραση των πρόσθετων στη διαδικασία της αρτοποιίας αλλά και η βελτίωση των ρεολογικών ιδιοτήτων του αλεύρου, της ζύμης αλλά και του ψωμιού. (Collado-Fernandez, 2003)

Τα βασικά συστατικά του ψωμιού είναι το αλεύρι, η μαγιά, το αλάτι και το νερό, προαιρετικά προσθέτονται και λάδι, ζάχαρη, γάλα και γαλακτοκομικά προϊόντα, οξειδωτικά, ενεργά ένζυμα, γαλακτωματοποιητές, συντηρητικά και ούτω καθεξής. (Κεφαλάς, 2009)

1.1.1 Συστατικά αρτοσκευασμάτων

Γαλακτωματοποιητές

Οι γαλακτωματοποιητές χρησιμοποιούνται για να προσδώσουν στο αρτοσκεύασμα μαλακότερη υφή ιδιαίτερα κατά την αποθήκευσή του. Η πλέον ενισχυμένη, με το γαλακτωματοποιητή, ζύμη βελτιώνει την αντοχή της δομής του αρτοσκευάσματος ώστε να μην καταρρεύσει, βελτιώνει τον όγκο συγκρατώντας αέριο καθώς επίσης καθυστερεί το μούχλιασμα. (Collado-Fernandez, 2003; Kohajdová et al., 2009)

Υδροκολλοειδή

Τα υδροκολλοειδή είναι ενώσεις που χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα για την βελτίωση της ποιότητας των αρτοσκευασμάτων. Συγκεκριμένα βοηθούν στην κατακράτηση του νερού και στην αύξηση του όγκου του ψωμιού, λόγω της πολυμερούς δομής τους κι έτσι μπορούν να αντικαθιστούν τη γλουτένη σε προϊόντα ελεύθερα γλουτένης. Ακόμη παρατείνουν το shelf life των έτοιμων αρτοπαρασκευασμάτων. (Kohajdová et al., 2009)



Καζεΐνικό Νάτριο

Η πολύ καλή δεσμευτική ικανότητα νερού του καζεΐνικού νατρίου αποτελεί πολύ σημαντική ιδιότητα με πολλές εφαρμογές (π.χ. στην αρτοποιία, στην παρασκευή ζυμαρικών, σε προϊόντα με βάση το κρέας κ.α). Από τη σύνθεση των καζεΐνών προκύπτει ότι περιέχουν ένα ποσοστό 35-45% αμινοξέα με υδρόφοβες ομάδες και λογικά θα έπρεπε να είναι δύσκολα διαλυτές σε υδατικά συστήματα. Εντούτοις, η υψηλή περιεκτικότητα σε φωσφορικές ομάδες, η χαμηλή σε αμινοξέα με θείο και η παρουσία σακχάρων στην κ-καζεΐνη αντισταθμίζουν τις επιδράσεις από τις υδρόφοβες ομάδες (Schou et al, 2005).

Μαγιά

Η μαγιά είναι προϊόν μέγιστης σημασίας κατά την αρτοποιήση. Είναι ένας μύκητας και συγκεκριμένα ο σακχαρομύκητας *Saccharomyces cerevisias*. Η μαγιά ανήκει στην κατηγορία των διογκωτικών μέσων. Παρουσία της προκαλείται διογκωμένο ζυμάρι, με ιδιαίτερη ανάπτυξη στη δομή και την υφή του κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Επιπλέον του προσδίδει άρωμα και γεύση καθώς επίσης αυξάνει και τη θρεπτική του αξία. (Παπανικολάου, 2009)

Λίπος

Το λίπος αυξάνει τη διάρκεια ζωής του αρτοποιημένου κατά την αποθήκευση του. Επιπλέον δίνει μεγαλύτερο όγκο στο παρασκεύασμα παρ' όλης της μικρής ποσότητας που χρησιμοποιείται. Προσδίδει ακόμη καλύτερη όψη στην κόρα του ψωμιού κάνοντας το ελκυστικότερο. (Collado-Fernandez, 2003)

Αλάτι

Το αλάτι το χρησιμοποιούν στα αρτοποιημένα για την ενίσχυση της γεύσης. Ακόμη, επηρεάζει τις ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού αφού το βοηθά ώστε να μην καταρρεύσει. Η παρουσία του προκαλεί ζυμάρι με συνοχή και ελαστικότητα, με ικανοποιητικό όγκο, και βοηθά το τελικό προϊόν να μην είναι εύθρυπτο και με σκληρή κόρα. (Παπανικολάου, 2009; Collado-Fernandez, 2003)



Ζάχαρη

Η ζάχαρη δίνει μια γλυκιά γεύση και βοηθά τη ζύμωση. Επιπρόσθετα καθιστά τη ζύμη πιο ελαστική και σταθερή και κάνει το ψημένο αρτοπαρασκεύασμα πιο μαλακό. (Collado-Fernandez, 2003)

Νερό

Για την αρτοποιήση πρέπει να χρησιμοποιείται πόσιμο νερό. Τα ανόργανα συστατικά βοηθούν στην ανάπτυξη του ζυμαριού, του προσδίδουν μια σταθερότερη δομή και το εμποδίζουν να καταρρεύσει κατά τη διάρκεια της ζύμωσης. (Collado-Fernandez, 2003).

1.2 Δημητριακά χωρίς γλουτένη

1.2.1 Ρύζι

Το ρύζι παράγεται παγκοσμίως σε τεράστιες ποσότητες και το μεγαλύτερο μέρος του δίνεται προς κατανάλωση. Μπορείς να το βρεις στην αγορά ως λευκό γυαλισμένο όπου έχει απομακρυνθεί το πίτουρο αλλά και ως αναποφλοίωτο. Ακόμη ένα μικρό ποσοστό το επεξεργάζεται ο άνθρωπος και το διαθέτει στην αγορά ως αλεύρι. Η απουσία γλουτένης είναι που το κάνει αξιοσημείωτο αφού μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συστατικό τροφίμων για ανθρώπου που έχουν κοιλιοκάκη ή δυσανεξία στη γλουτένη. (Welch, 2005)

1.2.2 Καλαμπόκι

Ο αραβόσιτος σε σύγκριση με την παραγωγή του χρησιμοποιείται μόνο το 30% για τη διατροφή του ανθρώπου. Καταναλώνεται ως έχει αλλά σε κάποιες περιπτώσεις υπόκειται σε βιομηχανική επεξεργασία για την παραγωγή αλεύρου, αμύλου, ελαίου. (Welch, 2005).

Σύμφωνα με τους Dokic et al. (2010) το άμυλο καλαμποκιού είναι ιδιαίτερης σημασίας διότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους σκοπούς σε τρόφιμα, ζωοτροφές, καλλυντικά και φαρμακευτικά προϊόντα. Οι Yousif et al. (2012) αναφέρουν ότι η απομόνωση του είναι ένα σημαντικό επίτευγμα για τις βιομηχανίες των τροφίμων αφού είναι συστατικό που προσδίδει λειτουργικότητα στα τρόφιμα και επιθυμητές ιδιότητες. Τα φυσικά άμυλα μπορούν επίσης να τροποποιηθούν και να γίνουν ανθεκτικότερα κατά την διάρκεια της επεξεργασίας των τροφίμων, δηλαδή κατά τη θέρμανση, ακραίες τιμές pH και την ανάδευση.



1.3 Σημασία της γλουτένης στην αρτοποιία

Η κυριότερη πρωτεΐνη των σιτηρών είναι η γλουτένη αφού αποτελεί το 80% και προσδίδει στο αρτοσκεύασμα συνεκτική και ελαστική μάζα όταν ενυδατωθεί. Η γλουτένη αποτελείται από τη γλοιαδίνη και τη γλουτενίνη. Η γλοιαδίνη και οι πρωτεΐνες που περιέχουν θείο είναι υπεύθυνες για την ελαστικότητα της γλουτένης και καθ' επέκταση του ζυμαριού και η γλουτενίνη είναι υπεύθυνη στην αντίσταση που προβάλλει το ζυμάρι όταν βρίσκεται υπό καθεστώς έκτασης. (Κεφαλάς, 2009)

Οι αναδιπλώσεις της αλυσίδας της γλουτένης συγκρατούνται με διάφορους δεσμούς από αυτούς οι κυριότεροι είναι οι δισουλφιδικοί. Κατά τη ζύμωση και με την προσθήκη νερού μέσα σε ένα άλευρο το οποίο περιέχει γλουτένη γίνεται η εκδίπλωση της πεπτιδικής αλυσίδας της και κατά συνέπεια σπάνε οι δισουλφιδικές γέφυρες. Στην πλέον εκδιπλωμένη αλυσίδα πάει και προσκολλάται μία σουλφυδρυλομάδα κι έπειτα διασταυρώνονται και συγκρατούνται εκ νέου με δεσμούς δισουλφιδικούς. Έτσι δημιουργείται ένα τρισδιάστατο πλέγμα πρωτεϊνών μέσα στο οποίο συγκρατείται νερό και CO₂ και προσδίδει τις μοναδικές ιδιότητες της γλουτένης. (Κεφαλάς, 2009)

Από την άλλη μεριά τα προϊόντα ελεύθερα γλουτένης έχουν μειωμένη θρεπτική αξία και υποδιέστερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, αφού λόγω απουσίας του πλέγματος της γλουτένης δε φουσκώνουν ικανοποιητικά και δεν εμφανίζουν καλές οπτικές ιδιότητες, όπως συνοχή στην επιφάνεια ή ομοιόμορφο πορώδες. (Gallagher et al., 2003)



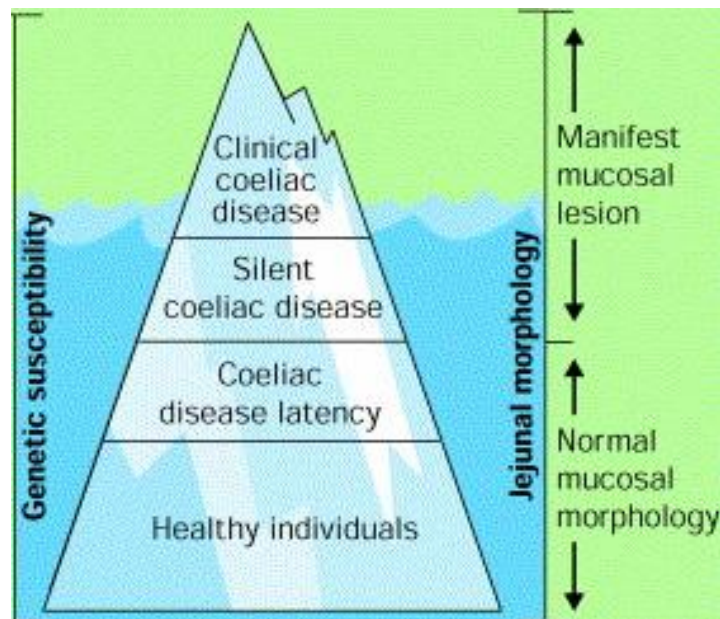
1.4 Κοιλιοκάκη

Κάποιοι ανθρώπινοι οργανισμοί δεν ανέχονται τη γλουτένη, αφού τους προκαλεί φλεγμονή του λεπτού εντέρου και λόγω αυτής της εντερικής βλάβης δεν μπορούν να απορροφήσουν σημαντικά θρεπτικά συστατικά για τη ζωή. (Nehra et al., 2005).

Είναι νόσος της καυκάσιας φυλής και συναντάται κυρίως στη Νότια Αμερική και την Ευρώπη όπου το σιτάρι αποτελεί βασικό είδος διατροφής ενώ δεν εμφανίζεται στην Κίνα, την Ιαπωνία και την Αφρική όπου το σιτάρι δεν είναι κύριο συστατικό της τροφής τους. (Farrell & Kelly, 2002).

Συγκεκριμένα η νόσος αυτή εμφανίζεται σε άτομα που έχουν τύπο ιστών HLA - DQ2 ή HLA - DQ8 , οι οποίοι φαίνεται να είναι ο ακρογωνιαίος λίθος για την εμφάνιση της ασθένειας. (Nehra et al., 2005)

Αξιοσημείωτο είναι να αναφέρουμε τη "λανθάνουσα" ή "σιωπηλή" κοιλιοκάκη. Τέτοιοι είναι οι ασθενείς οι οποίοι έχουν κληρονομήσει τα γονίδια αλλά δεν έχουν εμφανίσει τα συμπτώματα. Υπάρχει όμως σημαντική πιθανότητα να τα εμφανίσουν. (Maki & Collin, 1997). Στο **Σχήμα 1.1** φαίνεται το φάσμα της ευαισθησίας στη γλουτένη. Από τους κλινικά ασθενείς από τη νόσο της κοιλιοκάκης μέχρι τα υγιή άτομα.



Σχήμα 1.1. Το φάσμα της ευαισθησίας στη γλουτένη.

(Maki & Collin, 1997)



1.4.1 Συμπτώματα της ασθένειας

Τα τελευταία χρόνια έχει ανέβει το ποσοστό θνησιμότητας από τη νόσο της κοιλιόκακης κι αυτό συμβαίνει διότι δε γίνεται γρήγορα αντιληπτή λόγω των κοινών συμπτωμάτων της. Η νόσος αυτή έχει συμπτώματα που σχετίζονται με την κοιλιακή χώρα, όπως το φούσκωμα και το κοιλιακό άλγος, η δυσκοιλιότητα, η διάρροια και ο εμετός αλλά έχει και συμπτώματα τα οποία είναι τελείως διαφορετικά κι έχουν σχέση με τα οστά, τα δόντια, τη γονιμότητα, την ψυχολογική υγεία και την κόπωση. Η φλεγμονή θα υποχωρήσει τελείως με τον αποκλεισμό της γλουτένης από τη διατροφή του ασθενή αλλά θα επανέλθει εκ νέου σε περίπτωση που ξανακαταναλωθεί έστω και μικρή ποσότητα γλουτένης. (Nehra et al., 2005)

1.4.2 Διατροφή ελεύθερης γλουτένης

Οι πάσχοντες από κοιλιόκακη πρέπει να αποφεύγουν τη γλουτένη και να μη τη συμπεριλαμβάνουν στη διατροφή τους, αφού είναι η μόνη αποδεκτή θεραπεία σύμφωνα με την Bentley (2013). Οι Nehra et al. (2005) αναφέρουν ότι τα δημητριακά που περιέχουν στο μύριο τους γλουτένη είναι το σιτάρι, το κριθάρι, η σίκαλη και το τριτικάλε. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν και τρόφιμα τα οποία έχουν κρυμμένη την γλουτένη και ενώ φαίνονται φαινομενικά ασφαλή κρύβουν κινδύνους για αυτή την κατηγορία των ανθρώπων. Για τη βρώμη δεν υπάρχουν σαφή αποτελέσματα για το αν προκαλεί κάποια αρνητική επίπτωση, καλό όμως είναι να αποφεύγεται από τη διατροφή ελεύθερης γλουτένης επειδή λόγω της φύσης της μπορεί να υπάρξει εξωτερική πρόσμιξη με την πρωτεΐνη αυτή που προκαλεί τη νόσο κοιλιόκακη.

