



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΡΕΟΛΟΓΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΖΥΜΑΡΙΩΝ ΠΟΥ
ΠΡΟΟΡΙΖΟΝΤΑΙ ΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΤΩΝ ΤΕΛΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:

ΧΑΤΖΗΤΣΟΛΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ
ΠΑΛΛΑΒΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΨΗ:

ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ ΜΑΡΙΑ
ΡΑΦΑΗΛΙΔΗΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ

Θεσσαλονίκη, Απρίλιος 2011

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΡΕΟΛΟΓΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΖΥΜΑΡΙΩΝ ΠΟΥ
ΠΡΟΟΡΙΖΟΝΤΑΙ ΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΤΩΝ ΤΕΛΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

ΧΑΤΖΗΤΣΟΛΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΠΑΛΑΒΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

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

Ημερομηνία.
27 / 09 / 2011

Εισηγητές
Παπαγεωργίου Μαρία
Ραφαηλίδης Στυλιανός

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο πρωταρχικός στόχος της παρούσας εργασίας είναι να μελετηθούν οι ρεολογικές ιδιότητες ζυμαριών που προορίζονται για διαφορετικά αρτοσκευάσματα (λευκό τοστ, τοστ ολικής άλεσης, λευκή μπαγκέτα, μπαγκέτα ολικής άλεσης, λευκό ψωμάκι τύπου σάντουιτς (bun) και bun ολικής άλεσης). Στη συνέχεια να γίνει αξιολόγηση της υφής των τελικών προϊόντων (ανάλυση χρωματικότητας, ανάλυση εικόνας, δοκιμές συμπίεστότητας) και μελέτη του ρυθμού μπαγιατέματος (ανάλυση συμπίεστότητας), καθώς και να μελετηθεί η επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης στο ρυθμό μπαγιατέματος.

Η αρτοποιήση πραγματοποιήθηκε στις γραμμές παραγωγής βιομηχανίας τροφίμων κατά την παραγωγική διαδικασία. Η μέτρηση της χρωματικότητας πραγματοποιήθηκε με το όργανο BC-10 της KONICA MINOLTA. Η ανάλυση της εικόνας έγινε με το λογισμικό πρόγραμμα Image Tool. Τα αρτοσκευάσματα αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία 4°C και έγινε εκτίμηση του ρυθμού μπαγιατέματος μετά από 1, 3, 6 και 9 μέρες αποθήκευσης. Η μέτρηση έγινε με το όργανο TA.XTplus (TPA) μετρώντας την σκληρότητα σε (Nt). Παράλληλα, μια σειρά δειγμάτων λευκού bun και bun ολικής άλεσης αποθηκεύθηκαν και σε θερμοκρασία 20°C για τον προσδιορισμό του ρυθμού μπαγιατέματος σε διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης.

Τέλος, ακολούθησε στατιστική ανάλυση με την μέθοδο της ANOVA και προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα: Τα αρτοσκευάσματα που περιέχουν άλευρο ολικής άλεσης παρουσιάζουν μεγαλύτερο χρόνο ανάπτυξης, μεγαλύτερη σταθερότητα και πιο συνεκτική ζύμη στο φαρινογράφο. Στον εξτενσογράφο έχουν αυξημένη τιμή μέγιστης αντίστασης (P MAX) και μικρή εκτατότητα. Σημαντικό ρόλο στην φωτεινότητα των αρτοσκευασμάτων παίζουν ο τύπος των αλεύρων που χρησιμοποιούνται και το ποσοστό προσθήκης του κάθε αλεύρου. Η κυψέλωση των αρτοσκευασμάτων φαίνεται να μην επηρεάζεται από τον τύπο των αλεύρων. Ο ρυθμός μπαγιατέματος είναι παρόμοιος στα λευκά και τα ολικής άλεσης αρτοσκευάσματα, ενώ διαφέρει μεταξύ των διαφορετικών τύπων αρτοσκευασμάτων (τοστ, μπαγκέτα, bun). Η θερμοκρασία αποθήκευσης επηρεάζει το ρυθμό μπαγιατέματος των αρτοσκευασμάτων.

Ευχαριστίες

Για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους όσους συνέβαλαν σε αυτήν. Ευχαριστήσουμε την βιομηχανία αρτοποιειών που μας επέτρεψε να πάρουμε τα απαραίτητα δείγματα και να εκτελέσουμε πολλές από τις αναλύσεις στο χημείο της, καθώς και για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε.

Ευχαριστούμε επίσης την υπεύθυνη επίκουρη καθηγήτρια κ. Μαρία Παπαγεωργίου για το χρόνο που μας διέθεσε, για την καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές της και ακόμη περισσότερο για την εμπιστοσύνη της. Ευχαριστίες αποδίδονται στον συνεπιβλέποντα καθηγητή κ. Σ. Ραφαηλίδη.

Τέλος, ευχαριστούμε τον Προϊστάμενο του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων κ. Δημήτριο Πετρίδη για την βοήθεια και τις πολύτιμες συμβουλές του στη στατιστική ανάλυση δεδομένων.

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΙΣΗ	3
2.1 Γενικά περί σιτηρών.....	3
2.1.1 Σιτάρι.....	3
2.1.2 Σημασία των σιτηρών για τη διατροφή.....	4
2.1.3 Ο σπόρος και η δομή του σιταριού	4
2.2 Αλεύρι	5
2.2.1 Σύσταση αλεύρου.....	7
2.3 Ποιοτικός έλεγχος αλεύρων	10
2.3.1 Αναλύσεις αλεύρων	10
2.3.2 Αναλύσεις σχετικές με την δραστικότητα των αμυλασών	11
2.3.3 Αναλύσεις σχετικές με την πρωτεΐνη	12
2.3.4 Ρεολογικές μετρήσεις	13
2.4 Αρτοποιήση και ψωμί	17
2.4.1 Συστατικά αρτοποιήσης.....	18
2.4.2 Πρόσθετα.....	19
2.5 Ποιοτικός έλεγχος τροφίμων.....	20
2.5.1 Ποιοτικός έλεγχος αρτοσκευασμάτων.....	24
2.6 Το μαγαιάτεμα των αρτοσκευασμάτων.....	28
2.6.1 Μηχανισμός μαγαιατέματος.....	29
6.1.3 Αντιμετώπιση του μαγαιατέματος.....	30
3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	31
4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	32
4.1 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν	32
4.2 Πειραματικό σχέδιο	32
4.3 Μέτρηση των ρεολογικών ιδιοτήτων με τον φαρινογράφο Max Egger	33
4.3.1 Περιγραφή του φαρινογράφου Max Egger.....	33
4.3.2 Προετοιμασία του δείγματος.....	33
4.4 Μέτρηση των ρεολογικών ιδιοτήτων με τον εξτενσογράφο Max Egger	34
4.4.1 Περιγραφή του εξτενσογράφου Max Egger.....	34
4.4.2 Προετοιμασία δείγματος	34
4.5 Μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών αλεύρου με την συσκευή έκπλυσης του Max Egger.....	35
4.5.1 Περιγραφή της συσκευής έκπλυσης Max Egger	35
4.5.2 Προσδιορισμός γλουτένης	35
4.6 Μέτρηση φωτεινότητας με το χρωματόμετρο BC-10 της KONICA MINOLTA	36
4.6.1 Περιγραφή της συσκευής	36

4.6.2 Προετοιμασία δείγματος	36
4.7 Ανάλυση της εικόνας με το πρόγραμμα UTHSCSA Image Tool	37
4.7.1 Γενικές πληροφορίες για το UTHSCSA Image Tool	37
4.7.2 Προετοιμασία δείγματος	37
4.8 Μέτρηση συμπίεστικότητας με το TA.XT plus	37
4.8.1 Περιγραφή συσκευής	37
4.8.2 Προετοιμασία δείγματος	38
5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ	39
5.1 Αναλύσεις αλεύρων	39
5.1.1 Προσδιορισμός γλουτένης με τη συσκευή έκπλυσης Max Egger	39
5.1.2 Ρεολογικές μετρήσεις με τον φαρινογράφο Max Egger	40
5.1.3 Ρεολογικές μετρήσεις με τον εξτενσογράφο Max Egger	49
5.2 Ποιοτικές μετρήσεις τελικών προϊόντων.....	56
5.2.1 Μετρήσεις με το χρωματόμετρο BC-10 της KONICA MINOLTA	56
5.2.2 Ανάλυση της εικόνας με το πρόγραμμα UTHSCSA Image Tool	61
5.3 Μετρήσεις ανάλυσης υφής.....	65
5.3.1 Μετρήσεις Texture Analyzer (TPA).....	65
5.3.2 Μετρήσεις Texture Analyzer (TPA) σε ψωμί του τοστ.....	69
5.3.3 Μετρήσεις Texture Analyzer (TPA) σε ψωμί bun που αποθηκεύτηκε σε διαφορετικές θερμοκρασίες.....	71
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	74
7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	75
8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	76

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αρτοποιία είναι μια τέχνη που υπάρχει εδώ και χιλιάδες χρόνια, η εξέλιξη της οποίας έχει προχωρήσει μέσα από πολλές δοκιμές. Ένα ευρύ φάσμα προϊόντων έχει αναπτυχθεί ανά τον κόσμο. Ο εκσυγχρονισμός της αρτοποιίας είναι προϊόν των τελευταίων 50 χρόνων στα οποία υπάρχει και μία τάση για μείωση της χρήσης χημικών και προσθέτων που χρησιμοποιούνταν για να προσδώσουν επιθυμητές ιδιότητες στα αρτοσκευάσματα. Αυτή η τάση έχει δημιουργήσει ένα μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων των συστατικών και των μεθόδων επεξεργασίας των αρτοσκευασμάτων. Η κατανόηση αυτή οδηγεί σε όλο και περισσότερες αλλαγές στην παραγωγική διαδικασία. (Owens, 2001)

Το αλεύρι αποτελεί το απαραίτητο συστατικό των διαφόρων προϊόντων της αρτοποιίας. Τόσο η ποιότητα του σιταριού, όσο και οι συνθήκες άλεσης στις οποίες αυτό υποβάλλεται μπορεί να οδηγήσουν σε διαφορές ως προς την καταλληλότητα του αλεύρου για ένα συγκεκριμένο σκοπό.

Η σύγχρονη αλευροβιομηχανία έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει και να προσφέρει στην κατανάλωση άλευρα άριστης αρτοποιητικής ικανότητας. Η διαδικασία της άλεσης, η οποία είναι πολλαπλών φάσεων, δίνει τη δυνατότητα παραγωγής υψηλών απαιτήσεων διότι αναπτύσσεται η διαφορετικότητα των τύπων αλεύρων, προσαρμόζοντας τις ιδιαιτερότητες του αλεύρου που θα παραχθεί για το αντίστοιχο προϊόν παρασκευής. (Δημόπουλος, 1987)

Στην Ελλάδα παρασκευάζονται αρκετές ποικιλίες ψωμιού με μικρές διαφοροποιήσεις στα υλικά του ζυμαριού και την διαδικασία παρασκευής άρτου. Ανάλογα με τις απαιτήσεις της βιομηχανίας, διαφοροποιώντας την επεξεργασία, τις αναλογίες και τον τύπο αλεύρου, επηρεάζεται και η ποιότητα του τελικού προϊόντος (Μποσδίκος, 2005). Η αρτοποιητική ικανότητα των σιτάλευρων καθορίζεται κατά ένα μεγάλο μέρος από την ποσότητα και την ποιότητα των πρωτεϊνών του. (Caballero et al., 2006)

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια μεγάλη τάση στην ανάπτυξη και εξέλιξη των αρτοσκευασμάτων από άλευρα ολικής άλεσης λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους και της αυξημένης διατροφικής αξίας τους. (Μποσδίκος, 2005) Τα αρτοσκευάσματα ολικής άλεσης είναι πλούσια σε φυτικές ίνες. Η διατροφική σημασία των φυτικών ινών είναι μεγάλη και έχει αποδειχθεί από πολλές μελέτες. Μια τυπική διατροφή του δυτικού κόσμου περιέχει ημερησίως 20g φυτικών ινών, ενώ η συνιστώμενη ημερήσια δόση είναι 25-30g. Η μειωμένη πρόσληψη φυτικών ινών συμβάλλει σε μια μακρά λίστα ασθενειών όπως παχυσαρκία, κακή λειτουργία του εντέρου, καρκίνο του παχέους εντέρου, αυξημένη χοληστερόλη και άλλα. Η πιο κοινή πηγή φυτικών ινών είναι τα πίτουρα των δημητριακών. Ωστόσο όταν τα πίτουρα προστίθενται στα άλευρα ολικής άλεσης έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση του όγκου του ψωμιού και την απώλεια της ελαστικότητας της ψίχας. (Katina et al. 2005) Για τον λόγο αυτό, στην παρούσα εργασία μελετώνται και συγκρίνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά μεταξύ λευκών αρτοσκευασμάτων και ολικής άλεσης, καθώς και ο ρυθμός μπαγιατέματος αυτών.

Το μπαγιατέμα των αρτοσκευασμάτων είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η βιομηχανία αρτοποιίας. Οι φυσικοχημικές αλλαγές κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης του ψωμιού οδηγούν στην απώλεια σταθερότητας της ψίχας, στην αλλαγή της γεύσης καθώς και στο μαλάκωμα της κόρας. Όλα αυτά αποτελούν μέρος της συνολικής διαδικασίας του μπαγιατέματος. Θα μπορούσαμε να πούμε λοιπόν ότι το ψωμί χάνει τις οργανοληπτικές του ιδιότητες, γεγονός που το καθιστά μη

αποδεκτό από το καταναλωτικό κοινό, παρόλο που είναι ακόμη υγιείς. Αυτό έχει ως συνέπεια τεράστιες οικονομικές απώλειες για την βιομηχανία της αρτοποιίας. (Ribotta & Bail 2006).

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη των ρεολογικών ιδιοτήτων έξι διαφορετικών ζυμαριών και (ψωμί του τoστ λευκό και ολικής άλεσης, bun λευκό και ολικής άλεσης και τέλος μπαγκέτα λευκή και ολικής άλεσης), τα οποία προορίζονται για την παρασκευή αρτοσκευασμάτων και η αξιολόγηση της υφής των τελικών προϊόντων με τις εξής μεθόδους: ανάλυση της εικόνας με το πρόγραμμα image tool, μέτρηση χρώματος με το χρωματόμετρο BC-10 της Konica Minolta και μέτρηση της συμπιεστότητας με το TA.XT plus.

2.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΙΣΗ

2.1 Γενικά περί σιτηρών

Τα σιτηρά ή δημητριακά είναι μέλη της μονοκοτυλήδονης οικογένειας των αγρωστωδών (graminae). Οι καρποί τους είναι ξηροί και περιέχουν ένα μόνο σπέρμα και τους ονομάζουμε σπόρους ή κόκκους. Τα κυριότερα σιτηρά είναι το σιτάρι, το κριθάρι, το καλαμπόκι, η βρώμη, το ρύζι, η σίκαλη, το κεχρί και το σόργο. (Κεφαλάς 2002)

Η μεγάλη διάδοση και συμβολή των σιτηρών στη διατροφή του ανθρώπου οφείλεται στο ότι:

(α) Είναι εύκολη η καλλιέργεια τους.

(β) Μπορούν να εναποθηκευθούν για μεγάλα χρονικά διαστήματα

(γ) Μπορεί να παρασκευαστούν από αυτά, εύκολα, φαγώσιμα προϊόντα εύγευστα, εύπεπτα και φτηνά. (Δημόπουλος, 1987)

2.1.1 Σιτάρι

Σύμφωνα με τους επιστήμονες, το σιτάρι προήλθε από την περιοχή της Μέσης Ανατολής και ειδικότερα από την κοιλάδα της Μεσοποταμίας που αποτελεί σήμερα τμήμα του Ιράκ. Μία μορφή σιταριού φυόταν στην κοιλάδα αυτή από το 7000 π.Χ., ενώ αναφορές στο σιτάρι -χρονολογούμενες από το 3000 π.Χ. έχουν γίνει από τους Ασσύριους και τους Βαβυλώνιους. Σήμερα οι καλλιέργειες σιταριού καλύπτουν τη μεγαλύτερη επιφάνεια γης από οποιοδήποτε άλλο δημητριακό και όχι τυχαία, καθώς το σιτάρι αποτελεί για μεγάλη μερίδα του παγκόσμιου πληθυσμού βασικό παράγοντα διατροφής. (Σαμακίδης, 2006)

Το σιτάρι είναι το σπουδαιότερο από τα σιτηρά λόγω της ποικιλίας και της σπουδαιότητας των προϊόντων που παράγονται από αυτό. Το είδος και η ποικιλία ενός σιτηρού έχουν σημασία στην ποιοτική αξιολόγηση του για μια συγκεκριμένη χρήση. Υπάρχουν 15 είδη σιταριού από τα οποία μόνο τρία έχουν εμπορική σημασία:

Το μαλακό σιτάρι (*Triticum vulgare*). Από τις διάφορες ποικιλίες του παίρνουμε τα αλεύρια αρτοποιίας, μπισκοτοποιίας και ζαχαροπλαστικής. Έχουν δομή μαλακή και η τομή των κόκκων τους είναι συνήθως αλευρώδης. Είναι το περισσότερο καλλιεργούμενο είδος σιταριού πλέον το 90% της παγκόσμιας παραγωγής.

Το σκληρό σιτάρι (*Triticum durum*). Από τις διάφορες ποικιλίες του παίρνουμε τα σιμιγδάλια για την Παρασκευή ζυμαρικών. Οι κόκκοι του είναι συνήθως πολύ σκληροί και η τομή τους είναι υαλώδης, ενώ το πρωτεϊνικό τους περιεχόμενο είναι υψηλότερο. Το είδος αυτό αντιπροσωπεύει το 6% της παγκόσμιας παραγωγής. Για την αρτοποιία είναι μάλλον ακατάλληλο.

Το είδος *Triticum Compactum*. Οι κόκκοι του είναι κόκκινοι και άσπροι, όμως κατά κανόνα καλλιεργούνται οι άσπρες ποικιλίες. Η δομή των κόκκων είναι μαλακή και με χαμηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο. Είναι ακατάλληλο για την αρτοποιία, αλλά άριστο για ορισμένα είδη κέικ καθώς και στην ζαχαροπλαστική που χρειάζεται αδύνατη γλουτένη και χαμηλό ποσοστό πρωτεϊνών. (Τσιάρας, 1987)

2.1.2 Σημασία των σιτηρών για τη διατροφή

Τα σιτηρά αποτελούν τη σπουδαιότερη πηγή υδατανθράκων για τον άνθρωπο. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη περιεκτικότητά τους σε άμυλο (60-70%). Η υδρόλυση του αμύλου αξιοποιείται και σε βιομηχανική κλίμακα για να παραχθούν γλυκαντικές ύλες (γλυκόζη, φρουκτόζη) καθώς και αλκοολούχα ποτά (μπύρα, ουίσκι, σάκε).

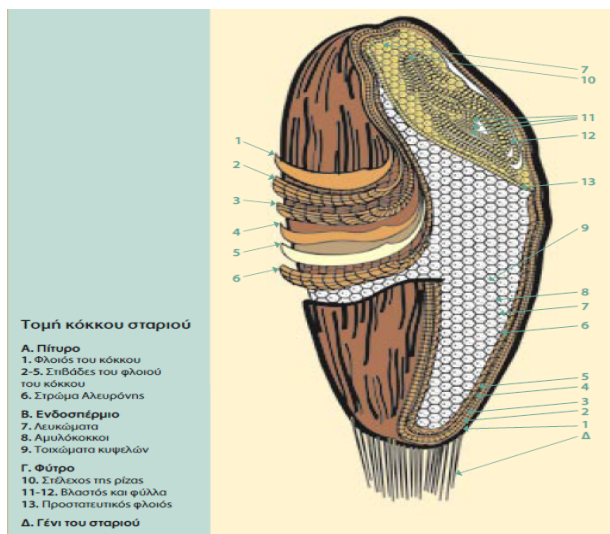
Το δεύτερο σε αναλογία συστατικό των σιτηρών είναι η πρωτεΐνη που έχει εύλογα μεγάλη σημασία για τη διατροφή. Υστερεί όμως από τις ζωικές πρωτεΐνες σε διατροφική αξία, διότι περιέχει μικρότερα ποσοστά απαραίτητων αμινοξέων.

Τα δευτερεύοντα συστατικά τους όπως τα έλαια των σιτηρών (αραβοσιτέλαιο, σιτέλαιο), οι βιταμίνες (κυρίως Β, Ε, νιασίνη, φολικό οξύ) και η κυτταρίνη έχουν επίσης μεγάλη σημασία.

Τα σιτηρά έχουν ακόμη κάποια πλεονεκτήματα τα οποία συνετέλεσαν στη μεγάλη διάδοσή τους. Αυτά είναι τα εξής: α) η εύκολη καλλιέργειά τους, β) αποθήκευση σε συνθήκες περιβάλλοντος για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να αλλοιωθούν, γ) μεταφορά και αποθήκευση χωρίς να απαιτείται συσκευασία και δ) παρασκευή εύγευστων, εύπεπτων και φθηνών προϊόντων. (Κεφαλάς, 2002)

2.1.3 Ο σπόρος και η δομή του σιταριού

Οι σπόροι του σιταριού αποτελούνται από τρία κυρίως μέρη (Σχήμα 1): α) Το εξωτερικό πίτυρο, το οποίο καλύπτει το 13-15% του κόκκου, β) το εσωτερικό ενδοσπέρμιο, το οποίο καλύπτει το 82-83% και αποτελεί το κυρίως τμήμα του κόκκου και μας προσφέρει το αλεύρι και γ) το φυτό από το οποίο θα προέλθει το νέο φυτό και καλύπτει το 1-3% του κόκκου. Όσον αφορά τη χημική σύσταση των μερών του σίτου, περιλαμβάνονται οι ακόλουθες ουσίες: άμυλο, πρωτεΐνες, κυτταρίνη (ακατέργαστες ίνες), σάκχαρα, λιπαρά και ανόργανα άλατα.



Σχήμα 1: Τομή κόκκου σιταριού

(Κριτσαντώνης, 2006)

Το φύτρο ή έμβρυο χωρίζεται από τον υπόλοιπο κόκκο με μια μεμβράνη, το ασπίδιο. Στο έμβρυο και στο ασπίδιο είναι συγκεντρωμένα ένζυμα (αμυλάσες, πρωτεάσες, οξειδάσες και λιπάσες). Σε αυτό το τμήμα του κόκκου υπάρχει η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη σε σχέση με τα άλλα τμήματά του. Επιπλέον, στο έμβρυο περιέχονται διαλυτά ζάχαρα (κυρίως ζαχαρόζη, πεντοζάνες, γλυκόζη, φρουκτόζη και μαλτόζη), βιταμίνη Β, τέφρα, έλαιο και βιταμίνη Ε. Το έμβρυο συχνά αφαιρείται κατά το άλεσμα επειδή είναι η αιτία για το τάγγισμα των λιπών κατά την αποθήκευση του αλεύρου. Ωστόσο, επειδή είναι θρεπτικά πολύτιμο συχνά πωλείται ξεχωριστά ή προστίθεται σε άλλα προϊόντα. Πιο συγκεκριμένα, η σύσταση του καρπού σε κάθε τμήμα του κόκκου δίνεται αναλυτικά στον Πίνακα 1. (Αντωνίου, 2004)

Σύσταση καρπού	Ενδοσπέρμιο	Έμβρυο	Περιβλήματα
Άμυλο 63-71%	71.0	14.0	8.6
Πρωτεΐνες 8-15%	9.6	28.5	14.4
Κυτταρίνη 2.0-2.5%	0.2	7.5	21.4
Λίπη 1.5-2.0%	1.4	10.4	4.7
Διαλυτά ζάχαρα 2.0-3.0%	1.1	16.2	4.6
Τέφρα 1.5-2.0%	0.7	4.5	6.3
Ημικυτταρίνες 2.5-3.0%	1.8	6.8	26.2

Πίνακας 1: Χημική σύσταση του καρπού του σιταριού (σε υγρασία 14%) και των κυρίων τμημάτων του (σε ποσοστά %)

(Αντωνίου, 2004)

2.2 Αλεύρι

Ως άλευρο σίτου ή απλώς άλευρο νοείται αποκλειστικά και μόνο το προϊόν της άλεσης υγιούς σίτου βιομηχανικά καθαρισμένο από κάθε ανόργανη ή οργανική ουσία. (Κ.Τ.Π., 2009).

Το αλεύρι αποτελεί το απαραίτητο συστατικό των διαφόρων προϊόντων της αρτοποιίας, μπισκοτοποιίας και των περισσότερων προϊόντων ζαχαροπλαστικής. Το σιτάλευρο, σε αντίθεση με τα άλευρα άλλων σιτηρών και καρπών, μπορεί να προσδώσει μοναδικά χαρακτηριστικά στη δομή και εμφάνιση των διαφόρων προϊόντων στα οποία χρησιμοποιείται. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όταν αναμιχθεί με νερό μπορεί να δώσει συνεκτικά και ελαστικά ζυμάρια. Τόσο η ποιότητα του σιταριού, όσο και οι συνθήκες αλέσεως στις οποίες αυτό υποβάλλεται, μπορούν να οδηγήσουν σε διαφορές ως προς την καταλληλότητα του αλεύρου για ένα συγκεκριμένο σκοπό.

Το αλεύρι παράγεται από άλεση του σιταριού. Ανάλογα με το βαθμό άλεσης προκύπτει και ο τύπος του κάθε αλεύρου. Τα μέρη βάρους αλεύρου που παράγονται από την άλεση 100 μερών βάρους σιταριού μας δίνουν και την ονομασία του τύπου είδους αλεύρου. Κατ' αυτόν τον τρόπο έχουμε τα άλευρα τύπου 90%, τύπου 70%, άλευρα πολυτελείας τύπου 85%, Μ, Κ και Π.

Η σύγχρονη αλευροβιομηχανία έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει και να προσφέρει για κατανάλωση άλευρα άριστης ποιοτικής ικανότητας. Η διαδικασία της άλεσης, η οποία είναι πολλαπλών φάσεων,

δίνει τη δυνατότητα παραγωγής υψηλών απαιτήσεων διότι αναπτύσσεται η διαφορετικότητα των τύπων αλεύρων προσαρμόζοντας τις ιδιαιτερότητες του αλεύρου που θα παραχθεί για το αντίστοιχο προϊόν παρασκευής. Οι κύριες φάσεις που ακολουθούνται για την παραγωγή των διαφόρων τύπων αλεύρου είναι: καθαρισμός του σιταριού, κοντισιονάρισμα, αποφλοίωση, διαχωρισμός κόκκων ανά μέγεθος και άλεση. (Δημόπουλος, 1987)

Τα παρακάτω καθοριζόμενα ανώτατα όρια υγρασίας και πτητικών ουσιών (Πίνακας 2) επιτρέπεται να είναι αυξημένα κατά 0,5 μονάδες σε όλους τους τύπους αλεύρων για το χρονικό διάστημα από 15 Σεπτεμβρίου μέχρι και 15 Ιουνίου του επόμενου χρόνου.

Η γλουτένη των αλεύρων πρέπει να είναι καλής ποιότητας, δηλαδή πρέπει να είναι συνεκτική, ελαστική και όλκιμη. Άλευρα με ιξώδη ή διαρρέουσα υγρή γλουτένη θεωρούνται σαν μη κανονικά και αποκλείονται από την άμεση κατανάλωση. Τέτοια άλευρα, μετά από σχετική γνωμοδότηση του Α.Χ.Σ. είναι δυνατόν να διατεθούν για άλλες ειδικές χρήσεις (π.χ. για την παρασκευή προϊόντων ζαχαροπλαστικής, μπισκοτοποιίας κ.λ.π.). Σε περίπτωση χρησιμοποίησης θερμικής επεξεργασίας (κοντισιονέρ) η γλουτένη μπορεί να είναι 18% τουλάχιστον, αντί των καθορισμένων για κάθε τύπο αλεύρου ποσοστών.

Η εφυδάτωση της γλουτένης, η ικανότητα δηλαδή συγκρατήσεως νερού, πρέπει να είναι τέτοια ώστε το ποσοστό του νερού σε υγρή γλουτένη να μην είναι κατώτερο του 62%.

Το ποσοστό των πιτύρων πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των παρακάτω καθορισμένων για κάθε τύπο αλεύρου, ανωτάτων και κατωτάτων ορίων. Ο δε προσδιορισμός αυτών να γίνεται όταν η τέφρα εκτρέπεται από τα καθορισμένα όρια για αυτή ή όταν η κατά PECKAR δοκιμασία δεν ανταποκρίνεται στον δηλούμενο τύπο αλεύρου.

Η κατά PECKAR δοκιμασία ενεργείται με συγκριτική εξέταση του δείγματος προς συνήθη δείγματα αλεύρου αντίστοιχου τύπου που έχουν ελεγχθεί.

Η εξέταση της λεπτότητας των πιτύρων γίνεται σε άλευρα τύπου 85%. Το άλευρο τύπου 85% θεωρείται μη κανονικό για την λεπτότητα των πιτύρων, όταν 100 γραμμάρια αυτού, κοσκινισμένα πλήρως με κόσκινο από ύφασμα μεταξίου "για σιμιγδάλια Νο. 24" αφήνουν στο κόσκινο ποσό πιτύρων ανώτερο των 2 γραμμαρίων (2%).

Στο ανώτατο όριο οξύτητας κάθε τύπου αλεύρου δίνεται επιπλέον ανοχή 10% για την περίοδο από 15 Ιουνίου μέχρι και 15 Σεπτεμβρίου. Άλευρα με οξύτητα σε θειικό οξύ ανώτερα του 0,15% θεωρούνται σαν ακατάλληλα προς βρώση και δεν μπορούν με οποιονδήποτε τρόπο να χρησιμοποιηθούν σαν τρόφιμα. Τέτοια άλευρα αφού μετουσιωθούν κατάλληλα μπορούν να διατίθενται για ζωοτροφές, μετά από σύμφωνη γνώμη της Κτηνιατρικής Υπηρεσίας, η οποία και θα καθορίζει και τον τρόπο μετουσίωσης.

Επικουρικά μπορεί να ενεργείται προσδιορισμός των λιπαρών ουσιών για τον καθορισμό του τύπου ή του βαθμού άλεσης των αλεύρων.

Ως "υπόλειμμα σε τετραχλωράνθρακα" νοούνται οι ουσίες που καθιζάνουν κατά την κατεργασία του αλεύρου με τετραχλωράνθρακα με την καύση αυτών σε 400°C περίπου και πλύση με υδροχλωρικό οξύ.

Άλευρα που έχουν υπόλειμμα σε τετραχλωράνθρακα ανώτερο των ανωτάτων καθορισμένων ορίων για κάθε τύπο αλεύρου αποκλείονται της κατανάλωσης.

Άλευρα που παρουσιάζουν τριγμό κατά την μύση, ανεξάρτητα από το περιεχόμενο σε αυτά ποσοστό υπολείμματος σε τετραχλωράνθρακα, αποκλείονται από την κατανάλωση. (Κ.Τ.Π., 2009)

Πίνακας 2: Τύποι αλεύρων και όροι για τη διάθεσή τους

Τύποι Αλεύρων	Μέγιστη Υγρασία %	Κατώτατη Υγρή Γλουτένη %	Ανώτατη Οξύτητα σε SO ₄ %	Ανώτατο Όριο Τέφρας %	Ανώτατο Όριο Τετραχλωράνθρακα %	Πίτυρα %
70%	13.5	26	0.08	0.50	0.015	-
85%	14	25	0.13	0.90	0.30	4-5
90%	14	25	0.15	1.35	0.030	10-13.5
Ολικής Άλεσης 100%	14.5	24	0.15	1.60	0.030	18-22
Κατηγορίας Π	13.5	25	7.00	0.45	0.015	-
Κατηγορίας Μ	14.5	25	0.15	0.90	0.030	-
Κατηγορίας Κ	14.5	25	0.15	1.40	0.030	-

(Κ.Τ.Π., 2009)

2.2.1 Σύσταση αλεύρου

Το αλεύρι, από πλευράς σύστασης αποτελείται από υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπαρές ύλες, ανόργανα συστατικά, υγρασία και ένζυμα. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικότερα τα συστατικά αυτά.

Υδατάνθρακες

Το μεγαλύτερο ποσοστό ανάμεσα στους υδατάνθρακες καταλαμβάνει το άμυλο (70%), καθώς και διάφορα διαλυτά σάκχαρα, κυτταρίνη και πεντοζάνες. Σε γενικές γραμμές δεν παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του αλεύρου, επηρεάζουν όμως το σχηματισμό της κόρας του ψωμιού, τη διόγκωση, την απορρόφηση- δέσμευση του νερού και το μπαγιάτευμα του ψωμιού λόγω της αναδιάταξης του αμύλου.

Άμυλο

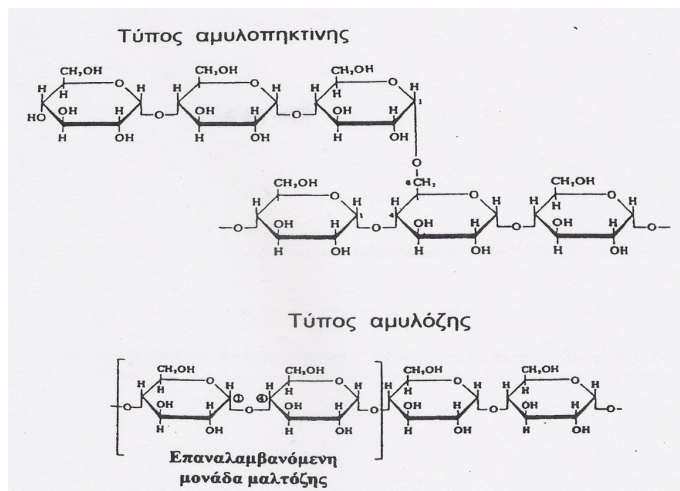
Το άμυλο είναι το κύριο ζάχαρο του σταριού και αλεύρου. Βρίσκεται υπό μορφή αμυλοκκόκων . Η δομή των αμυλοκκόκων είναι σφαιροκρυσταλλική. Η περιεκτικότητα σε αμυλόζη είναι κατά μέσο όρο 25% και το υπόλοιπο 75% είναι αμυλοπηκτίνη. Οι αμυλόκοκκοι είναι αδιάλυτοι στο νερό. Όταν ένα υδατικό αιώρημα αυτών θερμαίνεται, τότε απορροφούν νερό, διογκώνονται και διαρρήφονται, δηλαδή τα άπειρα μόρια αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης που περιέχονται στον κάθε αμυλόκοκο διασκορπίζονται στο νερό. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως ζελατινοποίηση του αμύλου . (Δημόπουλος, 1987).

Το άμυλο αποτελείται από δύο συστατικά, την αμυλόζη και την αμυλοπηκτίνη (Σχήμα 2).

Η αμυλόζη είναι γραμμικό πολυμερές της γλυκόζης. Τα μόρια της γλυκόζης ενώνονται μεταξύ τους με α-1,4 γλυκοζιτικούς δεσμούς σε μια μακριά αλυσίδα χωρίς διακλαδώσεις. Ορισμένα όμως πειραματικά δεδομένα δείχνουν ότι υπάρχουν και κάποιες διακλαδώσεις. Η αλυσίδα αυτή καμπυλώνεται στο χώρο και παίρνει σχήμα έλικας, μέσα στην οποία μπορούν να παγιδευτούν μόρια ιωδίου με αποτέλεσμα να αποκτήσει η αμυλόζη κυανόμαυρο χρώμα. Το μοριακό της βάρος είναι περίπου 250.000.

Η αμυλοπηκτίνη είναι και αυτή πολυμερές της γλυκόζης. Τα μόρια της γλυκόζης στην αμυλοπηκτίνη

σχηματίζουν διακλαδισμένη αλυσίδα, η οποία παίρνει σχήμα δέντρου. Στα ευθύγραμμα τμήματα της αλυσίδας, τα μόρια της γλυκόζης ενώνονται μεταξύ τους με α-1,4 γλυκοζιτικούς δεσμούς, ενώ στα σημεία των διακλαδώσεων υπάρχουν επιπλέον και α-1,6 γλυκοζιτικοί δεσμοί. Το μοριακό βάρος της αμυλοπηκτίνης είναι της τάξεως του 1.000.000.



Σχήμα 2: Πολυμερή αμύλου

(Κεφαλάς, 2002)

Ζελατινοποίηση του αμύλου

Τα μόρια του αμύλου δε διαλύονται στο κρύο νερό. Όταν όμως θερμανθούν, απορροφούν νερό και διογκώνονται. Αρχικά, η διογκωση είναι αντιστρέψιμη, αλλά γίνεται μη αντιστρέψιμη καθώς η θερμοκρασία αυξάνει.

Με την αύξηση της θερμοκρασίας, τα μόρια του αμύλου δονούνται έντονα, σπάνε οι ενδομοριακοί δεσμοί που κρατούν τα μόρια σε συνοχή και επιτρέπουν στους δεσμούς υδρογόνου να δεσμεύουν περισσότερα μόρια νερού. Η δέσμευση του νερού οδηγεί σε αυξανόμενο διαχωρισμό των αλυσίδων του αμύλου με αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού και του μεγέθους των κρυσταλλικών περιοχών. Αν συνεχίσουμε τη θέρμανση έχουμε οριστική απώλεια της κρυσταλλικής ιδιότητας του αμύλου.

Σε αυτό το σημείο, το “ιζώδες” του συστήματος είναι όμοιο με αυτό ενός στερεού σώματος. Το σημείο αυτό αναφέρεται ως σημείο ζελατινοποίησης. Στο ψωμί, η ιζώδης ζύμη γίνεται ένα στερεό σφουγγάρι στο σημείο ζελατινοποίησης. Η παραπάνω διαδικασία στα προϊόντα αρτοποιίας γίνεται μεταξύ 60°-90°C. Στο ψωμί, τα μόρια του αμύλου μπορεί να είναι είτε πλήρως ζελατινοποιημένα, είτε σε μια πλήρη απώλεια της τάξης και με διαφορετικούς βαθμούς έκχυσης των πολυσακχαριτών.

Οι πολυσακχαρίτες που έχουν χάσει υγρασία συμπεριφέρονται σαν καουτσούκ, ενώ η αμυλοπηκτίνη θα βρίσκεται σε μια ελαστική κατάσταση. Όταν η περιεκτικότητα του νερού είναι μεγαλύτερη από 20%-30% w/w, όπως συμβαίνει στο ψωμί, θα έχουμε την επαναδιάταξη του αμύλου. (Κουντούρης, 2007)

Πρωτεΐνες

Το πρωτεϊνικό περιεχόμενο είναι αυτό που επηρεάζει όσο τίποτε άλλο τις αρτοποιητικές ικανότητες ενός αλεύρου. Οι πρωτεΐνες αποτελούνται κυρίως από τη γλουτένη, η οποία καθορίζει τις ικανότητες του κάθε αλεύρου. Η γλουτένη είναι αδιάλυτη στο νερό, έχει όμως την ικανότητα να απορροφά νερό τουλάχιστον στο διπλάσιο του βάρους της και να διογκώνεται δημιουργώντας έτσι το πλέγμα – ιστό των ζυμαριών, συνδέοντας τα συστατικά του ζυμαριού μεταξύ τους και εγκλωβίζοντας τα παραγόμενα

αέρια. Η ποσότητα και η ποιότητα της γλουτένης είναι αυτή που χαρακτηρίζει ένα άλευρο ως “δυνατό” ή “αδύνατο”. (Masci et al. 1995)

Γλουτένη

Η γλουτένη είναι μια σύνθετη πρωτεΐνη που βρίσκεται στα σιτηρά. Πιο συγκεκριμένα, η γλουτένη είναι η σύνθεση της γλοιαδίνης και της γλουτενίνης που υπάρχουν συνδεδεμένες με το άμυλο στο ενδοσπέρμιο των κόκκων των σιτηρών. Η γλοιαδίνη και η γλουτενίνη περιλαμβάνουν περίπου το 80% της πρωτεΐνης που περιέχεται σε σπόρους σίτου. Όντας αδιάλυτη στο νερό, μπορεί να διαχωριστεί από το άμυλο. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η γλουτένη είναι μια πηγή πρωτεΐνης, τόσο στα τρόφιμα που παρασκευάζονται άμεσα από τις πηγές που το περιέχουν, όσο και ως πρόσθετο σε τρόφιμα με χαμηλή πρωτεΐνη. Αυξάνει την ελαστικότητα στη ζύμη βοηθώντας να αυξάνεται και να διατηρείται το σχήμα του και συχνά δίνει στο τελικό προϊόν μια λαστιχωτή σύσταση. (Zaidel et al. 2007)

Οι ιδιότητες της γλουτένης ποικίλουν ανάλογα με τη σύνθεσή της, η οποία διαφέρει ανάλογα με την πηγή. Έτσι όταν το σιτάρι έχει υποστεί λεύκανση και αναμειγνύεται με νερό, σχηματίζει μια ζύμη με μοναδικές ρεολογικές ιδιότητες όπως η διατήρηση φυσαλίδων αερίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ζύμη να είναι κατάλληλη για να χρησιμοποιηθεί σε ένα μεγάλο εύρος προϊόντων. Αυτές οι ιδιότητες είναι που καθιστούν την γλουτένη κατάλληλη για την προετοιμασία μιας μεγάλης ποικιλίας προϊόντων διατροφής όπως το ψωμί, τα ζυμαρικά, τα μπισκότα, το κέικ, τα γλυκά και πολλά άλλα τρόφιμα. Οι ρεολογικές ιδιότητές της είναι η βάση των λειτουργικών χρήσεων της ζωτικής γλουτένης. Από τη φύση της η γλουτένη είναι μια πρωτεΐνη που είναι αδιάλυτη στο νερό. Ενώ μπορεί να υπάρχουν μικρές ποσότητες των υδατοδιαλυτών πρωτεϊνών παγιδευμένες στη γλουτενική μήτρα, αυτές ουσιαστικά δεν είναι εξαγωγίμες σε νερό υπό κανονικές συνθήκες. Παρά το άλυτο και υδρόφοβο χαρακτήρα της η γλουτένη απορροφά περίπου δύο φορές το βάρος της σε νερό διαμορφώνοντας μια ενυδατωμένη ελαστική κολλώδης μάζα. Η ελαστικότητα της γλουτένης είναι ευαίσθητη στη θερμότητα και τη μετουσίωση που είναι αποτελέσματα των διάφορων χημικών ουσιών. Επίσης μπορεί εύκολα να αποξηρανθεί με μικρή απώλεια της αρχικής υγρασίας ή με αλλαγή στις ιδιότητες ψήσιματος. (Masci et al., 1995)

Λιπίδια

Τα σκουρόχρωμα άλευρα περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα λιπαρών σε σχέση με τα λευκά άλευρα. Λόγω της διακύμανσης της περιεκτικότητας των αλεύρων σε λιπαρά, δεν έχουμε ιδιαίτερη επίδραση στις αρτοποιητικές ικανότητές τους. Είναι γεγονός όμως ότι επιδρούν θετικά ως προς την ελαστικότητα της γλουτένης.