Υπάρχει και η κατηγορία των ανθρώπων με δυσανεξία στη γλουτένη η οποία μπορεί να ανέχεται κάποιες μικρές ποσότητες στη διατροφή της. Αυτά τα άτομα για να μπορούν εύκολα και χωρίς κίνδυνο να βρίσκουν στην αγορά τέτοια προϊόντα κατάλληλα για τις ανάγκες τους πρέπει να υπάρχει η σωστή επισήμανση στις ετικέτες τους για περιεκτικότητα σε γλουτένη που δεν υπερβαίνει τα 100mg/ Kg (Κανονισμός 41/2009)

Η διατροφή που είναι απαλλαγμένη από γλουτένη δεν είναι εύκολο να ακολουθηθεί αφού τα προϊόντα άνευ γλουτένης είναι αισθητά ακριβότερα σε σχέση με τα προϊόντα με γλουτένη. Ακόμη αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι δεν υπάρχει μεγάλη ποικιλία τέτοιων τροφίμων και δεν υπάρχει και η κατάλληλη ενημέρωση των πολιτών για τους ασθενείς με κοιλιόκακη. Συγκεκριμένα έχει βρεθεί ότι προϊόντα που αναφέρονται «χωρίς γλουτένη» έχουν υψηλότερα από τα επιτρεπόμενα ποσοστά αυτής της πρωτεΐνης πράγμα που είναι επικίνδυνο αφού η κατανάλωση ιχνών γλουτένης προκαλεί βλάβη στις εντερικές λάχνες του πάσχοντος αναφέρει ο Bentley (2013). Συγκεκριμένα σύμφωνα με τον Κανονισμό 41/2009 η σωστή



επισήμανση στις ετικέτες για προϊόντα χωρίς γλουτένη πρέπει να αναγράφει ότι το προϊόν δεν υπερβαίνει τα 20mg/ Kg.

1.5. Βελανίδι

Τα βελανίδια ως τρόφιμο είναι μια ικανοποιητική πηγή πρωτεϊνών, λόγω του υψηλού ποσοστού λίπους θεωρείται μια τροφή πλούσια σε ενέργεια αλλά και σε θερμιδική αξία. Αξιοσημείωτο είναι ότι περιέχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε φαιολικές ενώσεις, οι οποίες βοηθούν στην καλή υγεία. Από την άλλη οι ταννίνες είναι μία ακόμη ουσία που βρίσκεται στα βελανίδια, αυτή η ουσία προσδίδει την πικράδα τους, παρ' όλα αυτά είναι εύκολη η απομάκρυνσή της. (Sabrin, 2009)

Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στην εκμετάλλευση των βελανιδιών από το παρελθόν. Συγκεκριμένα τα δέντρα των βελανιδιών τα χρησιμοποιούσαν για την παραγωγή καυσόξυλων και ξυλανθράκων (Charef et al., 2008) Ακόμη τα διακινούσαν στην εγχώρια αγορά, μια καλή εμπορική κίνηση, διότι τα βελανίδια παλαιότερα έβρισκαν χρήσεις και στη βυρσοδεψία και στη διαδικασία βαφής των δερμάτων.

Επίσης ήταν μια από τις σημαντικότερες πηγές ζωοτροφών, ειδικότερα η παραγωγή βελανιδιών γινόταν για την διατροφή χοίρων διότι μετά το κρέας του χοίρου ήταν πλούσιο σε απαραίτητα λιπαρά οξέα (Ozcan, 2007; Charef et al., 2008).

Από το παρελθόν φαίνεται ότι Αμερικάνοι κυνηγοί χρησιμοποιούσαν ως κύρια πηγή τροφής τα βελανίδια. Ακόμη τα χρησιμοποιούσαν και σε διάφορες γιορτές και τελετές. Στον Ασιατικό πολιτισμό μέχρι και σήμερα τα χρησιμοποιούν κατά κύριο λόγο ως τρόφιμο αλλά και ως φάρμακο για τα πεπτικά προβλήματα. Στην Ευρώπη φτιάξανε καφέ από το βελανίδι (kaffe Eichel). Στη Μέση Ανατολή καταναλώνεται μία σούπα γνωστή ως Racahout που περιέχει γλυκό από βελανίδια με σαλέπι , κακάο , αλεύρι πατάτας , ρύζι , αλεύρι, ζάχαρη , βανίλια και τέλος αυτό το μίγμα αναμειγνύεται με νερό ή γάλα. (Sabrin, 2009)

Επιπλέον πολλά είδη βελανιδιών τα χρησιμοποιούσαν στην ιατρική σύμφωνα με τους Mamedona et al. (1993). Παρ' όλο που τα βελανίδια κατείχαν σπουδαίο ρόλο στην καθημερινότητα του ανθρώπου δεν χρησιμοποιούνται ως κύριο συστατικό της παγκόσμιας διατροφής.(Sabrin, 2009)





Σχήμα 1.2. Βελανίδι *Quercus sp.aegilops*



2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εκτίμηση της δυνατότητας χρησιμοποίησης αλέσματος από βελανίδια για την αρτοποίηση ψωμιού ελεύθερο γλουτένης, οργανοληπτικά αποδεκτού για την κάλυψη προτιμήσεων ατόμων που πάσχουν από τη νόσο κοιλιοκάκη.

Για να πετυχαίνουμε το κύριο σκοπό μελετήθηκε:

- η επίδραση της προσθήκης βελανιδιού στις ποιοτικές παραμέτρους του ψωμιού
- η επίδραση της περιεκτικότητας του νερού στις ποιοτικές παραμέτρους του παραγόμενου ψωμιού.



3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

3.1 Υλικά και συσκευές

3.1.1 Πρώτες ύλες

- Βελανίδι (*Quercus aegilops*) από το νησί Κέα που βρίσκεται στις Κυκλάδες
- Ρυζάλευρο (Μύλοι Καπλανίδη Α.Ε.)
- Άμυλο καλαμποκιού (ΕΛΤΟΝ Α.Ε.Β.Ε.)
- DАTEM Γαλακτωματοποιητής (Ευγενική χορηγία της ALINDA VELCO Α.Ε.Β.Ε.)
- CMC Υδροκολλοειδές (Ευγενική χορηγία της ALINDA VELCO Α.Ε.Β.Ε.)
- Καζεϊνικό Νάτριο (Ευγενική χορηγία της ALINDA VELCO Α.Ε.Β.Ε.)
- Λάδι (ελαιόλαδο εμπορίου)
- Αλάτι (εμπορίου)
- Ζάχαρη (εμπορίου)
- Ξηρή μαγιά (εμπορίου)

3.1.2 Αντιδραστήρια

Όλα τα αντιδραστήρια και οι διαλύτες που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη ερευνητική δραστηριότητα ήταν αναλυτικής καθαρότητας (AR).

3.1.3 Όργανα

- Ζυγός shimadzu ακριβείας με 4 δεκαδικά ψηφία, της εταιρίας LIBROR.
- Ζυγός ακριβείας με 3 δεκαδικά ψηφία, της εταιρίας ELECTRONIC BALANCE.
- Ζυγός με 2 δεκαδικά ψηφία, της εταιρίας KERN KB.
- Συσκευή άλεσης, της εταιρίας FAKKING NUMBER AB.
- Κλίβανος σταθερής θερμοκρασίας THELCO για τον προσδιορισμό της υγρασίας.
- Φούρνος – πυριαντήριο για τον προσδιορισμό της τέφρας.
- Συσκευή καύσης και απόσταξης **Kjeldahl** τύπου BUCHI για τον προσδιορισμό της ολικής και εκχυλίσιμης πρωτεΐνης.
- Συσκευή απόσταξης και εκχύλισης **Soxhlet** για τον προσδιορισμό του λίπους.
- Φαρινογράφος **Brabender** GmbH & Co. KG.
- Ζυμωτήριο, της εταιρίας DITO- SAMA.
- Χρωματόμετρο “Micro Color LMC”, DR LANGE.
- Αναλυτής υφής, Texture Analyser, TA XT plus.



- Όργανο μέτρησης διαφορικής θερμικής ανάλυσης (DSC) Perkin Elmer DSC 6 (Differential Scanning Calorimeter)

3.2 Προετοιμασία-άλεση βελανιδιού

Παραλήφθηκε δείγμα ξηρών φυλλιδίων από καρπό βελανιδιού, το οποίο είχε ξηρανθεί σε φούρνο μικροκυμάτων στη μέγιστη ισχύ και για δυο λεπτά μετά από διαδοχικές εκπλύσεις σε αλατόνερο για την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων ταννινών. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν από την ειδική είσοδο τα φυλλίδια του βελανιδιού μέσα στην μηχανή άλεση. Εκεί υπάρχουν κύλινδροι απ' όπου περνάνε από ανάμεσά τους κι έτσι τα αλέθουν. Εν τέλει από την έξοδο του μηχανήματος βγαίνει το αλεσμένο πλέον βελανίδι.

3.3 Μέθοδοι ανάλυσης άλευρων

3.3.1 Προσδιορισμός υγρασίας (ICC Standard No 110/1)

Αρχικά πάρθηκαν τρία τρυβλία petri για κάθε δείγμα (βελανίδι, ρυζάλευρο και άμυλο καλαμποκιού) από τα οποία είχε ληφθεί το απόβαρο, έπειτα σε καθένα από αυτά ζυγίστηκαν με ακρίβεια περίπου 5g αλεύρου. Στη συνέχεια μεταφέρθηκαν δείγματα σε κλίβανο στους 130°C για δύο ώρες, μετά αφού ολοκληρώθηκε η ξήρανση ζυγίστηκαν τα τριβλία.

Η περιεκτικότητα σε υγρασία υπολογίστηκε ως εξής:

$$\% \text{Υγρασία} = \frac{\text{τελικό βάρος}(g) - \text{αρχικό βάρος}(g)}{\text{βάρος δείγματος}(g)} * 100$$

3.3.2 Προσδιορισμός τέφρας (ICC Standard No 104/2)

Αρχικά πάρθηκαν τρεις κάψες πορσελάνης για κάθε δείγμα (βελανίδι, ρυζάλευρο) από τις οποίες είχε ληφθεί το απόβαρο, έπειτα σε καθεμιά από αυτές ζυγίστηκαν με ακρίβεια περίπου 5g αλεύρου. Στη συνέχεια προστέθηκαν στα δείγματα 1-2mL αιθανόλης και μεταφέρθηκαν σε φούρνο στους 900°C για δύο ώρες. Αφού ολοκληρώθηκε η καύση ζυγίστηκαν οι κάψες πορσελάνης.

Η περιεκτικότητα σε τέφρα υπολογίστηκε ως εξής:

$$\% \text{Τέφρα} = \frac{\text{τελικό βάρος}(g) - \text{αρχικό βάρος}(g)}{\text{βάρος δείγματος}(g)} * 100$$

$$\% \text{Τέφρα}_{\text{επίξηρου}} = \% \text{τέφρα} * \frac{100}{100 - \text{υγρασία}}$$



3.3.3 Προσδιορισμός λίπους

Ο προσδιορισμός του λίπους έγινε με τη μέθοδο Soxhlet, για κάθε δείγμα (βελανίδι, ρυζάλευρο) έγιναν από δύο επαναλήψεις.

Ζυγίστηκαν με ακρίβεια περίπου 5g από το κάθε δείγμα και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν μέσα στις ειδικές φύσιγγες. Ακόμη σε προζυγισμένες φιάλες σφαιρικού σχήματος και με πέτρες βρασμού στο εσωτερικό τους προστέθηκαν 250mL πετρελαϊκού αιθέρα. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν οι φύσιγγες και οι σφαιρικές φιάλες στους κατάλληλους υποδοχείς της συσκευής Soxhlet. Αφού πραγματοποιήθηκε βρασμός του διαλύτη και μετά την ολοκλήρωση 18 σιφωνισμών ολοκληρώθηκε η διαδικασία. Αφαιρέθηκαν οι φιάλες και τοποθετήθηκαν μέσα σε κλίβανο ώστε να φύγει τυχόν περίσσεια διαλύτη και αφού ολοκληρώθηκε η ξήρανση ζυγίστηκαν οι φιάλες.

Η περιεκτικότητα σε λίπος υπολογίστηκε ως εξής:

$$\% \text{Λίπος} = \frac{\text{τελικό βάρος}(g) - \text{αρχικό βάρος}(g)}{\text{βάρος δείγματος}(g)} * 100$$

$$\% \text{Λίπος}_{\text{επίξηρου}} = \% \text{λίπος} * \frac{100}{100 - \text{υγρασία}}$$

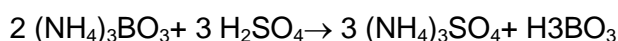
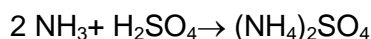
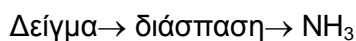
3.3.4 Προσδιορισμός πρωτεϊνών (ICC Standard No 105/2)

Ο προσδιορισμός των πρωτεϊνών έγινε με τη μέθοδο Kjeldahl, για κάθε δείγμα (βελανίδι, ρυζάλευρο και άμυλο καλαμποκιού) έγιναν από δύο επαναλήψεις.