Ανόργανα συστατικά

Η περιεκτικότητα του αλεύρου σε ανόργανα συστατικά διαφέρει ανάλογα με την ποικιλία του σταριού, την κάθε σοδειά και τον τρόπο αποθήκευσης. Έχει θετική επίδραση πάνω στην γλουτένη, ιδιαίτερα στο ψήσιμο.

Βιταμίνες

Το σιτάρι είναι πλούσιο σε βιταμίνες E και B. Περιέχει ικανοποιητικό αριθμό βιταμινών κυρίως στο φύτρο και πίτυρο του καρπού. Για αυτό και όσο πιο λευκό είναι το αλεύρι τόσο πιο φτωχό σε βιταμίνες

Υγρασία

Η περιεχόμενη υγρασία του σιταριού και κατά συνέπεια του αλεύρου, δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 15% προκειμένου να μην προκαλέσει πρόβλημα. Με μεγαλύτερη υγρασία έχουμε ανάπτυξη μυκήτων, δυσάρεστων οσμών, ταχεία αποσύνθεση της γλουτένης και μικρότερη απορρόφηση νερού από το ζυμάρι.

Ένζυμα

Τα ένζυμα βοηθούν στη διεξαγωγή χημικών αντιδράσεων. Τα κυριότερα ένζυμα που περιέχονται είναι τα αμυλολυτικά (αμυλάσες), τα πρωτεολυτικά (πρωτεάσες) και τα λιπολυτικά (λυπάσες). (Κριτσαντώνης, 2006)

2.3 Ποιοτικός έλεγχος αλεύρων

Ο ποιοτικός έλεγχος αλεύρων γίνεται για να εξεταστεί η καταλληλότητα του παραγόμενου αλεύρου για το τελικό προϊόν. Τα τεστ που θα χρησιμοποιηθούν επιλέγονται ανάλογα με το είδος του επιδιωκόμενου αλεύρου. Το αλεύρι αρτοποιίας έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά από το αλεύρι για μπισκότα, ενώ ένα πολύ καλό αλεύρι για κέικ ίσως είναι ακατάλληλο για μπισκότα. Επίσης, ενώ το ποσό της περιεχόμενης α-αμυλάσης σε ένα αλεύρι αρτοποιίας είναι κρίσιμο συστατικό, για τα αλεύρια ζαχαροπλαστικής δεν έχει ανάλογη σημασία. (Τσιάρας, 1987)

2.3.1 Αναλύσεις αλεύρων

Προσδιορισμός τέφρας

Τέφρα μιας ουσίας ονομάζεται το υπόλειπο υπόλειμμα που απομένει ύστερα από την τέλεια καύση όλων των οργανικών συστατικών της. Από τον ορισμό αυτό προκύπτει ότι το υπόλειμμα θα αποτελείται από ανόργανα συστατικά. Προφανώς, αυτά θα είναι προϊόντα θερμικής διάσπασης των ανόργανων αλάτων που βρίσκονται στην ουσία. Στο αλεύρι τα άλατα αυτά είναι όξινα φωσφορικά άλατα του καλίου και του μαγνησίου, φωσφορικό νάτριο και ασβέστιο, χλωριούχο νάτριο και ασβέστιο, ίχνη θειικών αλάτων και ίχνη αλάτων αργιλίου και σιδήρου. Τα άλατα αυτά με τη θερμότητα του κλιβάνου μετατρέπονται στα αντίστοιχα οξείδια, δηλαδή K_2O , MgO , CaO και ίχνη οξειδίων των υπόλοιπων στοιχείων. Η τέφρα στα αλεύρα του σίτου δίνει πληροφορίες για το από ποια μέρη του κόκκου προέρχεται το αλεύρι που εξετάζεται. (Κεφαλάς, 2002)

Προσδιορισμός οξύτητας

Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές της μεθόδου για τον προσδιορισμό της. Όλες βασίζονται στην εκχύλιση του αλεύρου με εξουδετερωμένη αλκοόλη. Διαφέρουν μεταξύ τους στις συνθήκες εκχύλισης και στην περιεκτικότητα της αλκοόλης σε νερό. Η αλκοόλη εξουδετερώνεται με άλκαλι γιατί έχει απορροφήσει από την ατμόσφαιρα CO_2 και εμφανίζει όξινη αντίδραση. Τα εκχυλισθέντα λιπαρά οξέα καθώς και ίχνη άλλων οξέων (π.χ. όξινα φωσφορικά άλατα) ογκομετρούνται με γνωστή κανονικότητας διάλυμα αλκάλειως και το αποτέλεσμα εκφράζεται συμβατικά σε H_2SO_4 , επειδή δεν είναι γνωστό ποια ακριβώς οξέα περιέχει το δείγμα. (Κεφαλάς, 2002)

Προσδιορισμός υγρασίας

Υπάρχουν πολλοί τρόποι προσδιορισμού της υγρασίας. Οι διάφοροι μέθοδοι συνήθως δίνουν διαφορετικά αποτελέσματα για το ίδιο δείγμα. Συνήθως ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:

1. Βασικές μέθοδοι. Αυτές είναι σχετικά ακριβείς και έχουν επαναληψιμότητα, αλλά έχουν το μειονέκτημα ότι διαρκούν πολύ. Είναι οι επίσημες μέθοδοι. Χρησιμοποιούνται και σαν μέθοδοι αναφοράς των μεθόδων των δύο άλλων κατηγοριών
2. Ηλεκτρικές μέθοδοι. Βασίζονται στις ηλεκτρικές και διηλεκτρικές μεθόδους. Είναι πολύ γρήγορες και απλές, αλλά έχουν μικρή ακρίβεια και επαναληψιμότητα.
3. Πρακτικές μέθοδοι. Η βαθμονόμηση τους γίνεται σε σχέση με τις βασικές μεθόδους. Είναι πολύ γρήγορες και με μικρή ακρίβεια και επαναληψιμότητα.

(Τσιάρας, 1987)

Filth test

Η δοκιμή αυτή δείχνει το κατά πόσον το αλεύρι είναι καθαρό από τεμαχίδια εντόμων ή τρίχες ποντικών κλπ. Για την εκτέλεση της δοκιμής αυτής εκχυλίζεται με βενζίνη υδατικό αιώρημα αλεύρου, διηθείται και το ίζημα εξετάζεται στο μικροσκόπιο. (Κεφαλάς, 2002)

Δοκιμή Peckar

Είναι μια πολύ απλή δοκιμή που επιτρέπει την εκτίμηση του χρώματος του αλεύρου, την παρατήρηση της ύπαρξης και τη μέτρηση του πλήθους των μαύρων ή καφέ σιγμάτων. Η παραλλαγή αυτής της δοκιμής επιτρέπει την ανίχνευση της ύπαρξης κιτρικού ή τρυγικού οξέος, ασκορβικού οξέος και οξειδωτικών στο αλεύρι. Με την δοκιμή αυτήν μπορούν να συγκριθούν ως προς το χρώμα δύο άλευρα, αν αυτά τοποθετηθούν δίπλα-δίπλα στο ίδιο ξύλο και συμπιεστούν συγχρόνως με την ίδια λεία επιφάνεια. (Κεφαλάς, 2002)

2.3.2 Αναλύσεις σχετικές με την δραστικότητα των αμυλασών

Μέθοδος FALLING NUMBER

Με την μέθοδο Falling Number ή μέτρηση του δείκτη Hagberg, προσδιορίζεται η δραστικότητα της α-αμυλάσης στο άμυλο του δείγματος, το οποίο χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα. Η μέθοδος βασίζεται στην ταχεία ζελατινοποίηση αιωρήματος αλεύρου στη θερμοκρασία βρασμού του νερού και την επακόλουθη μέτρηση του ιξώδους του ζελατινοποιημένου αμύλου. Όσο μεγαλύτερη είναι η δράστικότητα της α-αμυλάσης, τόσο μικρότερο θα είναι το ιξώδες. Οι μυκητιακές α-αμυλάσες απενεργοποιούνται από την υψηλή θερμοκρασία πριν προλάβουν να δράσουν. Επίσης πολύ νωρίς απενεργοποιείται και η β-αμυλάση. (Κεφαλάς, 2002)

Αμυλογραφία

Η δραστικότητα της β-αμυλάσης είναι πάντα σε ικανοποιητικά επίπεδα, άρα ενδιαφέρει κυρίως η δραστικότητα της α-αμυλάσης. Οι περισσότερες μέθοδοι όμως, που χρησιμοποιούνται για αυτό από τους αλευρόμυλους και τις αρτοποιητικές μηχανές, προσδιορίζουν τη συνδυασμένη δραστικότητα των δύο αμυλασών. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η αμυλογραφία. (Κεφαλάς, 2002)

Φερμαντογραφία

Η μέθοδος αυτή δίνει τον όγκο του CO₂ που παράγεται από ζυμάρι παρασκευής ψωμιού στους 30°C συναρτήσει του χρόνου. Τα αποτελέσματα εξαρτώνται από την ποιότητα της μαγιάς, το ποσοστό των σπασμένων αμυλόκοκκων και από την αμυλασική δραστικότητα. Αν οι δύο πρώτοι παράγοντες είναι σταθεροί, είναι δυνατόν να γίνει σύγκριση της δραστικότητας των αμυλασών δύο η περισσότερων αλεύρων από την ταχύτητα παραγωγής CO₂ και τον συνολικό όγκο του ύστερα από 4 ώρες. (Κεφαλάς, 2002)

Δείκτης μαλτόζης

Η μέθοδος του αριθμού μαλτόζης μετράει την αμυλασική δραστικότητα προσδιορίζοντας τη συγκέντρωση της μαλτόζης ως τελικού προϊόντος της υδρόλυσης του αμύλου του αλεύρου σε θερμοκρασία 27° ή 30° C για χρονικό διάστημα 60 min ανάλογα με τη μέθοδο. Οι θερμοκρασίες αυτές είναι αυτές που συνήθως εφαρμόζονται κατά τα στάδια της ανάπαυσης και της ωρίμανσης στη διαδικασία της αρτοποιίας. Συνεπώς η μέθοδος αυτή δίνει πληροφορίες για την παραγωγή ζυμώσιμων ζαχάρων στα στάδια αυτά. Η μέθοδος δεν δίνει πληροφορίες για το τι γίνεται σε άλλες θερμοκρασίες δεδομένου ότι με την αύξηση της θερμοκρασίας η δραστικότητα της α-αμυλάσης μεταβάλλεται διαφορετικά από ότι η δραστικότητα της β-αμυλάσης. (Κεφαλάς,, 2002)

Ζυμοταχυγράφος και Rheofermentometer

Ο ζυμοταχυγράφος προσδιορίζει συναρτήσει του χρόνου χωριστά τον όγκο του CO₂ που παράγεται, χωριστά τον όγκο του CO₂ που συγκρατείται από το ζυμάρι καθώς διογκώνεται και χωριστά τον όγκο του CO₂ που διαφεύγει από το ζυμάρι στην ατμόσφαιρα. Στο τέλος της ανάλυσης είναι δυνατόν να γνωρίζουμε τους συνολικούς όγκους του CO₂ στις τρεις παραπάνω σειρές μετρήσεων. Επιπλέον, το Rheofermentometer προσδιορίζει και την αντοχή του ζυμαριού συναρτήσει του χρόνου.

Οι πληροφορίες για την παραγωγή του CO₂ συναρτήσει του χρόνου, καθώς και της ικανότητας του ζυμαριού να το συγκρατεί είναι πολύ σημαντικές για τον έλεγχο της πορείας της ωρίμανσης στο θερμοθάλαμο κατά την διάρκεια της αρτοποιίας. Είναι ένα βήμα παραπέρα από τις πληροφορίες που λαμβάνονται από τον φερμαντογράφο. (Κεφαλάς, 2002)

2.3.3 Αναλύσεις σχετικές με την πρωτεΐνη

Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη έχει σημασία, όταν πρόκειται να γίνει μια πρώτη εκτίμηση για το αν το αλεύρι που θα προκύψει θα έχει ικανοποιητικό ποσοστό υγρής γλουτένης. Τα δύο αυτά μεγέθη δεν συνδέονται ικανοποιητικά μεταξύ τους, γιατί υπεισέρχεται ο παράγοντας του διαφορετικού βαθμού ενυδάτωσης της γλουτένης.

Ο προσδιορισμός της πρωτεΐνης παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι με την κλασική μέθοδο Kjeldahl μπορεί να γίνει σε πολλά δείγματα συγχρόνως. Με την φασματοσκοπία NIR(Near Infrared Reflectance) μπορεί να γίνει ταχύτατα. Σε αντίθεση με το πλήθος των δειγμάτων που μπορούν να αναλυθούν σε δεδομένο χρονικό διάστημα με τις δυο αυτές μεθόδους, ο προσδιορισμός της υγρής γλουτένης σε δείγματα σίτου απαιτεί κάποιο χρόνο για κάθε δείγμα.

Οι αναλύσεις που σχετίζονται με την πρωτεΐνη είναι ο προσδιορισμός πρωτεΐνης με την μέθοδο Kjeldahl, με την φασματοσκοπία NIR, ο προσδιορισμός ποσότητας και ποιότητας γλουτένης, το τεστ Zeleny, η φαρινογραφία και η εξτενσογραφία. (Κεφαλάς, 2002)

Προσδιορισμός πρωτεΐνης με την χρωματογραφία NIR

Η μέθοδος φασματοσκοπία NIR εφαρμόζεται με πολύ καλά αποτελέσματα για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας ενός δείγματος σε πρωτεΐνη και σε υγρασία. Έχει εφαρμογή και σε άλλες αναλύσεις αλλά με μικρότερη ακρίβεια.

Η μέθοδος NIR βασίζεται στην ένταση ορισμένων απορροφήσεων στο εγγύς υπέρυθρο. Έχει το πλεονέκτημα ότι γίνεται ταχύτατα σε αλεσμένο δείγμα στην επιφάνεια στην επιφάνεια του οποίου ανακλάται η προσπίπτουσα ακτινοβολία. Η ένταση της απορρόφησης για το κάθε συστατικό είναι ανάλογη με την περιεκτικότητά του στο δείγμα. Η υπόλοιπη ακτινοβολία ανακλάται και επιστρέφει στην συσκευή όπου μετρίεται και υπολογίζεται το ποσοστό της που απορροφήθηκε. Η συσκευή καταγράφει ποιές συχνότητες ακτινοβολίας απορροφήθηκαν από το δείγμα και σε τι ποσοστό της αρχικής έντασης. Ένας επεξεργαστής συγκρίνει τα αποτελέσματα από το δείγμα με τα αποτελέσματα από γνωστά δείγματα και δίνει αμέσως την περιεκτικότητα από το συστατικό που ζητήθηκε. Για να έχουν ακρίβεια τα αποτελέσματα, τα δείγματα πρέπει να είναι αλεσμένα από τον ίδιο τύπο μύλου ώστε τα άλευρα να έχουν την ίδια κατανομή μεγέθους κόκκων. (Κεφαλάς, 2002)

Προσδιορισμός υγρής γλουτένης

Ο προσδιορισμός της υγρής γλουτένης βασίζεται στον σχηματισμό αδιάλυτης μάζας ενυδατωμένης γλουτένης η οποία αποχωρίζεται από τα υπόλοιπα συστατικά με έκπλυση υπό συνέχει μάλαξη.

Η γλουτένη είναι η υγρή, ελαστική μάζα που μένει μετά το ξέπλυμα και τις συνεχείς μαλάξεις ζυμαριού (αλεύρι και νερό) κάτω από το νερό της βρύσης. Με το πλύσιμο της ζύμης με νερό αφαιρείται το άμυλο και αυτό που μένει ονομάζεται γλουτένη. (Zaidel et al. 2007)

Zeleny Test

Το τεστ της τιμής καθίζησης (Zeleny test) είναι μια εύχρηστη μέθοδος από την άποψη ότι μπορούν να εξετασθούν πολλά δείγματα μαζί και να γίνει μια εκτίμηση της ποιότητας και ποσότητας της γλουτένης του καθενός. Επίσης είναι δυνατόν να διαπιστωθεί πολύ απλά αν το δείγμα προέρχεται από σιτάρι που έχει προσβληθεί από πεντατομίτη.

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην ενυδάτωση της πρωτεΐνης μέσα σε έγχρωμο διάλυμα για να διακρίνεται καλύτερα το μετέπειτα ίζημα. Κατόπιν, καταβυθίζεται με διάλυμα γαλακτικού οξέως. Όσο περισσότερη και καλύτερη είναι η γλουτένη, τόσο περισσότερο θα είναι το ίζημα. Αν όμως υπάρχουν πρωτεολυτικά ένζυμα στο χρονικό αυτό διάστημα, θα υδρολύσουν μέρος της γλουτένης και όταν θα προστεθεί το γαλακτικό οξύ, το ίζημα θα είναι λιγότερο. Συνεπώς με την εφαρμογή του τεστ σε δύο φάσεις έχουμε πολύ καλή ένδειξη για την ποσότητα και την ποιότητα της γλουτένης για πολλά δείγματα συγχρόνως και σε μικρό χρονικό διάστημα. (Κεφαλάς, 2002)

2.3.4 Ρεολογικές μετρήσεις

Στις εργαστηριακές μεθόδους που αφορούν τη γλουτένη πρέπει να συμπεριληφθούν και οι μέθοδοι που προσδιορίζουν την συνεκτικότητα και την ελαστικότητα του ζυμαριού που παράγεται από το δείγμα του αλεύρου. Η πρώτη προσπάθεια έγινε με το test Kranz που μετρά την αντίσταση, την συνεκτικότητα, την αντοχή και την εκτατότητα της γλουτένης αφού προηγηθεί ο προσδιορισμός της

υγρής γλουτένης. Κατά το Test Kranz η μάζα της υγρής γλουτένης εκτείνεται υπό την επίδραση βάρους και μετριέται το μήκος στο οποίο εκτείνεται μέχρι να κοπεί στα δύο. Η μέθοδος αυτή εγκαταλείπεται σήμερα και αντικαθίσταται με ειδικά όργανα που μετρούν τις ίδιες παραμέτρους, αλλά πλέον στο ζυμάρι. Τα πιο διαδεδομένα από τα όργανα αυτά είναι ο εξτενσογράφος και ο αλβεογράφος. Παράλληλα με τον εξτενσογράφο χρησιμοποιείται και ο φαρινογράφος στον οποίο γίνονται ορισμένες ρεολογικές μέτρησεις στο ζυμάρι και επιπλέον παρασκευάζεται το ζυμάρι που θα εξετασθεί στον εξτενσογράφο. Ο φαρινογράφος και ο εξτενσογράφος κατασκευάστηκαν για πρώτη φορά από το Γερμανό μηχανικό Brabender ο οποίος κατοχύρωσε τις ονομασίες αυτές.

Ο φαρινογράφος είναι ένα τυποποιημένο εργαστηριακό ζυμωτήριο με ενσωματωμένο μηχανισμό που μετρά κάθε στιγμή την συνεκτικότητα του παραγόμενου ζυμαριού. Με μια προχοΐδα μετριέται το νερό που χρειάζεται να απορρόφηση το ζυμάρι για να αποκτήσει μια συγκεκριμένη συνεκτικότητα. Το ζυμάρι στην συνέχεια μεταφέρεται στον εξτενσογράφο όπου εκτείνεται μέχρι να κοπεί στα δυο. Τέλος, μετριούνται η αντίστασή του στην έκταση, το μήκος στο οποίο εκτείνεται και η ενέργεια που απαιτείται μέχρι να σπάσει. Στην ίδια αρχή με τον εξτενσογράφο βασίζεται και ο αλβεογράφος.

Τα όργανα που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο έχουν καθιερωθεί για την αξιοπιστία τους και την επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων τους. Για αυτό χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία και στα ερευνητικά εργαστήρια για τη μελέτη της συμπεριφοράς των ζυμαριών που υφίστανται παραμόρφωση από την επίδραση δυνάμεων διάτμησης, πίεσης, έλξης και βαρύτητας. Η επιστήμη που μελετά τα φαινόμενα που έχουν σχέση με την παραμόρφωση της ύλης λέγεται ρεολογία και οι μετρήσεις που γίνονται με τα παραπάνω όργανα λέγονται ρεολογικές.

Η παραμόρφωση που μπορεί να υποστεί ένα ζυμάρι εξαρτάται από τους εξής παράγοντες: α) την τάση αργά ή γρήγορα να πάρει το σχήμα του δοχείου στο οποίο βρίσκεται, άρα να συμπεριφέρεται ως ιξώδες υγρό, β) την ελαστική παραμόρφωση που συμβαίνει όταν η δύναμη που προκαλεί την παραμόρφωση δεν υπερβαίνει κάποια τιμή διαφορετική για κάθε ποιότητα γλουτένης και γ) την πλαστική παραμόρφωση όταν η δύναμη υπερβεί την παραπάνω τιμή. Από το φαρινογράφο λαμβάνονται πληροφορίες για την πλαστικότητα και την ροή του ζυμαριού που υπόκειται σε συνεχή ανάμειξη και η θερμοκρασία του διατηρείται σταθερή. Από τον εξτενσογράφο λαμβάνονται πληροφορίες για την συμπεριφορά του ζυμαριού όταν αυτό εκτείνεται κάτω από την επίδραση σταθερής δύναμης. Ρεολογικές μετρήσεις στο ζυμάρι είναι δυνατόν να ληφθούν και με άλλα όργανα. Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα του φαρινογράφου και του εξτενσογράφου είναι τα πιο αξιόπιστα.

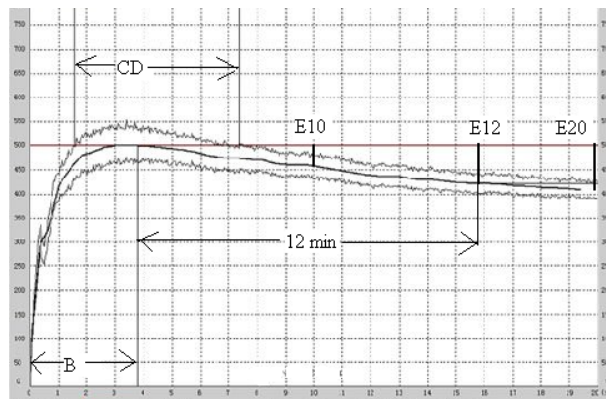
Εξετάζοντας ρεολογικά το ζυμάρι (αντί για τη γλουτένη αυτή καθαυτή), λαμβάνονται αποτελέσματα πιο κοντά στο πώς θα συμπεριφερθεί το ζυμάρι κατά την αρτοποιήση, πράγμα που σε τελευταία ανάλυση είναι αυτό που ενδιαφέρει. Ειδικότερα κατά την εξέταση του ζυμαριού, στα αποτελέσματα εμφανίζονται και οι συνέπειες από την επίδραση των υπολοίπων παραγόντων του αλεύρου που επηρεάζουν την γλουτένη, διότι αυτοί οι παράγοντες θα υπάρχουν και κατά την αρτοποιήση. Συνεπώς με μια εξέταση μετριέται το συνολικό αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης όλων των παραγόντων που συμμετέχουν στην διαμόρφωση των ρεολογικών ιδιοτήτων του ζυμαριού. (Ρουσόπουλος, 2001)

Φαρινογράφος

Ο φαρινογράφος είναι από τα πιο διαδεδομένα όργανα στον κόσμο για την μέτρηση των ρεολογικών χαρακτηριστικών των αλεύρων. Μας πληροφορεί για την ικανότητα του αλεύρου στην απορρόφηση του νερού, την αντοχή του ζυμαριού στη μηχανική καταπόνηση κατά την κατεργασία και την υγιεινότητα του αλεύρου.

Η αρχή λειτουργίας του οργάνου βασίζεται στη δύναμη που χρειάζονται οι δύο σιγμοειδείς βραχίονες του ζυμωτηρίου για να περιστραφούν με σταθερή ταχύτητα μέσα στη μάζα του ζυμαριού που έχει

καθορισμένη αρχική σύσταση. Όσο προχωρεί 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 καταγραφικό μηχανισμό. Το δημιουργούμενο διάγραμμα ονομάζεται φαρινογράφημα. Στο (Σχήμα 3.) φαίνεται ένα τυπικό φαρινογράφημα. (Ρουσοπούλου, 2001)



Σχήμα 3: Τυπικό φαρινογράφημα

Αξιολόγηση του φαρινογραφήματος

Απορρόφηση νερού

Απορρόφηση νερού είναι η ποσότητα του νερού (θερμοκρασίας 30°C) που απαιτεί το αλεύρι για να σχηματίσει ζυμάρι 500 φαρινογραφικών μονάδων. Κατά προσέγγιση είναι η ποσότητα νερού που θα χρησιμοποιηθεί για την αρτοποιία του αλεύρου.

Χρόνος ανάπτυξης του ζυμαριού

Χρόνος ανάπτυξης του ζυμαριού είναι ο χρόνος από την έναρξη της προσθήκης του νερού μέχρι το μέγιστο σημείο της καμπύλης. Σε περίπτωση που υπάρχουν δύο μέγιστα, το δεύτερο λαμβάνεται σαν χρόνος ανάπτυξης του ζυμαριού. Ο χρόνος ανάπτυξης εξαρτάται από την ποιότητα της γλουτένης. Όσο πιο δυνατό είναι ένα άλευρο, τόσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος ανάπτυξης.

Σταθερότητα

Είναι ο χρόνος σε λεπτά ανάμεσα στο αρχικό σημείο (C) και το τελικό (D) που διασταυρώνεται στην πάνω γραμμή της καμπύλης με τη γραμμή των 500 φαρινογραφικών μονάδων. Όσο μεγαλύτερη είναι η σταθερότητα, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η αντοχή του ζυμαριού στη μηχανική καταπόνηση.

Εξασθένηση του ζυμαριού

Εξασθένηση του ζυμαριού είναι η μείωση της συνεκτικότητας του ζυμαριού μετά από 10 ή 20 λεπτά ανάμειξης, δηλαδή είναι η διαφορά ανάμεσα στη συνεκτικότητα του χρόνου ανάπτυξης και στη συνεκτικότητα μετά από 10 και 20 λεπτά ανάμειξης. Αυτό εκφράζεται σε φαρινογραφικές μονάδες. (τα 20 λεπτά χρησιμοποιούνται μόνο για δυνατά αλεύρα με μεγάλη σταθερότητα).

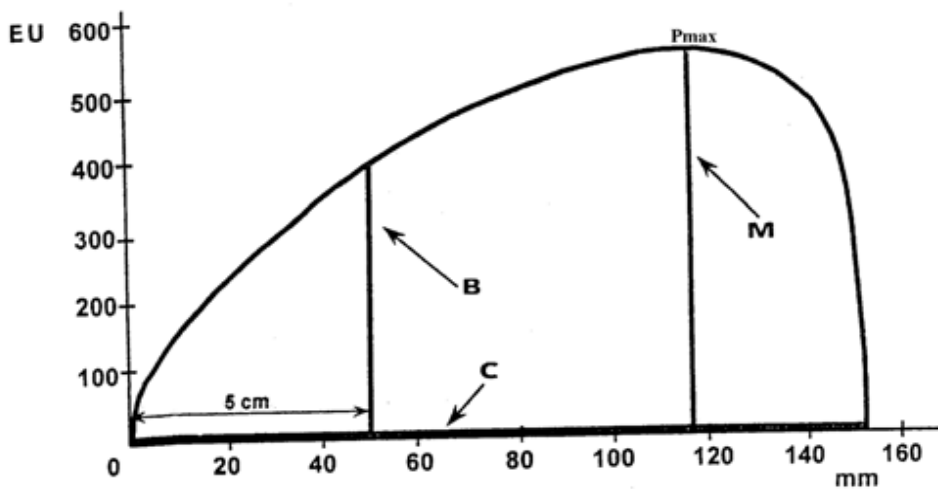
Πτώση σε 12 λεπτά

Σημαντική είναι η πτώση του διαγράμματος 12 λεπτά μετά την έναρξη της πτώσης της καμπύλης. (σχετίζεται με την εξασθένηση του ζυμαριού). (Ρουσόπουλος, 2001)

Εξτενσογράφος

Ο εξτενσογράφος συμπληρώνει τις πληροφορίες που μας δίνει ο φαρινογράφος για τα ρεολογικά χαρακτηριστικά του ζυμαριού και την επίδραση που έχουν σε αυτό οι οξειδωτικές και βελτιωτικές ουσίες. Οι ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού καθορίζονται από την ποσότητα και κυρίως την ποιότητα της γλουτένης που χαρακτηρίζεται από την εκτατότητα και την αντοχή της (δηλαδή την αντίσταση που προβάλλει κατά την επιμήκυνσή της).

Με τον εξτενσογράφο μετράμε τη δύναμη που χρειάζεται σε σχέση με το χρόνο να εφαρμοστεί για να ξεπεραστεί η αντίσταση την οποία εμφανίζει ένα κομμάτι ζυμαριού μέχρι να κοπεί σε δύο μέρη. Στο (σχήμα 4.) φαίνεται ένα τυπικό εξτενσογράφημα. (Ρουσοπούλος, 2001)



Σχήμα4: Τυπικό εξτενσογράφημα

(Ρουσοπούλος, 2001)

Αξιολόγηση του εξτενσογραφήματος

Για την αξιολόγηση της ποιότητας ενός αλεύρου με τον εξτενσογράφο προσδιορίζονται διάφορες χαρακτηριστικές τιμές του εξτενσογραφήματος. Επίσης υπολογίζεται η απορρόφηση νερού που αντιστοιχεί σε ζυμάρι συνεκτικότητας 500 FU μετά την ανάπτυξη.

Ενέργεια

Είναι η επιφάνεια κάτω από την καταγραφείσα καμπύλη. Μετριέται σε cm^2 με εμβαδόμετρο και αποτελεί μέτρο της ενέργειας που δαπανάται για την παραμόρφωση του ζυμαριού μέχρι αυτό να κοπεί. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια τόσο μεγαλύτερη ενέργεια χρειάζεται να δαπανηθεί για την

παραμόρφωση του ζυμαριού.

Αντίσταση στην έκταση

Η αντίσταση (B) στην έκταση είναι το ύψος του εξετασσογραφήματος σε σταθερή παραμόρφωση μετά από 5 cm μετατόπιση του καταγραφικού χαρτιού από τη στιγμή που το άγκιστρο ακουμπά το κομμάτι της ζύμης. Το αποτέλεσμα δίνεται σε εξετασσογραφικές μονάδες (EU). Η αντίσταση στην έκταση είναι η δύναμη που ενεργεί κατά της επιμήκυνσης.

Εκτατότητα

Η εκτατότητα είναι η απόσταση σε mm που προχωρεί το καταγραφικό χαρτί από τη στιγμή που το άγκιστρο ακουμπά τη ζύμη μέχρι το κόψιμο της.

Λόγος

Ο λόγος είναι το πηλίκο της αντίστασης στην εκτατότητα.

$$\text{λόγος} = \frac{\text{αντίσταση στην έκταση (EU)}}{\text{εκτατότητα (mm)}}$$

Μέγιστο

Εκτός από την αντίσταση στην επιμήκυνση, αξιολογείται και το μέγιστο ύψος του διαγράμματος και εκφράζεται σε EU . (Ρουσόπουλος, 2001)

2.4 Αρτοποιήση και ψωμί

Η αρτοποιία είναι μια τέχνη που υπάρχει εδώ και χιλιάδες χρόνια, η εξέλιξη της οποίας έχει προχωρήσει μέσα από πολλές δοκιμές. Ένα ευρύ φάσμα προϊόντων έχει αναπτυχθεί ανά τον κόσμο. Ο εκσυγχρονισμός της αρτοποιίας είναι προϊόν των τελευταίων 50 χρόνων στα οποία υπάρχει και μία τάση για μείωση της χρήσης χημικών και προσθέτων που χρησιμοποιούνταν για να προσδώσουν επιθυμητές ιδιότητες στα αρτοσκευάσματα. Αυτή η τάση έχει δημιουργήσει ένα μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων των συστατικών και των μεθόδων επεξεργασίας των αρτοσκευασμάτων. Η κατανόηση αυτή οδηγεί όλο και σε περισσότερες αλλαγές στην παραγωγική διαδικασία. (Owens, 2001)

Σύμφωνα με τον κώδικα τροφίμων και ποτών Κ.Τ.Π. (άρθρο 111) ως άρτος ορίζεται το προϊόν που προκύπτει μετά το ψήσιμο ζύμης αποτελούμενης από αλεύρι, νερό, αλάτι και μαγιά. Ακόμα ως αρτοπαρασκευάσματα ορίζονται τα προϊόντα που παρασκευάζονται όπως ο άρτος, διαφέρουν όμως ως προς την μακροσκοπική υφή τους και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους. Βασικός σκοπός της αρτοποιήσης είναι να μεταβάλλει το αλεύρι σε φαγώσιμη, εύπεπτη και ελκυστική μορφή, που είναι το ψωμί. (Κριτσαντώνης, 2006)

Ως "αρτοσκευάσματα" νοούνται τα προϊόντα τα οποία παρασκευάζονται κατά ανάλογο τρόπο με τον άρτο με απλό ή διπλό κλιβανισμό, διαφέρουν όμως από αυτόν προς την μακροσκοπική υφή και τους

οργανοληπτικούς χαρακτήρες.

Εκτός από τις πρώτες ύλες που επιτρέπονται για την παρασκευή του άρτου, για την παρασκευή των αρτοποιημάτων, επιτρέπεται η χρήση και άλλων πρώτων υλών από τις επιτρεπόμενες από τον παρόντα Κώδικα, όπως γάλα και τα από αυτό προϊόντα, αυγά, φυσικές γλυκαντικές ύλες, γλεύκος, λιπαρές ύλες, αρτυματικές ύλες κ.λπ. (Κ.Τ.Π., 2009)

2.4.1 Συστατικά αρτοποιίας

Αλεύρι

Η αρτοποιητική αξία ενός αλεύρου είναι εκείνη που καθορίζει τις τεχνολογικές του ιδιότητες. Επιπλέον, αντιπροσωπεύει τις ικανότητές του να δώσει ένα ωραίο και νόστιμο ψωμί κάτω από άριστες συνθήκες εργασίας και απόδοσης και δεν μπορεί να καθορισθεί παρά μόνο με τη δοκιμή αρτοποιίας. Ωστόσο, εξαρτάται από δύο παράγοντες οι οποίοι έμμεσα μας επιτρέπουν να την αξιολογήσουμε:

- Η αρτοποιητική δύναμη του αλεύρου, η οποία σχετίζεται με τον πλούτο και την ποιότητα των πρωτεϊνών και της γλουτένης που απορρέουν.
- Οι ζυμωτικές ικανότητες του ζυμαριού που εξαρτώνται κυρίως από τη διαστασική του δύναμη και τον πλούτο του σε σάκχαρα.

(Παπαεμμανουήλ, 2006)

Νερό

Έχει πολύ μεγάλη σημασία η ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται για την δημιουργία του ζυμαριού. Όταν η ποσότητα του νερού είναι σχετικά μικρή, δεν πετυχαίνεται στον κλιβανισμό η αναγκαία μετατροπή του αμύλου σε ζελατίνα, με αποτέλεσμα η ψίχα να ξηραίνεται εύκολα και να μπαγιατεύει γρηγορότερα. Αντίθετα, όταν χρησιμοποιηθεί νερό περισσότερο από όσο πρέπει, δεν δεσμεύεται όλο από το άμυλο κατά την ζελατινοποίηση και παραμένει ένα μέρος ελεύθερο. Αυτό το ελεύθερο νερό κάνει την ψίχα υγρή και κολλώδη. (Ηυί, 2006)

Αλάτι

Το αλάτι παίζει σημαντικό ρόλο στο ψήσιμο. Είναι κάτι περισσότερο από ένα πρόσθετο ή ένα καρύκευμα. Χρησιμοποιείται για να ενισχύσει την γλουτεϊνική δομή και να την καταστήσει περισσότερο ελαστική καθώς επίσης και για ελέγξει την ζύμωση στο ζυμωτήριο.

Η ποσότητα αλατιού που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να ελέγχεται προσεκτικά. Μεγάλη ποσότητα αλατιού επιβραδύνει την ζύμωση και το αντίθετο. (Ηυί, 2006)

Μαγιά

Η μαγιά αποτελεί απαραίτητο συστατικό στην παρασκευή αρτοποιημάτων. Η μαγιά συντελεί στην διόγκωση, προσδίδει χαρακτηριστική γεύση και άρωμα και η έκλυση CO₂ μπορεί να διατηρηθεί για περισσότερο χρόνο. Η ποιότητα της μαγιάς σχετίζεται αντίστροφα προς το χρόνο ζυμώσεως και τη θερμοκρασία του ζυμαριού. Μεγαλύτερος χρόνος ζυμώσεως απαιτεί χαμηλότερες θερμοκρασίες και μικρότερες ποσότητες μαγιάς. (Ηυί, 2006)

2.4.2 Πρόσθετα

Οι ουσίες που επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα των αλεύρων διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

Βελτιωτικά αλεύρων

Ως "βελτιωτικά αλεύρων" (Πίνακας 3) χαρακτηρίζονται ουσίες των οποίων η χρήση αποσκοπεί στο να αποκτήσουν τα άλευρα τις κατάλληλες τεχνολογικές ιδιότητες, που επιτρέπουν τη βελτίωση της παραγωγής και των οργανοληπτικών χαρακτήρων των τελικών προϊόντων. (Κ.Τ.Π., 2009)

Ως τέτοιες ουσίες θεωρούνται και επιτρέπονται οι εξής:

Πίνακας 3: Βελτιωτικά αλεύρων

Βελτιωτικό Αλεύρων	Ανώτατα επιτρεπτά όρια %
L-ασκορβικό όξυ (E300)	0,3
Κιτρικό όξυ (E330)	0,1
Λεκιθίνη (E322)	2
Υδροχλωρική L-κυστεΐνη	0,05
Ορθοφωσφορικό μονοασβέστιο (E341 i)	2.5

(Κ.Τ.Π., 2009)

Ένζυμα

α) Η α-αμυλάση (FUNGAL A-AMYLASE, από ASPERGILLUS NIGER ή ASPERGILLUS ORYZAE), χρησιμοποιείται σε ποσότητες που καθορίζονται από την καλή παραγωγική πρακτική.

β) Πρωτεολυτικά ένζυμα (Από ASPERGILUS ORYZAE ή BACILLUS SUPTILIS) χρησιμοποιούνται σε προϊόντα μπισκοτοποιίας, κράκερς κλπ., σε ποσότητες που καθορίζονται από την καλή παραγωγική πρακτική. (Κ.Τ.Π., 2009)

Διογκωτικά

Για τη χημική διόγκωση αλεύρων που προορίζονται κυρίως για την παραγωγή προϊόντων ζαχαροπλαστικής (κέικ, βουτήματα, διάφορα γλυκά κ.ά.) επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται οι παρακάτω χημικές ουσίες.

α) Χημικές ουσίες βασικού χαρακτήρα που παρέχουν CO₂ ή NH₃

- Όξινο ανθρακικό νάτριο (σόδα αρτοποιίας) NaHCO₃
- Όξινο ανθρακικό αμμώνιο, NH₄HCO₃
- Ουδέτερο ανθρακικό αμμώνιο (NH₄)₂ CO₃

Οι παραπάνω χημικές ουσίες πρέπει να είναι φαρμακευτικής καθαρότητας.

β) Μείγματα διογκωτικών ουσιών (BAKING POWDERS)

Επιτρέπεται η παραγωγή και διάθεση στην κατανάλωση κατάλληλων μειγμάτων σε σκόνη, όξινου ανθρακικού νατρίου (NaHCO)₃ με τις παρακάτω χημικές ουσίες όξινου χαρακτήρα, μαζί με αδρανή

συστατικά (αραιωτικά), όπως άλευρα, άμυλα, γαλακτικό ασβέστιο και ανθρακικό ασβέστιο.