Ζυγίστηκαν με ακρίβεια περίπου 1g από το κάθε δείγμα και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν με προσοχή μέσα σε ειδική φιάλη BUCHI. Σε καθεμιά φιάλη προστέθηκαν από μία ταμπλέτα καταλύτη και 20mL πυκνού θειϊκού οξέος έχοντας ως σκοπό να προκληθεί διάσπαση στο δείγμα με τη βοήθεια του θειϊκού οξέος και του καταλύτη. Με την πάροδο περίπου τεσσάρων ωρών ολοκληρώθηκε η καύση και τα διαλύματά μας ήταν πλέον διαυγή και προστέθηκε σε κάθε φιάλη από 50mL απεσταγμένο νερό. Έπειτα τοποθετήθηκαν οι φιάλες BUCHI στη συσκευή απόσταξης και προστέθηκαν 70mL NaOH. Συλλέχθηκε το απόσταγμα μέσα σε μια κωνική φιάλη που περιείχε 60mL βορικό οξύ. Έτσι η αμμωνία δεσμεύτηκε ως βορικό αμμώνιο. Τέλος προστέθηκε στην κωνική φιάλη που περιέχει το βορικό αμμώνιο 2-3 σταγόνες δείκτη sher (methyl orange- methyl blue) και το δείγμα ογκομετρήθηκε με υδροχλωρικό οξύ 0,1N. Ο δείκτης από πράσινο χρώμα κατά τη διάρκεια της ογκομέτρησης άλλαξε σε γαλάζιο στο κρίσιμο σημείο και σταματήσαμε την ογκομέτρηση όταν το χρώμα έγινε καφέ-γκρι.



Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν μέρος στη διαδικασία είναι οι εξής:



Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη υπολογίστηκε ως εξής:

$$\% \text{Πρωτεΐνη}_{\text{επίξηρού}} = \frac{V(\text{mL}) * 6.25 * 0.0014008 * 10000}{\text{βάρους δείγματος (g)} * (100 - \text{υγρασία})}$$

Όπου V είναι τα mL που καταναλώθηκαν κατά την ογκομέτρηση.

3.4 Σχεδιασμός πειράματος

Οι αναλογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή αρτοσκευασμάτων χωρίς γλουτένη βασίστηκαν σε προηγούμενες μελέτες που είχαν γίνει πάνω σε αντίστοιχες παραγωγές αρτοσκευασμάτων. Μετά από προσωπικά μας πειράματα καταλήξαμε ότι οι αναλογίες που φαίνονται στον πίνακα 3.1 είναι οι πλέον αποδεκτές για το προϊόν μας και εκεί παρουσιάζονται αναλυτικά οι συνταγές που παρασκευάστηκαν.

Πίνακας 3.1. Συνταγές δειγμάτων χωρίς γλουτένη.

Συνταγές	Μίγμα αλεύρου (άλευρο1:άλευρο2)	Νερό %	Ξηρή μαγιά %	Λάδι %	Ζάχαρη %	Αλάτι %	Καζεϊνικό Νάτριο %	Datem %	CMC %
S1	95:5	65	3.75	5	5	5	5	0.5	0.5
S2	75:25	65	3.75	5	5	5	5	0.5	0.5
S3	95:5	75	3.75	5	5	5	5	0.5	0.5
S4	75:25	75	3.75	5	5	5	5	0.5	0.5
S5	95:5	70	3.75	5	5	5	5	0.5	0.5
S6	75:25	70	3.75	5	5	5	5	0.5	0.5
S7	85:15	65	3.75	5	5	5	5	0.5	0.5
S8	85:15	75	3.75	5	5	5	5	0.5	0.5
S9	85:15	70	3.75	5	5	5	5	0.5	0.5

Οι ποσότητες που προστίθενται σε κάθε συνταγή είναι ανάλογες για παρασκευή ζύμης 100g. Το άλευρο 1 είναι μίξη του ρυζάλευρου με το άμυλο καλαμποκιού σε αναλογίες 1:1 και το άλευρο 2 είναι το άλεσμα βελανιδιού.



3.4.1 Παρασκευή αρτοσκευασμάτων χωρίς γλουτένη

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την παρασκευή του αρτοσκευάσματος είναι η εξής:

1. Ζύγισμα όλων των υλικών.
2. Τοποθέτηση των ξηρών υλικών μέσα στο ζυμωτήριο με εξαίρεση την ξηρή μαγιά.
3. Ανάμιξη για δύο λεπτά του μίγματος και ταυτόχρονη προσθήκη της ξηρής μαγιάς διαλυμένης στο νερό (30°C) και της ποσότητας του λαδιού.
4. Ανάμιξη όλων των υλικών για άλλα δύο λεπτά.
5. Μεταφορά 100g ζυμαριού σε φορμάκια επικαλυμμένα με λάδι.
6. Τοποθέτηση της κάθε φόρμας σε προθερμασμένο φούρνο στους 37°C για 20 λεπτά (στόφα).
7. Μεταφορά της κάθε φόρμας σε προθερμασμένο φούρνο στους 185°C για 30 λεπτά.



3.5 Ανάλυση του ψωμιού

3.5.1 Προσδιορισμός του όγκου

Από την εκτόπιση σιναπόσπορων μέσα σε ειδικό δοχείο μετά την προσθήκη του αρτοσκευάσματος μετρήθηκε ο όγκος των ψωμιών. Τα αρτοσκευάσματα της κάθε συνταγής ήταν δύο και λαμβανόταν υπόψη ο όγκος και από τα δύο ψωμιά αφού είχαν κρυώσει μετά το ψήσιμο τους. Στη συνέχεια με τη βοήθεια του βάρους τους βρέθηκε και τον ειδικό όγκο τους.

$$\text{ειδικός όγκος (mL/g)} = \frac{\text{όγκος (mL)}}{\text{βάρος (g)}}$$

3.5.2 Προσδιορισμός του χρώματος

Ο προσδιορισμός του χρώματος έγινε στην κρούστα και στην ψίχα του κάθε αρτοσκευάσματος, συγκεκριμένα πάρθηκαν τέσσερις τιμές από την κόρα και την ψίχα του κάθε ψωμιού μετά το ψήσιμο τους.

Οι άξονες a* & b* αντιστοιχούν στα ζεύγη κόκκινο/ πράσινο & κίτρινο/ μπλε αντίστοιχα. Ο τρίτος άξονας L* (άσπρο/ μαύρο) βρίσκεται κάθετος στο επίπεδο των a* & b* και ορίζει τη λαμπρότητα. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του, τόσο φωτεινότερο είναι το δείγμα.

3.5.3 Προσδιορισμός της υγρασίας

Σε κάθε συνταγή παρασκευάστηκαν από δύο αρτοσκευάσματα. Για την κάθε μέρα που προσδιορίστηκε η υγρασία διατηρήθηκαν δύο δείγματα για κάθε συνταγή τα οποία πάρθηκαν από ένα αρτοσκευάσμα. Τα αρτοσκευάσματα αποθηκεύτηκαν στους 4°C, δείγμα πάρθηκε κατά την πρώτη και τέταρτη μέρα. Σε προζυγισμένα τριβλία petri ζυγίστηκαν με ακρίβεια περίπου 5g ψίχας. Έπειτα μεταφέρθηκαν τα δείγματα σε κλίβανο στους 130°C για δύο ώρες. Μετά το πέρας της ξήρανσης ζυγίστηκαν.

Η περιεκτικότητα σε υγρασία υπολογίστηκε ως εξής:

$$\% \text{Υγρασία} = [1 - (\frac{\text{τελικό βάρος (g)} - \text{αρχικό βάρος (g)}}{\text{βάρος δείγματος (g)}})] * 100$$



3.5.4 Προσδιορισμός της υφής

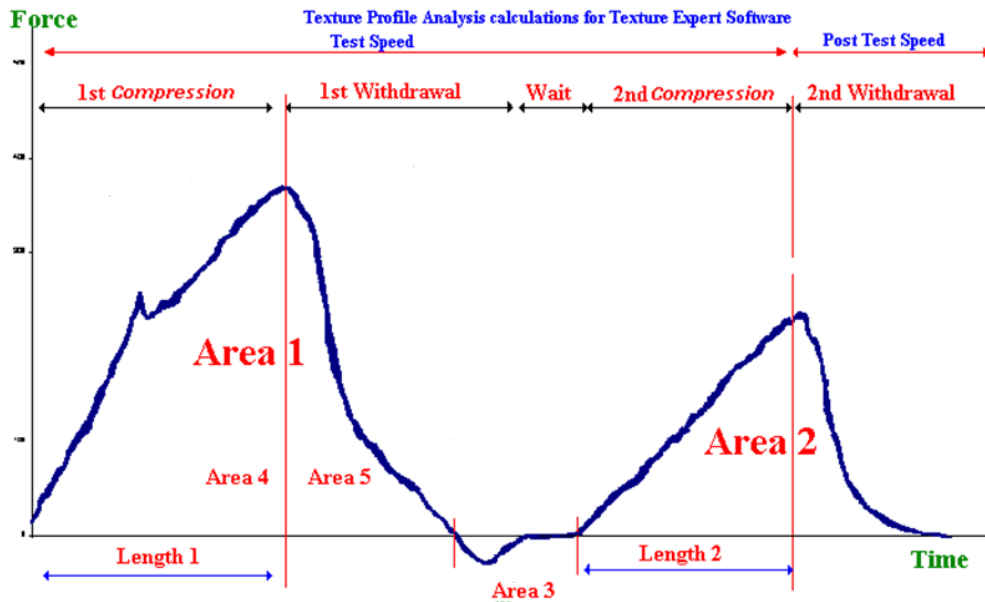
Ο προσδιορισμός της παραμόρφωσης των αρτοσκευασμάτων έγινε με τον αναλυτή υφής (texture analyser) την πρώτη μέρα.

Χρησιμοποιήθηκαν δύο φέτες από κάθε ψωμί (δύο ψωμιά στην κάθε συνταγή), στο σύνολο είχαμε τέσσερις φέτες από κάθε συνταγή. Οι φέτες ήταν πάχους 25mm και πάρθηκαν από το κέντρο του κάθε ψωμιού. Με τη βοήθεια ενός κυλινδρικού εμβόλου συμπίεσης με διάμετρο κεφαλής 36mm τα δείγματα ήταν όμοια.

Τοποθετήθηκε το κάθε δείγμα μεταξύ της οριζόντιας βάσης του οργάνου και του εμβόλου συμπίεσης και ορίστηκε ως ταχύτητα κίνησης του εμβόλου 2mm/sec. Το επίπεδο παραμόρφωσης ήταν 40% και στα δείγματα γίνονταν δύο συμπίεσεις με χρόνο απόκλισης μεταξύ των συμπίεσεων 5sec. Η δύναμη ενεργοποίησης (trigger force) ορίστηκε 5g και η απόσταση ενεργοποίησης (trigger distance) ορίστηκε 2mm. Από την καμπύλη συμπίεσης καθορίστηκαν οι εξής παράμετροι της υφής:

- Σκληρότητα η τιμή της καθορίζει τη μέγιστη δύναμη της τιμής του προϊόντος.
- Κολλητικότητα καθορίζει το πόσο καλά το προϊόν αντέχει μια δεύτερη παραμόρφωση αφού έχει υποστεί την πρώτη. Υπολογίζεται $\frac{area2}{area1}$ σύμφωνα με το παρακάτω γράφημα.
- Ελαστικότητα είναι το πόσο καλά ένα προϊόν επανέρχεται στο αρχικό του σχήμα μετά από την άσκηση της πρώτης συμπίεσης. Υπολογίζεται $\frac{length2}{length1}$ σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα.
- Μασητικότητα για στερεά υπολογίζεται $(\frac{area2}{area1}) * hardness * (\frac{length2}{length1})$ σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα.
- Άμεση ελαστικότητα καθορίζει το πόσο εύκολα το προϊόν ανακτά την αρχική του θέση. Υπολογίζεται $\frac{area5}{area4}$ σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα.





Σχήμα 3.1. Διάγραμμα παραμόρφωσης.

3.5.5 Προσδιορισμός της διαφορικής θερμιδομετρικής ανάλυσης

Οι μετρήσεις για την αναδιάταξη του αμύλου έγιναν με την διαφορική θερμιδομετρία σάρωσης (Differential Scanning Calorimetry, DSC). Στόχος ήταν η συγκριτική μελέτη μεταξύ των εννέα συνταγών ως προς το μέγεθος της αναδιάταξη του αμύλου μετά από τέσσερις ημέρες αποθήκευσης στους 4°C .

Από την ψίχα του ψωμιού πάρθηκε ελάχιστη ποσότητα (9-12mg) και τοποθετήθηκε μέσα σε αλουμινένια καψύλλια. Ζυγίστηκε με ακρίβεια ένα άδειο καψύλλιο ώστε να χρησιμοποιηθεί ως δείγμα αναφοράς. Τα καψύλλια κλείστηκαν ερμητικά πριν τοποθετηθούν μέσα στο θερμιδόμετρο. Εκεί θερμάνθηκαν με συνεχή ροή αερίου N₂ έως τους 100°C με σταθερό ρυθμό 5°C/ min. Η θερμοκρασία ανακρυστάλλωσης της αμυλοπηκτίνης των αρτοσκευασμάτων καθώς και η ενθαλπία ανακρυστάλλωσης της αμυλοπηκτίνης μελετήθηκαν μέσω της διαφορικής θερμιδομετρικής ανάλυσης. Τα αποτελέσματα της ενθαλπίας εκφράστηκαν σε J/g ξηρής μάζας του ψωμιού όπως φαίνεται παρακάτω.

$$\Delta H_{\xi\eta\rho\acute{\eta}\varsigma _ \omicron\upsilon\varsigma\iota\alpha\varsigma} = \Delta H(\text{J/g}) * \frac{\text{βάρους}(\text{mg}) * \left(\frac{100 + \nu\gamma\rho\alpha\sigma\iota\acute{\alpha}}{100}\right)}{\text{βάρους}(\text{mg})}$$



4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Διατροφικά χαρακτηριστικά αλευρων

Στους Πίνακες 4.1 – 4.3 φαίνεται η χημική σύσταση των αλευρων που χρησιμοποιήσαμε.

Πίνακας 4.1. Χημική σύσταση αλέσματος βελανιδιού.

Παράμετρος	Πρότυπη μέθοδος	Τιμή	Τυπική απόκλιση	Μονάδα μέτρησης
Υγρασία	ICC Standard No 110/1	12.01	±0.05	g/ 100g
Τέφρα	ICC Standard No 104/1	0.32	±0.02	g/ 100g ξ.υ.
Πρωτεΐνες	Kjeldahl ICC Standard No 105/2	5.38	±0.06	g/ 100g ξ.υ.
Λιπαρά	Soxhlet	8.26	±0.01	g/ 100g ξ.υ.

Πίνακας 4.2. Χημική σύσταση ρυζάλευρου.

Παράμετρος	Πρότυπη μέθοδος	Τιμή	Τυπική απόκλιση	Μονάδα μέτρησης
Υγρασία	ICC Standard No 110/1	13.09	±0.02	g/ 100g
Τέφρα	ICC Standard No 104/1	0.49	±0.001	g/ 100g ξ.υ.
Πρωτεΐνες	Kjeldahl ICC Standard No 105/2	9.00	±0.06	g/ 100g ξ.υ.
Λιπαρά	Soxhlet	1.04	±0.21	g/ 100g ξ.υ.

Πίνακας 4.3. Χημική σύσταση άμυλου καλαμποκιού.

Παράμετρος	Πρότυπη μέθοδος	Τιμή	Τυπική απόκλιση	Μονάδα μέτρησης
Υγρασία	ICC Standard No 110/1	13.5	±0.01	g/ 100g ξ.υ.
Πρωτεΐνες	Kjeldahl ICC Standard No 105/2	N.D.*		g/ 100g ξ.υ.

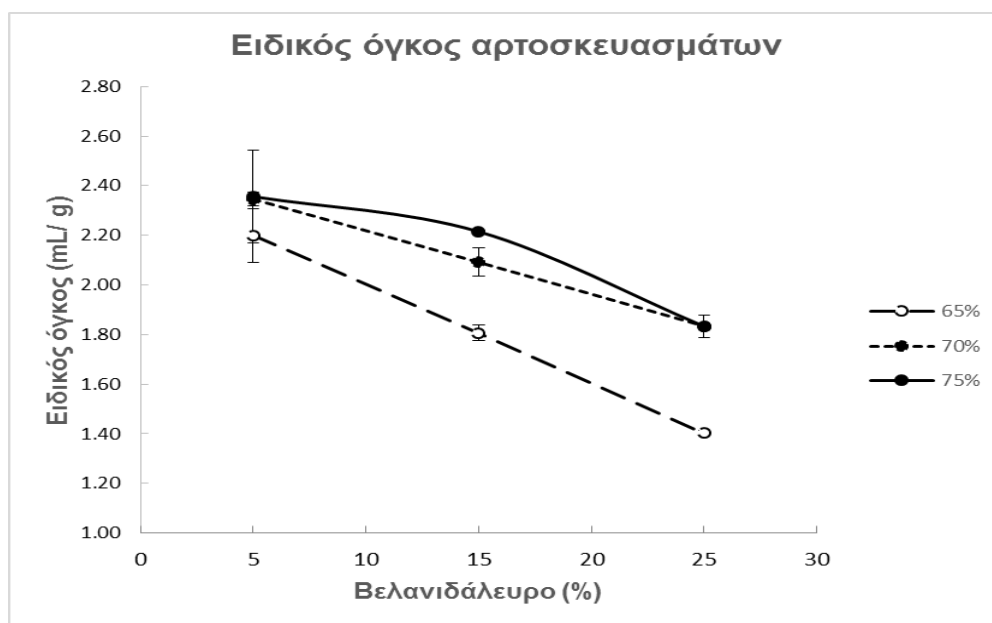
*ND – Not Detectable (Μη προσδιορίσιμο)

Η χημική σύσταση του άλεσματος βελανιδιού βρέθηκε ότι έχει 12.01% υγρασία, 0.32% επί ξηρού τέφρα, 5.38% επί ξηρού πρωτεΐνες και 8.26% επί ξηρού λίπος. Η αντίστοιχη σύσταση του ρυζάλευρου βρέθηκε 13.09% υγρασία, 0.49% επί ξηρού τέφρα, 9% επί ξηρού πρωτεΐνες και 1.04% επί ξηρού λίπος. Το άμυλο καλαμποκιού είχε 13.5% υγρασία και μη ανιχνεύσιμη πρωτεΐνη. Παρατηρούμε ότι μεταξύ στο άλεσμα βελανιδιού και στο ρυζάλευρο ότι το βελανίδι είναι πλούσιο σε λιπαρά ενώ το ρύζι υπερτερεί στο ποσοστό της πρωτεΐνης.



4.2 Όγκος αρτοσκευασμάτων

Στα αρτοσκευάσματα που παρασκευάστηκαν μετρήθηκε ο ειδικός όγκος τους και τα αποτελέσματα των αναλύσεων φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 4.1). Στη συνέχεια παρουσιάζονται δύο φωτογραφίες από τα εννέα αρτοπαρασκευάσματα που παρασκευάσαμε στα πλαίσια της πτυχιακής διατριβής. (Σχήμα 4.2 & Σχήμα 4.3)



Σχήμα 4.1. Ειδικός όγκος αρτοσκευασμάτων (mL/ g) την ημέρα παρασκευής τους.

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα (Σχήμα 4.1) όταν διατηρούμε σταθερή τη συγκέντρωση του νερού όσο αυξάνεται το επίπεδο του αλέσματος βελανιδιού τόσο μειώνεται ο ειδικός όγκος του αρτοσκευάσματος. Ενώ, βλέπουμε ότι η αύξηση της ποσότητας του νερού στο τελικό προϊόν βοηθάει και στην αύξηση του ειδικού όγκου του (όταν διατηρούμε σταθερή τη συγκέντρωση του αλέσματος βελανιδιού). Σε υψηλά επίπεδα προθήκης βελανιδιού αυτή η αύξηση είναι σημαντικά μεγαλύτερη. Παρατηρούμε επίσης, ότι η περαιτέρω αύξηση της ποσότητας του νερού από 70% σε 75% δεν οδηγεί σε σημαντική αύξηση του ειδικού όγκου του ψωμιού.





Σχήμα 4.2. Συνταγές που παρασκευάστηκαν με τη σειρά που αναφέρονται στον Πίνακα 3.1 (S1-S9).

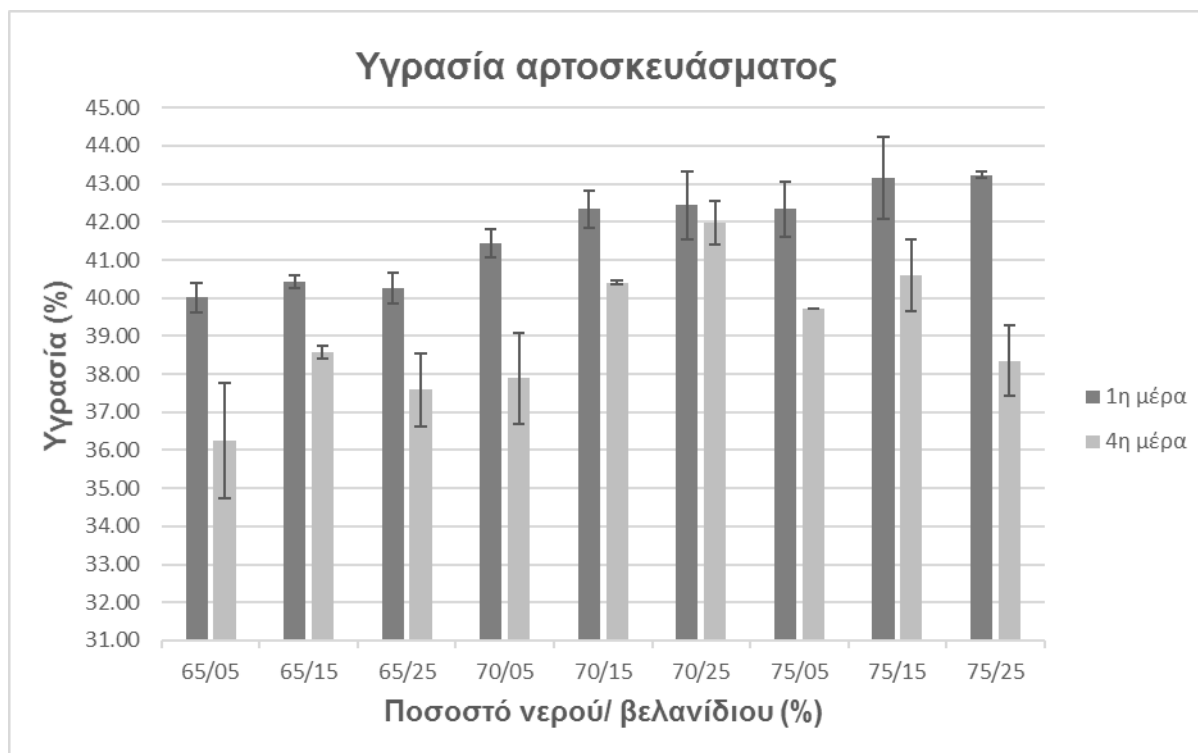


Σχήμα 4.3. Κάθετη τομή φέτας αρτοσκευασμάτων με τη σειρά που αναφέρονται στον Πίνακα 3.1 (S1-S9).



4.3 Υγρασία αρτοσκευασμάτων

Στα αρτοσκευάσματα που παρασκευάστηκαν προσδιορίστηκε η υγρασία της ψίχας την πρώτη και τέταρτη μέρα και τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται στο διάγραμμα που ακολουθεί (**Σχήμα 4.4**).



Σχήμα 4.4. Υγρασία αρτοσκευασμάτων (%) την 1^η και 4^η ημέρα ανάλογα με το ποσοστό νερού και βελανιδιού.

1^η μέρα

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα (**Σχήμα 4.4**) όταν διατηρούμε σταθερή τη συγκέντρωση του νερού σε ποσοστό 65% και 75% δεν παρατηρούμε σημαντική διαφορά στην υγρασία του αρτοπαρασκευάσματος όσο αυξάνουμε την ποσότητα αλέσματος βελανιδιού. Αντιθέτως για υγρασία 70% παρατηρούμε ότι η ποσότητα του βελανιδιού σε ποσοστό 15 και 25% προκαλεί μεγαλύτερη συγκράτηση νερού σε σύγκριση με το αρτοπαρασκεύασμα που περιέχει 5% βελανιδι.



Διατηρώντας σταθερό το ποσοστό του αλέσματος βελανιδιού, ανεξάρτητα με την ποσότητα του, βλέπουμε ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό του νερού στη συνταγή μας τόσο αυξάνεται και το ποσοστό υγρασίας στο τελικό μας παρασκεύασμα.

1^η – 4^η μέρα

Συγκρίνοντας την υγρασία των δειγμάτων μεταξύ 1^{ης} και 4^{ης} μέρας διαπιστώνουμε ότι υπάρχει σημαντική απώλεια υγρασίας. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι στη συνταγή με 70% νερό και 25% άλεσμα βελανιδιού δεν υπάρχει σημαντική απώλεια υγρασίας.

4^η μέρα

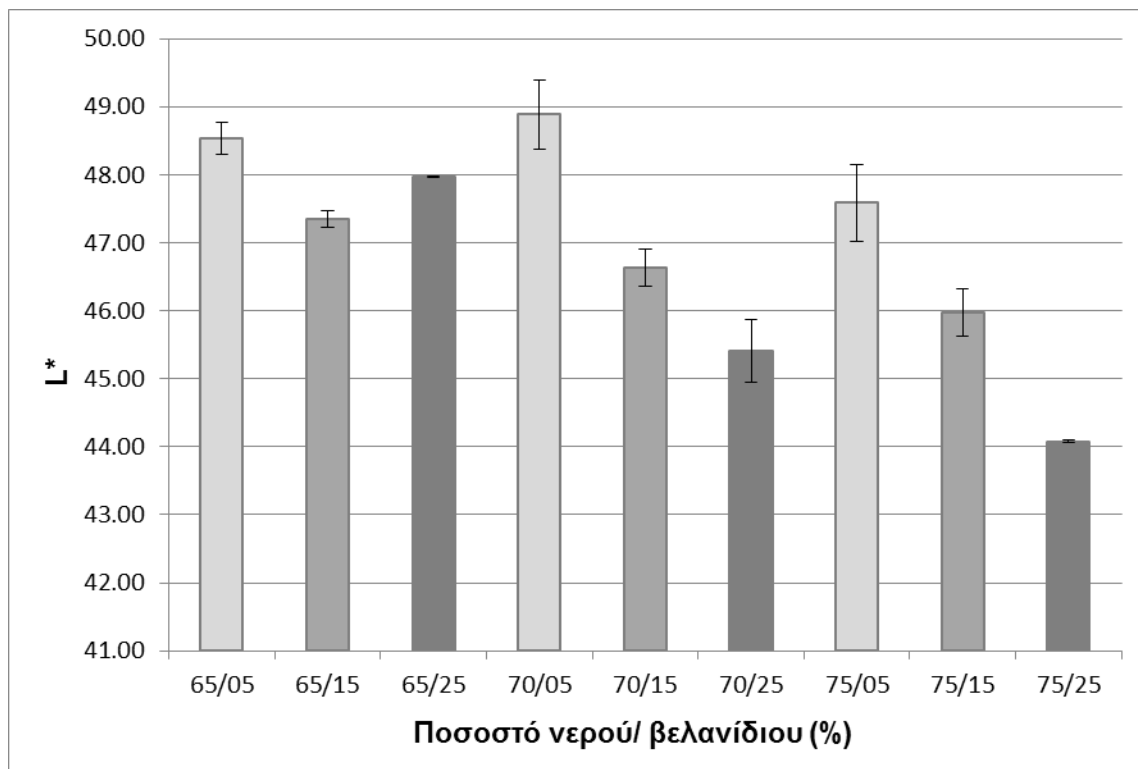
Όταν διατηρούμε σταθερή τη συγκέντρωση του νερού σε ποσοστό 65% δεν παρατηρούμε σημαντική διαφορά στην υγρασία του αρτοποιημένου παρασκευάσματος για ποσοστό αλέσματος βελανιδιού 5% και 25%. Αντιθέτως για 15% άλεσμα βελανιδιού βλέπουμε ότι υπάρχει αύξηση της υγρασίας του προϊόντος. Όταν το ποσοστό του νερού είναι 70% παρατηρούμε αύξηση της υγρασίας του τελικού προϊόντος με την προσθήκη αλέσματος βελανιδιού. Συνεπώς αντιλαμβανόμαστε ότι γι' αυτή τη συνταγή (70% νερό) το βελανίδι είναι αυτό που βοηθάει στην συγκράτηση της υγρασίας του τελικού προϊόντος. Τέλος για προσθήκη νερού 75% στην αρχική συνταγή βλέπουμε να έχει μέγιστη τιμή υγρασίας τελικού προϊόντος το αρτοποιημένο παρασκεύασμα με 15% άλεσμα βελανιδιού και μικρότερη τιμή το αρτοποιημένο παρασκεύασμα με 25% άλεσμα βελανιδιού.