- Τρυγικό οξύ (E344)
- Όξινο τρυγικό κάλιο (κρεμόριο ή κρεμοτάρταρο) (E336i)
- Φωσφορικά άλατα E 339, E 340, E 341, E 343, E 450, E 451, E 452 του παραρτήματος IV του άρθρου 33 του Κώδικα Τροφίμων και προσθήκη των αριθμών E 327 στο γαλακτικό ασβέστιο και E 170 στο ανθρακικό ασβέστιο. (Κ.Τ.Π., 2009)

Συντηρητικά

Για την προστασία από μικροβιακές προσβολές των τυποποιημένων και προσυσκευασμένων προϊόντων αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής, όπως ζυμάρια για φύλλα κρούστας, σφολιάτα, ψωμί του τοστ σε φέτες, αρτοσκευάσματα με υγρασία μεγαλύτερη του 20% και παρόμοια προϊόντα, επιτρέπεται να χρησιμοποιούν τα παρακάτω συντηρητικά (Πίνακας 4). (Κ.Τ.Π., 2009)

Πίνακας 4: Συντηρητικά αρτοσκευασμάτων

Συντηρητικά	Ανώτατα επιτρεπτά όρια %
Σορβικό οξύ και άλατά του (E200, E201, E202, E203)	0,1
Προπιονικό οξύ και άλατά του (E280, E281, E282, E283)	0,3
Οξικό οξύ και άλατά του (E260, E261, E262, E263)	0,3

(Κ.Τ.Π., 2009)

Μείγματα προσθέτων αλεύρων.

Επιτρέπεται η παρασκευή και διάθεση στην κατανάλωση μειγμάτων αποτελούμενων από τα πρόσθετα αλεύρων που περιλαμβάνονται στο παρόν άρθρο μαζί και με πρόσθετα ή και άλλα τρόφιμα από τα επιτρεπόμενα για τα προϊόντα αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής στα ειδικά για αυτά επιμέρους άρθρα του Κώδικα Τροφίμων. (Κ.Τ.Π., 2009)

Ζάχαρη

Χρησιμοποιείται στην παρασκευή όλων των αρτοσκευασμάτων, σε διαφορετικά ποσοστά, ανάλογα με την επιθυμητή γλυκύτητα του τελικού προϊόντος. Η ζάχαρη εκτός από την γεύση συμβάλλει και στο άρωμα, τον χρωματισμό της κόρας, τη βελτίωση της υφής και τη διατηρησιμότητα των αρτοσκευασμάτων. Η ζάχαρη είναι η κύρια πηγή ενέργειας για την μαγιά στην ζύμωση. Κατάλληλες ποσότητες ζάχαρης βοηθάνε σημαντικά στην διαδικασία της ζύμωσης. Μια ποσότητα ζάχαρης περίπου 5% βοηθάει την ενίσχυση της ζύμης, ενώ αντιθέτως περιεκτικότητες πάνω από 8% στην συνταγή δημιουργούν οσμωτική πίεση, καταστρέφουν τα κύτταρα της ζύμης και επιβραδύνουν σημαντικά την ταχύτητα της ζύμωσης. (Hui, 2006)

2.5 Ποιοτικός έλεγχος τροφίμων

Η ποιότητα κάθε τροφίμου είναι συνάρτηση των ποσοτικών, των αφανών και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών. Στη διαμόρφωση των ποιοτικών αυτών χαρακτηριστικών συμμετέχουν πολλοί

παράγοντες και πρωταρχικά φυτοτεχνικοί και ζωοτεχνικοί που ρυθμίζουν τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των παραγόμενων γεωργοκτηνοτροφικών προϊόντων που χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες σε βιομηχανίες τροφίμων. Γενικά μπορεί να λεχθεί ότι η ποιότητα του τελικού προϊόντος εξαρτάται σε πρώτη φάση από την ποιότητα της χρησιμοποιούμενης πρώτης ύλης, γιατί σπάνια αλλάζει κατά την επεξεργασία της στο τελικό προϊόν. (Καζάζη, 1998).

Υπάρχουν περιπτώσεις, όπως κατά την αξιολόγηση των ιδιοτήτων της γεύσης και της οσμής, όπου είναι αδύνατο να πραγματοποιηθούν αντικειμενικές μετρήσεις με την χρήση οργάνων. Ως εκ τούτου θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι οργανοληπτικές μέθοδοι.

Οι οργανοληπτικές μέθοδοι έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα των μεθόδων αυτών είναι:

A) μπορούν να εφαρμοστούν για όλα τα προϊόντα.

B) σε πάρα πολλές περιπτώσεις το δείγμα δεν καταστρέφεται.

Γ) δεν απαιτούνται οργανωμένα εργαστήρια, δαπανηρά όργανα και αντιδραστήρια.

Δ) τα κριτήρια της αξιολόγησης είναι ίδια με εκείνα που χρησιμοποιούν οι καταναλωτές προκειμένου να κάνουν αποδεκτό ή όχι ένα προϊόν.

Τα βασικότερα μειονεκτήματα των μεθόδων αυτών είναι τα εξής:

A) η δυσκολία της τυποποίησης τους.

B) τα αποτελέσματα επηρεάζονται από την προσωπικότητα του δοκιμαστή (ψυχολογικοί λόγοι, εμπειρία, φυσική ικανότητα) και για το λόγο αυτό είναι υποκειμενικά.

Για την απομάκρυνση του κινδύνου της υποκειμενικής αξιολόγησης των τροφίμων, κατά την οργανοληπτική εξέταση, αποφεύγεται η χρησιμοποίηση ενός δοκιμαστή και προτιμάται η επιλογή ομάδας δοκιμαστών. (Αρβανιτογιάννης et al. 2008)

Υφή

Ο όρος υφή είναι δύσκολο να περιγραφεί. Ο Sherman έδωσε τον εξής ορισμό: η υφή ενός τροφίμου είναι το άθροισμα αυτών των ιδιοτήτων του οι οποίες προκύπτουν από τα δομικά στοιχεία και τον τρόπο με τον οποίο αυτά επιδρούν στα αισθητήρια όργανα.

Ουσιώδη στοιχεία της υφής είναι:

1) επιδρά ποιοτικά στα αισθητήρια όργανα

2) απορρέει από τη δομή των τροφίμων (μοριακή, μικροσκοπική, μακροσκοπική) και

3) περιλαμβάνει ένα άθροισμα από αρκετές ιδιότητες.

Η υφή είναι μία ιδιότητα της ποιότητας που αξιολογείται ιδιαίτερα από τους καταναλωτές και ως εκ τούτου επηρεάζει το πόσο αποδεκτό θα γίνει ένα προϊόν. Έχει διαπιστωθεί ότι η υφή είναι ένα ευδιάκριτο χαρακτηριστικό των προϊόντων και ότι για μερικά προϊόντα μπορεί να είναι περισσότερο σημαντικό από την οσμή και την γεύση.

Τα χαρακτηριστικά της υφής που είναι περισσότερο αρεστά εξαρτώνται από το είδος του τροφίμου, την ώρα που δοκιμάζεται το τρόφιμο, το τι περιμένει ο καταναλωτής και τέλος από ψυχολογικούς παράγοντες.

Γενικά αρεστά χαρακτηριστικά της υφής είναι:

- 1) η τρυφερότητα
- 2) η συνεκτικότητα
- 3) η τραγανότητα και
- 4) το εύθραυστο

Αρχές μέτρησης υφής

Παρά το γεγονός ότι υπάρχει μεγάλη ποικιλία οργάνων που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση των χαρακτηριστικών της υφής, η λειτουργία αυτών βασίζεται σε περιορισμένο αριθμό αρχών. Πολλά από τα χαρακτηριστικά της υφής έχουν ως κοινή ιδιότητα την αντίσταση του προϊόντος σε κάποια ασκούμενη δύναμη. Έτσι ως μονάδα μέτρησης της υφής μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μονάδα της δύναμης. Η δύναμη κατά την μέτρηση της υφής μπορεί να εφαρμοστεί κατά διάφορους τρόπους ή με συνδυασμό περισσότερων τρόπων. Η διάφοροι τρόποι είναι οι ακόλουθοι:

- 1) συμπίεση (για την μέτρηση της αντοχής στην συμπίεση εφαρμόζεται στο προϊόν τόση δύναμη, ώστε αυτό να παραμένει ακέραιο).
- 2) Διάτμηση (η δύναμη εφαρμόζεται σε μία ζώνη του προϊόντος και είναι τόση, ώστε να προκληθεί διαχωρισμός της ζώνης αυτής από το κύριο σώμα του προϊόντος).
- 3) Εφέλκυσμός (κατά τον εφέλκυσμό δύο δυνάμεις εφαρμόζονται ούτως ώστε να έχουν αντίθετη φορά). Με τον τρόπο αυτό δοκιμάζεται η αντοχή του προϊόντος, έως ότου αυτό να σπάσει.
- 4) Συνδυασμός για συμπίεση και διάτμηση. (Αρβανιτογιάννης et al. 2008)

Γεύση

Γενικά είναι αποδεκτό ότι γεύση είναι ένα αίσθημα τετραδιάστατο που περιλαμβάνει το <<γλυκό>>, το <<ξινό>>, το <<αλμυρό>> και το <<πικρό>>. Η ιδιότητα της γεύσης συνολικά δεν προσδιορίζεται με όργανα και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται υποκειμενικές μέθοδοι.

Η γλυκύτητα μπορεί να μετρηθεί με επιτυχία με τη χρήση οργάνων, όπως τα πυκνόμετρα και τα διαθλασίμετρα σε Brix.

Η ιδιότητα του ξινού μπορεί να μετρηθεί με όργανα σε σχετικά αραιά διαλύματα, με τον προσδιορισμό της συμπύκνωσης ιόντων υδρογόνου (PH). Η μέτρηση όμως του PH στα τρόφιμα τα οποία αποτελούν πολύπλοκα συστήματα, δεν είναι τόσο επιτυχημένη και για αυτό συχνά γίνεται ο προσδιορισμός της ογκομετρούμενης οξύτητας.

Η αλμυρότητα μπορεί να προσδιοριστεί με την μέτρηση του χλωρίου ή πολύ ταχύτερα με τη μέτρηση του νατρίου.

Η γεύση του πικρού δεν μπορεί να προσδιοριστεί με καμία γενική μέθοδο. (Αρβανιτογιάννης et al. 2008)

Οσμή

Οι παράγοντες που χαρακτηρίζουν την οσμή είναι πάρα πολλοί. Τα όργανα που κατασκευάζονται για τον προσδιορισμό της οσμής μετρούν ποιοτικά και ποσοτικά όλες εκείνες τις ουσίες που είναι υπεύθυνες για συγκεκριμένες οσμές. Οι πτητικές ουσίες που είναι υπεύθυνες για την οσμή βρίσκονται σε πάρα πολύ μικρές ποσότητες, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να προσδιοριστούν με τις κλασικές χημικές μεθόδους. Μία από τις σημαντικές μεθόδους που χρησιμοποιείται στον τομέα της οσμής είναι

η αέρια-υγρή-χρωματογραφία. (Αρβανιτογιάννης et al. 2008)

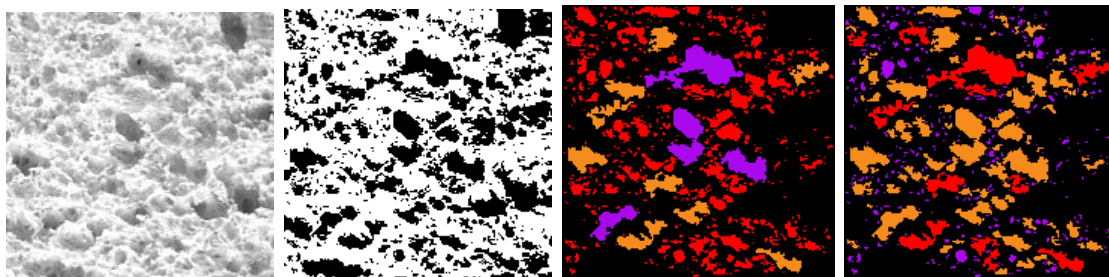
Ανάλυση εικόνας (Image tool)

Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας είναι η χρήση των αλγορίθμων από τους υπολογιστές για να επεξεργαστούν τις ψηφιακές εικόνες. Ως ένα υποπόδιο της ψηφιακής επεξεργασίας σήματος, η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με την αναλογική επεξεργασία εικόνας. Επιτρέπει ένα πολύ μεγάλο φάσμα των αλγορίθμων που πρέπει να εφαρμόζονται για την εισαγωγή δεδομένων και μπορούν να αποφευχθούν προβλήματα όπως η δημιουργία του θορύβου και σήματος στρέβλωση κατά την διάρκεια της μεταποίησης.

Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας επιτρέπει τη χρήση των πιο πολύπλοκων αλγορίθμων για επεξεργασία εικόνας και ως εκ τούτου μπορεί να προσφέρει τόσο πιο εξελιγμένες επιδόσεις σε απλές εργασίες, καθώς και η εφαρμογή των μεθόδων που θα ήταν αδύνατον από αναλογικά μέσα.

Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας είναι η μοναδική πρακτική τεχνολογία για: ταξινόμηση, εξαγωγή χαρακτηριστικών, αναγνώριση προτύπων και προβολή. (Γρυλλάκης, 2010)

Τον τελευταίο καιρό, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας αρκετές ερευνητικές ομάδες έχουν αναπτύξει την επεξεργασία εικόνας και την προσαρμογή αυτής στα τρόφιμα στον προσδιορισμό της ποιότητας στα αρτοσκευάσματα. Οι Sapirstein, Roller και Bushk (1994) εφάρμοσαν μια τεχνική για να ταξινομήσουν και να καταγράψουν τις πληροφορίες που παρέχονται από μια εικόνα φέτας ψωμιού (Σχήμα 5), την ασυνεχή επιφάνεια (κελιά αέρα) και την συνεχή επιφάνεια (ψίχα). Επίσης και άλλες τεχνικές ομαδοποίησης είναι διαθέσιμες και κατάλληλες για την μέτρηση των χαρακτηριστικών της ψίχας όπως: η πυκνότητα των κυψελών, η μέση επιφάνειά τους, η ομοιομορφία τους και το κλάσμα κενού. (Gonzales & Butler, 2005)

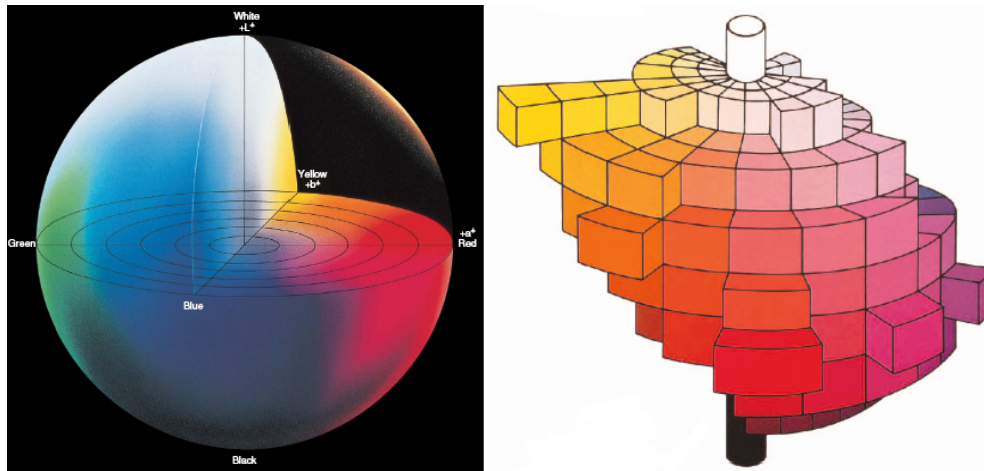


Σχήμα 5: Επεξεργασία εικόνας ψωμιού με το πρόγραμμα ανάλυσης εικόνας Image tool

Ανάλυση χρώματος

Κατά το παρελθόν αρκετοί επινόησαν μεθόδους ποσοτικής έκφρασης του χρώματος με αριθμητικό αποτέλεσμα, ώστε ο καθένας να καταλάβει τα χρώματα ευκολότερα και ακριβέστερα. Για παράδειγμα το 1905 ο Αμερικάνος καλλιτέχνης A.H.Munsell επινόησε μια μέθοδο για την έκφραση των χρωμάτων για τα οποία χρησιμοποιήθηκε ένας μεγάλος αριθμός φύλλων χρωματιστού χαρτιού που ταξινομήθηκαν σύμφωνα με το χρώμα τους, την φωτεινότητα και τον κορεσμό τους για την οπτική σύγκριση με ένα δείγμα χρωμάτων. Άλλες μέθοδοι για την αριθμητική έκφραση χρωμάτων επινοήθηκαν από ένα διεθνή οργανισμό (CIE) Commission Internationale de l' Eclairage που σχετίζεται με το φως και το χρώμα. Τα δύο πιο γνωστά συστήματα που αναπτύχθηκαν για την μέτρηση του χρώματος είναι: το διάστημα χρώματος YCh που δημιουργήθηκε το 1931 βασισμένο στις τρισδιάστατες αξίες του XYZ που ορίστηκαν από το CIE και το διάστημα χρώματος L*a*b* που

δημιουργήθηκε το 1976 για να παρέχει ομοιόμορφες διαφορές χρώματος σε σχέση με της οπτικές διαφορές. . Το (Σχήμα 6.) είναι μια αναπαράσταση του στερεού χρώματος για το $L^*a^*b^*$ διάστημα χρώματος.



Σχήμα 6: Παλέτα χρωμάτων του διαστήματος $L^*a^*b^*$.

Το διάστημα χρώματος $L^*a^*b^*$ είναι προς το παρόν ένα από τα πιο δημοφιλή διαστήματα για την αντικειμενική μέτρηση του χρώματος και χρησιμοποιείται σε όλους του τομείς. Είναι ένα από τα ομοιόμορφα διαστήματα χρώματος που καθορίστηκε το 1976 από το CIE προκειμένου να περιορίσει ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα του αρχικού διαστήματος Yxy και αυτό ήταν ότι ίσες αποστάσεις στο X και διάγραμμα χρώματος y δεν αντιστοιχούν στις ίσες αντιληπτές διαφορές χρώματος. Σε αυτό το διάστημα χρώματος το L^* δείχνει την φωτεινότητα και το a^* και b^* είναι συντεταγμένες χρωματικότητας. Στο $+a^*$ είναι η κόκκινη κατεύθυνση και στο $-a^*$ είναι η πράσινη κατεύθυνση, ενώ στο $+b^*$ είναι η κίτρινη κατεύθυνση και στο $-b^*$ η μπλε κατεύθυνση. Το κέντρο δεν έχει χρώμα, δεδομένου ότι οι τιμές του a^* και του b^* αυξάνονται και το σημείο κινείται έξω από το κέντρο, με αποτέλεσμα την αύξηση κορεσμού του χρώματος. (Minolta, 1998)

Το σύστημα χρώματος $L^*a^*b^*$ χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του χρώματος στην κόρα και στην ψίχα του ψωμιού. Το σύστημα αυτό είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο στην επεξεργασία εικόνας. Εκτός από αυτό προσφέρει πιο ομοιόμορφη κατανομή των χρωμάτων σε σχέση με την ανθρώπινη αντίληψη. (Mohd et al. 2009)

Γενικές πληροφορίες για το χρωματόμετρο BC-10 της KONICA MINOLTA

Η βιομηχανία τροφίμων είναι άκρος ανταγωνιστική, με την παραγωγή να γίνεται όλο και πιο απαιτητική και να είναι άμεσα εξαρτώμενη με την επιστήμη. Οι καταναλωτές θέλουν τα προϊόντα να έχουν μια ωραία εμφάνιση και αυτό έχει ως συνέπεια το χρώμα να αποτελεί ένα σημαντικό κριτήριο επιλογής. Το χρωματόμετρο (BC-10 της KONICA MINOLTA) είναι σχεδιασμένο να μετρά όταν έρχεται σε επαφή με το δείγμα και παρέχει αξιόπιστες και ακριβείς μετρήσεις για το χρώμα. Το χρωματόμετρο BC-10 δεν επηρεάζεται από τις συνθήκες φωτισμού ή άλλους αστάθμητους παράγοντες όπως μπορεί να επηρεαστεί η υποκειμενικότητα του ανθρώπινου ματιού. (Konica Minolta, 2011)

2.5.1 Ποιοτικός έλεγχος αρτοσκευασμάτων

Η υφή, η εμφάνιση και η γεύση είναι οι τρεις βασικοί παράγοντες που καθιστούν ένα τρόφιμο

αποδεκτό. Από πολύ παλιά ξεκίνησαν οι προσπάθειες για την μέτρηση της υφής με οργανοληπτικές μεθόδους και συγκεκριμένα ο Lipowitz(1961) ήταν ο πρώτος που τις ξεκίνησε. Αργότερα ο Szczesniak (1963) έκανε έναν διαχωρισμό των οργανοληπτικών μετρήσεων στις εξής κατηγορίες:

- Βασικές δοκιμές: Είναι μετρήσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται κύριος από μηχανικούς και περιλαμβάνουν: την αντοχή, το λόγο Poissons και διάφορες άλλες μετρήσεις όπως το μέτρο ελαστικότητας, το συντελεστή ελαστικότητας Young και το μέτρο διάτμησης. Αυτές οι δοκιμές γίνονται για να μετρηθούν οι θεμελιώδεις και βασικές ιδιότητες των τροφίμων και σχετίζονται με την οργανοληπτική αξιολόγηση της υφής των τροφίμων. Με αυτές τις δοκιμές γίνεται προσπάθεια να κατασκευασθούν τροφές οι οποίες να μην είναι πολύ σκληρές για το στόμα αλλά αντιθέτως, η δομή τους να είναι τέτοια ώστε με την μικρή δύναμη που ασκείται από το στόμα να επέρχεται εύκολα η αποδόμηση τους.
- Εμπειρικές δοκιμές: Αυτές οι δοκιμές συμπεριλαμβάνουν διάφορα τεστ μέτρησης χαρακτηριστικών όπως η διάτμηση, η εξώθηση και άλλες παρόμοιες παραμέτρους. Οι δοκιμές αυτές ανατήχθηκαν για να συσχετίσουν την οργανοληπτική αξιολόγηση με την υφή.
- Μιμητικά τεστ: Είναι τα τεστ που κάνουν ορισμένα μηχανήματα δημιουργώντας μια προσομοίωση τους στις συνθήκες που αντιμετωπίζουν τα τρόφιμα στο στόμα μας ή στο πιάτο. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει και το Texture Profile Analysis (TPA) .

(Bourne, 1978)

Συμπιεστότητα

Στις μετρήσεις της σκληρότητας της ψίχας, μια φέτα ψωμιού συμπιέζεται και καταγράφεται η δύναμη η οποία απαιτείται για μια προκαθορισμένη συμπίεση. Οι μετρήσεις επίσης μπορούν να γίνουν και αντίστροφα και να υπολογιστούν με συντελεστή ελαστικότητας ή το μοντέλο του Young. Ρεολογικά αποτελέσματα από διάφορα όργανα πιθανόν να είναι μη συγκρίσιμα. Αποτελέσματα τα οποία καταγράφονται υπό σταθερή πίεση μπορούν να βγάλουν ασφαλή συμπεράσματα για το βαθμό μπαγιατέματος. Αυτές οι μετρήσεις δείχνουν ότι η σκληρότητα της ψίχας αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου. Είναι προφανές ότι οι αλλαγές είναι πιο εμφανής την πρώτη μέρα, ενώ στη συνέχεια αυτές συνεχίζουν με πιο αργό ρυθμό. Τα αποτελέσματα που παίρνουμε εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες. Για παράδειγμα ο όγκος του ψωμιού επηρεάζει αυτές τις μετρήσεις, όσο χαμηλότερος είναι ο ειδικός όγκος τόσο υψηλότερος είναι ο συντελεστής της σκληρότητας του ψωμιού. Επομένως είναι δύσκολο να συγκριθούν διαφορετικοί τύποι ψωμιών με αυτές τις μεθόδους. Το ψωμί το οποίο είναι πιο μαλακό με αυτές τις μετρήσεις δεν είναι απαραίτητα και πιο φρέσκο. Η τιμή της σκληρότητας εξαρτάται από τη θερμοκρασία και στους -20°C το μπαγιατέμα αναστέλλεται. Ο υψηλότερος ρυθμός μπαγιατέματος πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες γύρω στους -2°C και το ψωμί θα διατηρηθεί μαλακό για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα αν διατηρηθεί σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Εάν το μπαγιατικό ψωμί θερμανθεί σε θερμοκρασίες από $60-100^{\circ}\text{C}$ θα ξαναγίνει όπως πριν και σχεδόν το ίδιο μαλακό. Ωστόσο στο ψωμί που έχει αναθερμανθεί επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ταχύτητα μπαγιατέματος. Ένα ψωμί αποθηκευμένο 5 μέρες και που έχει αναθερμανθεί στους 80°C και στη συνέχεια αποθηκεύεται για άλλες 2 μέρες έδειξε το ίδιο βαθμό μπαγιατέματος με το αντίστοιχο ψωμί αποθηκευμένο για 7 μέρες. (Eliasson & Larsson, 1993)

Γενικές πληροφορίες για το TA.XT plus

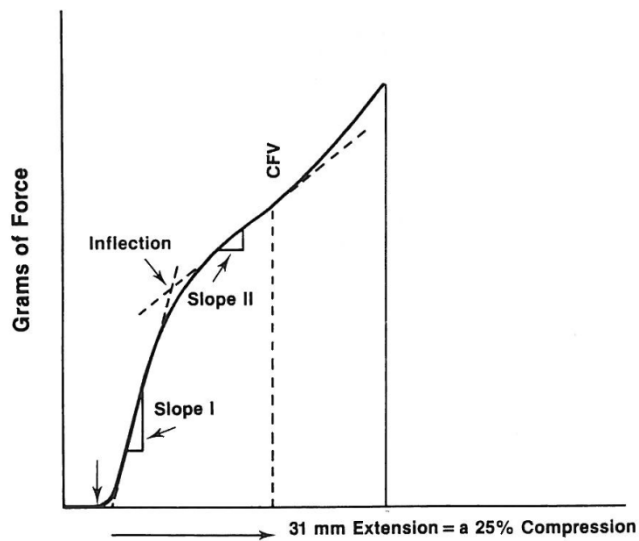
Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η αντικειμενική ανάλυση ενός δείγματος είναι καλύτερη και πιο αξιόπιστη από την υποκειμενική αξιολόγηση δοκιμαστών και αυτό είναι το κλειδί για να παραμένει υψηλή η

ποιότητα στον τομέα της βιομηχανίας τροφίμων. Στις μέρες μας δεν έχει εκλείψει η υποκειμενική αξιολόγηση των τροφίμων, αλλά τον σημαντικότερο ρόλο παίζουν πολλά επιστημονικά όργανα τα οποία χρησιμοποιούνται για να παρέχουν τις απαραίτητες πληροφορίες για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων αλλά και για την διατήρηση της άριστης ποιότητας

Αυτή η μέθοδος είναι μια αποτελεσματική και οικονομική μέθοδος για τον προσδιορισμό της ποιότητας της πρώτης ύλης και των επιπτώσεων στο τελικό προϊόν. Αναπτύχθηκε και έγινε πιο σύγχρονη λόγω των συνεχών αυξημένων απαιτήσεων της βιομηχανίας τροφίμων. Η μέθοδος αυτή έχει εξελιχθεί σε ένα πολύ λειτουργικό σύστημα πλήρως μηχανογραφημένο που μπορεί να προσφέρει μεγάλη ποικιλία μετρήσεων. (Cauvain & Young, 2009)

Υπολογισμός αποτελεσμάτων

Σκοπός της δοκιμής είναι να μετρηθεί η αντίσταση (σκληρότητα) του ψωμιού σε συμπίεση 25%. Για να πάρουμε την τιμή αυτή η καμπύλη θα περνά το 25% και θα φτάνει έως 40% συμπίεσης. Τα αποτελέσματα εξάγονται από την καμπύλη. Στο (Σχήμα 7) φαίνεται μια τυπική καμπύλη δύναμης συμπίεσης-χρόνου του ψωμιού.



Σχήμα 7: Καμπύλη σταθερότητας CFV (δύναμη συμπίεσης)

Σύμφωνα με το (Σχήμα 7) ο προσδιορισμός της δύναμης συμπίεσης εξάγεται από τα χαρακτηριστικά της καμπύλης. Συγκεκριμένα λαμβάνεται στο σημείο όπου η καμπύλη του δείγματος έχει συμπιεστεί κατά 25%.

1. Η ταχύτητα καταγραφής της καμπύλης είναι 500mm/min και η αναλογία με την ταχύτητα συμπίεσης του δείγματος είναι 5/1. Δηλαδή για κάθε 1mm συμπίεσης του δείγματος στην καμπύλη καταγράφονται 5mm.
2. Το 25% συμπίεσης για ένα δείγμα φέτας 25mm πάχους ισοδυναμεί σε 6.2mm συμπίεσης. Επομένως, τα 6.2 mm συμπίεσης x 5mm έκτασης καμπύλης ισοδυναμούν με 31mm έκτασης της καμπύλης.
3. Για τον προσδιορισμό του (CFV) τραβάμε μια κάθετη γραμμή σε απόσταση 31mm από την αρχή της καμπύλης και με παρεμβολή στον άξονα X βρίσκουμε το αποτέλεσμα.

4. Τα αποτελέσματα του CFV εξάγονται σε δυο μορφές, είτε σε κιλά δύναμης (kg of force), είτε σε Newtons δύναμης (N)

(AACC, 1990)

Μετρήσεις ακτινών X

Η πρότυπη σκέδαση των ακτινών X ενός φρέσκου ψωμιού παρουσιάζει μια άμορφη δομή, αλλά με το χρόνο εμφανίζεται μια πρότυπη περίθλαση ακτινών X τύπου B. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρούνται σε ζύμες δείχνοντας την επίδραση της κρυστάλλωσης του αμύλου στην διεργασία του μπαγιάτεματος. Το ζελατινοποιημένο άμυλο στο ψωμί, δίνει επίσης μια αύξηση στην περίθλαση των ακτινών X τύπου V λόγω του πλέγματος λιπιδίων-αμυλόζης. Η πρότυπη περίθλαση δεν αλλάζει κατά την αποθήκευση του ψωμιού. Η προσθήκη γαλακτωματοποιητών θα έχει ως αποτέλεσμα την κρυσταλοποίηση. Η μεταβολή στη σχετική κρυσταλλικότητα του αμύλου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης είναι αυξητική. Όταν το ψωμί αναθερμανθεί, η περίθλαση ακτινών X του τύπου B χάνεται και επικρατεί η άμορφη διάταξη (μαζί με αυτή του τύπου V) που αντιστοιχεί στο φρέσκο ψωμί. (Eliasson & Larsson, 1993)

Θερμική ανάλυση

Η θερμική ανάλυση έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς για τη μελέτη της αναδιάταξης του αμύλου καθώς και στο μπαγιάτεμα του ψωμιού. Από τις θερμοαναλυτικές μεθόδους, η θερμιδομετρία διαφορικής ανίχνευσης (DSC) και η διαφορική θερμική ανάλυση (DTA) έχουν αποδειχθεί τα πιο χρήσιμα στην παροχή των βασικών πληροφοριών για την αναδιάταξη του αμύλου (Karim και άλλοι 2000). Επειδή και οι δυο μέθοδοι μετρούν τη διαφορετική θερμοκρασία ή ροή θερμότητας σε ή από ένα δείγμα εναντίον ενός υλικού αναφοράς ως λειτουργία του χρόνου, και οι δύο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ελέγξουν τέτοιες αλλαγές όπως τις μεταβάσεις φάσης, μοριακές διαμορφωτικές αλλαγές, αλληλεπιδράσεις με άλλα συστατικά και την πυρολυτική αποικοδόμηση του δείγματος. Όταν δείγματα παλαιωμένου ψωμιού θερμαίνονται σε μια συσκευή DSC, παρατηρείται ένα ενδόθερμο καθώς η αμυλοπηκτική φθάνει στη θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης ή και της θερμοκρασίας τήξεως και έτσι μπορεί να μετρηθεί η διαφορά ενθαλπίας που σχετίζεται με αυτή τη μετάπτωση. Επειδή τα χρονικά διαστήματα για την ανάπτυξη ενδόθερμου και για την αύξηση στη σκληρότητα της ψίχας είναι σχεδόν ίδια, η μέθοδος DSC μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μετρήσει το μπαγιάτεμα του ψωμιού ποσοτικά. (Eliasson & Larsson, 1993)

Άλλα θερμοαναλυτικά όργανα περιλαμβάνουν θερμοβαρυμετρικές αναλύσεις (TGA), θερμομηχανικές αναλύσεις (TMA) και δυναμικές μηχανικές αναλύσεις (DMA). Η TGA μετράει αλλαγές στο βάρος του δείγματος ως ένδειξη της θερμοκρασίας. (Fearn & Russell, 1982)

Οργανοληπτικές δοκιμές

Η απώλεια γεύσης και αρώματος είναι μεταξύ των πιο αξιοπρόσεχτων επιβλαβών αλλαγών του ψωμιού κατά το μπαγιάτεμα. Σύμφωνα με τις υπάρχουσες πληροφορίες η μείωση στην αποδοχή του ψωμιού άνω των 5 ημερών αποθήκευσης συσχετίζεται με μια μείωση των αλδευδών και με μια αύξηση στις κετόνες. Η προκύπτουσα γεύση έχει περιγραφεί ως «μειλίχια». Επίσης οι αλλαγές στην υφή συνοδεύουν το μπαγιάτεμα και μπορούν να μετρηθούν και με τις μεθόδους συμπίεστότητας και τις οργανοληπτικές αξιολογήσεις. (Setser, 1996)

Η μέθοδος AACC 74-30 (AACC 1990) περιλαμβάνει τις εκτιμήσεις μιας ομάδας δοκιμαστών οι οποίοι βαθμολογούν κάποιους παράγοντες-παραμέτρους που έχουν σχέση με το μπαγιάτεμα («εμφάνιση» ή

«αίσθηση» της ψίχας της κρούστας, «γεύση» και «χρώμα», «σκληρότητα», «άρωμα», και «αλλαγή υφής», ή οποιοσδήποτε σημαντικός παράγοντας που σημειώνεται από τον δοκιμαστή). Έχει βρεθεί ότι υπάρχει μεγάλη αντιστοιχία μεταξύ της βαθμολόγησης των δοκιμαστών και του βαθμού σκληρότητας του ψωμιού η οποία μετρήθηκε με κάποιο όργανο. (Munck, 1981)

2.6 Το μπαγιάτεμα των αρτοσκευασμάτων

Το μπαγιάτεμα του ψωμιού είναι ένα σύνθετο φαινόμενο όπου λαμβάνουν χώρα πολλές αντιδράσεις, αλλαγές στο άμυλο και σε άλλα συστατικά. Είναι ένα πρόβλημα που απασχολεί 150 και πλέον χρόνια τους επιστήμονες.

Αρχικά πίστευαν ότι οφείλεται στη μεταφορά υγρασίας από την ψίχα στην κόρα, καθώς και σε μεταβολές του αμύλου. Τελευταία όμως απεδείχθη ότι συμβολή στο μπαγιάτεμα έχουν και οι πρωτεΐνες (γλουτένη) του αλεύρου και μάλιστα ο ρυθμός μπαγιατέματος είναι βραδύτερος σε άλευρα με υψηλό ποσοστό γλουτένης και καλής ποιότητας. Επίσης η ανακατανομή του νερού κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης του ψωμιού συμβάλλει στις διαδικασίες μπαγιατέματος συμμετέχοντας στην κρυσταλλοποίηση του αμύλου. (Μποσδίκος, 2005)

Οι φυσικοχημικές αλλαγές κατά την διάρκεια της αποθήκευσης του ψωμιού οδηγούν στην απώλεια σταθερότητας της ψίχας, στην αλλαγή της γεύσης και στο μαλάκωμα της κόρας. Όλα αυτά αποτελούν μέρος της συνολικής διαδικασίας του μπαγιατέματος. Συνολικά το ψωμί χάνει τις οργανοληπτικές του ιδιότητες, γεγονός που το καθιστά μη αποδεκτό από το καταναλωτικό κοινό παρόλο που είναι ακόμη υγιές. Αυτό έχει ως συνέπεια τεράστιες οικονομικές απώλειες για την βιομηχανία της αρτοποιίας.

Η σταθερότητα της ψίχας είναι η συνηθέστερη παράμετρος που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση του μπαγιατέματος του ψωμιού. Οι δοκιμές συμπίεσης είναι ο καλύτερος τρόπος συσχέτισης του μπαγιατέματος με την αντίληψη του καταναλωτή.

Ο μηχανισμός μπαγιατέματος του ψωμιού έχει μελετηθεί για πολλά έτη και η κατανόηση του θα επιτρέψει την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου παραγωγής σε μια προσπάθεια να μειωθούν τα αποτελέσματα του μπαγιατέματος.

Διάφορες έρευνες έδειξαν ότι το μπαγιάτεμα του ψωμιού είναι στενά συνδεδεμένο με την αναδιάταξη του αμύλου. Ωστόσο, άλλοι συγγραφείς ανέδειξαν ότι ο μηχανισμός μπαγιατέματος επηρεάζεται από την αύξηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των μορίων του αμύλου και της γλουτένης.

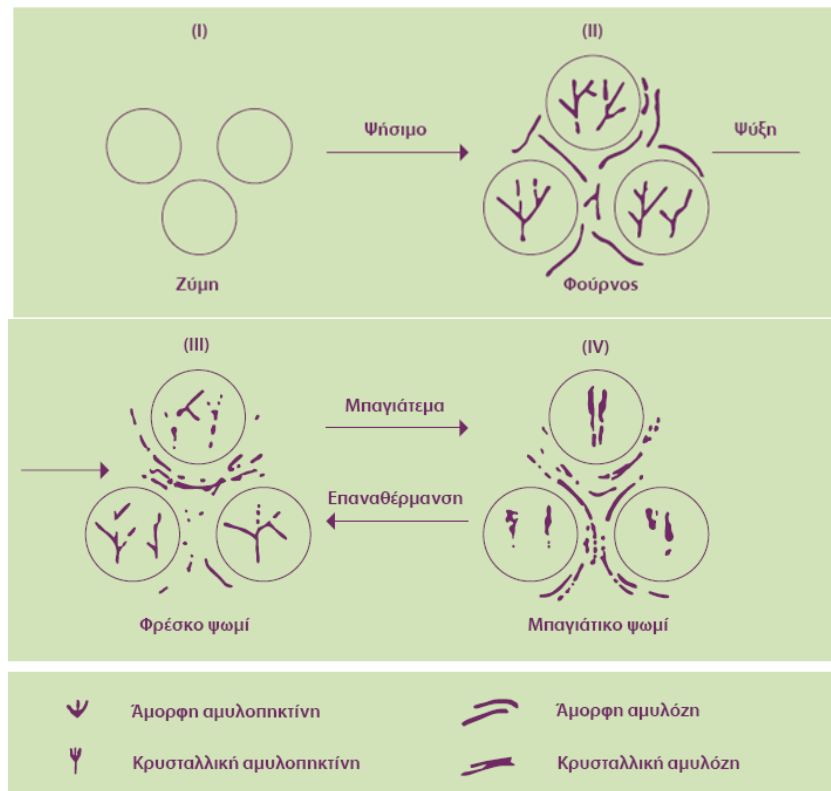
Παρόλο που είναι σημαντική η πρόοδος της ανάλυσης της διαδικασίας του μπαγιατέματος, οι έρευνες συνεχίζονται και το φαινόμενο δεν έχει γίνει ακόμα πλήρως κατανοητό. Η αναδιάταξη του αμύλου φαίνεται να είναι ο βασικός παράγοντας του μπαγιατέματος, εντούτοις, αλληλεπιδράσεις μεταξύ του αμύλου και των υπόλοιπων συστατικών του αλεύρου κατέχουν ένα σημαντικό ρόλο. Κατά την διάρκεια των πρώτων ωρών μετά το ψήσιμο εμφανίζεται η αναδιάταξη της αμυλόζης, ενώ η αναδιάταξη των αμυλοπικτινών εμφανίζεται μακροπρόθεσμα και φαίνεται να είναι το σημαντικότερο φαινόμενο που επηρεάζει το μπαγιάτεμα. Τέλος, το ποσοστό μπαγιατέματος μπορεί να καθυστερήσει με τη χρήση συστατικών, τα οποία επιμηκύνουν το χρόνο ζωής των αρτοσκευασμάτων. Αυτά είναι γαλακτοματοποιητές οι οποίοι καθυστερούν την αναδιάταξη τμημάτων του αμύλου.

Μια από τις καλύτερες μεθόδους για την μακροπρόθεσμη διατήρηση των τροφίμων είναι η κατάψυξη τους. Εντούτοις ο σχηματισμός πάγου μπορεί να τροποποιεί την δομή των τροφίμων. Στα ψωμιά, τα ποιοτικά προβλήματα που παρατηρούνται είναι αλλαγή του ποσοστού της αναδιάταξης των αμυλοπικτινών και το ξεφλούδισμα τους (η αποκόλληση της κόρας από το σώμα του ψωμιού). (Ribotta & Bail, 2006)

Το σημείο διαφοροποίησης των επιστημόνων είναι η ταυτότητα των χημικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα καθώς και οι ουσίες που μετέχουν σε αυτές. Οι διεργασίες που αφορούν το μπαγιάτεμα των αρτοποιημάτων έχουν να κάνουν αποκλειστικά με τη συμπεριφορά του αμύλου κατά τη ζελατινοποίηση και αναδιάταξή του. Το άμυλο είναι ένας πολυσακχαρίτης και αποτελείται από δύο συστατικά: την αμυλόζη και την αμυλοπηκτίνη. (Κουντούρης, 2007)

2.6.1 Μηχανισμός μπαγιάτεματος

Το μπαγιάτεμα είναι μια διαδικασία κατά την οποία τα ζελατινοποιημένα μόρια του αμύλου επανασυνδέονται για να σχηματίσουν μια διπλή ελικοειδή κρυσταλλική δομή. Ο επικρατέστερος μηχανισμός του μπαγιάτεματος είναι η εξαρτώμενη από το χρόνο ανακρυστάλλωση της αμυλοπηκτίνης, η οποία είναι μια άμορφη κατάσταση ενός φρεσκοψημένου προϊόντος που μετατρέπεται σε μια μερικώς κρυσταλλωμένη κατάσταση ενός μπαγιάτικου προϊόντος. Απαραίτητη προϋπόθεση για την ανακρυστάλλωση είναι η ύπαρξη επαρκούς υγρασίας. Το νερό παίζει σπουδαίο ρόλο επειδή δρα σαν “πλαστικοποιητής”, δηλαδή σαν ένα υλικό που ενσωματώνεται σε ένα πολυμερές για να αυξήσει την ικανότητά του να κατεργαστεί την ευλυγισία και την εκτατότητά του. Οι ερευνητές Schoch & French (1947) έχουν προτείνει ένα μοντέλο που περιγράφει την αντιστρέψιμη με τη θέρμανση συνάθροιση της αμυλοπηκτίνης ως την κύρια αιτία μπαγιάτεματος (Σχήμα 8). Στο φρέσκο ψωμί, οι αλυσίδες της αμυλοπηκτίνης ξεδιπλώνονται και εξαπλώνονται μέσα στα όρια του διαθέσιμου νερού. Σταδιακά συναθροίζονται και ευθυγραμμίζονται μεταξύ τους με διάφορους ενδομοριακούς δεσμούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ακαμψίας της εσωτερικής δομής των διογκωμένων κόκκων του αμύλου προκαλώντας τη σκλήρυνση της ψίχας. (Κουντούρης, 2007)



Σχήμα 8: Μηχανισμός μπαγιάτεματος του ψωμιού .

(Κουντούρης, 2007)

6.1.3 Αντιμετώπιση του μπαγιατέματος

Η παρουσία μεγάλης ποσότητας νερού στο ζυμάρι οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα από πλευράς διατηρησιμότητας. Η περίσσεια νερού δε δεσμεύεται από το άμυλο, με αποτέλεσμα να παραμένει ελεύθερο. Υπάρχει βέβαια, ο κίνδυνος ανάπτυξης διαφόρων μικροοργανισμών, όπως της μούχλας πέρα από την υγρή κολλώδη ψίχα που θα προκύψει. Στην εμφάνιση και στην εξέλιξη του μπαγιατέματος, εκτός από την υγρασία παίζει ρόλο και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Έχει παρατηρηθεί ότι το φαινόμενο αυτό εξελίσσεται πιο γρήγορα και πιο έντονα στις χαμηλές θερμοκρασίες (5-7°C), παρά σε θερμοκρασίες δωματίου (20-25°C). Τέλος, μπορούμε να επαναφέρουμε την φρεσκότητα ενός μπαγιατίκου προϊόντος για μικρό χρονικό διάστημα με αναθέρμανσή του στους 50°C, αλλά μόνο αν η υγρασία της ψίχας του είναι τουλάχιστον 30%.

Για την επιβράδυνση της παλαίωσης των αρτοσκευασμάτων συχνά γίνεται προσθήκη παρασκευασμάτων βακτηριακών αμυλασών, καθώς και γαλακτωματοποιητών στο αλεύρο που χρησιμοποιείται. Και τα δύο επιτρέπονται από τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών. (Μποσδίκος, 2005)

3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη των ρεολογικών ιδιοτήτων έξι διαφορετικών ζυμαριών (ψωμί του τοστ λευκό και ολικής άλεσης, bun λευκό και ολικής άλεσης και τέλος μπαγκέτα λευκή και ολικής άλεσης), τα οποία προορίζονται για την παρασκευή αρτοσκευασμάτων και η αξιολόγηση της υφής τους με τους εξής τρόπους: τη μέτρηση της χρωματικότητας που πραγματοποιήθηκε με το όργανο BC-10 της KONICA MINOLTA. Η ανάλυση της εικόνας που έγινε με το λογισμικό πρόγραμμα Image Tool. Η μέτρηση έγινε με το όργανο TA.XTplus (TPA). Τα αρτοσκευάσματα αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία 4°C και έγινε μέτρηση του μπαγιατέματος μετά από 1, 3, 6 και 9 μέρες αποθήκευσης. Παράλληλα, μια σειρά δειγμάτων λευκού bun και bun ολικής άλεσης αποθηκεύθηκαν σε θερμοκρασία 20°C για τον προσδιορισμό του ρυθμού μπαγιατέματος σε διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης.

Για το σκοπό αυτό διενεργούνται οι μετρήσεις και για την ακριβή σύγκριση των δειγμάτων εφαρμόζουμε το στατιστικό πρόγραμμα Minitab 16. Τα αποτελέσματα αναγράφονται και σχολιάζονται στο τέλος.

4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν

- Μείγμα αλεύρου για λευκό ψωμί του τοστ
- Μείγμα αλεύρου για ψωμί του τοστ ολικής άλεσης
- Μείγμα αλεύρου για λευκή μπαγκέτα
- Μείγμα αλεύρου για μπαγκέτα ολικής άλεσης
- Μείγμα αλεύρου για λευκό bun
- Μείγμα αλεύρου για bun ολικής άλεσης
- Απιονισμένο νερό
- Αλάτι (NaCl)
- Τελικά προϊόντα των παραπάνω μειγμάτων αλεύρου

4.2 Πειραματικό σχέδιο

Το ακόλουθο πειραματικό σχέδιο πραγματοποιήθηκε σε βιομηχανία παραγωγής αρτοσκευασμάτων και ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία: Αρχικά επιλέχθηκαν οι τύποι των αρτοσκευασμάτων που θα γίνουν οι αναλύσεις: α) ψωμί για τοστ, β) μπαγκέτα και γ) bun (γλυκό ψωμί για σάντουιτς). Τα δείγματα πάρθηκαν από τρεις γραμμές παραγωγής. Εφαρμόστηκαν δυο επεξεργασίες, η μια για άλευρα και προϊόντα λευκά (ψωμί για τοστ, bun και μπαγκέτα) και η άλλη για άλευρα και προϊόντα ολικής άλεσης. Το ποσοστό της προσθήκης αλεύρου ολικής άλεσης όπως επίσης και η ακριβής συνταγή των αρτοσκευασμάτων δεν περιλαμβάνονται στα διαθέσιμα στοιχεία για την διεξαγωγή του πειράματος της αρτοποιίας.

Οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν χωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες: τις αναλύσεις αλεύρων και τις αναλύσεις τελικών προϊόντων. Στις αναλύσεις αλεύρων περιλαμβάνονται: α) ο προσδιορισμός της υγρής και ξηρής γλουτένης, β) η ανάλυση των ρεολογικών ιδιοτήτων της ζύμης με φαρινογράφο Max Egger και γ) ανάλυση των ρεολογικών ιδιοτήτων της ζύμης με εξτενσογράφο Max Egger. Οι παράμετροι των φαρινογραφημάτων οι οποίοι αναλύθηκαν είναι: 1) η απορρόφηση νερού, 2) ο χρόνος ανάπτυξης της ζύμης, 3) η σταθερότητα της ζύμης, 4) η πτώση του γραφήματος σε 12 λεπτά, 5) η πτώση σε 10 λεπτά και 6) η πτώση σε 20 λεπτά. Οι παράμετροι των εξτενσογραφημάτων οι οποίοι αναλύθηκαν είναι: 1) η απορρόφηση νερού, 2) το P Max, 3) η αντίσταση σε 5 cm, 4) η εκτατότητα της ζύμης και 5) ο λόγος αντίστασης και εκτατότητας. Τα άλευρα πάρθηκαν από τα ζυμωτήρια των γραμμών παραγωγής και συσκευάστηκαν έως ότου γίνει η ανάλυση τους (τις επόμενες μέρες).

Η δεύτερη κατηγορία των αναλύσεων περιλαμβάνει τις αναλύσεις των τελικών προϊόντων. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται: α) η ανάλυση της εικόνας με το λογισμικό πρόγραμμα Image Tool. Οι παράμετροι που αναλύθηκαν ήταν: 1) ο αριθμός κυψελών, 2) η συνολική επιφάνεια κυψελών, 3) κυψέλες με επιφάνεια $<4\text{mm}^2$, 4) κυψέλες με επιφάνεια $4>8\text{mm}^2$, 5) κυψέλες με επιφάνεια $>8\text{mm}^2$, 6) κυψέλες με σφαιρικότητα 0-0,25, 7) με σφαιρικότητα 0.25-0.75 και 8) κυψέλες με σφαιρικότητα 0.75-1. β) Η μέτρηση της φωτεινότητας με το χρωματόμετρο BC-10 της KONIKA MINOLTA. Οι παράμετροι που

αναλύθηκαν ήταν: 1) ο παράγοντας φωτεινότητας L*, 2) ο παράγοντας χρωματικότητας a* και 3) ο παράγοντας χρωματικότητας b*. γ) Η μέτρηση της υφής της ψίχας με τη συσκευή μέτρησης συμπίεσότητας texture analyzer TA.XT.plus με παράμετρο μέτρησης τη σκληρότητα της ψίχας εκφρασμένη σε Newton (N).

Τα τελικά προϊόντα πάρθηκαν στο σημείο της παραγωγικής διαδικασίας πριν την συσκευή τεμαχισμού των αρτοσκευασμάτων. Οι μετρήσεις του χρώματος και οι φωτογραφίες για την ανάλυση της εικόνας έγιναν την ημέρα παραγωγής των αρτοσκευασμάτων. Τα υπόλοιπα δείγματα συσκευάστηκαν σε διπλή συσκευασία και αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία 4°C για να ακολουθήσουν τις επόμενες μέρες οι μετρήσεις συμπίεσότητας. Παράλληλα, μια σειρά δειγμάτων bun αποθηκεύτηκε εκτός ψυγείου σε θερμοκρασία 20°C για να διαπιστωθεί αν υπάρχει επίδραση στην σκληρότητα της ψίχας από την θερμοκρασία αποθήκευσης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι όλος ο όγκος των δειγμάτων ανά προϊόν πάρθηκε την ίδια στιγμή για να προέρχεται από την ίδια ζύμη. Επίσης, σε όλες οι μετρήσεις πλην της γλουτένης πραγματοποιήθηκαν τρεις επαναλήψεις.

Τέλος, η στατιστική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τη γενική διαδικασία γραμμικών προτύπων (GLM). Σε όλες τις στατιστικές δοκιμές η διαφορά μεταξύ των μεταβλητών θεωρήθηκε σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ($p < 0.05$). (Πετρίδης, 2000)

4.3 Μέτρηση των ρεολογικών ιδιοτήτων με τον φαρινογράφο Max Egger

4.3.1 Περιγραφή του φαρινογράφου Max Egger

ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ:

Διαστάσεις

Πλάτος: 500 mm

Ύψος: 480 mm

Βάθος: 420 mm

Βάρος: 40 kg

Παροχή ρεύματος: 400V,

400 W ,50cps

Ταχύτητα: 63 rpm



Σχήμα 9: Φαρινογράφος Max Egger

4.3.2 Προετοιμασία του δείγματος

Αρχικά φροντίζεται να είναι γεμάτη η προχοΐδα του φαρινογράφου. Ζυγίζονται 100 γραμμάρια αλεύρου που πρόκειται να εξετασθούν και τοποθετούνται στο δοχείο ανάδευσης. Ρυθμίζεται το ρολόι του φαρινογράφου στα 21 λεπτά και τίθεται σε λειτουργία η συσκευή. Μετά το πέρας ενός λεπτού προστίθεται το νερό που απαιτεί το αλεύρι για τη δημιουργία συνεκτικού ζυμαριού 500 φαρινογραφικών μονάδων. Στη συνέχεια αφήνεται να εξελιχθεί το φαρινογράφημα για τον υπόλοιπο

χρόνο. Τέλος γίνεται αξιολόγηση του γραφήματος. (AACC, 1990)

4.4 Μέτρηση των ρεολογικών ιδιοτήτων με τον εξτενσογράφο Max Egger

4.4.1 Περιγραφή του εξτενσογράφου Max Egger

ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ:

Διαστάσεις:

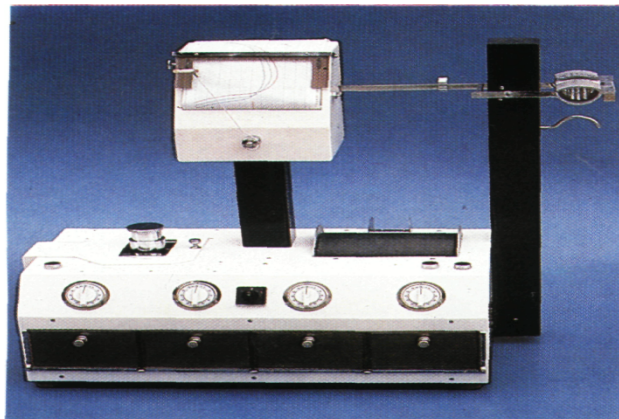
Πλάτος: 430mm

Ύψος: 880 mm

Μήκος: 980 mm

Βάρος: 72 kg

Παροχή ρεύματος: 230V, 170W, 50cps



Σχήμα 10: Εξτενσογράφος Max Egger

4.4.2 Προετοιμασία δείγματος

Σε μια κωνική φιάλη τοποθετούνται 2g αλάτι και νερό 50-60ml ανάλογα με το αλεύρο. Ζυγίζονται (με ακρίβεια 0,1 g) 100g αλεύρι και τοποθετούνται στο δοχείο ανάδευσης του Φαρινογράφου. Ρυθμίζεται το ρολόι στα 9 min και η συσκευή μπαίνει σε λειτουργία. Μετά από ένα λεπτό ανάδευσης προστίθεται στο αλεύρι το αλατόνερο και αφήνεται άλλο ένα λεπτό να αναδευτεί ώστε να γίνει ζυμάρι περίπου 500 FU. Στη συνέχεια σταματά η ανάδευση και αφήνεται το ζυμάρι να ξεκουραστεί για τα επόμενα 5min. Μετά από 5min τίθεται ξανά σε λειτουργία το ζυμωτήριο για 2min. Είναι δυνατόν κατά τη διάρκεια των 2min να προστεθεί νερό έως 1 ml σε διάρκεια ενός λεπτού έτσι ώστε να διατηρηθεί η συνεκτικότητα των 500 FU.

Εξάγεται το ζυμάρι από το ζυμωτήριο και λαμβάνεται ένα κομμάτι των 150g \pm 0.1g. Το κομμάτι αυτό πλάθεται επί 20 φορές στον στρογγυλοποιητή του εξτενσογράφου και κατόπιν τοποθετείται στον κύλινδρο. Το ζυμάρι των 150g μετατρέπεται σε κυλινδρικό δοκίμιο το οποίο τοποθετείται στην ειδική θήκη του εξτενσογράφου. Η θήκη με το στήριγμά της εισάγεται στον θερμοθάλαμο και παραμένει για 45min. Μετά το πέρας των 45min λαμβάνεται η πρώτη καμπύλη. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για άλλες δύο φορές όπου παίρνουμε τις γραμμές των 90 και 135 min. (AACC, 1990)

4.5 Μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών αλεύρου με την συσκευή έκπλυσης του Max Egger

4.5.1 Περιγραφή της συσκευής έκπλυσης Max Egger

ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ:

Διαστάσεις:

Πλάτος:180mm

Ύψος:370mm

μήκος:360mm

Βάρος: 8 kg

Παροχή ρεύματος: 230 V,125 W ,50cps

Ταχύτητα:80 rpm

Παροχή νερού: Από αντλία εισαγωγής

Υδωρ: 2% αλάτι

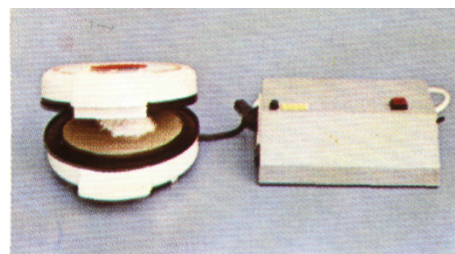


Σχήμα 11: Συσκευή έκπλυσης Max Egger

Τελικά αποτελέσματα:

Επί % σε υγρή γλουτένη

Επί % σε ξηρή γλουτένη



Σχήμα 12: Συσκευή ξήρανσης γλουτένης

4.5.2 Προσδιορισμός γλουτένης

Ζυγίζονται 10gr αλεύρου και τοποθετούνται στο πλαστικό μπολ. Προστίθενται 5,5ml αποιονισμένο νερό και με τη βοήθεια σπάτουλας σχηματίζεται σφιχτό ζυμάρι. Αφήνεται καλυμμένο για 15min σε θερμοκρασία δωματίου. Κατόπιν τοποθετείται στη συσκευή γλουτένης και τίθεται αυτό σε λειτουργία για 5 min σε αλατόνερο και άλλα 5 min σε νερό. Η υγρή γλουτένη που σχηματίζεται στεγνώνεται με πίεση ανάμεσα στις παλάμες των χεριών του αναλυτή. Οι παλάμες διαδοχικά σκουπίζονται σε καθαρή πετσέτα, ενώ η γλουτένη παραμένει στην τεντωμένη παλάμη του άλλου χεριού. Όταν η γλουτένη τείνει να κολλάει στην τεντωμένη παλάμη, τότε έχει στεγνώσει και ζυγίζεται. Το αποτέλεσμα εκφράζεται επί τοις %.(AACC, 1990)

Η υγρή γλουτένη αφού ζυγιστεί τοποθετείται στην ειδική συσκευή ξήρανσης για 5min. Το αποτέλεσμα

εκφραζόμενο επι % δίνει το ποσοστό της ξηρής γλουτένης. Το ποσοστό αυτό δεν συμπίπτει με το ποσοστό της πρωτεΐνης του δείγματος, διότι η γλουτένη, με τον τρόπο που λαμβάνεται, περιέχει προσμείξεις (περίπου 20%) από τα υπόλοιπα συστατικά του αλεύρου (λιπίδια, άμυλο) και επιπλέον από το πρωτεϊνικό περιεχόμενο του αλεύρου ένα μικρό ποσοστό δεν είναι γλουτένη. (AACC, 1990)

4.6 Μέτρηση φωτεινότητας με το χρωματόμετρο BC-10 της KONICA MINOLTA

4.6.1 Περιγραφή της συσκευής



Σχήμα 13: Συσκευή BC-10 της KONICA MINOLTA

Μέγεθος : 59 x 159 x 85mm (2 1/4 x 3 1/4 x 6 1/4 in.)

Βάρος: 370g

Πηγή ενέργειας: 4 μπαταρίες τύπου AA

Περιοχή μέτρησης: 8mm κύκλος

Θερμοκρασίες λειτουργίας: -20 to 40°C

(Konica Minolta, 2011)

4.6.2 Προετοιμασία δείγματος

1. Αρχικά γίνεται η επιλογή του δείγματος προς εξέταση
2. Στη συνέχεια ανοίγουμε το διακόπτη της συσκευής
3. Γίνεται σταντάρισμα της συσκευής σε λευκό φόντο
4. Εφάπτουμε τη συσκευή στο προς ανάλυση δείγμα και παίρνουμε συνολικά δέκα μετρήσεις
5. Τέλος παίρνουμε τους μέσους όρους του L*, του a* και του b* από τις μετρήσεις

(Konica Minolta, 2011)

4.7 Ανάλυση της εικόνας με το πρόγραμμα UTHSCSA Image Tool

4.7.1 Γενικές πληροφορίες για το UTHSCSA Image Tool

Το UTHSCSA image tool είναι ένα ελεύθερο πρόγραμμα επεξεργασίας και ανάλυσης εικόνας. Το πρόγραμμα αυτό έχει την δυνατότητα να αναγνωρίσει πάνω από 22 τύπους αρχείων συμπεριλαμβανομένων και των bmp, PCX, TIF και JPEG. Οι λειτουργίες ανάλυσης εικόνας περιλαμβάνουν τις διαστάσεις (απόσταση, γωνία, περίμετρος, περιοχή) και τις γκρίζες μετρήσεις της κλίμακας. Το image tool υποστηρίζει τις τυποποιημένες λειτουργίες επεξεργασίας εικόνας, όπως ο χειρισμός αντίθεσης, η λείανση, η ανίχνευση ακρών και το μεσαίο φιλτράρισμα, οι οποίες καθορίζονται από τον χρήστη. Επιτρέπει τους γεωμετρικούς μετασχηματισμούς. Όλες οι λειτουργίες ανάλυσης και επεξεργασίας είναι διαθέσιμες σε οποιοδήποτε παράγοντα ενισχύσης. (UTHSCSA Image Tool, 1997)

4.7.2 Προετοιμασία δείγματος

Φέτες ψωμιού σαρώθηκαν σε πλήρες κλίμακα 256 επίπεδα του γκρι και σε ανάλυση 150 dpi (κουκίδες ανά ίντσα) με σαρωτή (Epson perfection V30) και λογισμικό υποστήριξης Epson scan. Η φωτεινότητα ρυθμίστηκε στις 150 μονάδες και η αντίθεση στις 170 μονάδες. Η ανάλυση εικόνας έγινε με την χρήση του προγράμματος UTHSCSA Image Tool (Version 2.0, University of Texas Health Science Centre, San Antonio, Texas). Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον διαχωρισμό της αέριας από την στερεά επιφάνεια καθορίστηκε από τους Crowley, Grau, και Arendt (2000). Η ανάλυση αυτή πραγματοποιήθηκε ανεξάρτητα για κάθε εικόνα. Τρεις φέτες ανά ψωμί αναλύθηκαν σε κάθε δείγμα. Από κάθε εικόνα πάρθηκε ένα κομμάτι επιφάνειας 30 x 30 mm (εικόνα από το κέντρο της φέτας) στο οποίο πραγματοποιήθηκε η ανάλυση. Τα χαρακτηριστικά που αναλύθηκαν είναι: συνολικός αριθμός κυψελών, συνολική επιφάνεια κυψελών, κυψέλες με επιφάνεια < 4mm, κυψέλες με επιφάνεια 4<8mm, κυψέλες με επιφάνεια >8mm, σφαιρικότητα κυψελών 0-0.25, σφαιρικότητα κυψελών 0.25-0.75 και τέλος σφαιρικότητα κυψελών 0.75-1. (Skendi et al 2010)

4.8 Μέτρηση συμπιεστότητας με το TA.XT plus

4.8.1 Περιγραφή συσκευής

Η συσκευή TA.XT plus είναι ένας αναλυτής υφής που μπορεί να μετρά σχεδόν όλα τα χαρακτηριστικά του τροφίμου με κυριότερο την υφή του. Η συσκευή είναι εξαιρετικά αποτελεσματική, ικανή, πολύ εύκολη στη χρήση λόγω του ολοκληρωμένου πακέτου λογισμικού που διαθέτει και δίνει ταχύτατα αποτελέσματα.

Η συσκευή TA.XT plus μετρά την υφή και ποσοτικοποιεί τη σκληρότητα, την ευθραυστότητα, την ακαμψία, την ελαστικότητα και την αντοχή των τροφίμων. (Texture Technologies, 2011)

Τεχνικά χαρακτηριστικά

- Κελί υποδοχής πίεσης (500kg Max)
- Έμβολο αλουμινίου διαμέτρου 21mm
- Μέγιστη δύναμη + /- 50 kg
- Ευαισθησία 1 – 3 g
- Εύρος ταχύτητας 0,01-40 mm sec (20mm/sec σε 50kg μέγιστο εύρος)
- Ακρίβεια ταχύτητας >0.1%
- Θέση περιοχής ρύθμισης 0.001-295 mm
- Ανάλυση απόστασης 0.001 mm
- Θερμοκρασία λειτουργίας 0-40°C
- Διαστάσεις 665 mm ύψος X 440 mm μήκος X 280 mm πλάτος
- Βάρος 16,2 kg



Σχήμα 14: Συσσκευή TA.XT plus

(Texture Technologies, 2011)

4.8.2 Προετοιμασία δείγματος

Προετοιμασία δείγματος

Αρχικά κόβονται με ηλεκτρικό μαχαίρι φέτες ψωμιού πάχους 25mm. Στη συνέχεια με ένα μεταλλικό κύλινδρο παίρνουμε από το κέντρο της φέτας δείγμα διαμέτρου 25mm.

Μέθοδος

1. Τοποθετούμε το δείγμα στο κέντρο της υποδοχής πίεσης και στη συνέχεια ρυθμίζουμε το έμβολο 1mm πάνω από την επιφάνεια του δείγματος
2. Ρυθμίζουμε την συμπίεση στο 40% (10mm βάθος συμπίεσης)
3. Ρυθμίζουμε την ταχύτητα βύθισης του εμβόλου 1,66 mm/sec

4. Τρέχουμε την διαδικασία και εφόσον γίνει η συμπίεση (10mm) παίρνουμε τα αποτελέσματα
5. Επιστροφή εμβόλου στην επάνω οριακή θέση
6. Επανάληψη της διαδικασίας τουλάχιστον τρεις φορές

(AACC, 1990)

Η δοκιμή της συμπίεσης των υλικών γίνεται με το TA.XT plus. Το προς εξέταση υλικό τοποθετείται μεταξύ δυο επίπεδων πλευρών εκ των οποίων η μια είναι σταθερή και η άλλη μπορεί να κινηθεί με προκαθορισμένη ταχύτητα για να συμπίεσει το υλικό.

5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 Αναλύσεις αλεύρων

Οι αναλύσεις αλεύρων περιλαμβάνουν: τον προσδιορισμό της γλουτένης, την φαρινογραφία και την εξτενσογραφία.

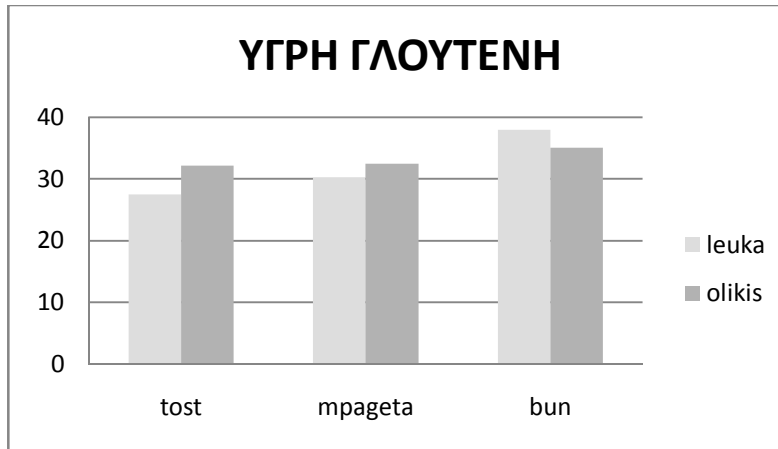
5.1.1 Προσδιορισμός γλουτένης με τη συσκευή έκπλυσης Max Egger

Πίνακας 5: Ποσοστά γλουτένης σε δείγματα ψωμιού

Άλευρο						
	Λευκό			Ολικής		
	Τύπος			Τύπος		
	Tost	Bag	Bun	Tost	Bag	Bun
Υγρή γλουτένη	27,5	30,2	38,0	32,2	32,5	35,1
Ξηρή γλουτένη	8,4	9,7	12,3	10,2	10,6	11,8

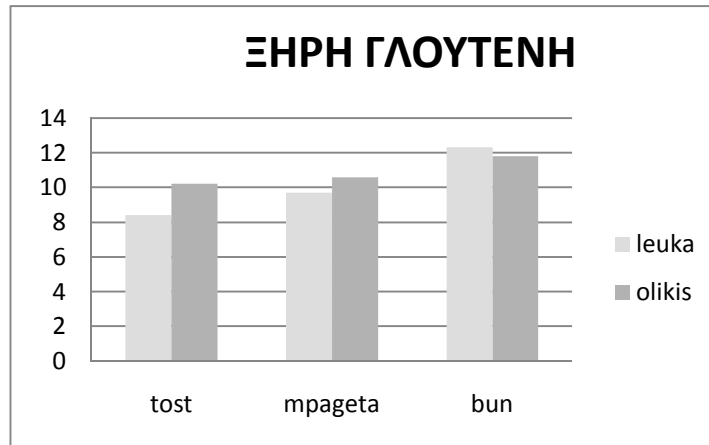
Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την μέτρηση της γλουτένης, τα μείγματα αλεύρων που περιέχουν και άλευρο ολικής άλεσης κοσκινίστηκαν και απομακρύνθηκαν τα πίτουρα.

Όσον αφορά την υγρή γλουτένη (Σχήμα 15) παρατηρείται ότι: το λευκό τοστ έχει την μικρότερη περιεκτικότητα, η μπαγκέτα έχει λίγο μεγαλύτερη περιεκτικότητα γλουτένης, ενώ η ζύμη που προορίζεται για bun έχει την μεγαλύτερη περιεκτικότητα γλουτένης. Όσον αφορά τα ζυμάρια που περιέχουν και άλευρο ολικής άλεσης παρατηρείται ότι: στο τοστ και στην μπαγκέτα η γλουτένη είναι περισσότερη σε σχέση με τα λευκά αρτοσκευάσματα, ενώ στο bun η περιεκτικότητα γλουτένης είναι μικρότερη σε σχέση με το λευκό.



Σχήμα 15: Περιεκτικότητα υγρής γλουτένης σε ζυμάρια που προορίζονται για την παρασκευή αρτοσκευασμάτων.

Όσο αφορά την ξηρή γλουτένη (Σχήμα 16) παρατηρείται ότι: οι περιεκτικότητες της γλουτένης διαμορφώνονται όπως ακριβώς και στην υγρή γλουτένη με μόνη διαφορά την απώλεια της υγρασίας.

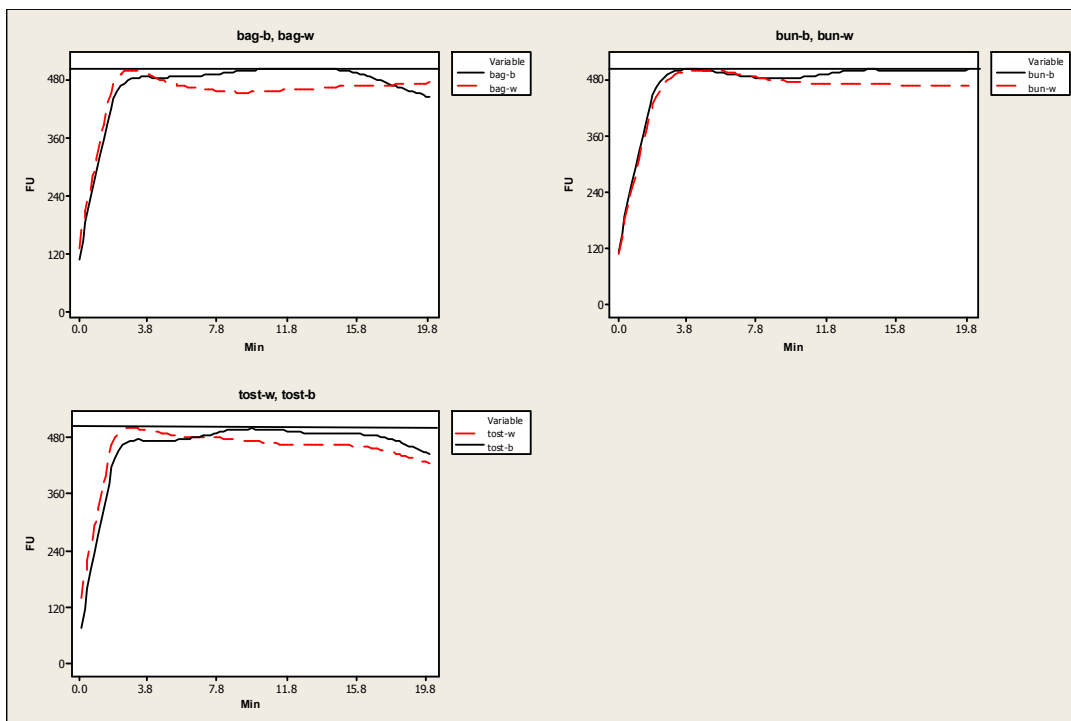


Σχήμα 16: Περιεκτικότητα ξηρής γλουτένης σε ζυμάρια που προορίζονται για την παρασκευή αρτοσκευασμάτων.

Η κύρια διαφοροποίηση μεταξύ των ζυμαριών είναι στην περιεκτικότητα της γλουτένης. Η περιεκτικότητα της γλουτένης είναι αποτέλεσμα του ποσοστού άλεσης του σπόρου. Το μεγαλύτερο ποσοστό της γλουτένης εμφανίζεται στα ζυμάρια που προορίζονται για bun. Η ποσότητα της γλουτένης καθορίζει πολλά ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψωμιού όπως ο όγκος, η δομή και η κυψέλωση. Η ποιότητα της γλουτένης όσον αφορά την κατακράτηση υγρασίας δεν δείχνει να διαφοροποιείται στα διάφορα είδη ζυμαριών.

5.1.2 Ρεολογικές μετρήσεις με τον φαρινογράφο Max Egger

Κατά την ανάλυση και την σύγκριση των φαρινογραφημάτων (Σχήμα 17) οι παράμετροι που εξετάστηκαν είναι: η απορρόφηση νερού, ο χρόνος ανάπτυξης, η σταθερότητα, η πτώση στα 12 λεπτά, η πτώση στα 10 λεπτά και η πτώση στα 20 λεπτά. Οι τιμές των μετρήσεων αναγράφονται στον Πίνακα 6.



Σχήμα 17: Οι καμπύλες των φαρινογραφημάτων

Πίνακας 6: Αποτελέσματα μετρήσεων με τον φαρινογράφο Max Egger

	Άλευρο					
	Λευκό			Ολικής		
	Τύπος			Τύπος		
	Tost	Bag	Bun	Tost	Bag	Bun
Απορρόφηση νερού	56.6	57.9	57.8	60.2	58.2	59.0
	56.5	57.8	57.8	60.2	58.5	59.0
	56.6	57.8	57.7	60.1	58.5	58.9
Χρόνος ανάπτυξης Min	2.1	2.5	4.0	8.5	11.5	3.6
	2.2	2.4	4.0	8.9	11.4	3.5
	2.1	2.9	3.7	8.7	11.4	3.7
Σταθερότητα Min	8.0	4.2	13.8	15.3	16.0	23.5
	9.4	5.0	14.5	15.7	15.5	23.2
	7.5	4.2	14.0	14.6	15.5	22.8
Πτώση στα 12' FU	40	30	30	50	80	0
	30	30	30	50	80	10
	40	30	30	60	80	10
Πτώση στα 10' FU	30	40	20	0	0	20
	30	40	20	0	0	30
	30	40	30	0	0	30
Πτώση στα 20' FU	70	30	40	50	50	0
	70	30	30	50	50	10
	80	30	20	60	50	10

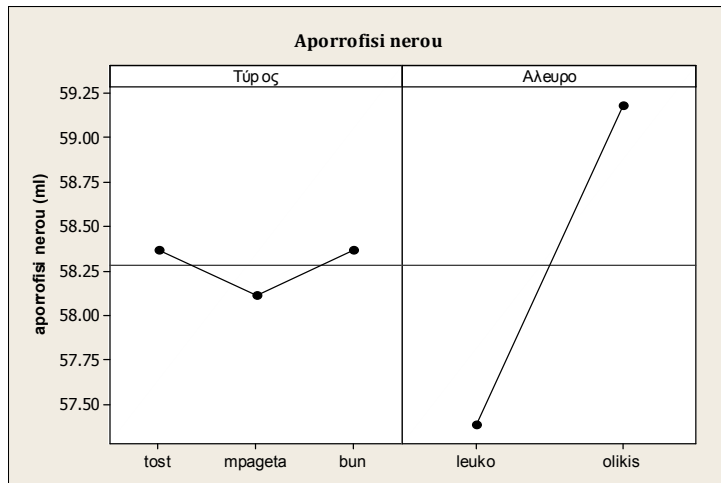
Απορρόφηση νερού

Αρχικά παρατηρείται ότι το δείγμα ακολουθεί την κανονική κατανομή, διότι τα στοιχεία ακολουθούν την τάση της ευθείας. Επίσης παρατηρείται ότι υπάρχει ομοιογένεια των διακυμάνσεων λόγω της ύπαρξης ομοιόμορφης διασποράς.

Εφόσον υπάρχει κανονική κατανομή στα δείγματα και ισχύει η ομοιογένεια των διακυμάνσεων, μπορεί να συνεχιστεί ο έλεγχος της ανάλυσης διακύμανσης δύο παραγόντων.

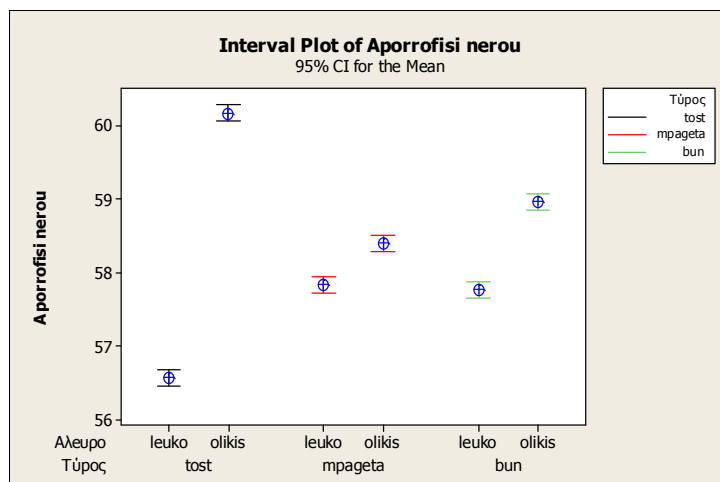
Από τον έλεγχο της ανάλυσης της διακύμανσης παρατηρείται ότι η ακριβή πιθανότητα σφάλματος (ρ) του τύπου αρτοσκευάσματος, του είδους αλεύρου, αλλά και της αλληλεπίδρασης μεταξύ αυτών είναι στατιστικά σημαντική διότι ($\rho < 0.05$) και συγκεκριμένα ($\rho < 0.001$).

Πιο αναλυτικά, παρατηρείται ότι η διαφορά στην απορρόφηση νερού μεταξύ των αρτοσκευασμάτων είναι μικρή, κυμαίνεται από 58-58.5%. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχει διαφορά μεταξύ των τύπων αλεύρου που χρησιμοποιούνται. Συγκεκριμένα, τα ζυμάρια που έχουν παρασκευαστεί από λευκό αλεύρο παρουσιάζουν μικρότερη απορρόφηση νερού σε σχέση με τα ολικής άλεσης (Σχήμα 18).



Σχήμα 18: Απορρόφηση νερού του τύπου αρτοσκευάσματος και του αλεύρου που χρησιμοποιείται.

Πιο συγκεκριμένα: παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη διαφορά στην απορρόφηση νερού παρουσιάζεται στο τοστ. Στην μπαγκέτα η διαφορά είναι πολύ μικρή, ενώ στο bun είναι της τάξεως περίπου 2%. Παρόλα αυτά φαίνεται καθαρά ότι για όλους τους τύπους ψωμιού την μεγαλύτερη απορρόφηση παρουσιάζει το αλεύρο ολικής άλεσης (Σχήμα 19).



Σχήμα 19: Απορρόφηση νερού μεταξύ τύπου αρτοσκευάσματος και αλεύρου.

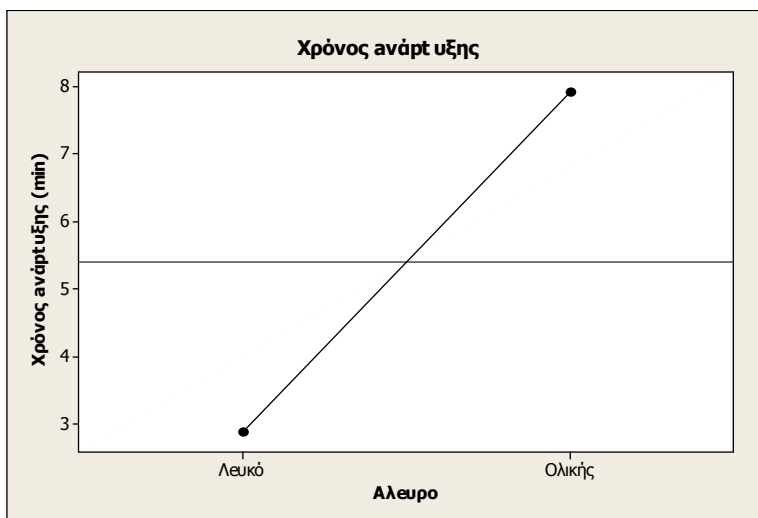
Η απορρόφηση νερού είναι μεγαλύτερη στη ζύμη που περιέχει και άλευρο ολικής άλεσης. Αυτό συμβαίνει διότι τα πίτουρα που περιέχονται στο άλευρο ολικής άλεσης απορροφάνε περισσότερο νερό σε σχέση με το άλευρο.