Όταν διατηρούμε σταθερή τη συγκέντρωση του αλέσματος βελανιδιού σε ποσοστό 5% παρατηρούμε σημαντική αύξηση της υγρασίας των αρτοποιημένων παρασκευασμάτων όσο αυξάνεται το ποσοστό του νερού. Σε συγκέντρωση 15% αλέσματος βελανιδιού βλέπουμε αύξηση της υγρασίας του αρτοποιημένου παρασκευάσματος με την αύξηση του νερού από 65% σε 70%, ενώ με την περαιτέρω αύξηση του νερού διατηρείται σταθερή. Τέλος για 15% αλέσματος βελανιδιού έχουμε μέγιστη τιμή υγρασίας σε 70% ποσοστό νερού που περιέχει η αρχική συνταγή ενώ για 5% και 25% αλέσματος βελανιδιού δεν παρατηρείται καμία σημαντική διαφορά.



4.4 Χαρακτηριστικά χρώματος

Στα αρτοσκευάσματα που παρασκευάστηκαν προσδιορίστηκε το χρώμα της ψίχας και της κόρας και τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται στα διαγράμματα που ακολουθούν (Σχήμα 4.5 – 4.10). Πρέπει να αναφερθεί ότι το χρώμα και ειδικότερα η φωτεινότητα εξαρτάται άμεσα από το χρώμα των συστατικών που περιέχονται στο αρτοπαρασκεύασμα.



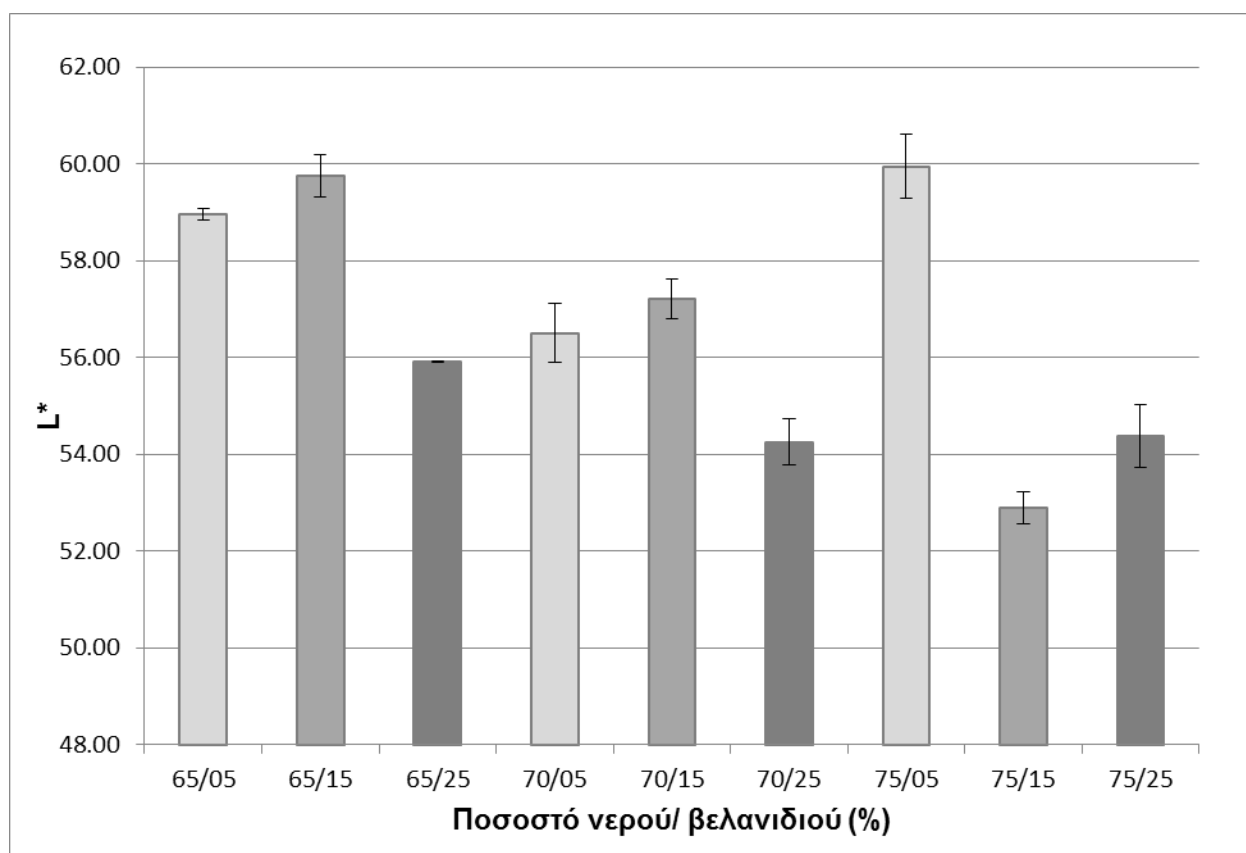
Σχήμα 4.5. Μεταβολές του χρωματικού παράγοντα L* με την ποσότητα νερού/ βελανιδιού στην ψίχα του αρτοσκευάσματος.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.4 το χρώμα της ψίχας των αρτοπαρασκευασμάτων επηρεάστηκε από την προσθήκη βελανιδιού, λόγω του καστανού χρώματος του αλέσματος βελανιδιού. Τα ψωμιά εμφάνισαν μειωμένες τιμές φωτεινότητας. Εξαιρέση παρουσιάζουν τα αρτοπαρασκευάσματα που έχουν 65% νερό και 25% άλεσμα βελανιδιού.

Κρατώντας σταθερό το ποσοστό του βελανιδιού παρουσιάζεται μείωση της φωτεινότητας με την προσθήκη νερού, δηλαδή σκουρότερο χρώμα. Το φαινόμενο αυτό είναι πιο



έντονο με την αύξηση της προσθήκης του αλέσματος βελανιδιού (25%). Συγκεκριμένα από 48 μονάδες μειώνεται σε 44.

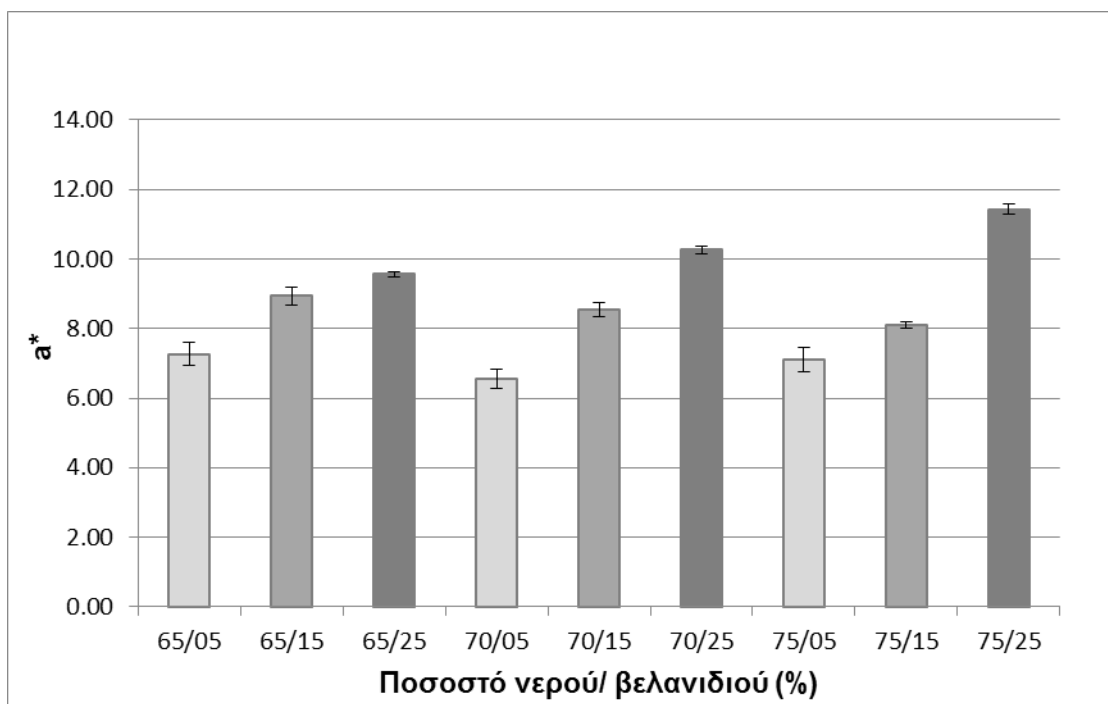


Σχήμα 4.6. Μεταβολές του χρωματικού παράγοντα L* με την ποσότητα νερού/ βελανιδιού στην κόρα του αρτοσκευάσματος.

Όπως βλέπουμε στο παραπάνω διάγραμμα (**Σχήμα 4.6**) διατηρώντας σταθερό το ποσοστό του νερού (65% & 70%) στη συνταγή μας διαπιστώνουμε ότι φωτεινότερο είναι τα δείγματα με 15% άλεσμα βελανιδιού και σκουρότερα αυτά με 25%. Σε 75% νερό σκουρότερο παρουσιάζεται αυτό με 15% άλεσμα βελανιδιού και φωτεινότερο αυτό με το λιγότερο ποσοστό βελανιδιού.

Διατηρώντας σταθερό το ποσοστό του βελανιδιού παρατηρούμε σταθερή μείωση φωτεινότητας με την προσθήκη νερού έχει η συνταγή με 15% βελανίδι. Αρχικά μείωση βλέπουμε στο προϊόν με 25% άλεσμα βελανιδιού, από 65% νερό φτάνοντας σε 70%, από 70% έως 75% δεν παρατηρούμε σημαντική διαφορά στο χρώμα. Τέλος για 5% ποσοστό βελανιδιού έχουμε σκουρότερο προϊόν σε 70% νερό και φωτεινότερο σε 75%.



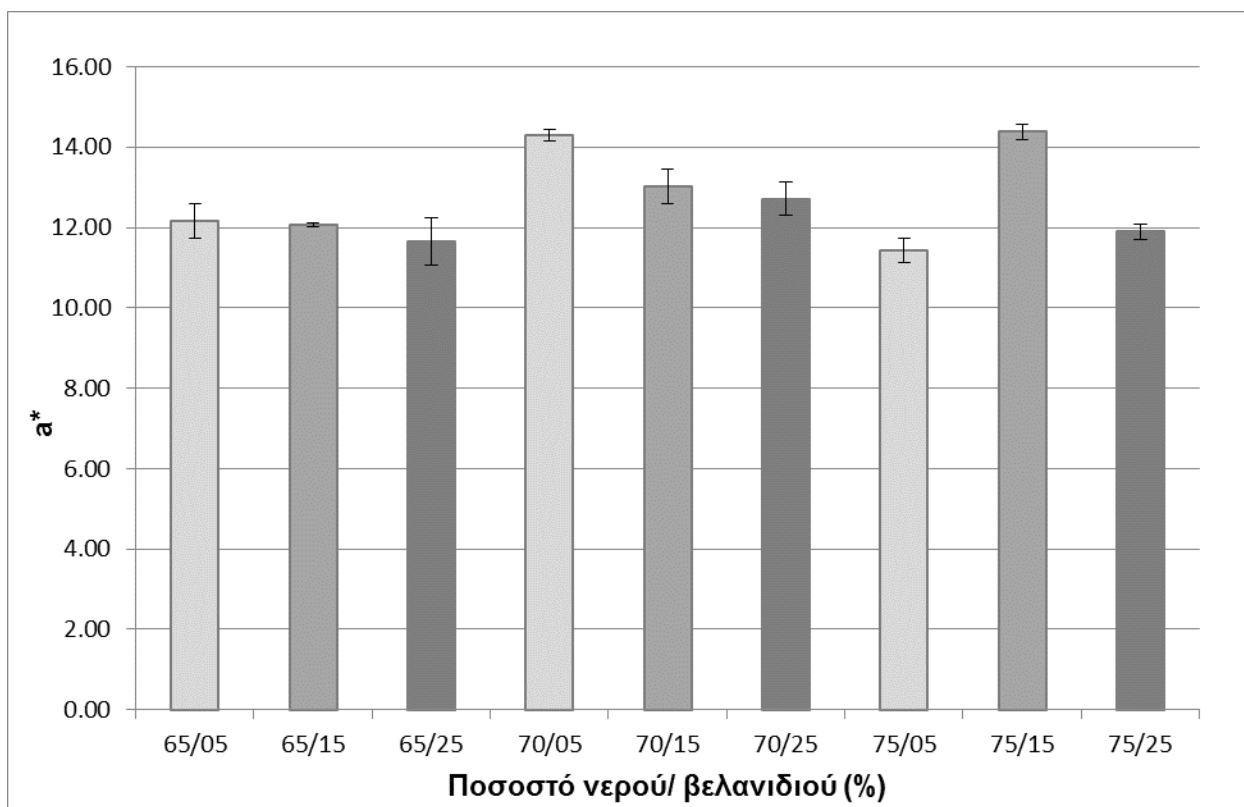


Σχήμα 4.7. Μεταβολές του χρωματικού παράγοντα a^* με την ποσότητα νερού/ βελανιδιού στην ψίχα του αρτοποιήσματος.

Στο παραπάνω **Σχήμα 4.7** φαίνεται ότι το χρώμα της ψίχας των αρτοποιήσματος έγινε πιο κόκκινο με την προσθήκη αλέσματος βελανιδιού κρατώντας σταθερό το ποσοστό του νερού.