Χρόνος ανάπτυξης

Όπως διαπιστώθηκε παραπάνω, έτσι και σε αυτήν την περίπτωση, τα δείγματα ακολουθούν την κανονική κατανομή και ισχύει η ομοιογένεια των διακυμάνσεων.

Από τον έλεγχο της ανάλυσης της διακύμανσης παρατηρείται ότι η ακριβή πιθανότητα σφάλματος (ρ) του τύπου αρτοσκευάσματος, του είδους αλεύρου, αλλά και της αλληλεπίδρασης μεταξύ αυτών είναι στατιστικά σημαντική διότι ($\rho < 0.05$) και συγκεκριμένα ($\rho < 0.001$).

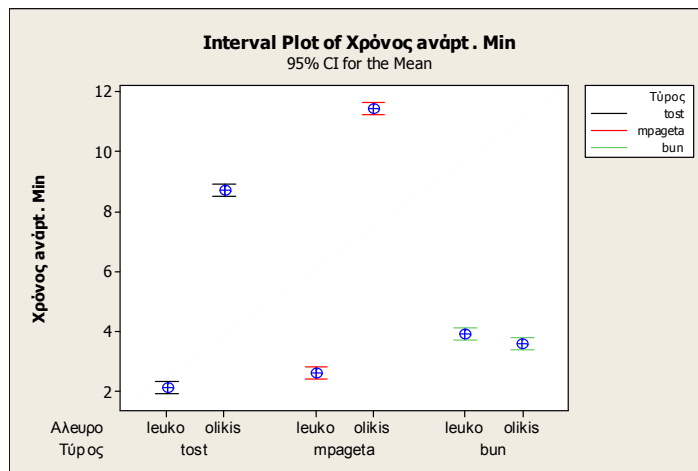
Όσον αφορά το χρόνο ανάπτυξης της ζύμης παρατηρείται ότι: τα αρτοσκευάσματα τα οποία είναι παρασκευασμένα από άλευρο ολικής άλεσης παρουσιάζουν μεγαλύτερο χρόνο ανάπτυξης σε σχέση με τα λευκά αρτοσκευάσματα (Σχήμα 20).



Σχήμα 20: Χρόνος ανάπτυξης λευκού και ολικής άλεσης αλεύρου.

Αναλυτικότερα, παρατηρείται ότι το ψωμί του τοστ και η μπαγκέτα έχουν μεγάλες διαφορές στον

χρόνο ανάπτυξης σε σχέση με το χρησιμοποιούμενο αλεύρο. Αντιθέτως το bun δεν παρουσιάζει καμία απολύτως διαφορά (Σχήμα 21).



Σχήμα 21: Διαφορά στο χρόνο ανάπτυξης μεταξύ τύπου αρτοσκευάσματος και αλεύρου.

Πρέπει επίσης να επισημάνουμε ότι ο χρόνος ανάπτυξης του λευκού bun είναι μεγαλύτερος από τους άλλους δυο τύπους. Τέλος, η μπαγκέτα ολικής άλεσης παρουσιάζει το μεγαλύτερο χρόνο ανάπτυξης

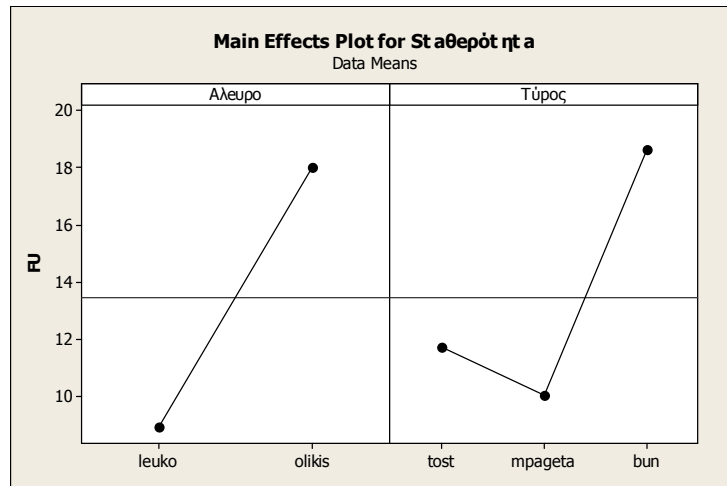
Τα αρτοσκευάσματα που περιέχουν και αλεύρο ολικής άλεσης παρουσιάζουν μεγαλύτερο χρόνο ανάπτυξης. Αυτό συμβαίνει διότι το πίτουρο κάνει περισσότερο χρόνο να ενυδατωθεί και να αναπτυχθεί η ζύμη. Στο bun παρατηρείται ότι το λευκό έχει μεγαλύτερο χρόνο ανάπτυξης σε σχέση με τα άλλα αλεύρα, ενώ το ολικής άλεσης παρουσιάζει μικρότερο χρόνο ανάπτυξης. Αυτό συμβαίνει διότι το αλεύρο που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του bun έχει μεγαλύτερο ποσοστό γλουτένης. Το ολικής άλεσης bun περιέχει μικρότερο ποσοστό αλεύρου ολικής άλεσης σε σχέση με τα υπόλοιπα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην χρειάζεται μεγάλο χρόνο ενυδάτωσης.

Σταθερότητα

Όπως και παραπάνω, έτσι και εδώ διαπιστώθηκε ότι τα δείγματα ακολουθούν την κανονική κατανομή και ισχύει η ομοιογένεια των διακυμάνσεων.

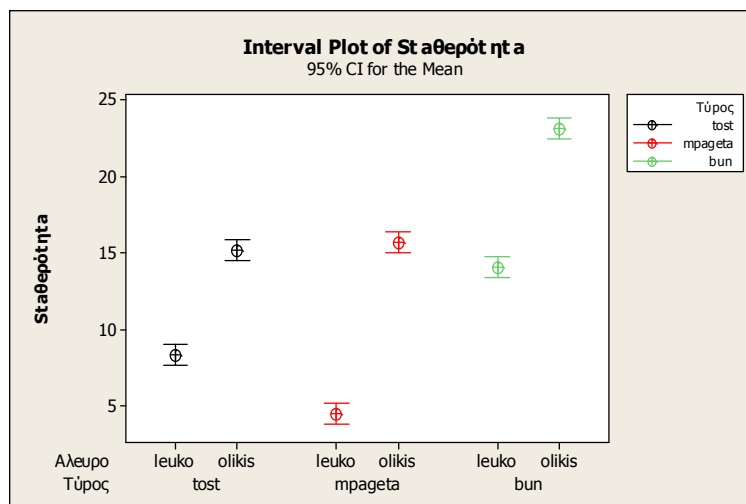
Από τον έλεγχο της ανάλυσης της διακύμανσης παρατηρείται ότι η ακριβή πιθανότητα σφάλματος (p) του τύπου αρτοσκευάσματος, του είδους αλεύρου, αλλά και της αλληλεπίδρασης μεταξύ αυτών, είναι στατιστικά σημαντική διότι ($p < 0.05$) και συγκεκριμένα ($p < 0.001$).

Όσον αφορά τη σταθερότητα, παρατηρείται ότι τα ολικής άλεσης ψωμιά παρουσιάζουν μεγαλύτερη σταθερότητα σε σχέση με τα λευκά. Στον παράγοντα τύπο, η μπαγκέτα παρουσιάζει μικρή σταθερότητα, ενώ το tost παρουσιάζει λίγο μεγαλύτερη. Τέλος, την καλύτερη σταθερότητα έχει το bun διότι είναι και το πιο δυνατό αλεύρο (Σχήμα 22).



Σχήμα 22: Επίδραση του αλεύρου και του τύπου αρτοσκευάσματος στην σταθερότητα του φαρινογραφήματος.

Πιο αναλυτικά: όσον αφορά τη σταθερότητα, όλα τα ψωμιά ολικής άλεση παρουσιάζουν μεγαλύτερη σταθερότητα από τα λευκά. Αυτό συμβαίνει λόγω του πίτουρου που περιέχεται στα ολικής άλεσης άλευρο το οποίο κάνει περισσότερο χρόνο να ενυδατωθεί και καθιστά τη ζύμη πιο σφιχτή. Η λευκή μπαγκέτα παρουσιάζει τον πιο μικρό χρόνο σταθερότητας, ενώ η μπαγκέτα ολικής άλεσης παρουσιάζει ίδιο χρόνο σταθερότητας με το τοστ ολικής άλεσης. Τέλος, το bun ολικής άλεσης αλλά και το λευκό παρουσιάζει μεγαλύτερους χρόνους σταθερότητας σε σχέση με τα άλλα αρτοσκευάσματα, γεγονός που δείχνει την καλύτερη ποιότητα του αλεύρου (Σχήμα23).



Σχήμα 23: Διαφορές του τύπου αρτοσκευάσματος με το άλευρο όσον αφορά τη σταθερότητα του φαρινογραφήματος.

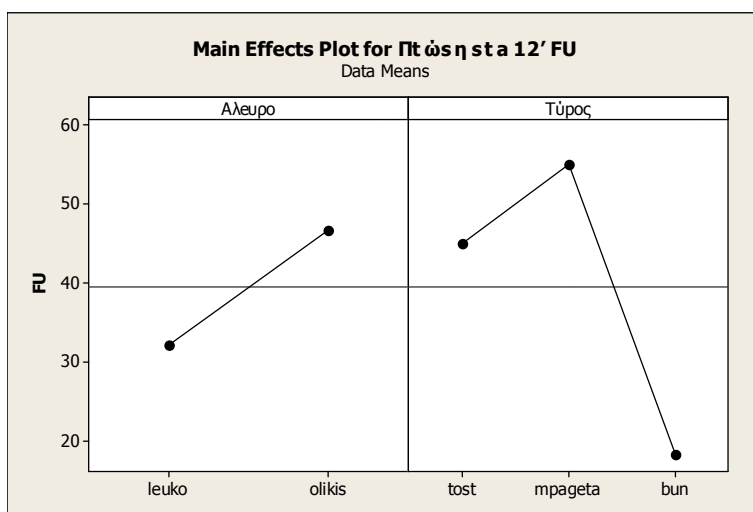
Μεγαλύτερη σταθερότητα παρουσιάζουν τα ζυμάρια που περιέχουν και άλευρο ολικής άλεσης. Αυτό οφείλεται ενδεχομένως στον μεγάλο χρόνο ανάπτυξης που είναι αποτέλεσμα της αργής ενυδάτωσης του πίτουρου. Το πίτουρο καθιστά την ζύμη πιο σφιχτή. Στα λευκά άλευρα την μικρότερη σταθερότητα παρουσιάζει η μπαγκέτα, ενώ το λευκό bun έχει μεγαλύτερη σταθερότητα. Αυτό οφείλεται στην διαφορετική περιεκτικότητα πρωτεϊνών που περιέχουν τα άλευρα.

Πτώση σε 12 λεπτά

Όπως και παραπάνω, το ίδιο και εδώ διαπιστώνουμε ότι τα δείγματα ακολουθούν την κανονική κατανομή και ισχύει η ομοιογένεια των διακυμάνσεων.

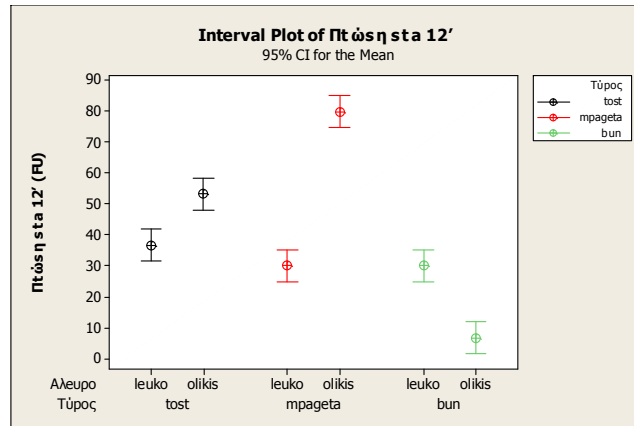
Από τον έλεγχο της ανάλυσης της διακύμανσης παρατηρείται ότι η ακριβή πιθανότητα σφάλματος (p) του τύπου αρτοσκευάσματος, του είδους αλεύρου, αλλά και της αλληλεπίδρασης μεταξύ αυτών, είναι στατιστικά σημαντική διότι ($p < 0.05$) και συγκεκριμένα ($p < 0.001$).

Τα λευκά αρτοσκευάσματα παρουσιάζουν μικρότερη εξασθένηση και αυτό θεωρείται θετικό, διότι η μεγάλη εξασθένηση συνεπάγεται χαμηλής ποιότητας άλευρο και μικρή αντοχή στην μηχανική καταπόνηση. Όσον αφορά τον τύπο του αλεύρου σε σχέση με την πτώση σε 12', παρατηρείται ότι την μικρότερη πτώση παρουσιάζει το bun, το οποίο είναι συνάρτηση του αλεύρου που χρησιμοποιείται, ενώ η μεγαλύτερη πτώση παρατηρείται στην μπαγκέτα. Στο τοστ εμφανίζεται επίσης μεγάλη πτώση (Σχήμα 24).



Σχήμα24: Επίδραση του αλεύρου και του τύπου αρτοσκευάσματος στην πτώση του φαρινογραφήματος σε 12 λεπτά.

Στις διαφορές των παραγόντων όσον αφορά την πτώση στα 12 λεπτά παρατηρείται ότι όλα τα λευκά άλευρα παρουσιάζουν περίπου την ίδια πτώση (περίπου 30 FU), ενώ στα ζυμάρια ολικής άλεσης την μεγαλύτερη πτώση παρουσιάζει η μπαγκέτα ολικής άλεσης (περίπου 80 FU). Το τοστ όπως φαίνεται έχει και αυτό αρκετά μεγάλη πτώση. Τέλος, το ζυμάρι του bun έχει τα καλύτερα αποτελέσματα με πολύ μικρή πτώση (περίπου 10 FU) (Σχήμα25).



Σχήμα25: Αλληλεπίδραση του τύπου αρτοσκευάσματος με το άλευρο σε σχέση με την πτώση του φαρινογραφήματος σε 12 λεπτά.

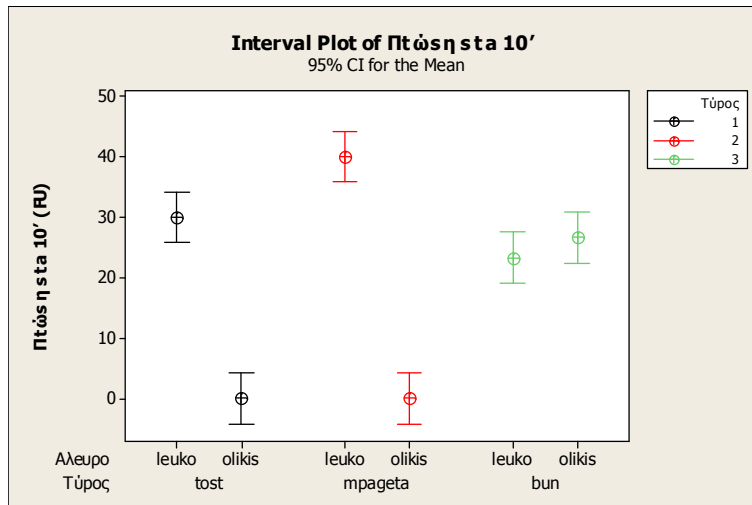
Η πτώση σε 12λεπτά είναι συνάρτηση του ποσοστού της περιεκτικότητας γλουτένης των αλεύρων και του ποσοστού πίτουρου. Δηλαδή στην μπαγκέτα η οποία αποτελείται από ένα άλευρο χαμηλής περιεκτικότητας σε γλουτένη, προστίθεται και ένα μεγάλο ποσοστό αλεύρου ολικής άλεσης το οποίο αυξάνει το χρόνο ανάπτυξης, αλλά μετά τη μέγιστη ανάπτυξη ακολουθεί γρήγορη πτώση(80 FU). Ενώ το bun που αποτελείται από ένα άλευρο πλούσιο σε πρωτεΐνες (όπως παρατηρήσαμε πιο πάνω), ο χρόνος ανάπτυξης στο ολικής άλεσης δεν ήταν μεγαλύτερος από το λευκό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την βελτίωση της πτώσης του γραφήματος.

Πτώση σε 10 λεπτά

Όπως και παραπάνω, το ίδιο και στην περίπτωση αυτή, διαπιστώθηκε ότι τα δείγματα ακολουθούν την κανονική κατανομή και ισχύει η ομοιογένεια των διακυμάνσεων.

Από τον έλεγχο της ανάλυσης της διακύμανσης παρατηρείται ότι η ακριβή πιθανότητα σφάλματος (p) του τύπου αρτοσκευάσματος, του είδους αλεύρου, αλλά και της αλληλεπίδρασης μεταξύ αυτών είναι στατιστικά σημαντική διότι ($p < 0.05$) και συγκεκριμένα ($p < 0.001$).

Όσον αφορά την επίδραση του αλεύρου και του τύπου αρτοσκευάσματος στην πτώση της ζύμης σε χρόνο 10 λεπτών από την στιγμή της προσθήκης του νερού, έχουμε τα εξής αποτελέσματα: αρχικά, στα αρτοσκευάσματα τα οποία περιέχουν άλευρο ολικής άλεσης δεν παρατηρείται καθόλου πτώση εκτός από το bun. Στα λευκά αλεύρα η μεγαλύτερη πτώση παρατηρείται στην μπαγκέτα, ενώ την πιο μικρή πτώση παρουσιάζει το bun (Σχήμα 26).



Σχήμα 26: Διαφορές του τύπου αρτοσκευάσματος με το άλευρο όσον αφορά την πτώση σε 10 λεπτά.

Τα ζυμάρια που περιέχουν άλευρο ολικής άλεσης δεν παρουσιάζουν πτώση σε 10 λεπτά, διότι έχουν μεγάλο χρόνο ανάπτυξης και δεν προλαβαίνουν σε 10 λεπτά να έχουν πτώση. Στα λευκά άλευρα η πτώση τους είναι ανάλογη με το ποσοστό γλουτένης που περιέχουν. Όσο μεγαλύτερο το ποσοστό, τόσο μικρότερη η πτώση.

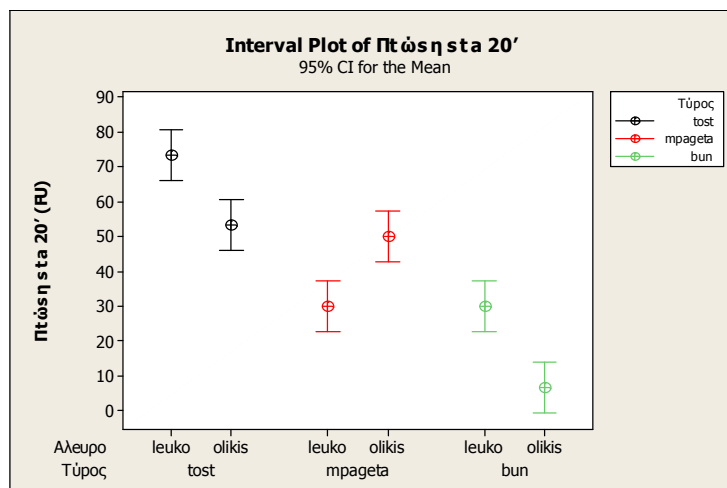
Πτώση σε 20 λεπτά

Η πτώση στα 20 λεπτά είναι μια παράμετρος που εφαρμόζεται και έχει νόημα μόνο σε δυνατά άλευρα. Παρόλα αυτά εξετάσαμε την παράμετρο σε όλα τα άλευρα.

Όπως και παραπάνω, το ίδιο και σε αυτήν την περίπτωση, διαπιστώθηκε ότι τα δείγματα ακολουθούν την κανονική κατανομή και ισχύει η ομοιογένεια των διακυμάνσεων.

Από τον έλεγχο της ανάλυσης της διακύμανσης παρατηρείται ότι η ακριβή πιθανότητα σφάλματος (p) του τύπου αρτοσκευάσματος, του είδους αλεύρου, αλλά και της αλληλεπίδρασης μεταξύ αυτών είναι στατιστικά σημαντική διότι ($p < 0.05$) και συγκεκριμένα ($p < 0.001$).

Στην πτώση στα 20 λεπτά παρατηρείται ότι: την μεγαλύτερη πτώση παρουσιάζει το λευκό τοστ, ενώ την μικρότερη πτώση έχει το bun ολικής άλεσης (Σχήμα 27). Η πτώση στα 20 λεπτά έχει νόημα να την εξετάσουμε μόνο στο άλευρο του bun, διότι είναι πιο δυνατό και έχει μεγαλύτερη σταθερότητα. Η παράμετρος αυτή βοηθά να συγκρίνουμε τα άλευρα όσον αφορά τη μηχανική τους καταπόνηση.



Σχήμα 27: Διαφορές του τύπου αρτοσκευάσματος με το αλεύρο όσον αφορά την πτώση σε 20 λεπτά.

5.1.3 Ρεολογικές μετρήσεις με τον εξτενσογράφο Max Egger

Κατά την ανάλυση των εξτενσιογραφημάτων, οι παράμετροι που εξετάστηκαν ήταν: η απορρόφηση νερού, το P MAX, η αντίσταση, η εκτατότητα και ο λόγος αντίστασης προς την εκτατότητα (Πίνακας 7).

Πίνακας 7. Αποτελέσματα μετρήσεων με τον εξτενσογράφο Max Egger

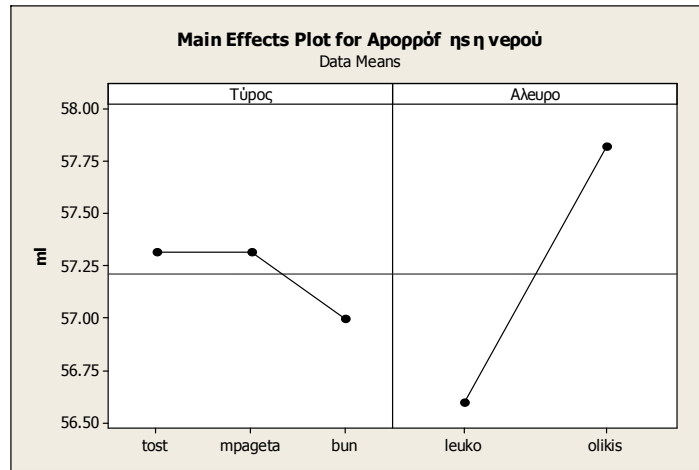
	Άλευρο					
	Λευκό			Ολικής		
	Τύπος			Τύπος		
	Tost	Bag	Bun	Tost	Bag	Bun
Απορρόφηση νερού (ml)	55.9	56.9	56.9	58.5	57.8	57.0
	56.2	56.9	57.0	58.5	57.8	57.0
	56.0	56.8	56.8	58.8	57.7	57.3
P MAX (EU) 145'	380	450	620	620	600	770
	370	430	560	580	600	580
	340	450	600	570	520	700
ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ Β (EU) 145'	340	390	390	430	460	540
	340	370	370	420	460	430
	300	390	370	390	400	490
ΕΚΤΑΤΟΤΗΤΑ (mm) 145'	136	130	188	148	144	159
	131	135	199	149	150	165
	135	138	190	137	143	176
ΛΟΓΟΣ Β/Σ	2.50	3.00	2.07	2.90	3.19	3.40
	2.59	2.74	1.86	2.82	3.07	2.61
	2.22	2.83	1.95	2.85	2.80	2.78

Απορρόφηση νερού

Στην απορρόφηση νερού το δείγμα ακολουθεί την κανονική κατανομή, διότι τα στοιχεία ακολουθούν την τάση της ευθείας. Επίσης παρατηρείται ότι υπάρχει ομοιογένεια των διακυμάνσεων λόγω της ύπαρξης ομοιόμορφης διασποράς.

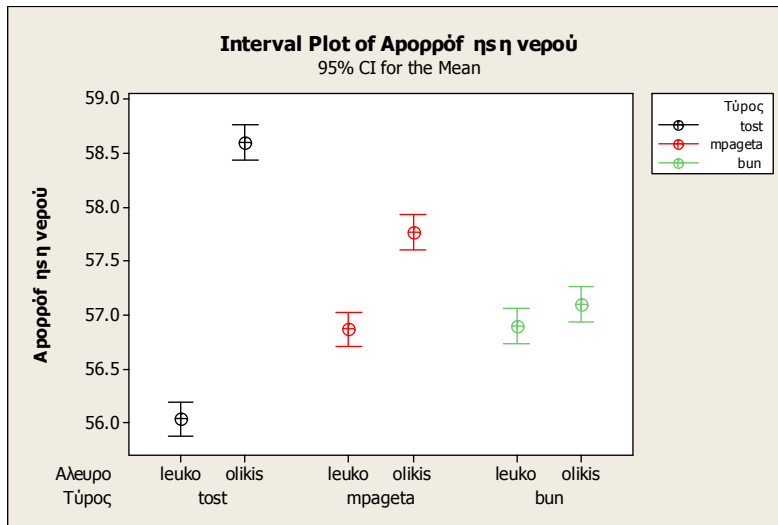
Από τον έλεγχο της ανάλυσης της διακύμανσης παρατηρείται ότι η ακριβή πιθανότητα σφάλματος (p) του τύπου αρτοσκευάσματος, του είδους αλεύρου, αλλά και της αλληλεπίδρασης μεταξύ αυτών είναι στατιστικά σημαντική διότι ($p < 0.05$) και συγκεκριμένα ($p < 0.001$).

Παρατηρείται ότι (Σχήμα 28): η απορρόφηση νερού του τοστ και της μπαγκέτας είναι ίδια, ενώ το bun απορροφά λιγότερο νερό. Όσον αφορά την επίδραση του αλεύρου, στην απορρόφηση του νερού παρατηρείται ότι τα λευκά άλευρα απορροφούν αρκετά λιγότερο νερό από τα άλευρα ολικής άλεσης.



Σχήμα 28: Απορρόφηση νερού του τύπου αρτοσκευάσματος και του αλεύρου που χρησιμοποιείται για το εξτενσογράφημα.

Στις διαφορές των τύπων αρτοσκευασμάτων με το είδος αλεύρου (Σχήμα 29) παρατηρείται ότι: στο τοστ υπάρχει μεγάλη διαφορά στην απορρόφηση νερού και συγκεκριμένα το λευκό απορροφά πολύ λιγότερο νερό από το ολικής άλεσης άλευρο καθώς χρειάζεται λιγότερο νερό και από τα άλλα δύο είδη.



Σχήμα 29: Διαφορές του τύπου αρτοσκευάσματος με το άλευρο όσον αφορά την απορρόφηση νερού.

Η απορρόφηση νερού εξαρτάται από την ποιότητα του αλεύρου, αλλά κυρίως από την παρουσία

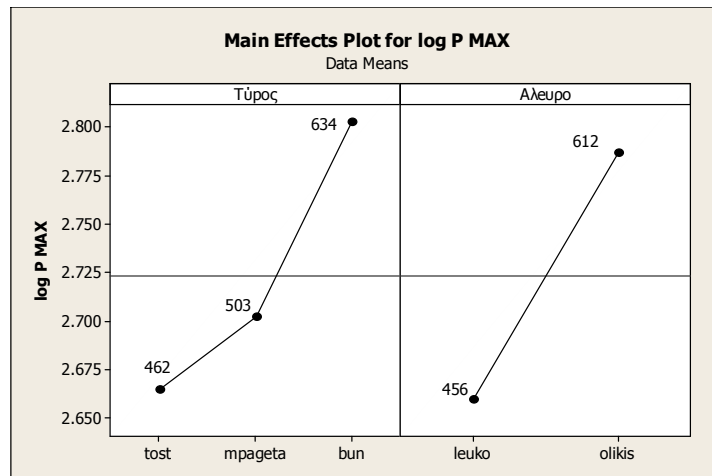
αλεύρου ολικής άλεσης.

P MAX

Όσον αφορά την τιμή P MAX παρατηρείται ότι τα στοιχεία εμφανίζουν διασπορά τύπου δέσμης και επομένως τα υπολείμματα είναι ετεροσκεδασμένα. Η διασπορά τύπου δέσμης μετατρέπεται σε κανονική διασπορά λογαριθμώντας τα στοιχεία.

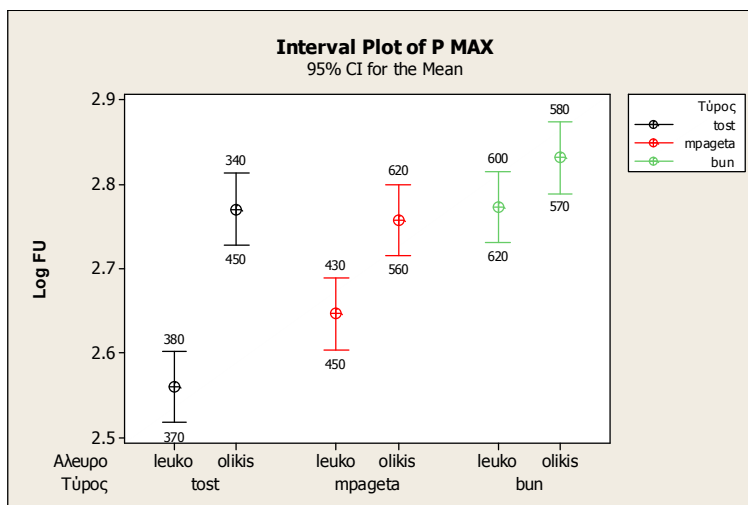
Από τον έλεγχο της ανάλυσης της διακύμανσης παρατηρείται ότι η ακριβή πιθανότητα σφάλματος (p) του τύπου αρτοσκευάσματος, του είδους αλεύρου, αλλά και της αλληλεπίδρασης μεταξύ αυτών είναι στατιστικά σημαντική διότι ($p < 0.05$) και συγκεκριμένα ($p < 0.001$).

Στο (Σχήμα 30) παρατηρείται ότι: το τοστ παρουσιάζει το χαμηλότερο P MAX, ενώ το bun έχει το μεγαλύτερο P MAX με διαφορά περίπου 130 EU, γεγονός που μαρτυρά την καλύτερη ποιότητα του αλεύρου. Όσον αφορά το P MAX σε σχέση με το άλευρο που χρησιμοποιείται, φαίνεται ότι τα αρτοσκευάσματα που προέρχονται από άλευρο ολικής άλεσης έχουν μεγαλύτερο P MAX σε σχέση με τα αρτοσκευάσματα που προέρχονται από λευκά άλευρα.



Σχήμα 30: P MAX του τύπου αρτοσκευάσματος και του αλεύρου που χρησιμοποιείται για το εξετισογράφημα.

Στο γράφημα (Σχήμα 31) παρατηρείται αρχικά ότι: όλα τα ζυμάρια στα οποία έχει προστεθεί και άλευρο ολικής άλεσης παρουσιάζουν μεγαλύτερο P MAX. Τα ζυμάρια που προορίζονται για λευκά αρτοσκευάσματα παρουσιάζουν αυξητική τάση η οποία οφείλεται στο είδος αλεύρου που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του κάθε τύπου αρτοσκευάσματος. Πιο αναλυτικά, παρατηρείται ότι: η ζύμη που προορίζεται για ψωμί του τοστ έχει πολύ μικρό P MAX, ενώ η επίδραση της προσθήκης αλεύρου ολικής άλεσης είναι σημαντική, διότι αυξάνει κατά 240 EU περίπου την τιμή P MAX. Στην μπαγκέτα η επίδραση είναι πιο μικρή και η διαφορά είναι περίπου 130 EU. Τέλος, στο bun παρουσιάζει την μικρότερη επίδραση της προσθήκης αλεύρου ολικής άλεσης.



Σχήμα 31: Επίδραση του τύπου αρτοσκευάσματος με το άλευρο όσον αφορά την τιμή P MAX του εξτενσογραφήματος.

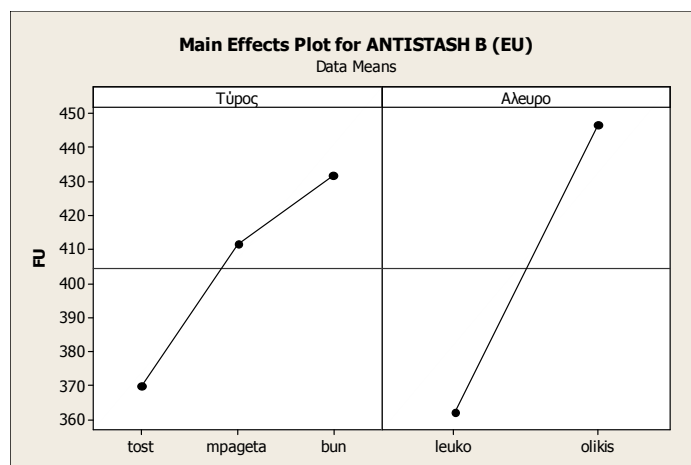
Η τιμή P MAX επηρεάζεται από την ποιότητα των αλεύρων που χρησιμοποιούνται. Η προσθήκη αλεύρου ολικής άλεσης επιδρά σημαντικά στην τιμή P MAX και την αυξάνει.

Αντίσταση

Όπως και παραπάνω, το ίδιο και σε αυτή την ανάλυση, διαπιστώθηκε ότι τα δείγματα ακολουθούν την κανονική κατανομή και ισχύει η ομοιογένεια των διακυμάνσεων.

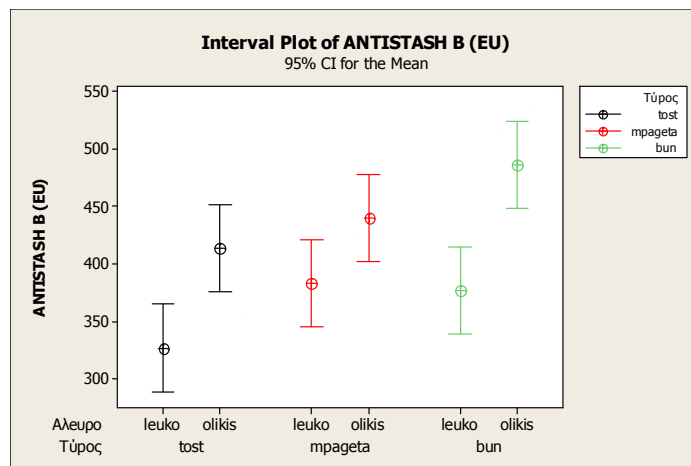
Από τον έλεγχο της ανάλυσης της διακύμανσης παρατηρείται ότι η ακριβή πιθανότητα σφάλματος (p) του τύπου αρτοσκευάσματος και του είδους αλεύρου είναι στατιστικά σημαντική, διότι ($p < 0.05$) και συγκεκριμένα ($p < 0.001$). Η αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά διότι ($p > 0.05$) και συγκεκριμένα ($p = 0.341$).

Στο (Σχήμα 32) παρατηρείται ότι υπάρχει διαφορά στην αντίσταση ανάμεσα στους τύπους των αρτοσκευασμάτων. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι το ψωμί του τοστ παρουσιάζει την μικρότερη αντίσταση, περίπου 370 EU. Η μπαγκέτα έχει μεγαλύτερη αντίσταση από το ψωμί του τοστ, αλλά πιο μικρή από το bun. Τέλος, το bun είναι αυτό που εμφανίζει την μεγαλύτερη αντίσταση, περίπου 430 EU. Όσον αφορά το είδος αλεύρου που χρησιμοποιείται παρατηρείται ότι η επίδραση της προσθήκης αλεύρου ολικής άλεσης είναι σημαντική. Πιο συγκεκριμένα, το άλευρο ολικής άλεσης κάνει την ζύμη πιο σφιχτή και αυξάνει κατά πολύ την αντίσταση σε σχέση με τα λευκά άλευρα.



Σχήμα 32: Αντίσταση του τύπου αρτοσκευάσματος και του αλεύρου που χρησιμοποιείται.

Στο (Σχήμα 33) παρατηρείται ότι όλα τα ζυμάρια στα οποία έχει προστεθεί άλευρο ολικής άλεσης παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντίσταση.



Σχήμα 33: Επίδραση του αλεύρου ολικής άλεσης στην αντίσταση της ζύμης.

Η προσθήκη αλεύρου ολικής άλεσης καθιστά πιο σφιχτή την ζύμη με αποτέλεσμα την αύξηση της αντίστασης. Η ποιότητα του αλεύρου επιδρά σημαντικά στην αντίσταση της ζύμης. Όσο πιο καλή η ποιότητα του αλεύρου, τόσο αυξάνεται η αντίσταση.

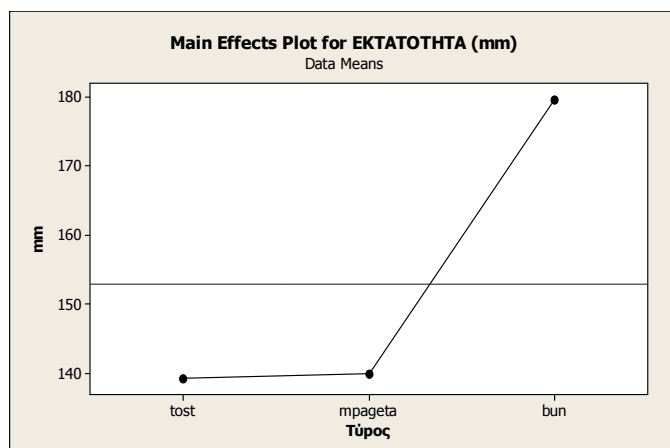
Εκτατότητα

Όπως και παραπάνω, έτσι και εδώ, διαπιστώθηκε ότι τα δείγματα ακολουθούν την κανονική κατανομή και ισχύει η ομοιογένεια των διακυμάνσεων.

Από τον έλεγχο της ανάλυσης της διακύμανσης παρατηρείται ότι η ακριβή πιθανότητα σφάλματος (p) του τύπου αρτοσκευάσματος είναι στατιστικά σημαντική διότι ($p < 0.05$) και συγκεκριμένα ($p < 0.001$). Όσον αφορά το είδος του χρησιμοποιούμενου αλεύρου παρατηρείται ότι δεν υπάρχει στατικά σημαντική διαφορά, διότι ($p > 0.05$) και συγκεκριμένα ($p = 0.654$). Η αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά διότι ($p < 0.05$) και συγκεκριμένα ($p < 0.001$).

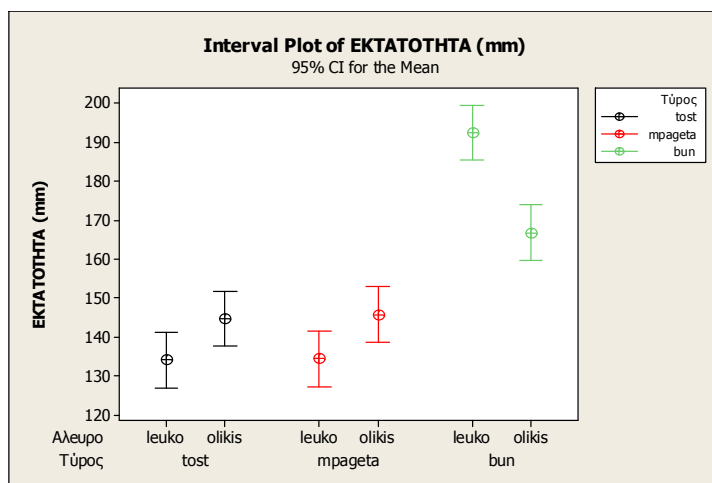
Στο σχήμα 34 παρατηρείται ότι δεν υπάρχει διαφορά στην εκτατότητα μεταξύ του τοστ και της μπαγκέτας, ενώ η ζύμη του bun εμφανίζεται να έχει μεγάλη διαφορά σε σχέση με τα άλλα δύο είδη και

μάλιστα αυξητική.



Σχήμα 34: Εκτατότητα του τύπου αρτοσκευάσματος.

Στο (Σχήμα 35) παρατηρείται ότι στους δυο πρώτους τύπους η εκτατότητα είναι ίδια αλλά διαφέρει στα είδη των αλεύρων. Πιο συγκεκριμένα, στις ζύμες όπου έχει προστεθεί άλευρο ολικής άλεσης η εκτατότητα είναι μεγαλύτερη. Στο bun παρατηρείται ότι η ζύμη με το λευκό άλευρο παρουσιάζει μεγαλύτερη εκτατότητα σε σχέση με τη ζύμη που εμπεριέχει και άλευρο ολικής άλεσης. Αυτό συμβαίνει διότι το άλευρο που χρησιμοποιείται στο bun περιέχει περισσότερη γλουτένη από τα άλλα άλευρα. Η προσθήκη αλεύρου ολικής άλεσης επιδρά στην μείωση της εκτατότητας.



Σχήμα 35: Επίδραση του αλεύρου ολικής άλεσης στην εκτατότητα της ζύμης.

Η εκτατότητα επηρεάζεται από την ποιότητα του αλεύρου και την περιεκτικότητα σε γλουτένη. Όσον αφορά την προσθήκη αλεύρου ολικής άλεσης στα άλευρα με μικρά ποσοστά γλουτένης, αυξάνει την εκτατότητα, ενώ στις ζύμες με υψηλή γλουτένη μειώνει την εκτατότητα.

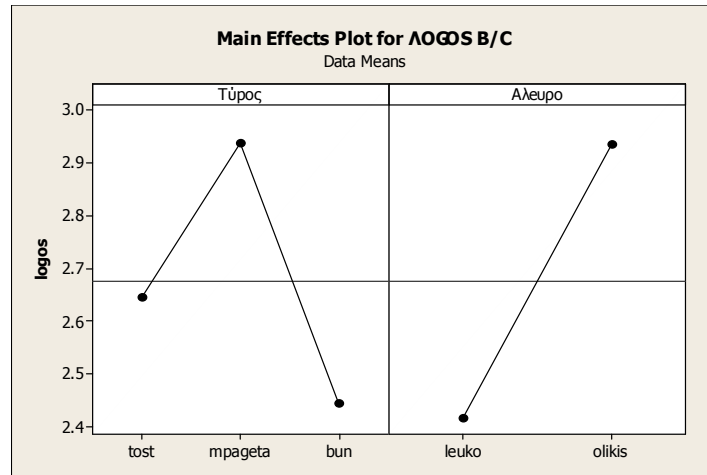
Λόγος

Όπως και παραπάνω, το ίδιο και σε αυτή την ανάλυση, διαπιστώθηκε ότι τα δείγματα ακολουθούν την κανονική κατανομή και ισχύει η ομοιογένεια των διακυμάνσεων.

Από τον έλεγχο της ανάλυσης της διακύμανσης παρατηρείται ότι η ακριβή πιθανότητα σφάλματος (p) του τύπου αρτοσκευάσματος, και του είδους αλεύρου είναι στατιστικά σημαντική διότι ($p < 0.05$) και συγκεκριμένα ($p < 0.001$). Η αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά

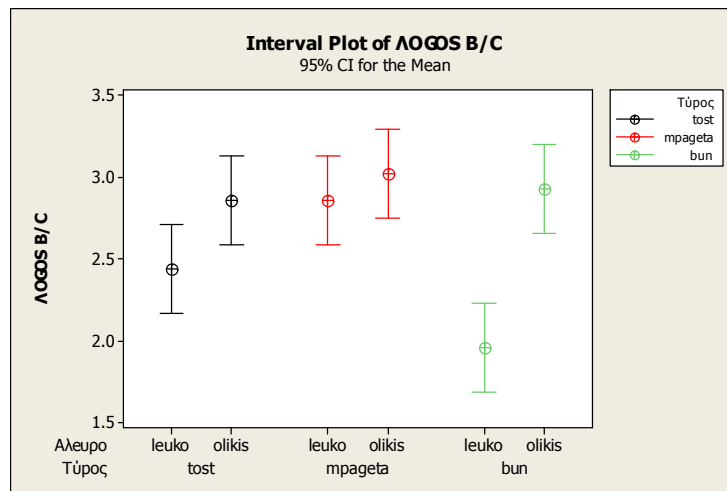
διότι ($p < 0.05$) και συγκεκριμένα ($p = 0.021$).

Όσον αφορά το λόγο (Σχήμα 36) παρατηρείται ότι: το τoστ παρουσιάζει ένα μέτριο λόγο, ενώ η μπαγκέτα παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερο λόγο. Ο λόγος είναι συνάρτηση της ποιότητας της ζύμης. Έτσι στο bun παρατηρείται πολύ μικρός λόγος. Όσον αφορά τα άλευρα στα οποία έχει προστεθεί και άλευρο ολικής άλεσης, παρατηρείται ότι στα λευκά είναι πολύ μικρότερος ο λόγος σε σχέση με τα ολικής άλεσης.



Σχήμα 36: Επίδραση του τύπου αρτοσκευάσματος και του είδους αλεύρου στον λόγο του εξτενσογραφήματος.

Αναλυτικότερα (Σχήμα 37) παρατηρείται ότι: όλα τα ζυμάρια στα οποία έχει προστεθεί και άλευρο ολικής άλεσης έχουν πιο μεγάλο λόγο. Στα λευκά ζυμάρια το μικρότερο λόγο παρουσιάζει το bun, ενώ τον μεγαλύτερο η μπαγκέτα.



Σχήμα 37: Επίδραση του αλεύρου ολικής άλεσης στο λόγο του εξτενσογραφήματος.

5.2 Ποιοτικές μετρήσεις τελικών προϊόντων

Στις ποιοτικές μετρήσεις περιλαμβάνονται η μέτρηση του χρώματος και η ανάλυση της εικόνας.

5.2.1 Μετρήσεις με το χρωματόμετρο BC-10 της KONICA MINOLTA

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8. Μέτρηση φωτεινότητας L*, μετρήσεις έντασης a*, μέτρηση έντασης b*

Τύπος	Παράγοντας L*		Παράγοντας a*		Παράγοντας b*	
	Άλευρο		Άλευρο		Άλευρο	
	Λευκό	Ολικής	Λευκό	Ολικής	Λευκό	Ολικής
Tost	-0.4	61.1	-0.4	2.7	11.2	9.9
	-0.3	65.4	-0.3	2.7	12.5	11.2
	-0.5	61.5	-0.5	2.6	11.6	10.2
	-0.4	60.7	-0.4	2.8	10.9	10.2
	-0.3	64.0	-0.3	2.7	12.0	10.7
	-0.4	63.5	-0.4	2.9	11.5	11.2
	-0.4	63.5	-0.4	2.8	11.9	10.7
	-0.6	65.5	-0.6	3.0	10.8	11.5
	0.0	65.4	0.0	2.7	11.5	11.1
	-0.3	65.3	-0.3	2.5	11.9	11.1
Bag	-0.4	57.3	-0.4	3.3	9.2	8.9
	-0.4	59.5	-0.4	3.7	9.0	10.3
	-0.3	57.8	-0.3	3.3	9.5	9.1
	-0.4	61.5	-0.4	3.8	8.9	11.0
	-0.4	59.0	-0.4	3.5	9.1	9.7
	-0.3	58.7	-0.3	3.4	9.1	9.5
	-0.4	58.7	-0.4	3.4	8.7	9.5
	-0.3	58.9	-0.3	3.3	9.1	9.3
	-0.4	61.0	-0.4	3.6	9.0	10.5
	-0.4	59.9	-0.4	3.6	9.4	10.0
Bun	0.1	73.7	0.1	1.0	9.7	9.6
	0.2	72.0	0.2	1.0	9.5	8.6
	0.0	71.4	0.0	0.7	8.7	8.7
	0.1	70.3	0.1	0.7	9.7	7.8
	0.0	71.9	0.0	0.7	9.0	8.4
	-0.3	71.3	-0.3	0.7	7.8	7.9
	0.1	71.7	0.1	0.7	9.4	8.9
	0.1	70.7	0.1	0.5	9.4	7.8
	0.0	70.8	0.0	0.5	9.4	7.8
	0.1	72.5	0.1	0.8	9.8	8.8

Για τη μέτρηση της φωτεινότητας χρησιμοποιήθηκαν δέκα δείγματα από κάθε είδος ψωμιού. Από το κάθε ψωμί πάρθηκαν δέκα μετρήσεις με το χρωματόμετρο BC-10 της KONICA MINOLTA εκ των οποίων χρησιμοποιήθηκαν οι μέσοι όροι. Στις επαναλήψεις έγινε στατιστική ανάλυση με τη μέθοδο της GLM ANOVA, στο πρόγραμμα Minitab 15.

Αρχικά γίνεται έλεγχος της κανονικότητας των υπολειμμάτων και ο έλεγχος της ομοιογένειας των

υπολειμμάτων.

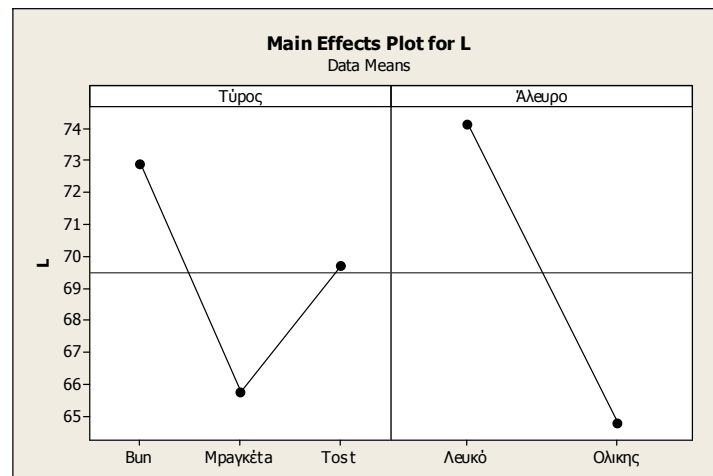
Στα γραφήματα της κανονικότητας παρατηρείται ότι τα υπολείμματα διατάσσονται περίπου σε ευθεία γραμμή και ακολουθούν την κανονική κατανομή. Στα γραφήματα της ομοιογένειας των υπολειμμάτων παρατηρείται ότι τα διαγράμματα είναι διάσπαρτα και γι' αυτόν τον λόγο τα υπολείμματα εμφανίζουν ομοσκεδασμό.

Εφόσον όλες οι μετρήσεις ακολουθούν την κανονική κατανομή και ισχύει παντού η ομοιογένεια των διακυμάνσεων, μπορεί να συνεχιστεί ο έλεγχος της ανάλυσης διακύμανσης δύο παραγόντων.

Φωτεινότητα L^*

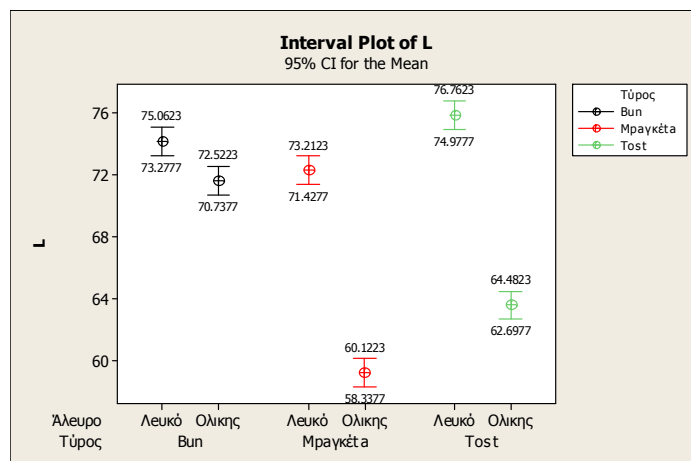
Παρατηρείται ότι η ακριβή πιθανότητα σφάλματος (p) είναι στατιστικά σημαντική ως προς την φωτεινότητα των αρτοσκευασμάτων. Επομένως υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του τύπου αρτοσκευάσματος αλλά και του είδους του αλεύρου που χρησιμοποιείται, διότι ($p < 0.05$) και συγκεκριμένα ($p < 0.001$).

Συγκεκριμένα στον τύπο του αρτοσκευάσματος (Σχήμα 38) σε σχέση με την φωτεινότητα βλέπουμε ότι το bun είναι το πιο φωτεινό αρτοσκεύασμα, ενώ η μπαγκέτα παρουσιάζεται να είναι λιγότερο φωτεινή από το bun αλλά και από το ψωμί του τοστ. Στο χρησιμοποιηθέν άλευρο παρατηρείται ότι όσα αρτοσκευάσματα παρασκευάστηκαν από λευκά άλευρα είναι πολύ πιο φωτεινά από αυτά που εμπεριέχουν και άλευρα ολικής άλεσης.



Σχήμα 38: Η επίδραση του τύπου αρτοσκευάσματος και του αλεύρου που χρησιμοποιείται στην φωτεινότητα (L^*) των αρτοσκευασμάτων.

Πιο αναλυτικά (Σχήμα 39) παρατηρείται ότι: όλα τα λευκά αρτοσκευάσματα είναι πιο φωτεινά από αυτά που περιέχουν άλευρο ολικής άλεσης, εκτός από το bun ολικής άλεσης το οποίο παρουσιάζει την ίδια φωτεινότητα με την λευκή μπαγκέτα. Τα λευκά αρτοσκευάσματα είναι όλα αρκετά φωτεινά με μικρή διαφορά την μπαγκέτα η οποία είναι λιγότερο φωτεινή. Στα αρτοσκευάσματα ολικής άλεσης η μπαγκέτα παρουσιάζει την χαμηλότερη φωτεινότητα, ενώ το τοστ είναι λίγο πιο φωτεινό. Τέλος, το bun ολικής άλεσης είναι πολύ πιο φωτεινό από την μπαγκέτα και το τοστ ολικής άλεσης φτάνοντας την φωτεινότητα της λευκής μπαγκέτας.



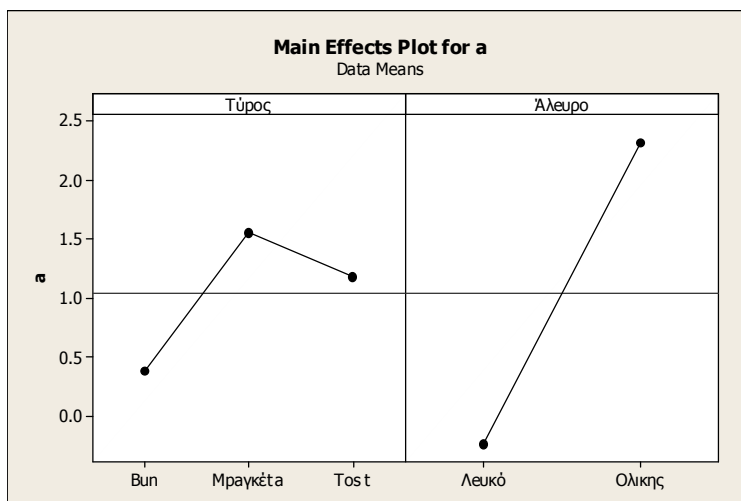
Σχήμα 39: Φωτεινότητα αρτοσκευασμάτων.

Σημαντικό ρόλο στην φωτεινότητα των αρτοσκευασμάτων παίζουν τα αλεύρα που χρησιμοποιούνται, ο βαθμός άλεσης τους και το ποσοστό προσθήκης του κάθε αλεύρου.

Συντελεστής χρώματος a^* ($+a^*$ κόκκινη κατεύθυνση και $-a^*$ πράσινη κατεύθυνση).

Παρατηρείται ότι η ακριβή πιθανότητα σφάλματος (p) είναι στατιστικά σημαντική ως προς τον συντελεστή χρωματικότητας a^* των αρτοσκευασμάτων. Επομένως υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του τύπου αρτοσκευάσματος αλλά και του είδους του αλεύρου που χρησιμοποιείται, διότι ($p < 0.05$) και συγκεκριμένα ($p < 0.001$).

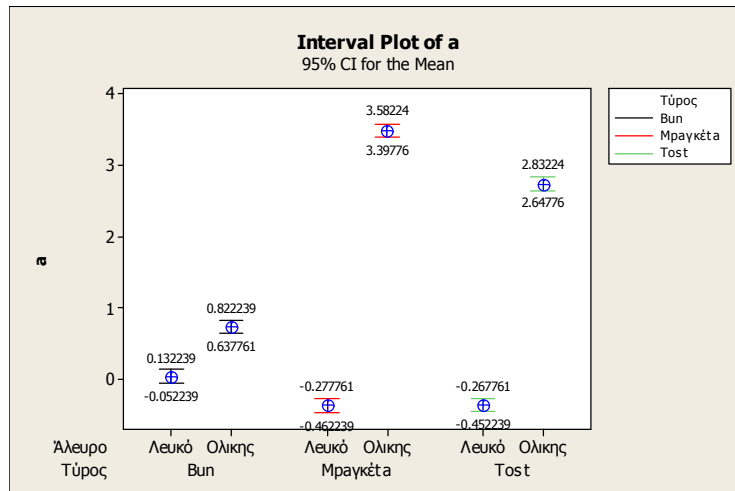
Παρατηρώντας τον συντελεστή χρωματικότητας a^* (Σχήμα 40), αρχικά πρέπει να επισημάνουμε ότι όλες οι τιμές κυμαίνονται κοντά στο μηδέν με μέγιστη τιμή περίπου 3,5 σε μια κλίμακα που εκτίνεται μέχρι το 60. Αυτό σημαίνει πως η χρωματικότητα είναι πάρα πολύ μικρή και τα δείγματα κινούνται στο κέντρο του άξονα όπου υπερισχύει το λευκό χρώμα. Οι διαφορές στους τύπους αρτοσκευασμάτων ενώ είναι στατιστικά σημαντικές, στην πραγματικότητα (αν λάβουμε υπόψη την κλίμακα) είναι πάρα πολύ μικρές. Αυτό που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι τα λευκά αρτοσκευάσματα δεν παρουσιάζουν καμία χρωματικότητα, ενώ τα αρτοσκευάσματα που περιέχουν και αλεύρα ολικής άλεσης έχουν μια μικρή κλίση προς την κόκκινη κατεύθυνση.



Σχήμα 40: Η επίδραση του τύπου αρτοσκευάσματος και του αλεύρου που χρησιμοποιείται στην

κατεύθυνση χρωματικότητας (a^*) των αρτοσκευασμάτων.

Πιο αναλυτικά (Σχήμα 41), παρατηρείται ότι όλα τα λευκά αρτοσκευάσματα κυμαίνονται πολύ κοντά στο μηδέν επομένως δεν παρουσιάζουν καμιά χρωματικότητα προς την κατεύθυνση a^* . Τα αρτοσκευάσματα που περιέχουν και αλεύρο ολικής άλεσης παρουσιάζουν μια ελαφρά χρωματικότητα προς στην κόκκινη κατεύθυνση και συγκεκριμένα η μπαγκέτα και το τοστ, ενώ το bun ολικής άλεσης είναι πολύ κοντά στο μηδέν.



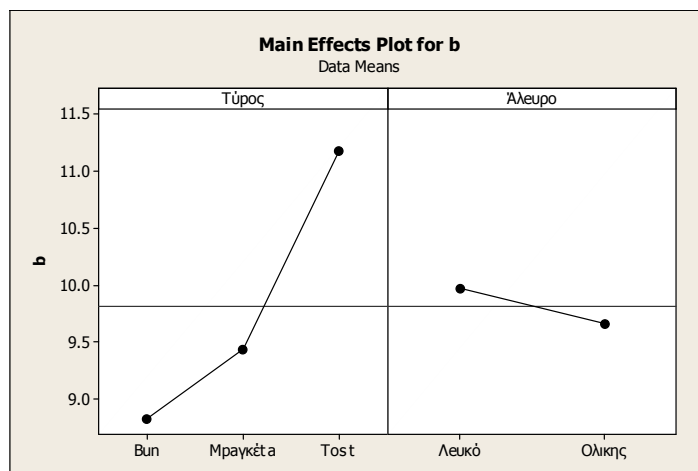
Σχήμα 41: Κατεύθυνση χρωματικότητας a^* αρτοσκευασμάτων.

Το ποσοστό προσθήκης αλεύρου ολικής άλεσης είναι αυτό που ασκεί την σημαντικότερη επίδραση στον συντελεστή χρωματικότητας a^* .

Συντελεστής χρώματος b^* (+ b^* κίτρινη κατεύθυνση - b^* μπλε κατεύθυνση)

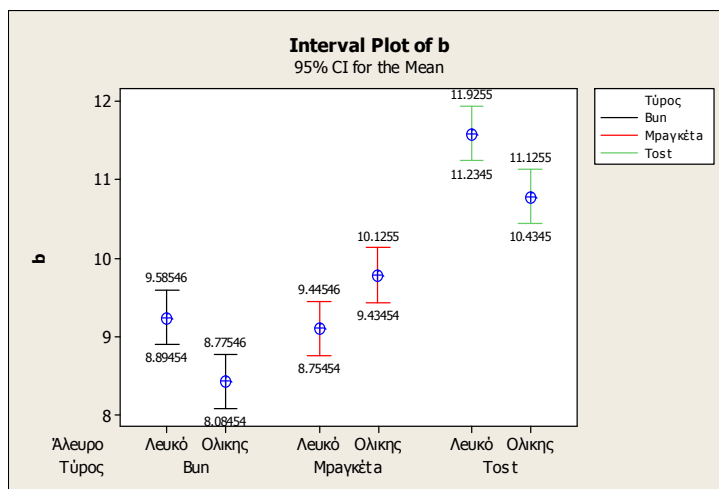
Παρατηρείται ότι η ακριβή πιθανότητα σφάλματος (p) είναι στατιστικά σημαντική ως προς τον συντελεστή χρωματικότητας b^* των αρτοσκευασμάτων. Επομένως, υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του τύπου αρτοσκευάσματος αλλά και του είδους του αλεύρου που χρησιμοποιείται, διότι ($p < 0.05$) και συγκεκριμένα στον τύπο αρτοσκευάσματος ($p < 0.001$) και στο είδος του χρησιμοποιούμενου αλεύρου ($p = 0.032$).

Συγκεκριμένα, όσον αφορά τον συντελεστή χρωματικότητας b^* (Σχήμα 42) παρατηρείται ότι: σε σχέση με τον τύπο αρτοσκευάσματος μεταξύ του bun και της μπαγκέτας υπάρχει μικρή αυξητική διαφορά η οποία μπορεί να μην είναι στατιστικά σημαντική. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι το τοστ παρουσιάζει μεγάλη αυξητική διαφορά σε σχέση με το bun και την μπαγκέτα. Επομένως το τοστ παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το bun και την μπαγκέτα ως προς την κίτρινη κατεύθυνση του συντελεστή χρωματικότητας b^* . Όσον αφορά τα άλευρα που χρησιμοποιούνται, ενώ η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική, τα λευκά αρτοσκευάσματα τείνουν πιο πολύ προς την κίτρινη κατεύθυνση, αλλά στην πραγματικότητα η διαφορά είναι μικρή αν λάβουμε υπόψη το μέγεθος της κλίμακας.



Σχήμα 42: Η επίδραση του τύπου αρτοσκευάσματος και του αλεύρου που χρησιμοποιείται στην κατεύθυνση χρωματικότητας (b^*) των αρτοσκευασμάτων.

Αναλυτικότερα, στο (Σχήμα 43) παρατηρείται ότι: το λευκό bun έχει ίδια χρωματική απόχρωση με την λευκή μπαγκέτα, ενώ στο λευκό τοστ είναι πιο έντονη η κίτρινη απόχρωση. Όσον αφορά τα αρτοσκευάσματα ολικής άλεσης παρατηρείται σταθερή αυξητική τάση. Το bun παρουσιάζει την χαμηλότερη ένταση στο κίτρινο, η μπαγκέτα ακολουθεί με πιο υψηλές τιμές προς την κίτρινη κατεύθυνση, ενώ τέλος έρχεται το τοστ με τις υψηλότερες τιμές και την πιο κίτρινη απόχρωση.

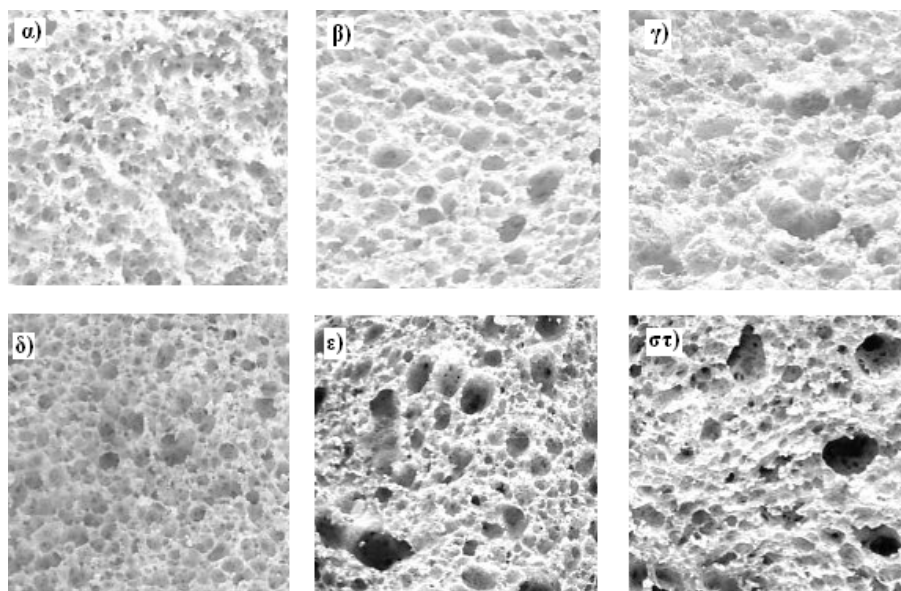


Σχήμα43: Κατεύθυνση χρωματικότητας b^* αρτοσκευασμάτων.

Ο συντελεστής χρωματικότητας b^* επηρεάζεται από τα άλευρα που χρησιμοποιούνται και κατά κύριο ρόλο από τα λευκά άλευρα. Δεν επηρεάζεται από το ποσοστό προσθήκης αλεύρου ολικής άλεσης. Τέλος, τα πιο ποιοτικά άλευρα και με χαμηλότερο βαθμό άλεσης (55%), όπως είναι αυτά που χρησιμοποιούνται στο bun, φέρουν τις μικρότερες τιμές έντασης του κίτρινου.

5.2.2 Ανάλυση της εικόνας με το πρόγραμμα UTHSCSA Image Tool

Η αρχή της μεθόδου βασίζεται στην εξαγωγή πληροφοριών από τις εικόνες (Σχήμα 44). Οι μετρήσεις που εξήχθησαν από τις εικόνες παρουσιάζονται στους Πίνακες 9 και 10.



Σχήμα 44: Εικόνες για Image Tool. α) λευκό bun, β) λευκή μπαγκέτα, γ) λευκό τοστ, δ) bun ολικής άλεσης, ε) μπαγκέτα ολικής άλεσης και στ) τοστ ολικής άλεσης.

Πίνακας 9. Μετρήσεις Image Tool

Κυψέλες /9cm ²		Συνολική επιφάνια κυψελών /9 cm ²		Αριθμός κυψελών με επιφάνια <4 mm ²		Αριθμός κυψελών με επιφάνια >4>8 mm ²		
Τύπος	Άλευρο		Άλευρο		Άλευρο		Άλευρο	
	Λευκό	Ολικής	Λευκό	Λευκό	Λευκό	Ολικής	Λευκό	Ολικής
Tost	382	365	170.2	7	369	349	7	8
	389	437	254.9	8	374	425	8	8
	420	443	263.8	7	405	429	7	9
Bag	422	460	300.1	15	403	443	15	12
	482	435	277.2	14	464	416	14	12
	540	445	291.6	16	520	434	16	13
Bun	528	443	226.4	7	518	427	7	14
	405	410	281.8	14	388	396	14	11
	509	479	257.3	12	583	471	12	5

Πίνακας 10. Μετρήσεις Image Tool

Αριθμός κυψελών με επιφάνεια >8 mm ²		Αριθμός κυψελών με Roundness 0-0.25		Αριθμός κυψελών με Roundness 0.25-0.75		Αριθμός κυψελών με Roundness 0.75-1		
Τύπος	Άλευρο		Άλευρο		Άλευρο		Άλευρο	
	Λευκό	Ολικής	Λευκό	Ολικής	Λευκό	Ολικής	Λευκό	Ολικής
Tost	6	8	63	11	63	60	311	294
	7	4	59	3	59	33	315	401
	8	5	85	12	85	75	323	356
Bag	4	5	10	8	112	89	300	363
	4	9	15	6	101	80	366	349
	4	8	9	7	114	88	417	350
Bun	3	2	10	5	94	117	424	321
	3	3	10	6	83	102	312	302
	2	3	15	4	100	102	482	373

Πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση με τη μέθοδο της two way ANOVA στις μετρήσεις που έγιναν με το πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας Image Tool.

Αρχικά διαπιστώθηκε ότι: σε όλα τα γραφήματα της κανονικότητας, τα υπολείμματα διατάσσονται περίπου σε ευθεία γραμμή και ακολουθούν την κανονική κατανομή. Στα γραφήματα της ομοιογένειας των υπολειμμάτων, τα διαγράμματα είναι διάσπαρτα και γι' αυτό τα υπολείμματα εμφανίζουν ομοσκεδασμό.

Εφόσον όλες οι μετρήσεις ακολουθούν την κανονική κατανομή και ισχύει παντού η ομοιογένεια των διακυμάνσεων, συνεχίζεται ο έλεγχος της ανάλυσης διακύμανσης δύο παραγόντων. Τα αποτελέσματα του ελέγχου παρουσιάζονται συνολικά στον Πίνακα 11.

Παρατηρείται ότι: Στο bun η συνολική επιφάνεια κελιών είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την μπαγκέτα και το τοστ. Αυτό παρατηρείται από το ($p < 0.05$) και συγκεκριμένα ($p = 0.019$). Η μπαγκέτα έχει τον μικρότερο αριθμό κελιών που έχουν επιφάνεια $> 8 \text{mm}^2$ σε σχέση με το τοστ και το bun και η ακριβή πιθανότητα λάθους είναι ($p = 0.001$). Το τοστ έχει το μικρότερο αριθμό κελιών με επιφάνεια $4-8 \text{mm}^2$ σε σχέση με την μπαγκέτα και το Bun ($p = 0.005$). Τέλος, παρατηρείται ότι η σφαιρικότητα από 0.25 έως 0.75 είναι μικρότερη στο τοστ σε σχέση με την μπαγκέτα και το bun.

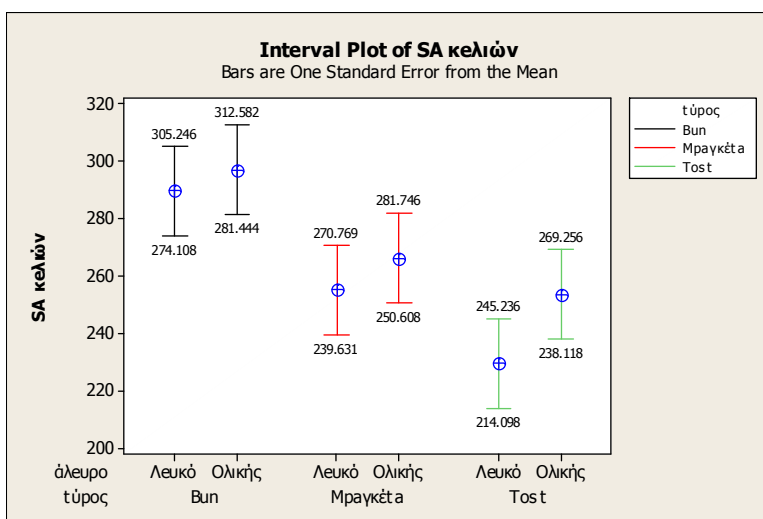
Πίνακας 11: Αποτελέσματα της two way ANOVA που εκτελέστηκε στα δεδομένα του προγράμματος Image Tool.

Παράμετρος	Τύπος						Άλευρο			
	Τοστ		Bun		Μπαγκέτα	ρ	Λευκό		Ολικής	ρ
Αριθμός κελιών (Α.Κ)	406	=	464	=	462	0.067	453	=	435	0.406
Συνολική επιφάνεια κελιών (mm ²)	241	<	293	>	260	0.019	258	=	272	0.289
Α.Κ.>8mm ²	6.3	=	5.6	>	2.7	0.001	4.5	=	5.2	0.302
Α.Κ. μεταξύ 4-8mm ²	7.8	<	13.6	>	10.5	0.005	11.1	=	10.2	0.456
Α.Κ.<4mm ²	391	=	446	=	449	0.083	437	=	421	0.461

Σφαιρικότητα										
0-0.25	10.1	=	9.1	=	8.3	0.602	11.5	>	6.9	0.008
0.25-0.75	62.5	<	97.3	=	99.6	0.001	90.1	=	82.9	0.228
0.75-1	333	=	357	=	369	0.479	360	=	345	0.522

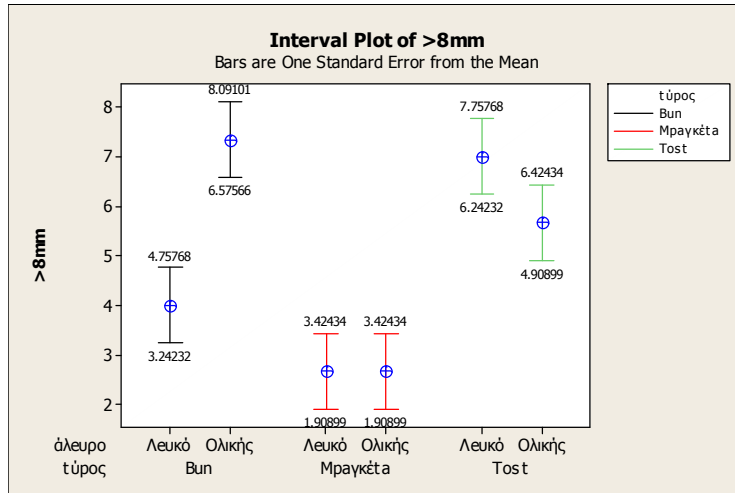
Όσο αφορά το αλεύρο που χρησιμοποιήθηκε παρατηρείται ότι: σχεδόν όλα τα αρτοσκευάσματα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην κυψέλωση ανεξαρτήτως της προσθήκης ή όχι αλεύρου ολικής άλεσης. Στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρείται στην σφαιρικότητα από 0 έως 0.25, όπου τα λευκά φαίνεται να έχουν μεγαλύτερο αριθμό κυψελών σε σχέση με αυτά που έχουν και προσθήκη αλεύρου ολικής άλεσης.

Πιο αναλυτικά, στην συνολική επιφάνεια (Σχήμα 45) παρατηρείται ότι: τα bun είναι αυτά που παρουσιάζουν την μεγαλύτερη συνολική επιφάνεια κυψελών. Η μπαγκέτα και το τοστ δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά στη συνολική επιφάνεια κελιών.



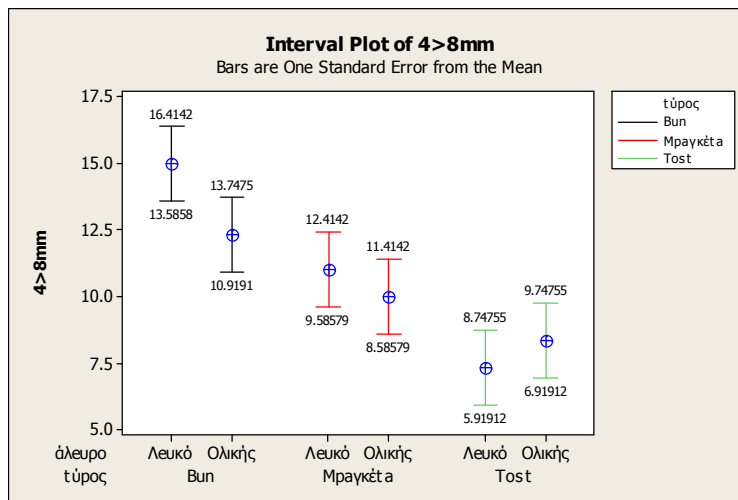
Σχήμα 45: Συνολική επιφάνεια κελιών αρτοσκευασμάτων.

Όσον αφορά τα κελιά που έχουν επιφάνεια μικρότερη από 8mm (Σχήμα 46) παρατηρείται ότι: η μπαγκέτα παρουσιάζει τον μικρότερο αριθμό κυψελών >8mm. Στη συνέχεια ακολουθεί το λευκό bun με μικρή στατιστική διαφορά. Τέλος ακολουθεί το bun ολικής άλεσης, το λευκό τοστ και το τοστ ολικής άλεσης με τον μεγαλύτερο αριθμό κελιών με επιφάνεια >8mm και χωρίς να έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικές διαφορές. Αυτό που πρέπει να σημειωθεί, είναι η επίδραση του αλεύρου ολικής άλεσης στο bun όπου φαίνεται καθαρά ότι αυξάνει το μέγεθος των κυψελών.



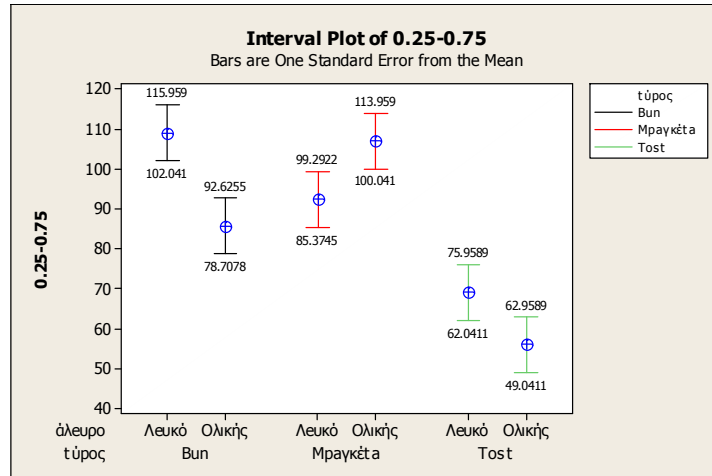
Σχήμα 46:Κυψέλες που έχουν επιφάνεια μεγαλύτερη από 8mm.

Στα κελιά που έχουν επιφάνεια $4 > 8 \text{mm}$ (Σχήμα 47) παρατηρείται το εξής: το λευκό bun είναι αυτό που παρουσιάζει τον μεγαλύτερο αριθμό κελιών. Το bun ολικής άλεσης έχει μικρότερο αριθμό κελιών από το λευκό, αλλά είναι ίσος με τον αριθμό κελιών της λευκής και της ολικής άλεσης μπαγκέτας. Το τοστ δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές με την μπαγκέτα ολικής άλεσης, αλλά παρουσιάζει μικρότερο αριθμό κελιών από την λευκή μπαγκέτα και το bun.



Σχήμα47: Κυψέλες που έχουν επιφάνεια μεταξύ 4 και 8mm.

Όσον αφορά τον αριθμό κυψελών με σφαιρικότητα 0.25 έως 0.75 (Σχήμα 48), παρατηρείται το εξής: Το λευκό bun και η μπαγκέτα ολικής άλεσης παρουσιάζουν τον μεγαλύτερο αριθμό κελιών. Με λίγο μικρότερο αριθμό κελιών, αλλά με στατιστικά σημαντική διαφορά ακολουθεί το bun ολικής άλεσης και η λευκή μπαγκέτα. Τέλος, τα αρτοσκευάσματα με τον μικρότερο αριθμό κυψελών είναι το λευκό ψωμί του τοστ και το ψωμί του τοστ ολικής άλεσης.



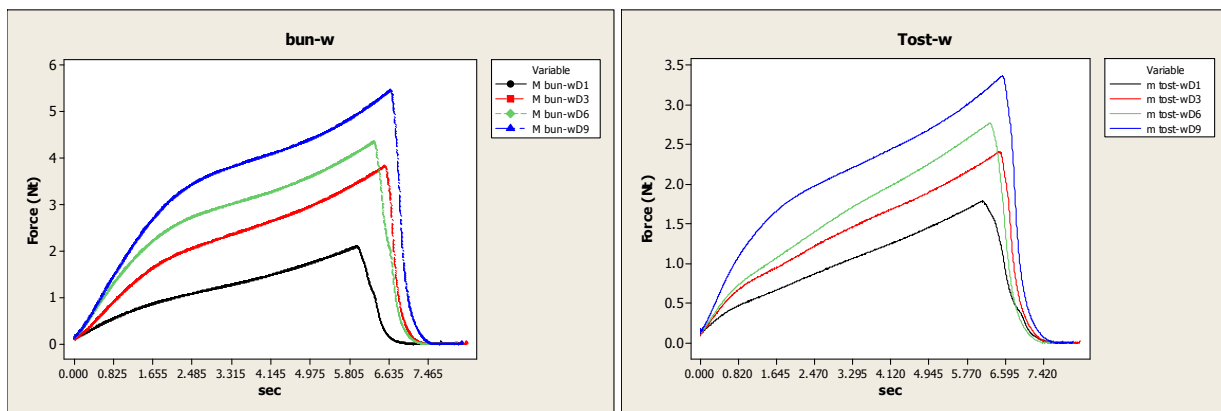
Σχήμα 48: κυψέλες που έχουν σφαιρικότητα από 0.25 έως 0.75.

5.3 Μετρήσεις ανάλυσης υφής

Οι μετρήσεις ανάλυσης υφής που πραγματοποιήθηκαν ήταν: σε όλα τα δείγματα με χρόνο έως εννέα ημερών, στο λευκό και ολικής άλεσης ψωμί του τοστ για χρόνο είκοσι ημερών και τέλος για λευκό και ολικής άλεσης bun που αποθηκεύτηκε σε διαφορετικές θερμοκρασίες.

5.3.1 Μετρήσεις Texture Analyzer (TPA)

Από τρεις διαφορετικές γραμμές παραγωγής πάρθηκαν δείγματα αρτοσκευασμάτων (τοστ, μπαγκέτας και buns) για να μετρηθεί η μέση οργανοληπτική σκληρότητά τους σε χρόνο 1,3,6 και 9 ημερών (Σχήμα 49). Από κάθε γραμμή παραγωγής πάρθηκαν αρτοσκευάσματα που παρασκευάστηκαν από δύο διαφορετικά αλεύρα (70% άλεσης και 90% άλεσης). Σε κάθε δείγμα πραγματοποιήθηκαν τρεις επαναληπτικές παρατηρήσεις.