Διατηρώντας σταθερή την ποσότητα του αλέσματος στο 5% παρατηρούμε μείωση του κόκκινου χρώματος της ψίχας για νερό 70% ενώ δεν παρουσιάζεται κάποια σημαντική διαφορά για νερό 65% και 75%. Στην περίπτωση όπου το ποσοστό του αλέσματος βελανιδιού ανέρχεται σε 15% βλέπουμε μείωση του κόκκινου χρώματος με την προσθήκη νερού, αντίθετα όταν το ποσοστό του βελανιδιού βρίσκεται στη μέγιστη τιμή παρατηρούμε αύξηση του κοκκινίσματος με την προσθήκη νερού.



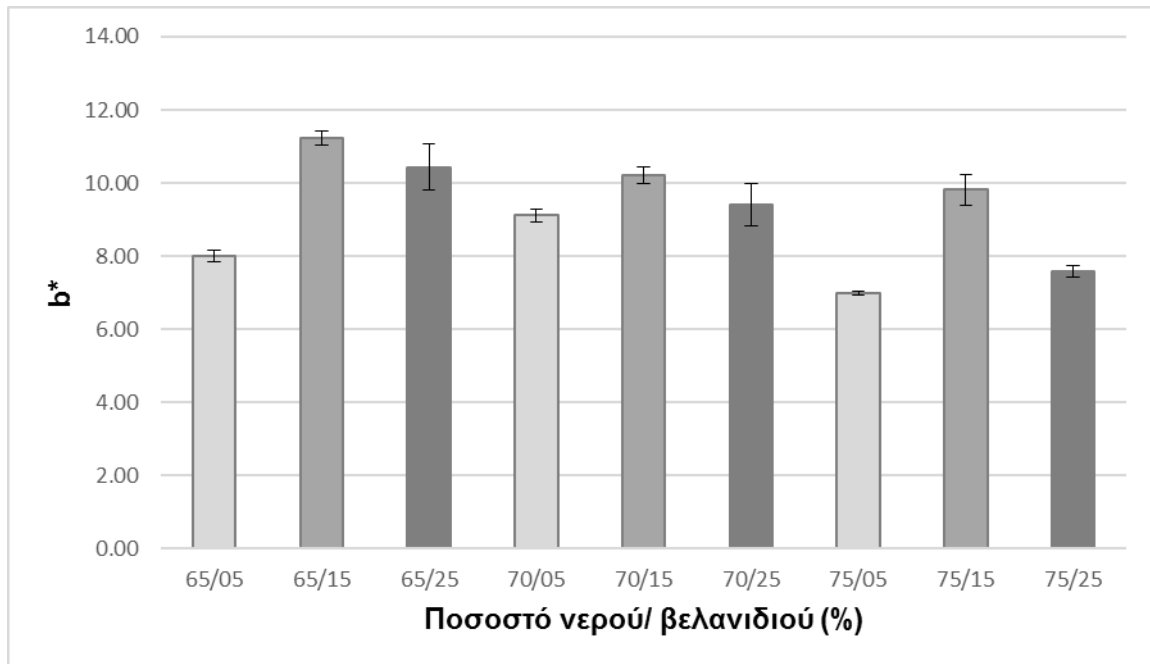


Σχήμα 4.8. Μεταβολές του χρωματικού παράγοντα a^* με την ποσότητα νερού/ βελανιδιού στην κόρα του αρτοσκευάσματος.

Όπως φαίνεται και στο **Σχήμα 4.8** διατηρώντας σταθερό το νερό της συνταγής στο 65% δεν παρατηρείται καμιά σημαντική διαφορά στο κόκκινο χρώμα της κρούστας με την προσθήκη βελανιδιού. Για νερό 70% βλέπουμε να κοκκινίζει η συνταγή με 5% άλεσμα βελανιδιού, ενώ για 15% και 25% διατηρείται σταθερό το χρώμα. Αντίθετα για 75% νερό πιο κόκκινο είναι αυτό με 15% βελανίδι και λιγότερο είναι αυτό με 5%.

Κρατώντας σταθερό το ποσοστό του αλέσματος βελανιδιού βλέπουμε ότι για 5% άλεσμα μέγιστο κοκκίνισμα έχουμε σε 70% νερό και ελάχιστο σε 75%. Για 15% άλεσμα παρατηρούμε σταδιακή αύξηση το κόκκινου χρώματος με την προσθήκη νερού. Τέλος για 25% άλεσμα βελανιδιού έχουμε μέγιστη τιμή σε 70% νερό και σε 65% και 75% δεν παρουσιάζεται κάποια σημαντική διαφορά.



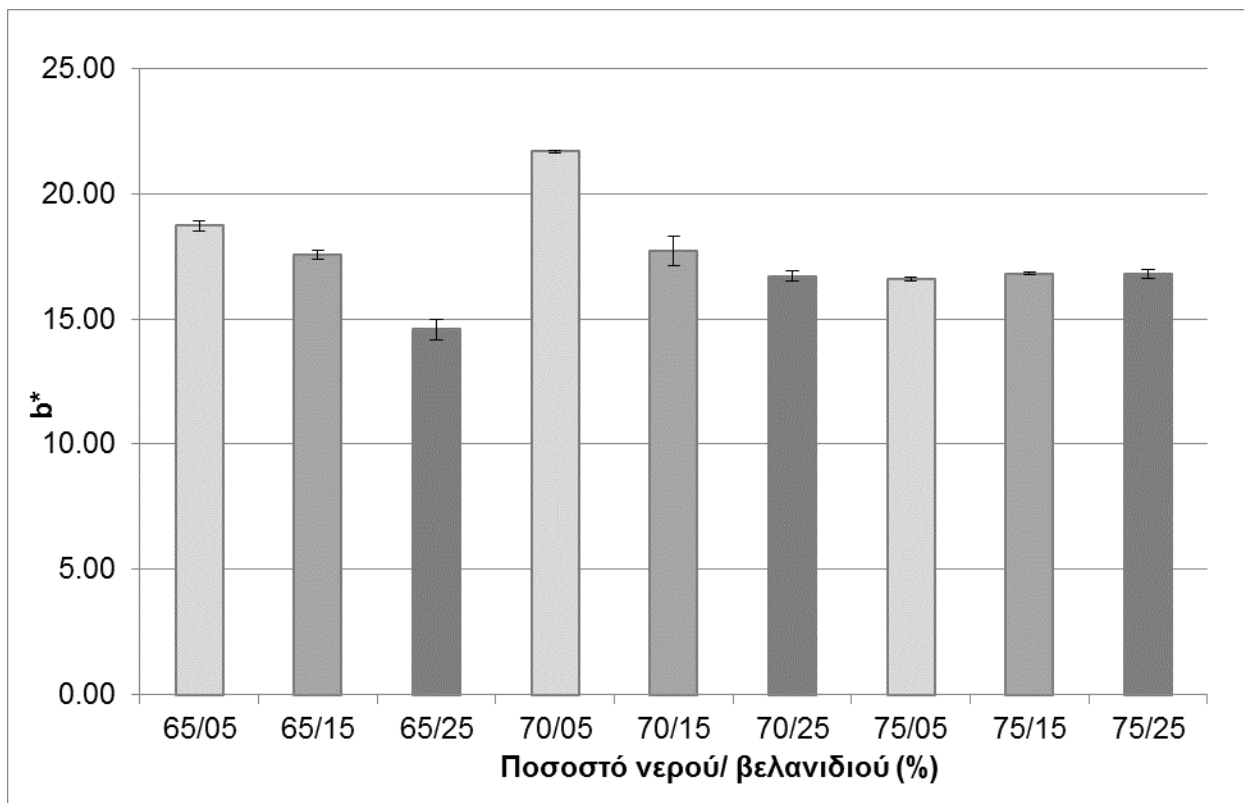


Σχήμα 4.9. Μεταβολές του χρωματικού παράγοντα b^* με την ποσότητα νερού/ βελανιδιού στην ψίχα του αρτοσκευάσματος.

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα (**Σχήμα 4.9**) μέγιστο κίτρινισμα υπάρχει όταν το ποσοστό νερού παραμένει σταθερό και το ποσοστό βελανιδιού βρίσκεται στο 15% και ελάχιστο όταν το ποσοστό του βελανιδιού βρίσκεται στο 5%.

Διατηρώντας σταθερό το ποσοστό του αλέσματος βελανιδιού στο 5% μέγιστο κίτρινο χρώμα έχει το προϊόν με ποσοστό νερού 70% και ελάχιστο με 75%. Ενώ στα ποσοστά του αλέσματος βελανιδιού 15% και 25% υπάρχει μείωση του κίτρινου χρώματος με την προσθήκη νερού, από 65 έως 75%.





Σχήμα 4.10. Μεταβολές του χρωματικού παράγοντα b^* με την ποσότητα νερού/ βελανιδιού στην κόρα του αρτοσκευάσματος.

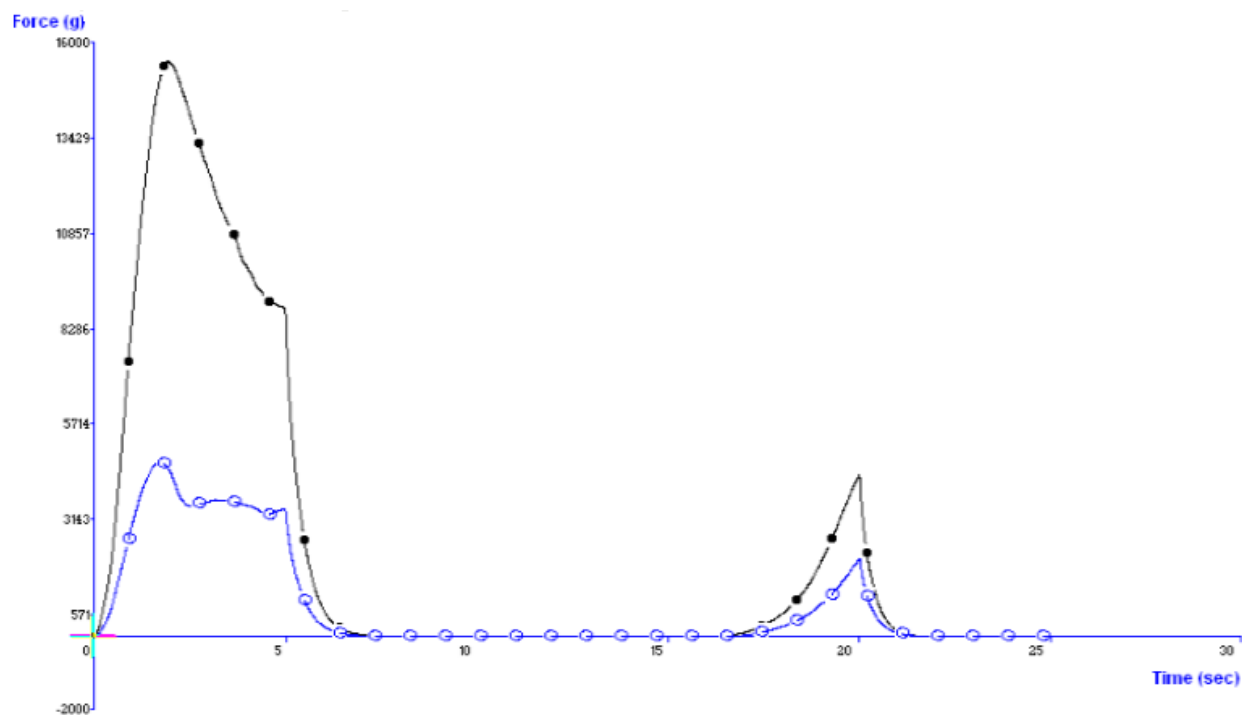
Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα (**Σχήμα 4.10**) παρατηρούμε ότι με σταθερό το ποσοστό του νερού (65% & 70%) υπάρχει μείωση του κίτρινου χρώματος. Ενώ για 75% νερό παρουσιάζεται αύξηση από 5% αλέσματος βελανιδιού σε 15% αλλά παραμένει σταθερό από 15% σε 25%.

Διατηρώντας σταθερό το ποσοστό του αλέσματος βελανιδιού στο 5% πιο κίτρινο είναι αυτό με 70% νερό και λιγότερο αυτό με 75%. Για άλεσμα 15% βλέπουμε σε νερό 65% και 70% το κίτρινο χρώμα να μη μεταβάλλεται σημαντικά και να μειώνεται λίγο με την προσθήκη νερού στο 75%.



4.5 Μετρήσεις υφής της ψίχας

Στα αρτοσκευάσματα που παρασκευάστηκαν προσδιορίστηκε η επίδραση της προσθήκης νερού και αλέσματος βελανιδιού στην υφή της ψίχας. Στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 4.11) φαίνεται η διαφορά ανάμεσα σε ένα αρτοσκεύασμα με σκληρή υφή και ένα με μαλακότερη.



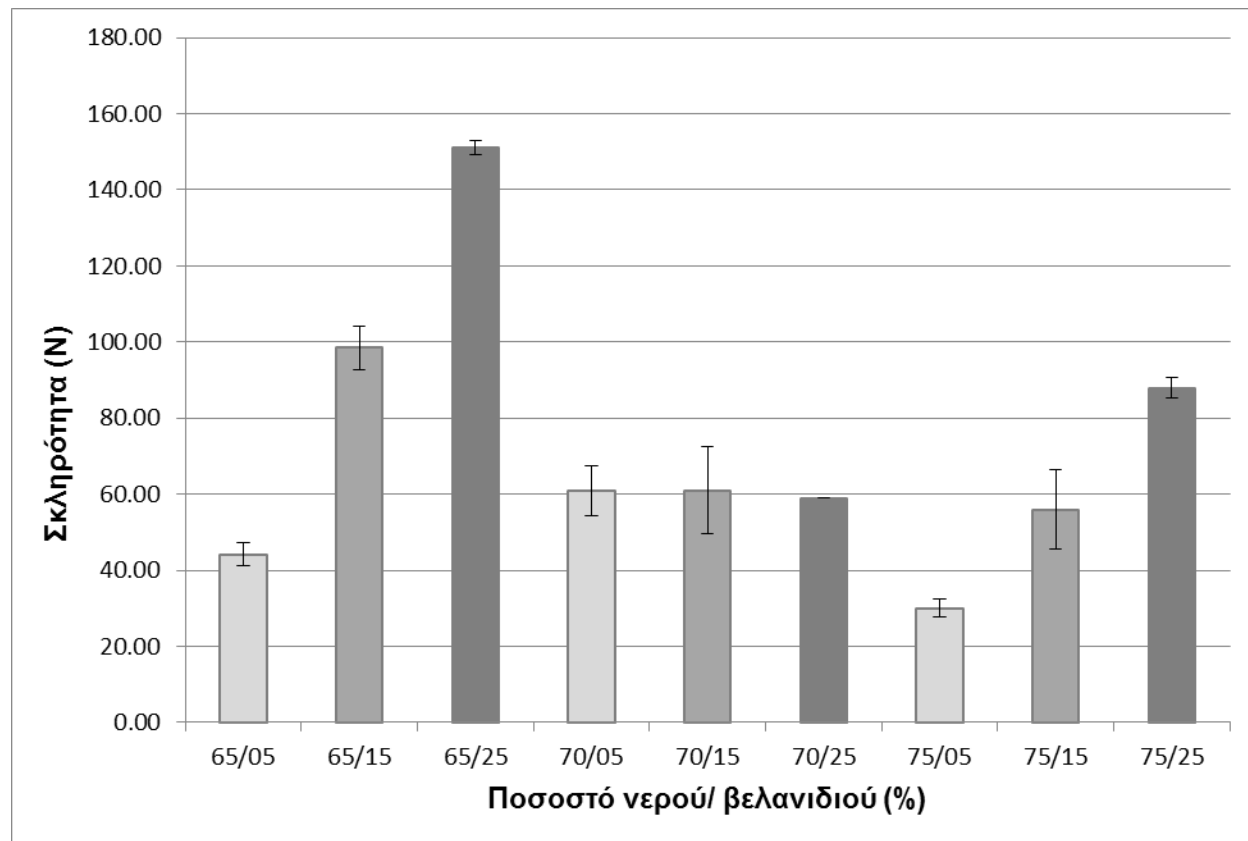
Σχήμα 4.11. Διάγραμμα δύναμης (g) - χρόνου (sec) από τη συσκευή Texture Analyser, με 65% ποσοστό νερού και 5% άλεσμα βελανιδιού (μπλε γραμμή) και με 65% νερό και 25% άλεσμα βελανιδιού (μαύρη γραμμή) .

Συγκεκριμένα στο παραπάνω διάγραμμα φαίνονται δύο δείγματα με το ίδιο ποσοστό νερού (65%), το μπλε χρώμα δηλώνει το ψωμί με 5% άλεσμα βελανιδιού και το μαύρο αυτό με 25% άλεσμα. Διαπιστώνεται ότι η συνταγή που συμβολίζεται με το μαύρο χρώμα είναι αρκετά σκληρότερο δείγμα, συνεπώς καθώς αυξάνεται το ποσοστό του βελανιδιού στη συγκεκριμένη περίπτωση αυξάνεται κατά μεγάλο ποσοστό και η σκληρότητα του.



4.5.1 Σκληρότητα

Στα αρτοσκευάσματα που παρασκευάστηκαν προσδιορίστηκε η επίδραση της προσθήκης νερού και αλέσματος βελανιδιού στη σκληρότητα της ψίχας. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται στο διάγραμμα που ακολουθεί (**Σχήμα 4.12**).



Σχήμα 4.12. Επίδραση των ποσοτήτων νερού και αλέσματος βελανιδιού στη σκληρότητα της ψίχας των αρτοσκευασμάτων.

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα (**Σχήμα 4.12**) όταν διατηρούμε σταθερή τη συγκέντρωση του νερού δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά για ποσοστό νερού αρτοπαρασκευάσματος 70%. Αντιθέτως για υγρασία 65% και 75% παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται η ποσότητα του βελανιδιού τόσο αυξάνεται και η σκληρότητα του προϊόντος. Συγκεκριμένα η σκληρότητα από 44 N για 65% υγρασία φτάνει έως τις 151 N και αντίστοιχα για 75% υγρασία από 30 N σκληρότητας φτάνει στις 88 N.

Όταν διατηρούμε σταθερή τη συγκέντρωση του βελανιδιού παρατηρούμε ότι για 5% βελανίδι η μέγιστη σκληρότητα είναι σε 70% νερό, ενώ ελάχιστη για 75%. Για 15% και 25%



βελανίδι η μέγιστη είναι σε 65% υγρασία. Συνεπώς ο συνδυασμός προσθήκης μικρών ποσοτήτων νερού και μεγάλης αλέσματος βελανιδιού (προϊόν 65/25) προσδίδουν στο προϊόν τη σκληρότερη υφή 151 N. Ενώ το αντίθετο παρατηρείται για το ψωμί με προσθήκη 75% νερού και 5% αλέσματος βελανιδιού (30 N).

4.5.2 Κολλητικότητα

Στα αρτοσκευάσματα που παρασκευάστηκαν προσδιορίστηκε η επίδραση της προσθήκης νερού και αλέσματος βελανιδιού στην κολλητικότητα της ψίχας. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται στον **Πίνακας 4.4** που ακολουθεί.

Πίνακας 4.4. Επίδραση των ποσοτήτων νερού και αλέσματος βελανιδιού στην κολλητικότητα της ψίχας των αρτοσκευασμάτων

Βελανίδι (%)	νερό (%)								
	65			70			75		
5	0.20	±	0.06	0.22	±	0.01	0.20	±	0.05
15	0.19	±	0.04	0.19	±	0.03	0.19	±	0.01
25	0.13	±	0.02	0.15	±	0.02	0.17	±	0.01

Καμία από τις παραμέτρους (ποσοστό νερού και βελανιδιού) δεν επηρεάζει σημαντικά την κολλητικότητα των αρτοπαρασκευασμάτων. Οι τιμές κολλητικότητας κυμαίνονται από 0.13 έως 0.22, όπως φαίνεται και στον **Πίνακα 4.4**.

4.5.3 Ελαστικότητα

Η γλουτένη αυξάνει την ελαστικότητα στη ζύμη βοηθώντας να αυξάνεται και να διατηρείται το σχήμα του και συχνά δίνει στο τελικό προϊόν μια λαστιχωτή σύσταση σύμφωνα με τους Zaidel et al. (2007). Γι' αυτό το λόγω βλέπουμε τα αρτοσκευάσματά που είναι ελεύθερης γλουτένης να παρουσιάζουν ελάχιστη ελαστικότητα.

Στα αρτοσκευάσματα που παρασκευάστηκαν προσδιορίστηκε η επίδραση της προσθήκης νερού και αλέσματος βελανιδιού στην ελαστικότητα της ψίχας. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται στον **Πίνακα 4.5** που ακολουθεί.



Πίνακας 4.5. Επίδραση των ποσοστών νερού και αλέσματος βελανιδιού στην ελαστικότητα (%) της ψίχας των αρτοσκευασμάτων

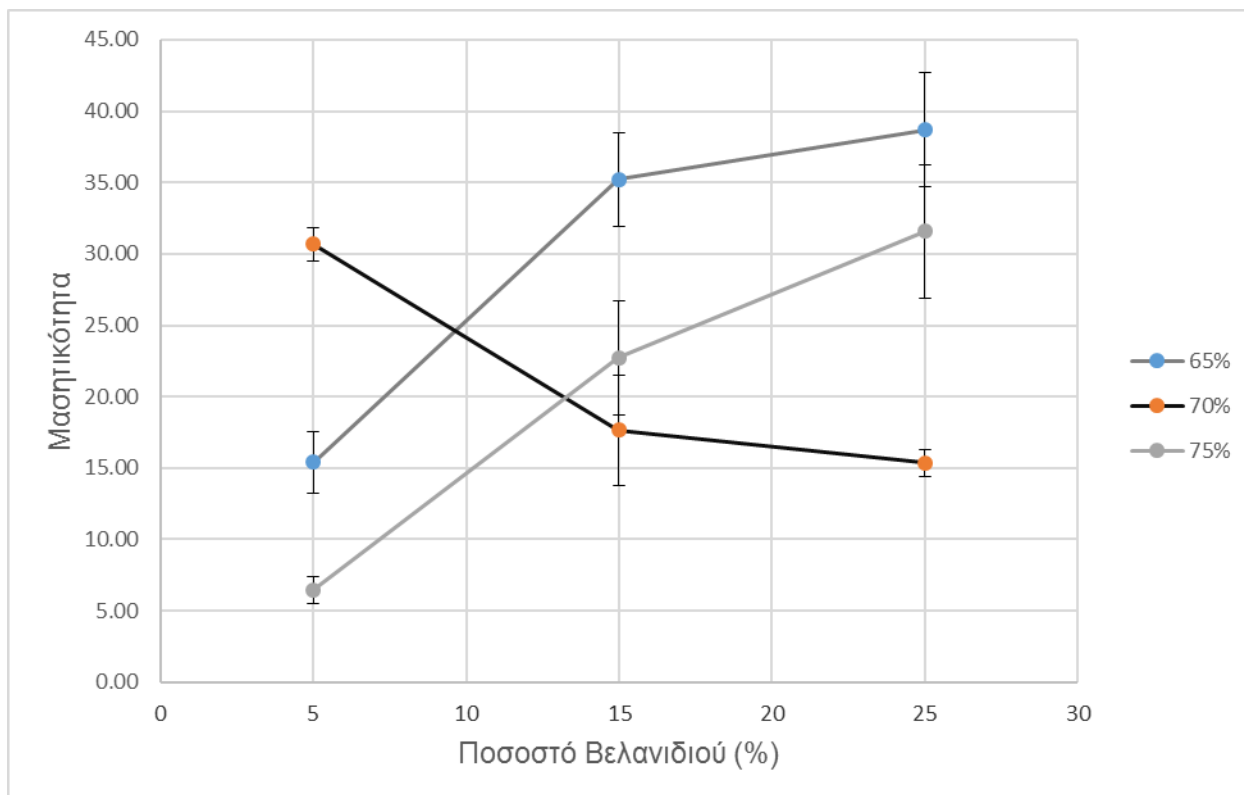
βελανίδι (%)	νερό (%)								
	65			70			75		
5	2.07	±	0.15	1.95	±	0.21	2.16	±	0.12
15	1.65	±	0.16	1.81	±	0.17	1.94	±	0.10
25	1.95	±	0.03	1.89	±	0.16	2.11	±	0.15

Στον **Πίνακα 4.5** βλέπουμε ότι τα αρτοπαρασκευάσματα που παρασκευάστηκαν ανεξάρτητα από το ποσοστό του βελανιδιού και του νερού που περιέχουν δεν επανέρχονται καθόλου καλά στην αρχική τους θέση μετά από τη μηχανική συμπίεση που δέχονται. Οι χαμηλές τιμές ελαστικότητας που παρατηρούνται οφείλονται στην απουσία της γλουτένης.



4.5.4 Μασητικότητα

Στα αρτοσκευάσματα που παρασκευάστηκαν προσδιορίστηκε η επίδραση της προσθήκης νερού και αλέσματος βελανιδιού στη μασητικότητα της ψίχας. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται στο διάγραμμα που ακολουθεί (**Σχήμα 4.13**).



Σχήμα 4.13. Επίδραση των ποσοστών νερού και αλέσματος βελανιδιού στη μασητικότητα της ψίχας των αρτοσκευασμάτων

Όταν το ποσοστό αλέσματος βελανιδιού αυξάνεται είναι σημαντικά μεγαλύτερη η μασητικότητα κρατώντας σταθερό το ποσοστό νερού σε 65% και 75% όπως φαίνεται στο **Σχήμα 4.13**. Στην ενδιάμεση συγκέντρωση νερού παρατηρείται η αντίθετη συμπεριφορά. Σημαντική είναι η διαφορά στην μασητικότητα όταν το ποσοστό βελανιδιού αυξάνεται από 5% σε 15% η περαιτέρω αύξηση δεν αυξάνει τη μασητικότητα.

Διατηρώντας σταθερό το ποσό του αλέσματος βελανιδιού για 5% βλέπουμε πιο δύσκολο στο να μασηθεί είναι αυτό με 70% νερό και πιο εύκολο αυτό με 75%. Στην περίπτωση με 15% άλεσμα πιο έντονη μασητικότητα θέλει αυτό με 65% και οι συνταγές με 70% & 75% δεν παρουσιάζουν κάποια σημαντική διαφορά. Τέλος στην περίπτωση με 25% διαπιστώνουμε



έντονη δυσκολία μασητικότητας στα δείγματα με 65% & 75% νερό χωρίς να παρουσιάζουν σημαντική διαφορά και μειωμένη τιμή μασητικότητας σε ποσοστό νερού 70%.

Είναι αξιόλογο να σημειωθεί ότι η συνταγή με 75% νερό και 5% άλεσμα βελανιδιού έχει τη μικρότερη τιμή μασητικότητας, δηλαδή είναι μικρή η ενέργεια που χρειάζεται το προϊόν για να μασηθεί.

4.5.5 Άμεση Ελαστικότητα

Στα αρτοσκευάσματα που παρασκευάστηκαν προσδιορίστηκε η επίδραση της προσθήκης νερού και αλέσματος βελανιδιού στην άμεση ελαστικότητα της ψίχας. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί (**Πίνακας 4.6**).

Πίνακας 4.6. Επίδραση των ποσοστών νερού και βελανιδιού στην άμεση ελαστικότητα (%) της ψίχας των αρτοσκευασμάτων

βελανίδι (%)	νερό (%)								
	65			70			75		
5	1.66	±	0.52	2.81	±	0.31	3.75	±	0.02
15	2.60	±	0.47	3.01	±	0.53	3.05	±	0.27
25	2.36	±	0.19	3.46	±	0.43	2.80	±	0.24

Τα αρτοπαρασκευάσματα που παρασκευάστηκαν παρατηρείται ότι ανεξάρτητα από το ποσοστό του βελανιδιού και του νερού που περιέχουν δεν ανακτούν εύκολα την αρχική τους θέση. Παρ' όλα αυτά το αρτοπαρασκεύασμα με 75% νερό και 5% βελανίδι έχει την καλύτερη ανάκτηση.