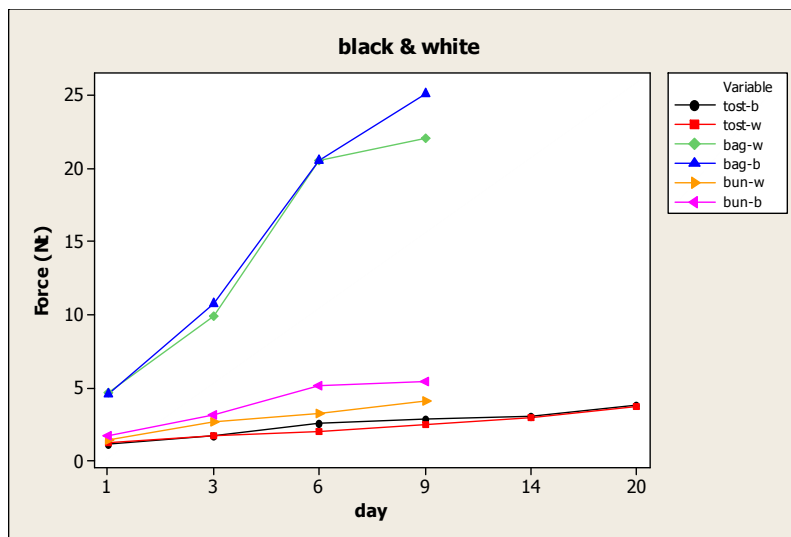
Σχήμα 49: Καμπύλες που πάρθηκαν από το συσκευή μετρήσεις σκληρότητας TA.XT plus.

Κατά την ανάλυση της συμπίεστότητας ο παράγοντας που εξετάστηκε ήταν η σκληρότητα σε σχέση με το χρόνο. Οι τιμές αναγράφονται στον Πίνακα 12.

Πίνακας 12: Μετρήσεις Texture Analyzer

Άλευρο						
Days	Λευκό			Ολικής		
	Τύπος			Τύπος		
	Tost	Bag	Bun	Tost	Bag	Bun
1	1.44	4.52	1.48	0.97	3.85	1.48
	1.32	4.80	1.38	1.11	5.16	1.38
	0.99	4.70	1.53	1.23	4.56	1.53
3	1.59	8.89	2.64	1.03	12.15	2.64
	1.78	10.22	2.54	1.71	10.75	2.54
	1.03	10.63	2.65	1.65	10.91	2.65
6	1.87	20.82	3.83	2.40	18.97	3.83
	1.97	19.68	3.22	3.01	19.69	3.22
	2.62	21.01	3.29	2.21	21.01	3.29
9	2.67	22.17	4.09	3.23	25.81	4.09
	2.21	21.12	4.08	2.79	24.43	4.08
	3.23	22.78	4.01	2.38	32.41	4.01

Οι πορεία μαγιατέματος που ακολούθησαν τα αρτοσκευάσματα φαίνεται στο Σχήμα 50.



Σχήμα 50: Πορεία μαγιατέματος αρτοσκευασμάτων.

Αρχικά δεν υπάρχει κανονική κατανομή των στοιχείων και δεν ισχύει η ομοιογένεια των διακυμάνσεων. Πρέπει να γίνει μετασχηματισμός των στοιχείων για να συνεχιστεί η ανάλυση της διακύμανσης τριών παραγόντων.

Μετά τον λογαριθμικό μετασχηματισμό τα στοιχεία ακολουθούν κανονική κατανομή και ισχύει η ομοιογένεια των διακυμάνσεων. Επομένως μπορεί να συνεχιστεί η ανάλυση.

Η ανάλυση της διακύμανσης τριών παραγόντων έδειξε ότι: στην οργανοληπτική σκληρότητα των αρτοσκευασμάτων υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση από τον τύπο του αρτοσκευάσματος, τις ημέρες αποθήκευσης και το είδος του αλεύρου. Αυτό προκύπτει από την ακριβή πιθανότητα σφάλματος ($p < 0.05$) και συγκεκριμένα ($p < 0.001$).

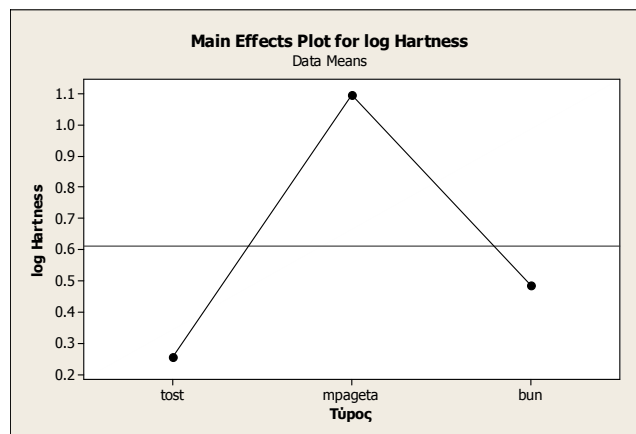
Στην αλληλεπίδραση παρατηρείται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην οργανοληπτική

σκληρότητα των αρτοσκευασμάτων μεταξύ του τύπου αρτοσκευασμάτων και τις μέρες αποθήκευσης ($p < 0.001$) και μεταξύ του τύπου αρτοσκευασμάτων και το είδος του αλεύρου ($p = 0.013$).

Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ του είδους αλεύρου και των ημερών αποθήκευσης ($p > 0.05$) και συγκεκριμένα ($p = 0.148$). Επίσης δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην ολική αλληλεπίδραση των τριών παραγόντων ($p = 0.547$).

Επίδραση του τύπου αρτοσκευάσματος στην οργανοληπτική σκληρότητα.

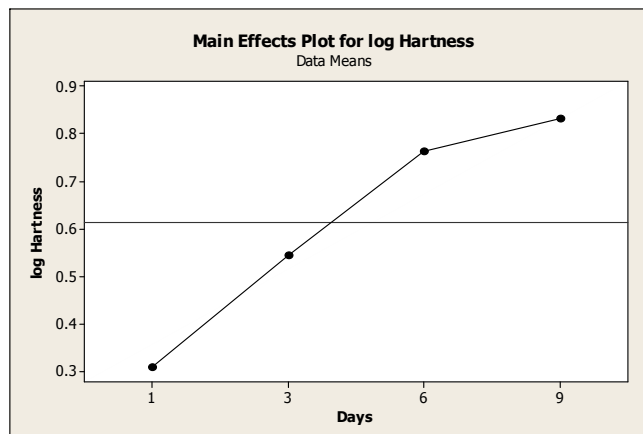
Στο (Σχήμα 51) παρατηρείται ότι υπάρχει επίδραση του τύπου ψωμιού στην μέση οργανοληπτική σκληρότητα. Πιο συγκεκριμένα, το ψωμί του τοστ έχει πιο χαμηλή μέση οργανοληπτική σκληρότητα σε σχέση με την μπαγκέτα και το bun, η μπαγκέτα εμφανίζει την μεγαλύτερη οργανοληπτική σκληρότητα, ενώ το bun έχει αρκετά χαμηλότερη σκληρότητα από την μπαγκέτα αλλά μεγαλύτερη από το ψωμί του τοστ.



Σχήμα 51: Επίδραση του τύπου αρτοσκευάσματος στην οργανοληπτική σκληρότητα.

Επίδραση των ημερών αποθήκευσης στην οργανοληπτική σκληρότητα των αρτοσκευασμάτων.

Παρατηρείται (Σχήμα 52) ότι από την πρώτη ημέρα αποθήκευσης έως και την έκτη ημέρα αποθήκευσης υπάρχει μια έντονη και σταθερή αυξητική τάση της οργανοληπτικής σκληρότητας. Από την έκτη ημέρα έως την ένατη μειώνεται ο ρυθμός αύξησης της μέσης οργανοληπτικής σκληρότητας.



Σχήμα 52: Επίδραση των ημερών αποθήκευσης στην οργανοληπτική σκληρότητα των αρτοσκευασμάτων.

Επίδραση του αλεύρου που χρησιμοποιείται στην οργανοληπτική σκληρότητα.

Η επίδραση του αλεύρου στην οργανοληπτική σκληρότητα των αρτοσκευασμάτων μπορεί να εξαχθεί από την σύγκριση των μέσων όρων ($0.588 < 0.636$), διότι τα επίπεδα του παράγοντα είναι μόνο δύο. Από την σύγκριση βγαίνει το συμπέρασμα ότι τα αρτοσκευάσματα που είναι παρασκευασμένα με λευκό αλεύρο έχουν χαμηλότερη μέση οργανοληπτική σκληρότητα σε σχέση με τα αρτοσκευάσματα τα οποία έχουν παρασκευασθεί με άλευρο ολικής άλεσης.

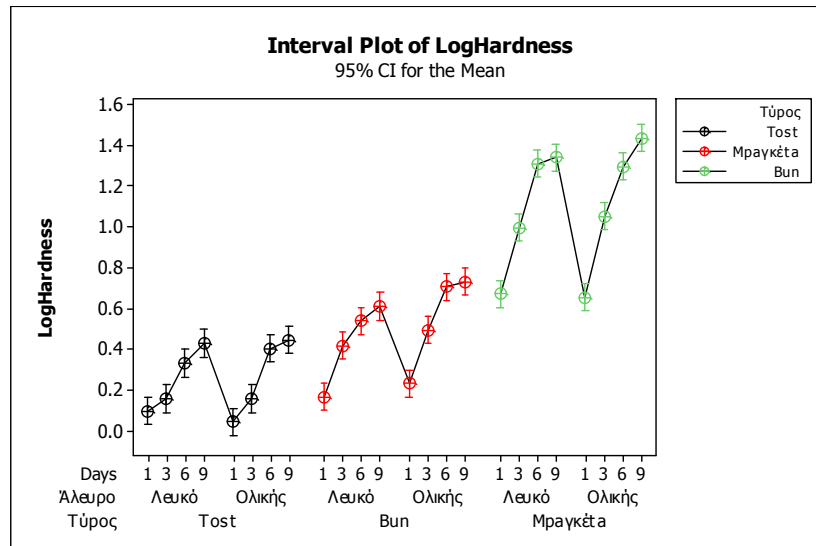
Επίδραση του τύπου αρτοσκευάσματος με τις μέρες αποθήκευσης.

Παρατηρείται ότι (Σχήμα 53) η μέση οργανοληπτική σκληρότητα της μπαγκέτας αυξάνεται σημαντικά στο διάστημα των εννέα ημερών, ενώ η σκληρότητα του τοστ και του bun είναι πιο χαμηλές και συγκεκριμένα του τοστ παρουσιάζει την χαμηλότερη μέση οργανοληπτική σκληρότητα. Επιπλέον, ο ρυθμός αύξησης της σκληρότητας είναι πολύ μεγαλύτερος στην μπαγκέτα σε σχέση με το τοστ και το bun, τα οποία ακολουθούν παρόμοιους ρυθμούς αύξησης της σκληρότητας.



Σχήμα 53: Επίδραση του τύπου αρτοσκευάσματος με τις μέρες αποθήκευσης.

- Το τοστ είναι το αρτοσκεύασμα που έχει την πιο μαλακή υφή. Όπως παρατηρείται παρακάτω (Σχήμα 54) από την μέρα παρασκευής έως και την τρίτη ημέρα δεν μεταβάλλεται στατιστικά σημαντικά η οργανοληπτική σκληρότητα. Υπάρχει στατιστικά σημαντική μεταβολή από την τρίτη ημέρα έως την έκτη. Τέλος από την έκτη έως την ένατη δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική μεταβολή. Η πορεία μπαγιατέματος που ακολουθεί το λευκό τοστ και το τοστ ολικής αλέσεως είναι ίδια.



Σχήμα 54: Ρυθμός μεταβολής οργανοληπτικής σκληρότητας.

- Το αρτοσκεύασμα του bun έχει και αυτό πολύ μαλακή υφή, δεν διαφοροποιείται πολύ το λευκό από το ολικής άλεσης, ωστόσο υπάρχουν διαφορές στον ρυθμό μαγιατέματος. Όπως φαίνεται παρακάτω (Σχήμα 54) η πρώτη μέρα παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά από την τρίτη ημέρα και στα δυο είδη. Στο λευκό bun από την τρίτη ημέρα δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά έως την έκτη ημέρα. Τέλος, από την έκτη ημέρα έως την ένατη δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική μεταβολή. Στο ολικής άλεσης από την τρίτη ημέρα έως την έκτη, σε αντίθεση με το λευκό υπάρχει στατιστικά σημαντική μεταβολή την οργανοληπτικής σκληρότητας, ενώ από την έκτη έως την ένατη ημέρα δεν υπάρχει καμία μεταβολή.
- Η μπαγκέτα είναι ένα προϊόν που διατίθεται στην αγορά προψημένο και δεν αναμένεται μετά το ψήσιμο της να διατηρηθεί για μέρες. Για της ανάγκες του πειράματος τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ψημένα(Σχήμα 54). Επομένως είναι αναμενόμενο η στατιστικά σημαντική μεταβολή της σκληρότητας και ο πολύ γρήγορος ρυθμός μαγιατέματος. Από την έκτη ημέρα έως την ένατη δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική μεταβολή διότι δεν υπάρχουν περιθώρια σκλήρυνσης.

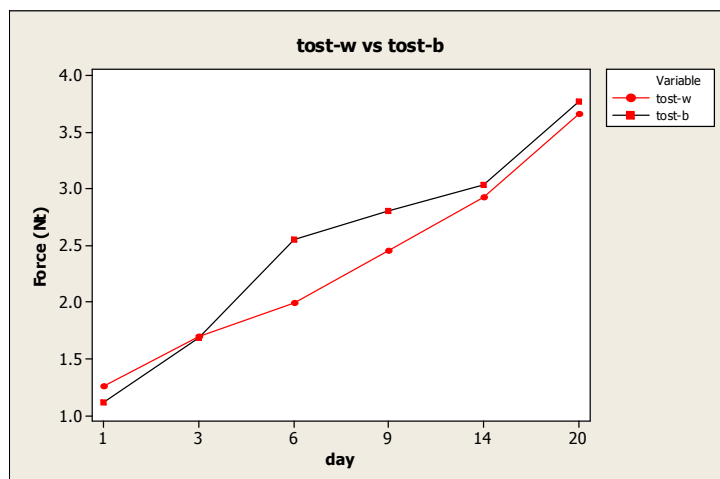
5.3.2 Μετρήσεις Texture Analyzer (TPA) σε ψωμί του τοστ.

Από την γραμμή παραγωγής του τοστ πάρθηκαν δύο τύποι ψωμιού: το λευκό τοστ και του τοστ ολικής άλεσης. Στα δείγματα πραγματοποιήθηκαν έξι μετρήσεις σε χρόνο 1,3,6,9,14 και 20 ημερών με τρεις επαναληπτικές παρατηρήσεις σε κάθε μέτρηση. Οι μετρήσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 13.

Πίνακας 13: Μετρήσεις Texture Analyzer σε ψωμί του τοστ

Days	Άλευρο	
	Λευκό	Ολικής
1	1.44	0.97
	1.32	1.11
	0.99	1.23
3	1.59	1.03
	1.78	1.71
	1.03	1.65
6	1.87	2.40
	1.97	3.01
	2.62	2.21
9	2.67	3.23
	2.21	2.79
	3.23	2.38
14	3.24	3.23
	2.64	2.90
	3.23	2.96
20	3.77	4.15
	3.82	3.50
	4.15	3.64

Στο (Σχήμα 55) παρατηρείται ότι το ολικής άλεσης ψωμί του τοστ παρουσιάζει πιο μεγάλο ρυθμό μπαγιατέματος, ειδικότερα από την τρίτη έως την έκτη μέρα.



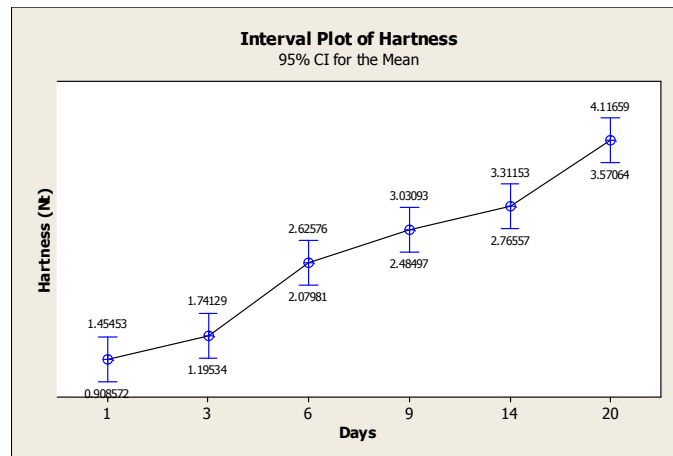
Σχήμα 55: Πορεία μπαγιατέματος λευκού τοστ και τοστ ολικής άλεσης

Αρχικά γίνεται ο έλεγχος της κανονικότητας και της ομοιογένειας των διακυμάνσεων. Τα στοιχεία ακολουθούν κανονική κατανομή και ισχύει η ομοιογένεια των διακυμάνσεων. Επομένως μπορεί να συνεχιστεί η ανάλυση.

Η ανάλυση της διακύμανσης δύο παραγόντων έδειξε ότι: υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην οργανοληπτική σκληρότητα των αρτοσκευασμάτων στις ημέρες αποθήκευσης, όπου ($p < 0.05$) και συγκεκριμένα ($p < 0.001$). Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση ($p > 0.05$) από το είδος του αλεύρου ($p = 0.807$), ούτε από την αλληλεπίδραση των ημερών αποθήκευσης και του αλεύρου ($p = 0.781$).

Ο ρυθμός αύξησης της οργανοληπτικής σκληρότητας των αρτοσκευασμάτων δεν επηρεάζεται από το είδος αλεύρου που θα χρησιμοποιηθεί.

Από την πρώτη έως την τρίτη ημέρα δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική μεταβολή στην μέση οργανοληπτική σκληρότητα (Σχήμα56). Από την τρίτη ημέρα έως την έκτη υπάρχει στατιστικά σημαντική μεταβολή. Από την έκτη ημέρα έως και την δέκατη τέταρτη ημέρα που είναι και η ημερομηνία λήξης του ψωμιού, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική μεταβολή. Τέλος, από την δέκατη τέταρτη ημέρα έως και την εικοστή ο ρυθμός μπαγιατέματος αυξάνεται και υπάρχει στατιστικά σημαντική μεταβολή.



Σχήμα 56: Μεταβολή της μέσης οργανοληπτικής σκληρότητας του ψωμιού του τοστ σε είκοσι ημέρες αποθήκευσης.

5.3.3 Μετρήσεις Texture Analyzer (TPA) σε ψωμί bun που αποθηκεύτηκε σε διαφορετικές θερμοκρασίες.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα bun που αποθηκεύτηκαν σε διαφορετικές θερμοκρασίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 14.

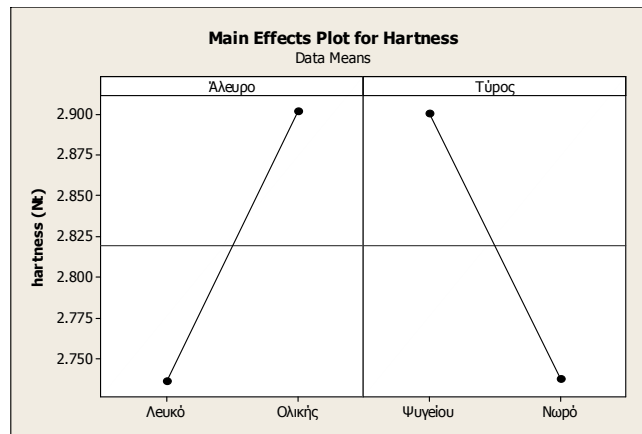
Πίνακας 14: Μετρήσεις Texture Analyzer σε ψωμί του Bun

Days	Άλευρο			
	Τύπος		Τύπος	
	Bun 20° C	Bun 4oC	Bun 20° C	Bun 4°C
1	1.46	1.48	1.21	1.48
	1.15	1.38	1.21	1.38
	1.29	1.53	1.12	1.53
3	2.12	2.64	2.29	2.64
	2.08	2.54	2.12	2.54
	2.23	2.65	2.34	2.65
6	2.98	3.83	3.88	3.83
	2.95	3.22	3.78	3.22
	3.07	3.29	3.81	3.29
9	3.76	4.09	4.45	4.09
	4.05	4.08	4.31	4.08
	3.70	4.01	4.27	4.01

Αρχικά γίνεται ο έλεγχος της κανονικότητας και της ομοιογένειας των διακυμάνσεων. Τα στοιχεία ακολουθούν κανονική κατανομή και ισχύει η ομοιογένεια των διακυμάνσεων. Επομένως μπορεί να συνεχιστεί η ανάλυση.

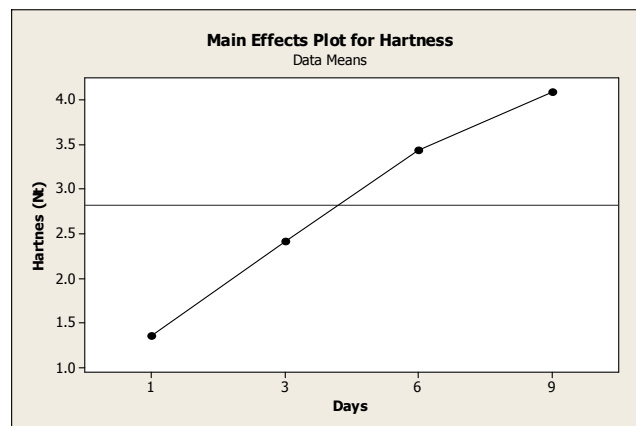
Από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων προκύπτουν τα εξής: στην οργανοληπτική σκληρότητα των αρτοσκευασμάτων υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση ($p < 0.05$) από τον τύπο του αρτοσκευάσματος ($p = 0.001$), τις ημέρες αποθήκευσης ($p < 0.001$) και το είδος του αλεύρου ($p < 0.001$). Στην αλληλεπίδραση των παραγόντων παρατηρείται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση ($p < 0.05$) στην οργανοληπτική σκληρότητα των αρτοσκευασμάτων, μεταξύ όλων των αλληλεπιδράσεων και της ολικής αλληλεπίδρασης.

Πιο αναλυτικά (Σχήμα 57) παρατηρείται: όσον αφορά το είδος του αλεύρου υπάρχει διαφορά και συγκεκριμένα το λευκό άλευρο έχει πιο μικρή οργανοληπτική σκληρότητα σε σχέση με το ολικής άλεσης. Όσον αφορά τον τύπο αποθήκευσης του αρτοσκευάσματος, μεγαλύτερη οργανοληπτική σκληρότητα παρουσιάζουν αυτά που έχουν αποθηκευτεί σε θερμοκρασία ψυγείου, ενώ αυτά που έχουν αποθηκευτεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος παρουσιάζουν πιο μαλακή υφή



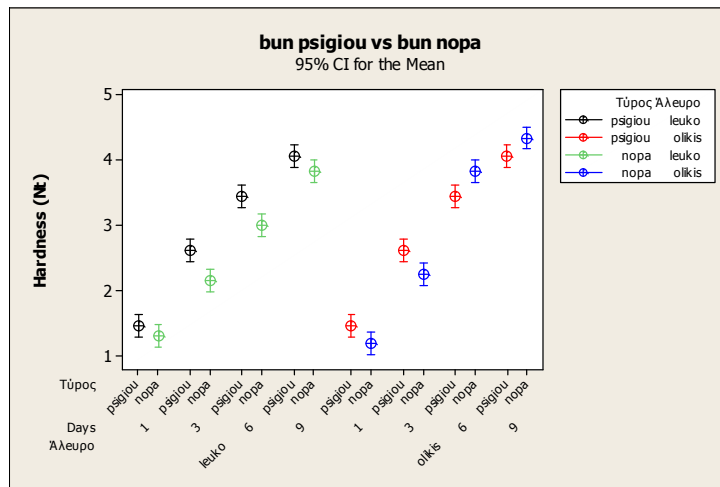
Σχήμα 57: Επίδραση του είδους αλεύρου και του τύπου αποθήκευσης σε ψωμί bun.

Όσον αφορά τις μέρες αποθήκευσης των αρτοσκευασμάτων (Σχήμα 58) παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται ο χρόνος αποθήκευσης, αυξάνεται και η οργανοληπτική σκληρότητα. Αναλυτικότερα, από την πρώτη έως και την έκτη ημέρα η σκληρότητα αυξάνεται γραμμικά, ενώ μειώνεται ο ρυθμός αύξησης της οργανοληπτικής σκληρότητας από την έκτη ημέρα έως την ένατη.



Σχήμα 58: Επίδραση του χρόνου αποθήκευσης στην οργανοληπτική σκληρότητα των αρτοσκευασμάτων.

Μικρή είναι η διαφορά που παρουσιάζουν στην μέση οργανοληπτική σκληρότητα τα αρτοσκευάσματα που αποθηκεύονται σε θερμοκρασία δωματίου σε σχέση με αυτά που αποθηκεύονται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (Σχήμα 59).



Σχήμα 59: Διαφορές λευκών και ολικής bun που αποθηκεύτηκαν σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Ψυγείου 4°C και νωπά (θερμοκρασία δωματίου) 20°C.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη των πειραματικών δεδομένων διεξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η ποσότητα της γλουτένης καθορίζει πολλά ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψωμιού όπως τον όγκο, την δομή και την κυψέλωση.
- Η απορρόφηση νερού εξαρτάται από την ποιότητα του αλεύρου, αλλά κυρίως από την παρουσία αλεύρου ολικής άλεσης. Είναι μεγαλύτερη στη ζύμη που περιέχει άλευρο ολικής άλεσης.
- Η πτώση σε 12 λεπτά είναι συνάρτηση του ποσοστού της περιεκτικότητας γλουτένης των αλεύρων και του ποσοστού πίτουρου.
- Τα αρτοσκευάσματα που περιέχουν και άλευρο ολικής άλεσης παρουσιάζουν μεγαλύτερο χρόνο ανάπτυξης, μεγαλύτερη σταθερότητα και η ζύμη γίνεται πιο σφιχτή. Δεν παρουσιάζουν πτώση στον φαρινογράφο, ενώ στον εξτενσογράφο έχουν αυξημένη τιμή μέγιστης αντίστασης (P MAX) και την αντίσταση μειώνοντας την εκτατότητα.
- Σημαντικό ρόλο στην φωτεινότητα των αρτοσκευασμάτων παίζουν τα άλευρα που χρησιμοποιούνται και ειδικότερα ο βαθμός άλεσης και το ποσοστό προσθήκης του κάθε αλεύρου.
- Το ποσοστό προσθήκης αλεύρου ολικής άλεσης είναι αυτό που ασκεί την σημαντικότερη επίδραση στον συντελεστή χρωματικότητας a^* (κόκκινη χροιά), ενώ στον συντελεστή χρωματικότητας b^* δεν επηρεάζει η προσθήκη αλεύρου ολικής άλεσης.
- Το άλευρο που χρησιμοποιείται για τα αρτοσκευάσματα δεν επιδρά σημαντικά στην κυψέλωση τους.
- Το αρτοσκεύασμα τύπου bun έχει πολύ μαλακή υφή. Δεν διαφοροποιείται πολύ το λευκό από το ολικής άλεσης, ωστόσο υπάρχουν διαφορές στον ρυθμό μπαγιατέματος. Η πρώτη μέρα παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά από την τρίτη ημέρα και στα δυο είδη. Στο λευκό bun από την τρίτη ημέρα δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά έως την έκτη ημέρα. Τέλος, από την έκτη ημέρα έως την ένατη δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική μεταβολή. Στο ολικής άλεσης από την τρίτη ημέρα έως την έκτη, σε αντίθεση με το λευκό υπάρχει στατιστικά σημαντική μεταβολή την οργανοληπτικής σκληρότητας, ενώ από την έκτη έως την ένατη ημέρα δεν υπάρχει καμία μεταβολή.
- Το τοστ είναι το αρτοσκεύασμα που έχει την πιο μαλακή υφή. Από την μέρα παρασκευής έως και την τρίτη ημέρα δεν μεταβάλλεται στατιστικά σημαντικά η οργανοληπτική σκληρότητα. Υπάρχει στατιστικά σημαντική μεταβολή από την τρίτη ημέρα έως την έκτη ενώ από την έκτη ημέρα έως και την δέκατη τέταρτη δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά. Παρόμοια πορεία μπαγιατέματος ακολουθεί το λευκό τοστ και το τοστ ολικής άλεσης.
- Η μπαγκέτα είναι ένα προϊόν που διατίθεται στην αγορά προψημένο. Επομένως είναι αναμενόμενο η στατιστικά σημαντική μεταβολή της σκληρότητας και ο πολύ γρήγορος ρυθμός μπαγιατέματος σε σχέση με τους άλλους τύπους αρτοσκευασμάτων.
- Η θερμοκρασία αποθήκευσης επηρεάζει το ρυθμό μπαγιατέματος των αρτοσκευασμάτων.

Μεγαλύτερη οργανοληπτική σκληρότητα παρουσιάζουν αυτά που έχουν αποθηκευτεί σε θερμοκρασία ψυγείου, ενώ αυτά που έχουν αποθηκευτεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος παρουσιάζουν πιο μαλακή υφή.

7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

- Να διευκρινιστεί ο μηχανισμός μπαγιατέματος και με άλλες τεχνικές όπως θερμική ανάλυση (DSC) και ακτίνες X (XRD).
- Βελτιστοποίηση της συνταγής όπου χρειάζεται έτσι ώστε να επιβραδυνθεί ο ρυθμός του μπαγιατέματος.
- Επικύρωση των αποτελεσμάτων με διεξαγωγή οργανοληπτικού ελέγχου και χρήση κλίμακας αρεστότητας.

8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

- ❖ Αντωνίου Θ., (2004). Επίδραση του κλίματος και του εδάφους στην παραγωγικότητα του μαλακού και σκληρού σιταριού. Πτυχιακή εργασία του Πανεπιστημίου Αιγαίου Τμήμα Περιβάλλοντος.
- ❖ Αρβανιτογιάννης Ι.Βαρζάκας Θ. Τζιφα Κ., (2008). Έλεγχος ποιότητας τροφίμων, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε., Αθήνα
- ❖ Γρυλλακης Κ., (2010). Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας με χρήση σύγχρονων μαθηματικών, Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Ηλεκτρονικής, ΤΕΙ Κρήτης.
- ❖ Δημόπουλος Ι.Σ., (1987). Τεχνολογία Σιτηρών Ι, Εκδόσεις διδακτικών βιβλίων Αθήνα
- ❖ Καζάζη Ι., (1998). Γενικός ποιοτικός έλεγχος τροφίμων, Εκδόσεις διδακτικών βιβλίων Αθήνας, Αθήνα
- ❖ Κεφαλάς Π.Σ., (2002). Τεχνολογία και έλεγχος ποιότητας σιτηρών, Εκδόσεις ΑΤΕΙ- Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη
- ❖ Κουντούρης Γ., (2007). Το προβλήματα του μπαγιατέματος στα αρτοσκευάσματα. Ο αρτοποιός και το ψωμί του, **32**, 26-28.
- ❖ Κριτσαντώνης Α.,(2006). Σιτάρι, αλεύρι και ψωμί. Ο αρτοποιός και η δουλειά του του, **30**, 32-33
- ❖ Κ.Τ.Π., (2009) Άρθρο 106, Τύποι Άλευρων και Όροι Διάθεσης τους, pp 373-376. Άρθρο 104, Άλευρο σίτου, pp 369. Άρθρο 111, Άρτος, pp 380-384. Άρθρο 105, Όροι για τα συστατικά των αλεύρων, pp 372-373. Άρθρο 112, Αρτοσκευάσματα, pp 384-385. Άρθρο 34, Πρόσθετα αλεύρων, pp 81-84.
- ❖ Μποσδίκος Δ., (2005). Από το στάρι στο ψωμί. pp107-110. Εκδόσεις Κορμός, Αθήνα
- ❖ Παπαεμμανουήλ Δ.,(2006). Οι διάφοροι τύποι αλεύρων. Ο αρτοποιός και η δουλειά του του, **27**, 32-33
- ❖ Πετρίδης Δ., (2011). Προσωπική επικοινωνία, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκη
- ❖ Πετρίδης Δ., (2000). Εφαρμοσμένη Στατιστική με έμφαση στην επιστήμη των τροφίμων, Εκδόσεις Όμηρος, Θεσσαλονίκη
- ❖ Ρουσοπούλου Π., (2001). Εργαστηριακές σημειώσεις τεχνολογίας και ελέγχου ποιότητας σιτηρών, Α.Τ.Ε.Ι.Θ.
- ❖ Σαμακίδης Γ., (2006). Σιτάρι από το χωριό στο μύλο, άρθρο Έθνος 2006
- ❖ Τσιάρας Ν., (1987). Ποιοτικός έλεγχος τροφίμων ,pp 217-225, Εκδόσεις διδακτικών βιβλίων Αθήνα

Ξένη βιβλιογραφία

- ❖ AACC, American Association of Cereal Chemists, (1990). Stalness/Texture AACC Method 74-09. Physical Dough Test AACC Method 54-10, 54-21. Gluten AACC Method 38-10, 38-11.
- ❖ Bourne.M.C., (1978). Texture Profile Analysis, Food technology, **49**, 62-66

- ❖ Caballero P. Gomez M. Rosell C.(2006) Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination. *Journal of Food Engineering*, **81**, 42-53.
- ❖ Cauvain S.P.& Young L.S., (2009.) *The ICC handbook of cereal, flour, dough & product testing*. pp 462-468, DEStech publication, Inc. Lancaster
- ❖ Eliasson A., Larson K. (1993). *Cereals in breadmaking : a molecular colloidal approach*, pp 118-129, 325-338, Marcel Dekker, New York
- ❖ Fearn T., Russell P., (1982). A kinetic study of bread staling by differential calorimetry. The effect of loaf specific volume. *J Sci Food Agric*, **33**, 537-548.
- ❖ Gonzales U. B. and Butler F., (2005) A comparison of seven thresholding techniques with the k-means clustering algorithm for measurement of bread-crumbs features by digital image analysis, *Journal of Food Engineering*, **74**, 268–278
- ❖ Hui Y.H., (2006). *Bakery Products, Science and Technology*,pp 2-21 Blackwell Publishing. Iowa
- ❖ Katina K. Salmenkallio Marttila M. Partanen R. Forssell P. Autio K. (2005) Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*,**39**, 479-491.
- ❖ Konica Minolta, (1998). Μη δημοσιευμένη πηγή
- ❖ Masci S., Lew E., Lafiandra D., Porceddu E., Kasarda D. (1995). Characterization of low-molecular-weight glutenin type 1 and type 2 by RP-HPLC and N-terminal sequencing. *Cereal Chemical*, **72**, 100-104.
- ❖ Mohd J. Chin N. Yusof Y. Rahman A., (2009). Bread crust thickness measurement using digital imaging and L a b colour system. *Journal of Food Engineering*, **94**, 366-371.
- ❖ Munck L, Pomeranz Y., (1981) . *Cereals, a renewable resource : theory and practice* St. Paul, Minn. pp 134-139, American Association of Cereal Chemist.
- ❖ Owens G., (2001). *Cereals processing technology*, pp 204-230. Woodhead Publishing Ltd. UK
- ❖ Ribotta P.D. and Bail A., (2006). Thermo-physical assessment of bread during staling. *LWT-Food Sci. Technologie*, **40**, 879-884
- ❖ Setser C., (1996). Sensory methods. In: Hebeda RE, Zobel H, editors. *Baked GoodsFreshness*. pp 171-187 Marcel Dekker, New York
- ❖ Skendi A. Biliaderis C. Papageorgiou M. Izydorczyk M., (2010). Effects of two barley b-glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. *Food Chemistry*, **119**, 1159-1167.
- ❖ Texture Technologies., (2011). Corp and by Stable Micro Systems, Ltd. Internet source
- ❖ UTHSCSA Image Tool, (1997) Software Version TP 2.0
- ❖ Wilson R., Goodfellow B., Belton P., Osborne B., Oliver G, Russell P., (1991) .Comparison of Fourier transform mid infrared spectroscopy and near infrared reflectance spectroscopy with differential scanning calorimetry for the study of the staling of bread. *Journal Science Food Agric*, **54**, 471-483
- ❖ Zaidel A., Chin.N.L., Rahman A., Karim R. (2007). Rheological characterisation of gluten from extensibility measurement. *Journal of Food Engineering*, **86**, 549-556.

Παράρτημα

Στατιστική ανάλυση

1) Ρεολογικές μετρήσεις με τον φαρινογράφο Max Egger

Factor	Type	Levels	Values
Τύπος	fixed	3	1, 2, 3
Αλευρο	fixed	2	1, 2

Analysis of Variance for Απορρόφηση νερού, using Adjusted SS for Tests

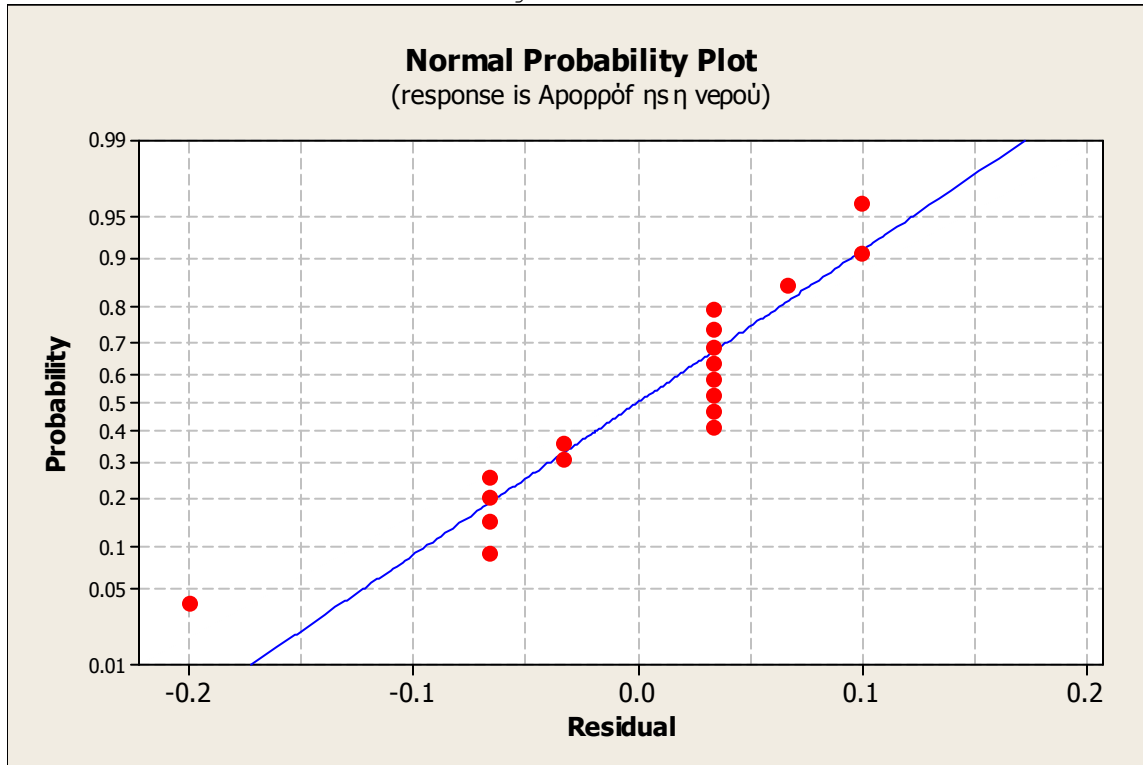
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Τύπος	2	0.2500	0.2500	0.1250	16.07	0.000
Αλευρο	1	14.4006	14.4006	14.4006	1851.50	0.000
Τύπος*Αλευρο	2	7.6811	7.6811	3.8406	493.79	0.000
Error	12	0.0933	0.0933	0.0078		
Total	17	22.4250				

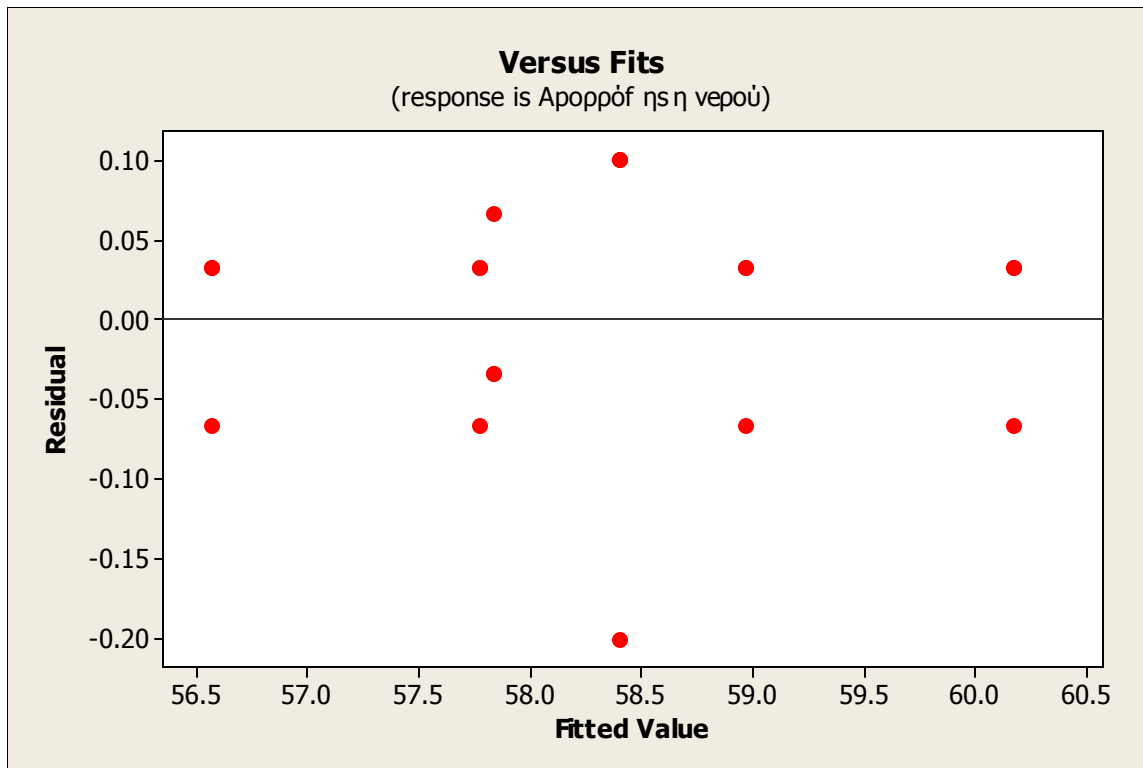
S = 0.0881917 R-Sq = 99.58% R-Sq(adj) = 99.41%

Unusual Observations for Απορρόφηση νερού

Obs	Απορρόφηση νερού	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
13	58.2000	58.4000	0.0509	-0.2000	-2.78 R

R denotes an observation with a large standardized residual.