4.6 Έλεγχος αναδιάταξης του αμύλου

Η αναδιάταξη του αμύλου μελετήθηκε σε όλα τα αρτοποιασκευάσματα που παρασκευάσαμε. Στον **Πίνακα 4.7** φαίνεται η θερμοκρασία ανακρυστάλλωσης της αμυλοπηκτίνης του κάθε αρτοποιασμάτος καθώς και η ενθαλπία της και στο **Σχήμα 4.14** παρουσιάζονται δύο συνταγές σε μορφή διαγράμματος από το μηχάνημα DSC.

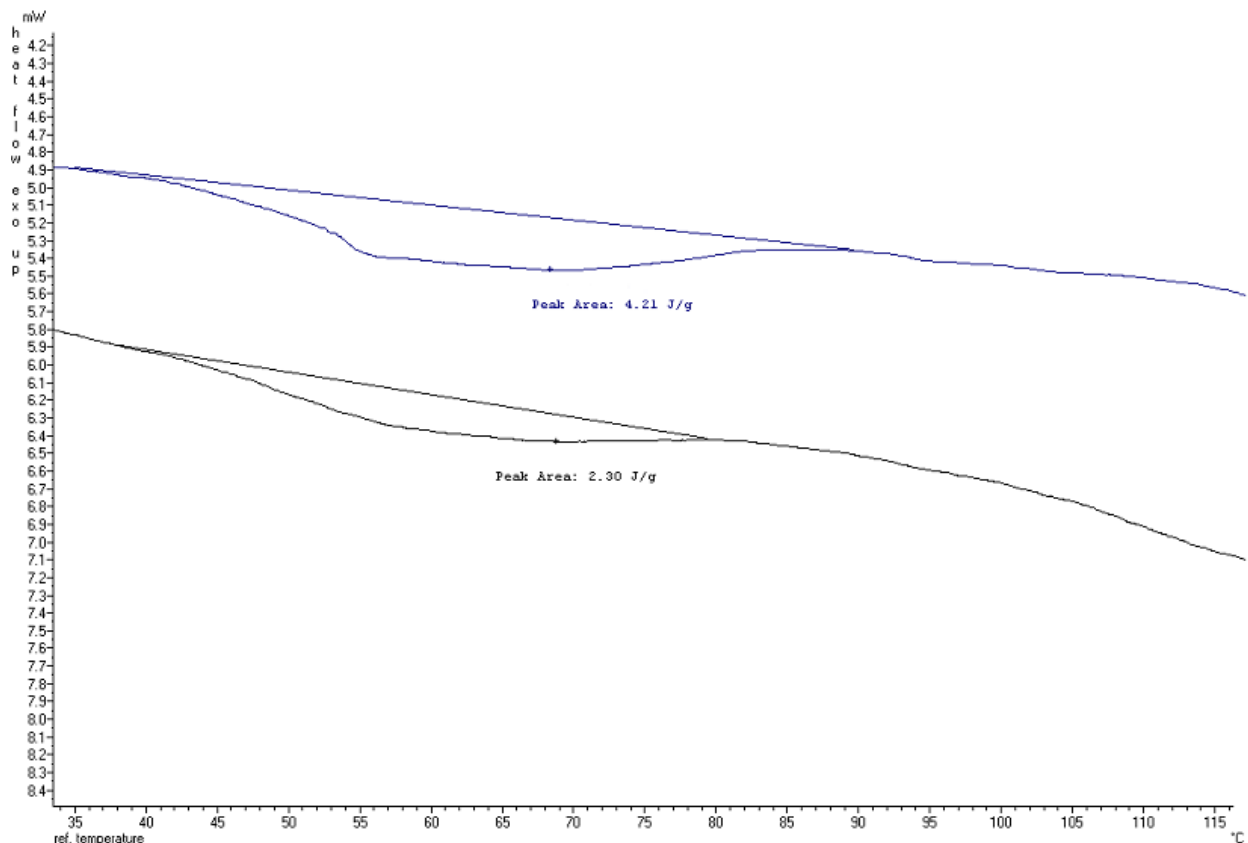
Πίνακας 4.7. Επίδραση της κάθε συνταγής στη θερμοκρασία κορυφής και προσδιορισμός της ενθαλπίας τους.

Βελανίδι (%)	Νερό (%)	T (°C)	ΔH (J/g)
5	65	71.5	5.55
15	65	71.5	5.4
25	65	74.2	2.06
5	70	57.6	6.62
15	70	69.1	5
25	70	63.5	4.96
5	75	68.5	3.21
15	75	77.6	4.79
25	75	68.1	5.82

Από τον παραπάνω πίνακα (**Πίνακας 4.7**) παρατηρούμε ότι κρατώντας σταθερό το ποσοστό του νερού στο 65% και 70% και αυξάνοντας το ποσοστό του αλέσματος βελανιδιού επέρχεται μείωση της ενθαλπίας. Αντίθετα για σταθερό ποσοστό 75% με την αύξηση του αλέσματος παρατηρείται αύξηση της ενθαλπίας.

Διατηρώντας σταθερό το ποσοστό του αλέσματος βελανιδιού παρατηρούμε ότι για 25% άλεσμα αυξάνεται η ενθαλπία με την προσθήκη νερού. Για άλεσμα βελανιδιού 5% έχουμε μέγιστη ενθαλπία σε 70% ποσοστό νερού και ελάχιστη σε 75% ποσοστό νερού. Τέλος για 15% άλεσμα βελανιδιού δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στο ποσό της ενθαλπίας.





Σχήμα 4.14. Θερμογράμματα αρτοσκευασμάτων με 75% ποσοστό νερού και 25% άλεσμα βελανιδιού (μπλε γραμμή) και με 75% νερό και 5% άλεσμα βελανιδιού (μαύρη γραμμή).

Στο παραπάνω διάγραμμα (**Σχήμα 4.14**) φαίνεται με τη μπλε γραμμή η συνταγή με 75% ποσοστό νερού και 25% άλεσμα βελανιδιού και με τη μαύρη γραμμή μία συνταγή με την ίδια ποσότητα νερού και 5% άλεσμα βελανιδιού. Είναι φανερό ότι η ενθαλπία στην πρώτη συνταγή είναι μεγαλύτερη απ’ ότι στη δεύτερη. Από αυτό το παράδειγμα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι αυξάνοντας το ποσοστό του βελανιδιού και διατηρώντας σταθερό το ποσοστό του νερού αυξάνεται και η ενθαλπία. Συνεπώς η ενέργεια που χρειάζεται μία συνταγή, που περιέχει μεγαλύτερο ποσοστό αλέσματος βελανιδιού, για να ανακρυσταλλώσει την αμυλοπηκτίνη είναι κι αυτή μεγαλύτερη, για σταθερό ποσοστό νερού στο 75%.



5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρατηρούμε ότι όταν η συγκέντρωση του νερού παραμένει σταθερή, η προσθήκη βελανιδιού μειώνει τον ειδικό όγκο του ψωμιού. Όταν η συγκέντρωση του βελανιδιού παραμένει σταθερή και αυξάνουμε το ποσοστό του νερού, αυξάνεται κι ο ειδικός όγκος του τελικού προϊόντος. Η επίδραση του νερού φαίνεται να είναι πιο σημαντική όταν η συνταγή περιέχει περισσότερο άλεσμα βελανιδιού (25%).

Παρατηρούμε ότι όταν η συγκέντρωση του νερού παραμένει σταθερή, αυξάνοντας το άλεσμα βελανιδιού δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στην υγρασία του τελικού προϊόντος με εξαίρεση το προϊόν με αναλογίες 70% νερό και 5% αλέσματος βελανιδιού. Γενικά με την αύξηση του νερού και διατηρώντας σταθερό το ποσοστό του αλέσματος προκαλείται αύξηση της υγρασίας του προϊόντος.

Σε όλα τα τελικά προϊόντων παρατηρούμε μείωση της υγρασίας του με το πέρασμα των ημερών, εκτός από τη συνταγή με 70% νερό και 25% άλεσμα στην οποία δεν παρατηρείται σημαντική απώλεια υγρασίας. Σε γενικές γραμμές στις ακραίες τιμές (συνταγές 65/05 & 75/25) παρατηρείται μεγαλύτερη απώλεια υγρασίας κατά την περίοδο της αποθήκευσης.

Η προσθήκη του νερού και του αλέσματος βελανιδιού μειώνουν τη φωτεινότητα της ψίχας του ψωμιού. Η χαμηλότερη τιμή παρατηρείται στη συνταγή που έχει το συνδυασμό των δύο παραμέτρων.

Στη σκληρότητα της υψής σπουδαίο ρόλο παίζει ο συνδυασμός προσθήκης μικρών ποσοτήτων νερού και μεγάλης αλέσματος βελανιδιού (προϊόν 65/25) όπου προσδίδουν στο προϊόν σκληρή υφή. Ενώ το αντίθετο παρατηρείται για το ψωμί με προσθήκη 75% νερού και 5% αλέσματος βελανιδιού.

Η δυσκολία κατά την μάσηση του δείγματος βλέπουμε να αυξάνεται όταν διατηρούμε σταθερό το ποσοστό του νερού 65% & 75% και αυξάνουμε το ποσοστό του αλέσματος βελανιδιού από 5%- 25% ενώ το αντίθετο συμβαίνει σε σταθερό 70% ποσοστό νερού.

Η ενθαλπία της ενδόθερμης στο DSC συνταγών που περιέχουν μεγαλύτερο ποσοστό αλέσματος βελανιδιού, για την αναδιάταξη του αμύλου, είναι κι αυτή μεγαλύτερη, για σταθερό ποσοστό νερού στο 75%. Αντίθετα για σταθερό ποσοστό νερού 65% & 70% όσο μεγαλύτερο ποσοστό αλέσματος βελανιδιού περιέχει το προϊόν τόσο λιγότερη ενέργεια χρειάζεται.



6. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Τα αρτοσκευάσματα που παρασκευάστηκαν εμφάνισαν αποδεκτά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά ώστε να καταναλωθούν από άτομα που φέρουν τη νόσο της κοιλιοκάκης. Παρ' όλα αυτά απαιτείται περισσότερη έρευνα για την αριστοποίηση της συνταγής.

Βελτίωση πρέπει να υπάρξει στην υφή της ψίχας των αρτοπαρασκευασμάτων, ώστε να μην σκληραίνουν γρήγορα. Πρέπει να αυξηθεί ο χρόνος μπαγιατέματος για να είναι πιο ελκυστικά από τον καταναλωτή.



7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 41/2009 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 20ής Ιανουαρίου 2009

Κεφαλάς Π. (2009). «Τρόφιμα από σιτηρά. Χημεία – Βιοχημεία - Τεχνολογία»,σελ 40-45.
Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη

Παπανικολάου Σ. (2009) «Βιομηχανικές Ζυμώσεις». Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Κεφ.
Παρασκευής άρτου και αρτοσκευασμάτων, μπίρας, ζυμώσιμων φυτικών προϊόντων. σελ 1-15.

Ξένη Βιβλιογραφία

AACC (American Association of Cereal Chemists) (2000) AACC International Approved
Methods of Analysis Method 74-09 Penetration test with cylindrical die. American Association of
Cereals Chemists, St. Paul, Minnesota, USA

Bentley A.C., (2013). The development of gluten-free milk-free French bread. Msc. Thesis
Louisiana state University. Louisiana.

Chafer M., Yousfi M., Saidi M. & Stocker P., (2008). Determination of the Fatty Acid
Composition of Acorn (*Quercus*) *Pistacia lentiscus* Seeds Growing in Algeria. Journal of
American Oil Chemical Society, **85**, 921-924

Collado Fernandez M., (2003). Bread/ Breadmaking Processes. In. Encyclopedia of Food
Sciences and Nutrition (Second Edition). (Caballero, B.) eds. Elsevier Science Ltd. Oxford, UK.
pp 627-634

Dokic L., Dapcevic V., Kristonosic V., Dokic P., Hadnadev M., (2010). Rheological
characterization of corn starch isolated by alkali method. Food Hydrocolloids. **24**(2-3), 172-177

Farrell R., Kelly C. (2002). Celiac Sprue, NEJM, **346**(3), 180-188

Gallagher E., Gormley T. R., & Arendt E. K. (2003). Crust and crumb characteristics of gluten
free breads. Journal of Food Engineering, **56**, 153–161.



Gallagher E., Gormley T. R., & Arendt E. K., (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science and Technology*, **15**, 143–152.

ICC (International Association for Cereal Chemistry) (2000)

Kohajdová Z., Karovi J., Schmidt Št., (2009). Significance of Emulsifiers and Hydrocolloids in Bakery Industry. *Acta Chimica Slovaca*, **2**(1), 46-61

Maki M., Collin P., (1997). Coeliac disease. *Lancet*. **349**(9067), 1755-1759

Mamedova M.E., Aslanov S.M. & Mirzoev O.G., (1993). Chemical Composition of the Acorn of *Quercus castaneifolia*. *Chemistry of Natural Compounds*, **29**(4), 537-538

Nehra V, Marietta E. & Murray J., (2005). Celiac disease. In: *Encyclopedia of Human Nutrition*. (Allen L. and Prentice A.) Eds., Elsevier Ltd. Oxford. UK. pp 407-417

Ozcan T., (2007). Characterization of Turkish *Quercus* L. Taxa Based on Fatty Acid Compositions of the Acorns. *Journal of American Oil Chemical Society*, **84**, 653-662

Pomeranz Y., (1968). Relation between Chemical Composition and Bread-Making Potentialities of Wheat Flour. *Advances in Food Research*. **16**, 355-455

Sabrin D. M., (2009). Unpublished data, Characterization of acorn meal. B.S., Johnson & Wales University. Athens, Georgia

Schou M. , Longares A. , Montesinos-Herrero C. , Monahan F.J. , O’Riordan D. & O’Sullivan M. (2005). Properties of edible sodium caseinate films and their application as food wrapping *Food Science and Technology*

Yousif E., Gadallah A., Sorour A.M., (2012). Physico- chemical and rheological properties of modified corn starches and its effect on noodle quality. *Annals of Agricultural Sciences*. **57**(1), 19-27



Welch R., (2005). Cereal Grains. In. Encyclopedia of Human Nutrition. (Allen L. and Prentice A.) Eds., Elsevier Ltd. Oxford. UK. pp 346-357

Zaidel A., Chin.N.L., Rahman A., Karim R. (2007). Rheological characterisation of gluten from extensibility measurement. Journal of Food Engineering, **86**, 549-556.