Analysis of Variance for Χρόνος ανάπτ. Min, using Adjusted SS for Tests

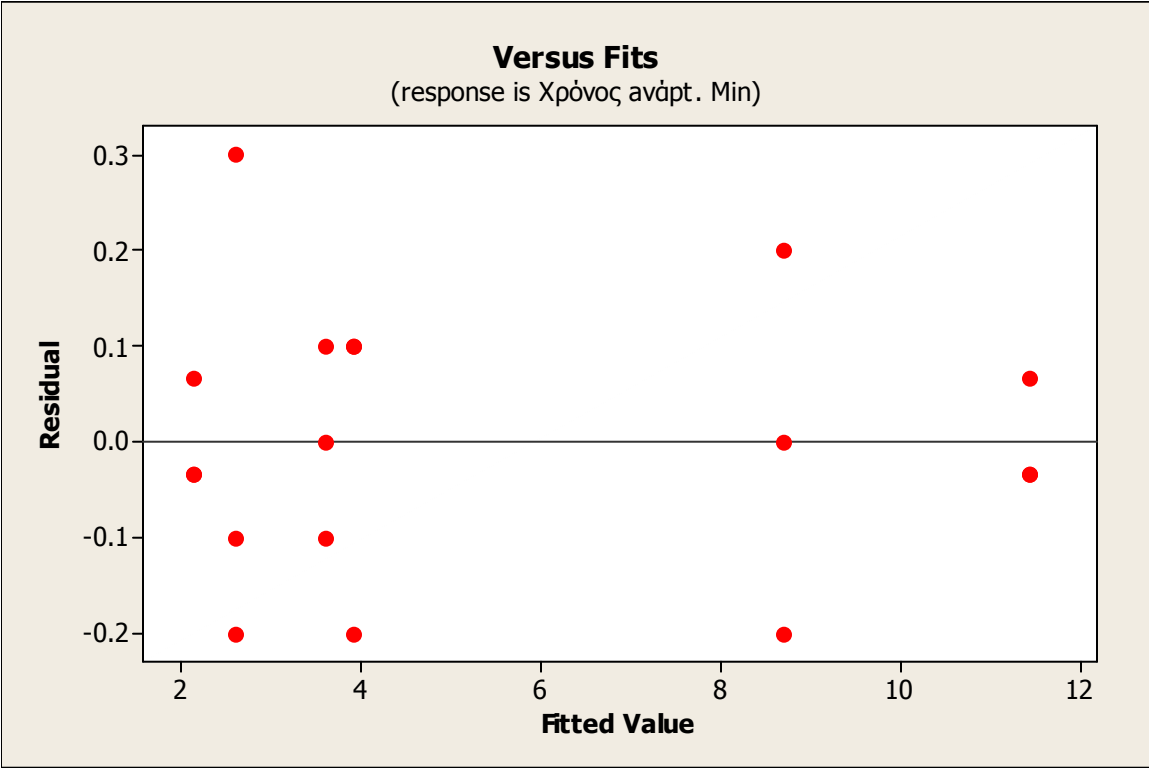
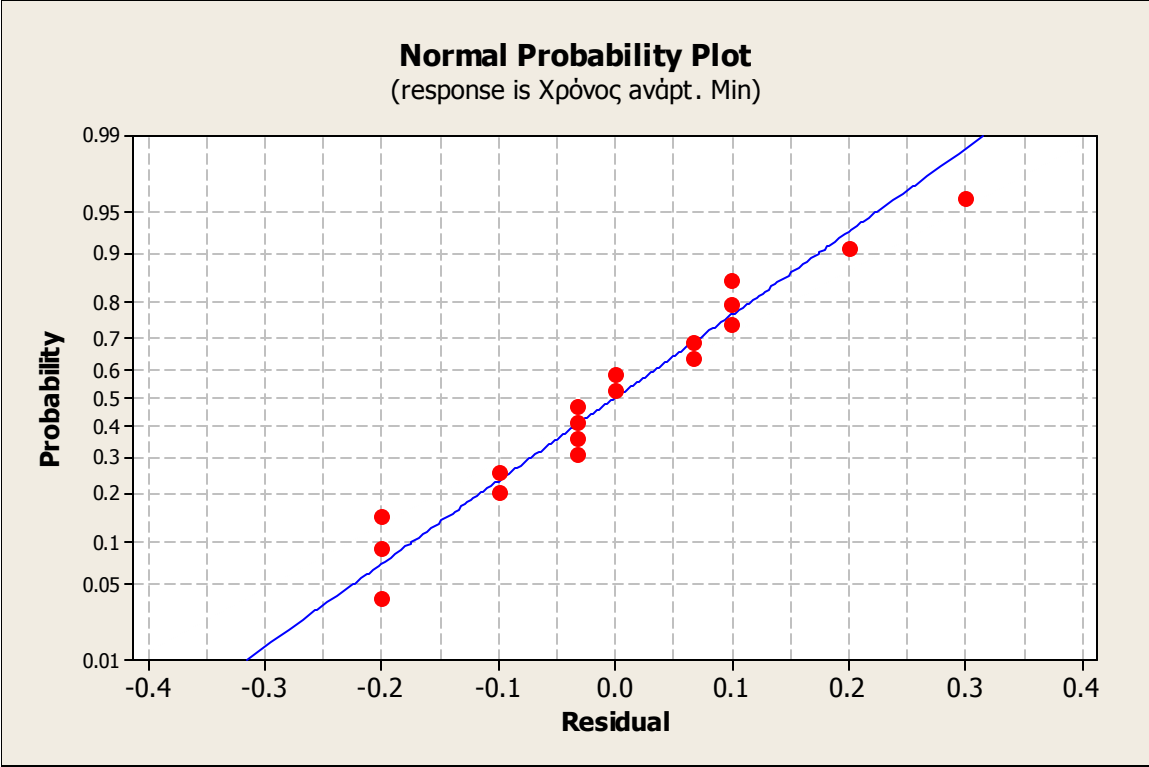
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Τύπος	2	32.018	32.018	16.009	613.11	0.000
Άλευρο	1	114.005	114.005	114.005	4366.15	0.000
Τύπος*Άλευρο	2	67.853	67.853	33.927	1299.32	0.000
Error	12	0.313	0.313	0.026		
Total	17	214.189				

S = 0.161589 R-Sq = 99.85% R-Sq(adj) = 99.79%

Unusual Observations for Χρόνος ανάπτ. Min

Obs	Χρόνος ανάπτ. Min	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
6	2.9000	2.6000	0.0933	0.3000	2.27 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Analysis of Variance for Σταθερότητα, using Adjusted SS for Tests

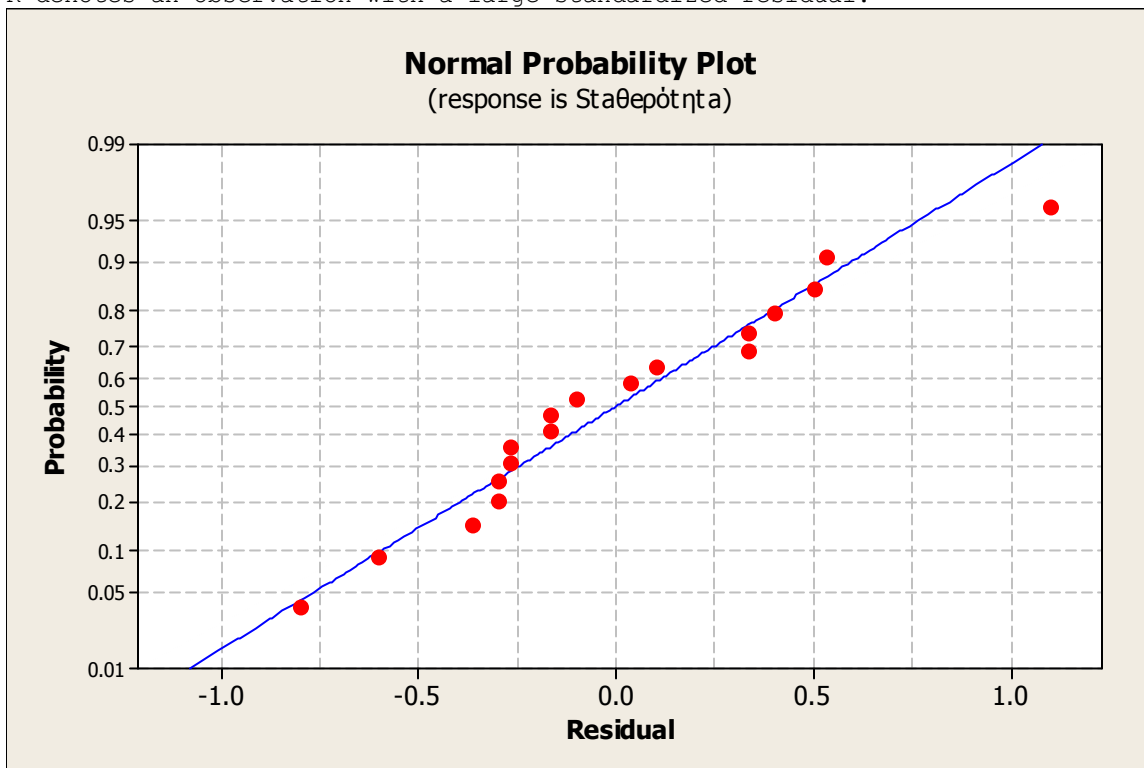
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Τύπος	2	247.20	247.20	123.60	405.25	0.000
Αλευρο	1	369.01	369.01	369.01	1209.88	0.000
Τύπος*Αλευρο	2	13.87	13.87	6.93	22.73	0.000
Error	12	3.66	3.66	0.31		
Total	17	633.75				

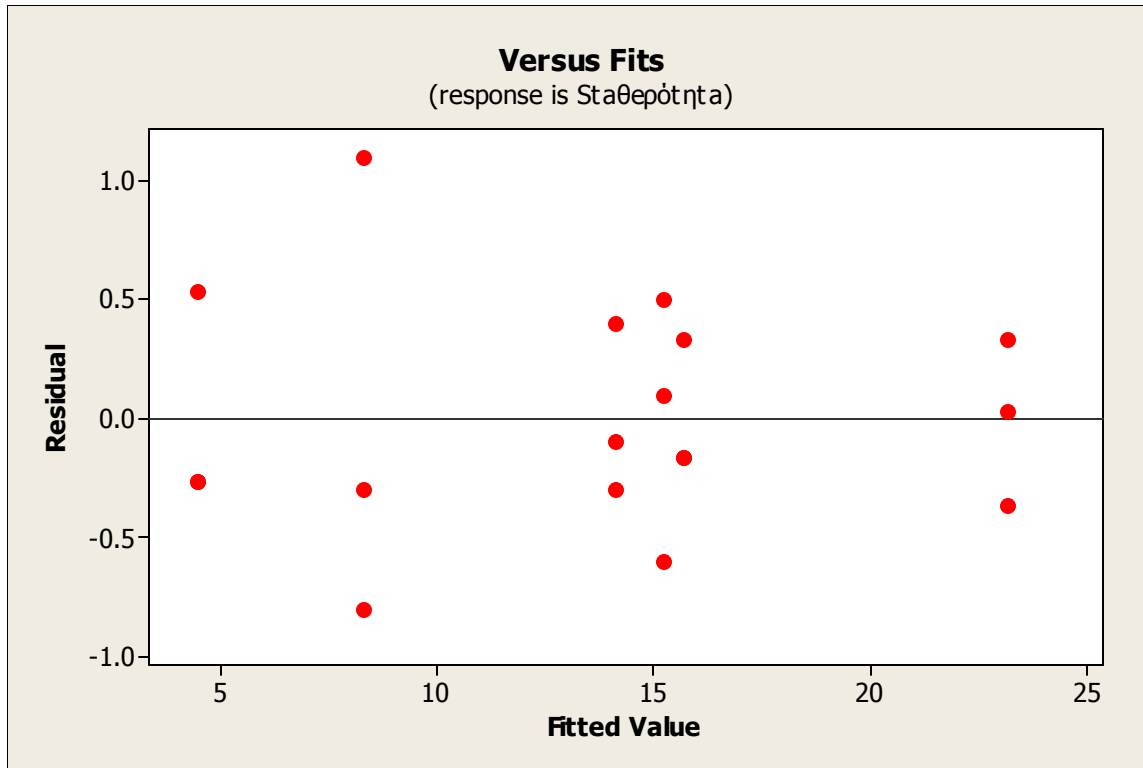
S = 0.552268 R-Sq = 99.42% R-Sq(adj) = 99.18%

Unusual Observations for Σταθερότητα

Obs	Σταθερότητα	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
2	9.4000	8.3000	0.3189	1.1000	2.44 R

R denotes an observation with a large standardized residual.





Analysis of Variance for Πτώση στα 12' FU, using Adjusted SS for Tests

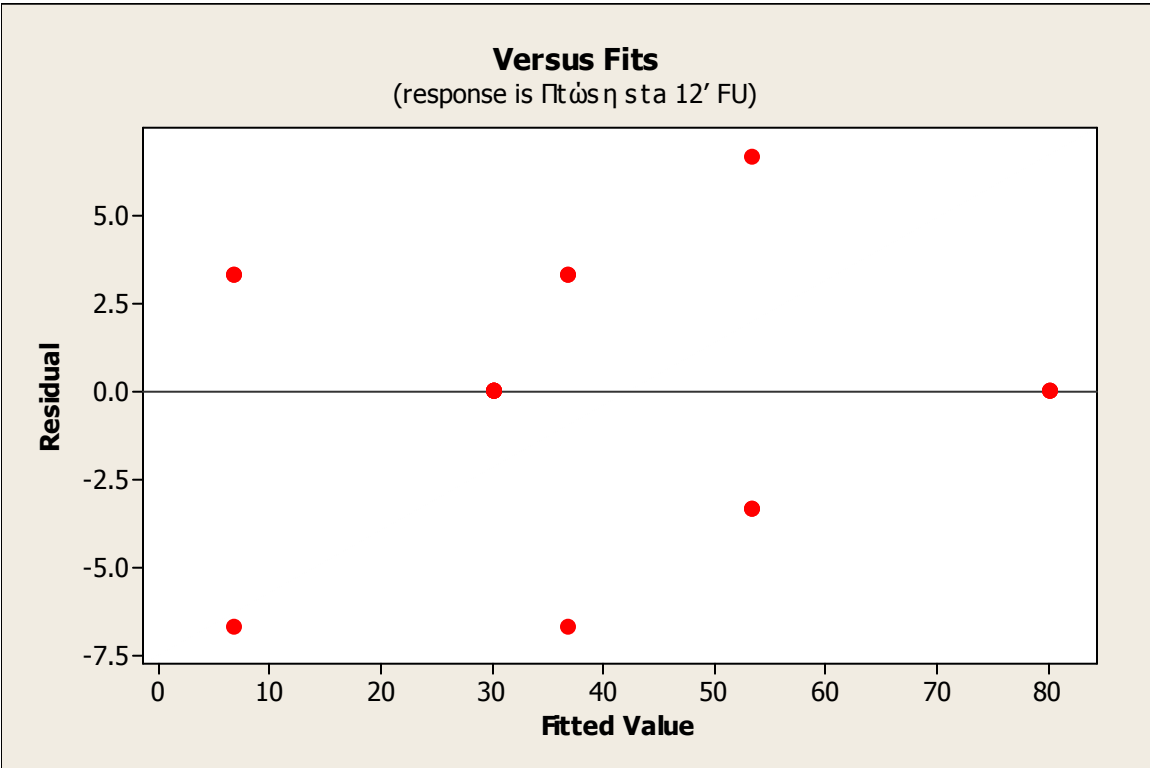
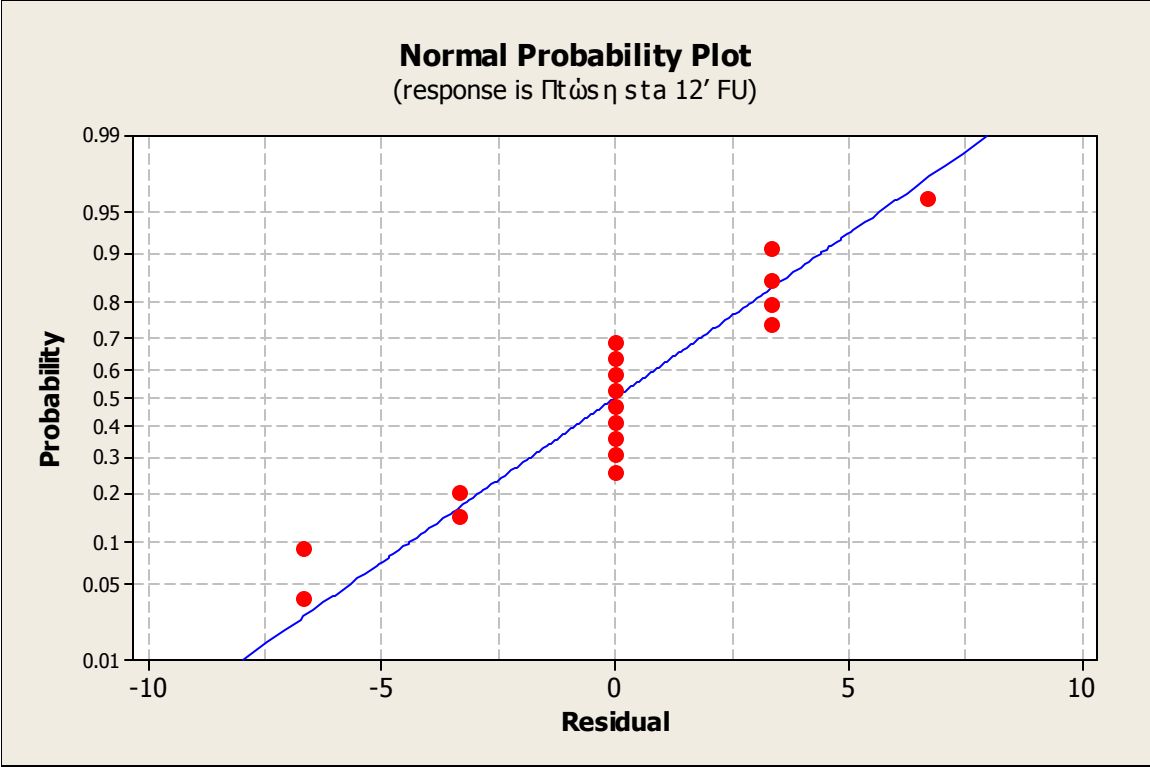
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Τύπος	2	4311.1	4311.1	2155.6	129.33	0.000
Άλευρο	1	938.9	938.9	938.9	56.33	0.000
Τύπος*Άλευρο	2	4044.4	4044.4	2022.2	121.33	0.000
Error	12	200.0	200.0	16.7		
Total	17	9494.4				

S = 4.08248 R-Sq = 97.89% R-Sq(adj) = 97.02%

Unusual Observations for Πτώση στα 12' FU

Obs	Πτώση στα 12' FU	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
2	30.0000	36.6667	2.3570	-6.6667	-2.00 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Analysis of Variance for Πτώση στα 10' FU, using Adjusted SS for Tests

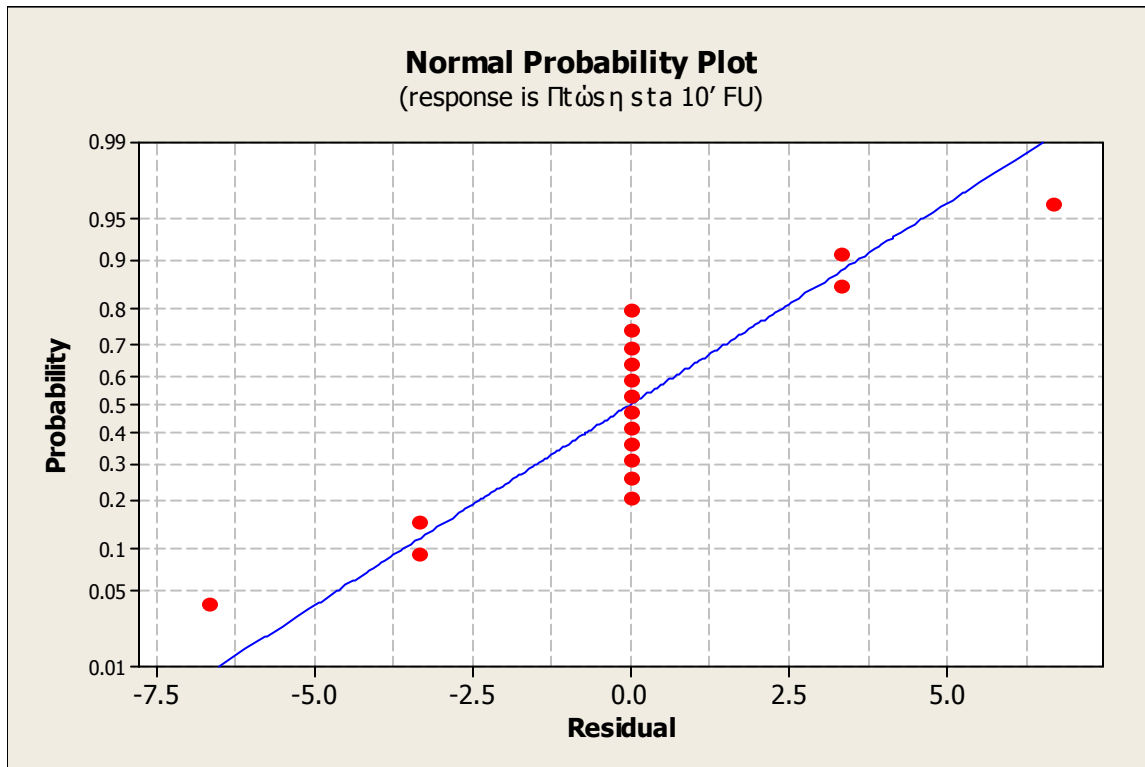
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Τύπος	2	300.00	300.00	150.00	13.50	0.001
Αλευρο	1	2222.22	2222.22	2222.22	200.00	0.000
Τύπος*Αλευρο	2	1544.44	1544.44	772.22	69.50	0.000
Error	12	133.33	133.33	11.11		
Total	17	4200.00				

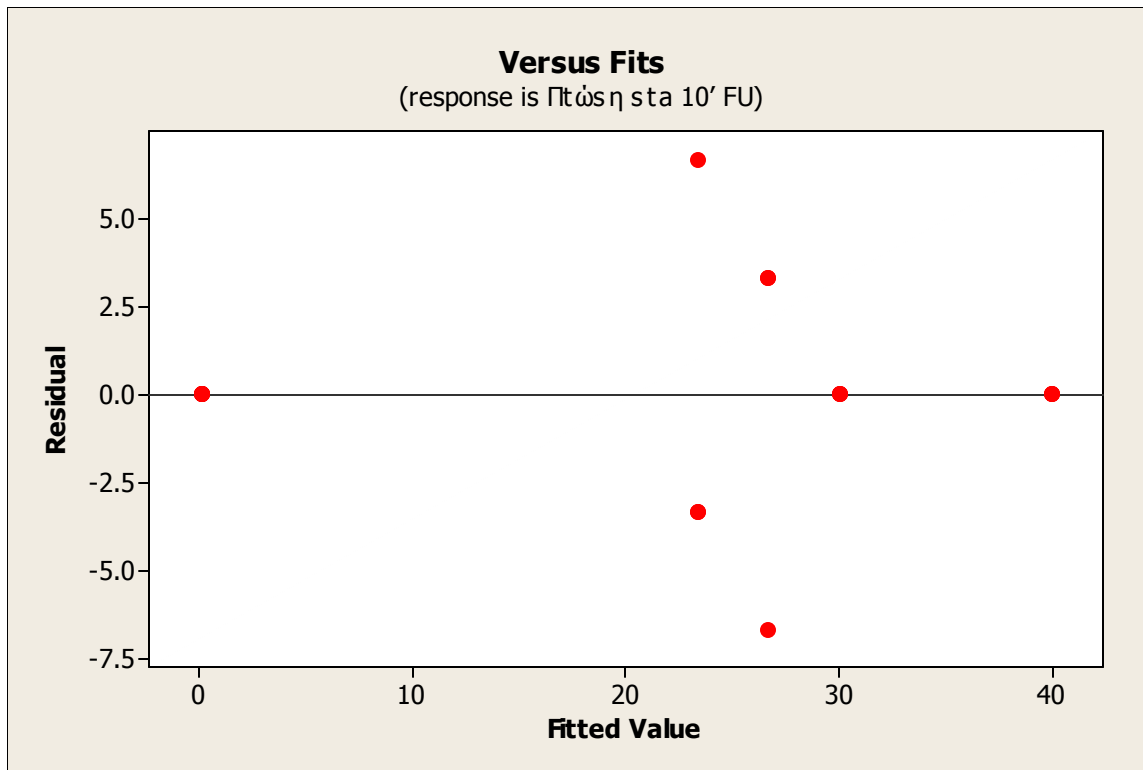
S = 3.33333 R-Sq = 96.83% R-Sq(adj) = 95.50%

Unusual Observations for Πτώση στα 10' FU

Obs	Πτώση στα 10' FU	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
9	30.0000	23.3333	1.9245	6.6667	2.45 R
16	20.0000	26.6667	1.9245	-6.6667	-2.45 R

R denotes an observation with a large standardized residual.





Analysis of Variance for Πτώση στα 20' FU, using Adjusted SS for Tests

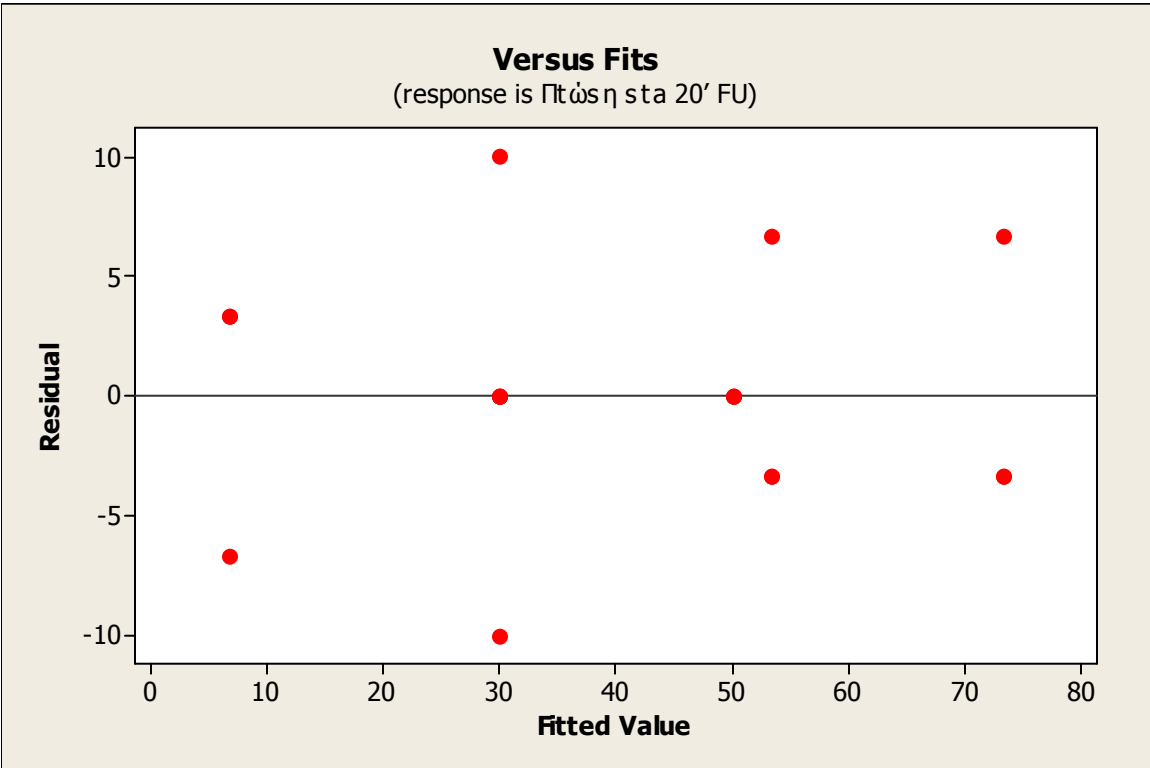
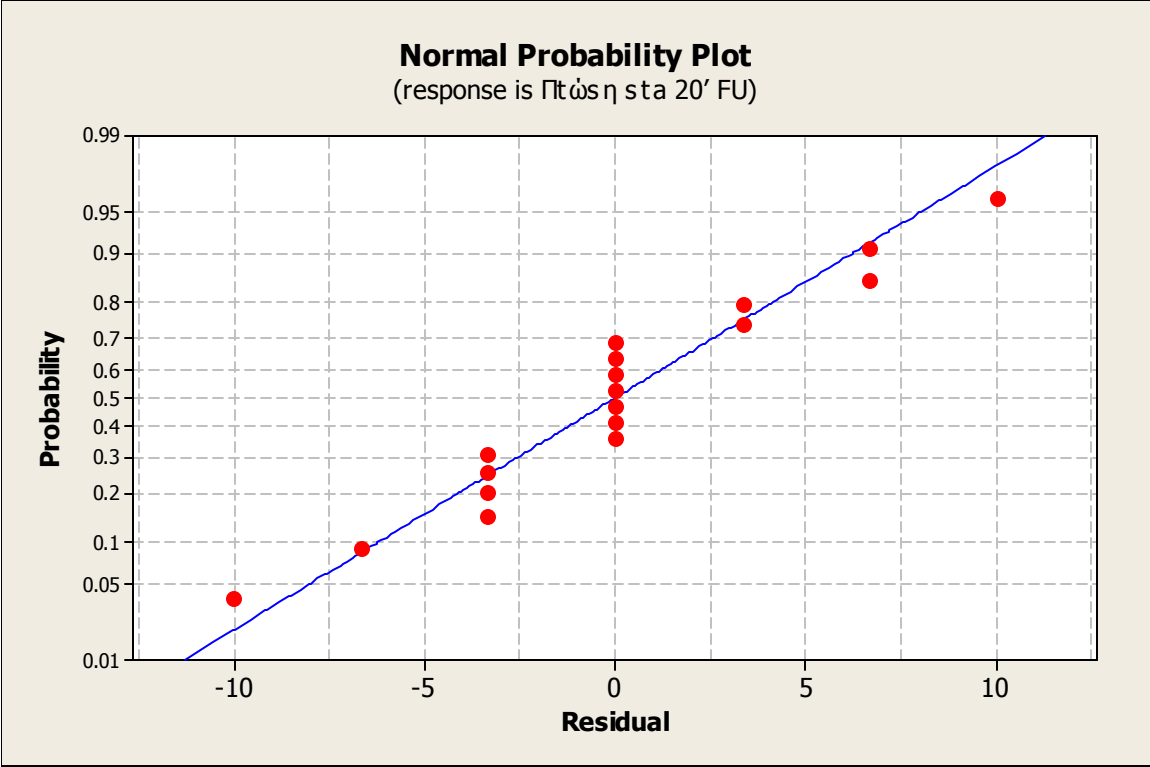
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Τύπος	2	6077.8	6077.8	3038.9	91.17	0.000
Αλευρο	1	272.2	272.2	272.2	8.17	0.014
Τύπος*Αλευρο	2	1744.4	1744.4	872.2	26.17	0.000
Error	12	400.0	400.0	33.3		
Total	17	8494.4				

S = 5.77350 R-Sq = 95.29% R-Sq(adj) = 93.33%

Unusual Observations for Πτώση στα 20' FU

Obs	Πτώση στα 20' FU	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
7	40.0000	30.0000	3.3333	10.0000	2.12 R
9	20.0000	30.0000	3.3333	-10.0000	-2.12 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Least Squares Means

		Απορρόφηση νερού		--Χρόνος ανάπτυξ.--		---Σταθερότητα---		-Πτώση- --στα-- 12' FU
Τύπος		Mean	SE Mean	Mean	SE Mean	Mean	SE Mean	Mean
1		58.3667	0.03600	5.4167	0.06597	11.7500	0.22546	45.0000
2		58.1167	0.03600	7.0167	0.06597	10.0667	0.22546	55.0000
3		58.3667	0.03600	3.7500	0.06597	18.6333	0.22546	18.3333
Αλευρο								
1		57.3889	0.02940	2.8778	0.05386	8.9556	0.18409	32.2222
2		59.1778	0.02940	7.9111	0.05386	18.0111	0.18409	46.6667
Τύπος*Αλευρο								
1	1	56.5667	0.05092	2.1333	0.09329	8.3000	0.31885	36.6667
1	2	60.1667	0.05092	8.7000	0.09329	15.2000	0.31885	53.3333
2	1	57.8333	0.05092	2.6000	0.09329	4.4667	0.31885	30.0000
2	2	58.4000	0.05092	11.4333	0.09329	15.6667	0.31885	80.0000
3	1	57.7667	0.05092	3.9000	0.09329	14.1000	0.31885	30.0000
3	2	58.9667	0.05092	3.6000	0.09329	23.1667	0.31885	6.6667

		-Πτώση στα 10'- FU-		-Πτώση στα 20'- FU-		
Τύπος		SE Mean	Mean	SE Mean	Mean	SE Mean
1		1.66667	15.0000	1.36083	63.3333	2.35702
2		1.66667	20.0000	1.36083	40.0000	2.35702
3		1.66667	25.0000	1.36083	18.3333	2.35702
Αλευρο						
1		1.36083	31.1111	1.11111	44.4444	1.92450
2		1.36083	8.8889	1.11111	36.6667	1.92450
Τύπος*Αλευρο						
1	1	2.35702	30.0000	1.92450	73.3333	3.33333
1	2	2.35702	-0.0000	1.92450	53.3333	3.33333
2	1	2.35702	40.0000	1.92450	30.0000	3.33333
2	2	2.35702	-0.0000	1.92450	50.0000	3.33333
3	1	2.35702	23.3333	1.92450	30.0000	3.33333
3	2	2.35702	26.6667	1.92450	6.6667	3.33333

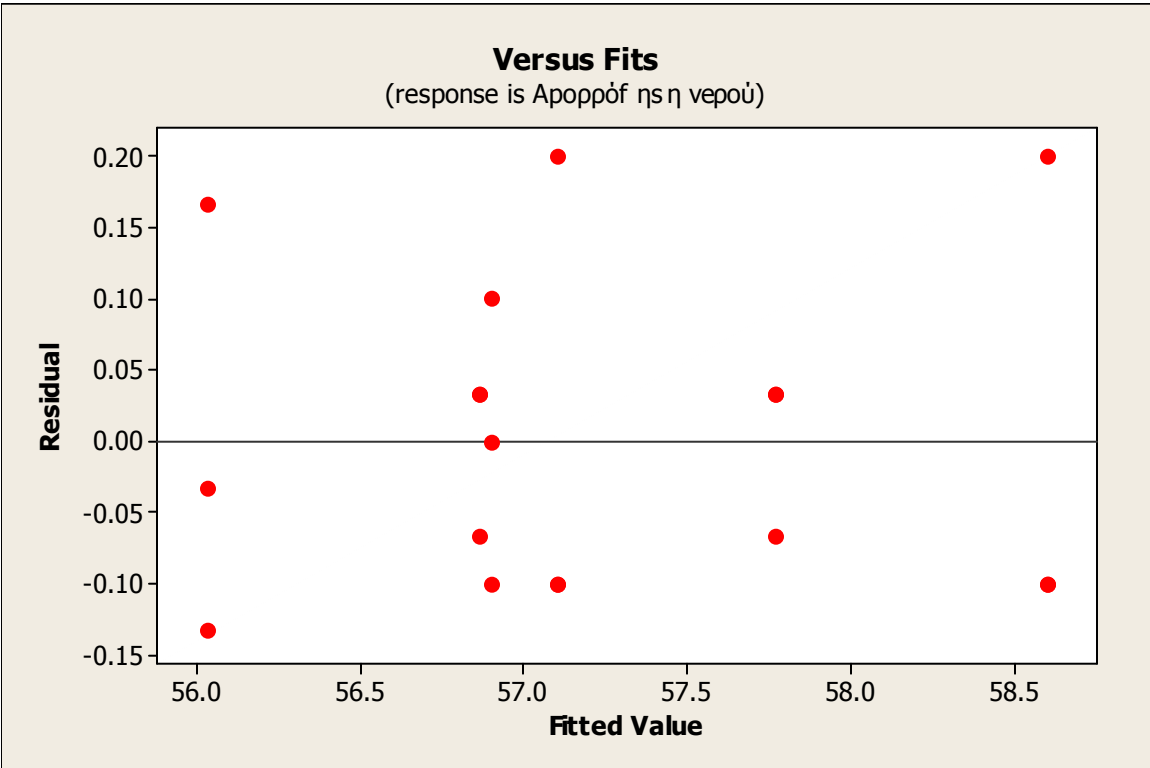
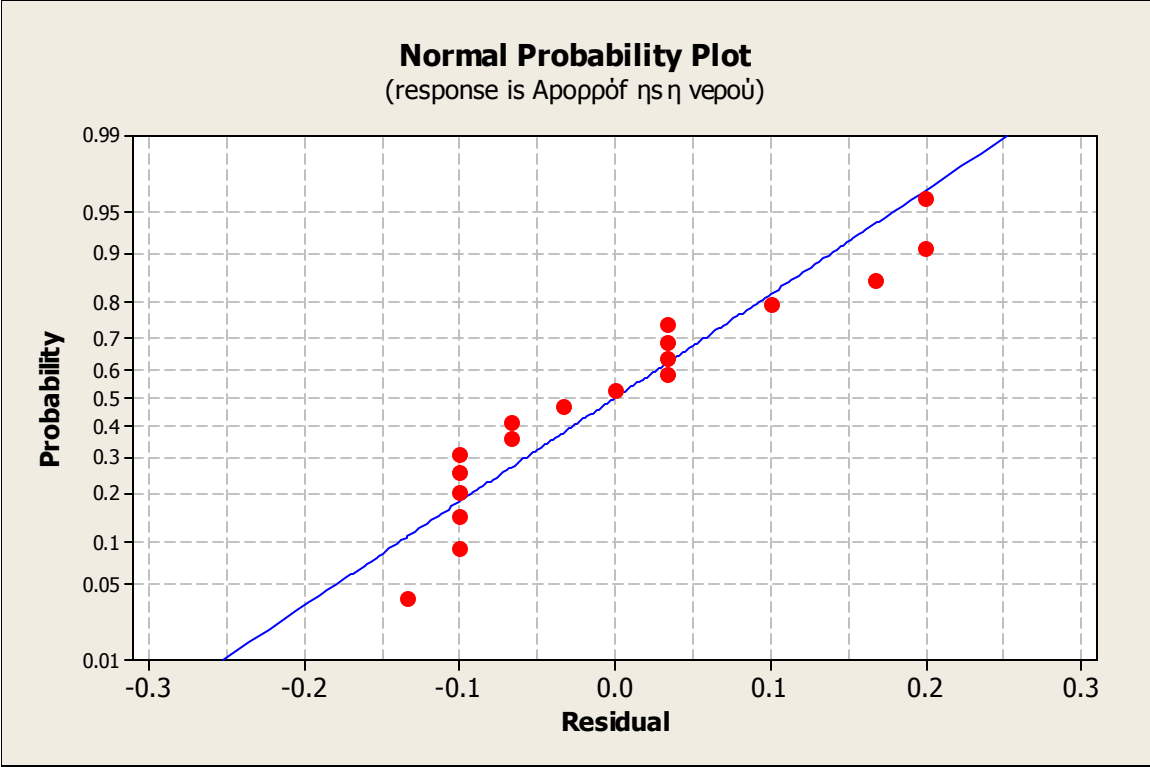
2) Ρεολογικές μετρήσεις με τον εξτενσογράφο Max Egger

Factor	Type	Levels	Values
Τύπος	fixed	3	1, 2, 3
Αλευρο	fixed	2	1, 2

Analysis of Variance for Απορρόφηση νερού, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Τύπος	2	0.4011	0.4011	0.2006	12.03	0.001
Αλευρο	1	6.7222	6.7222	6.7222	403.33	0.000
Τύπος*Αλευρο	2	4.4344	4.4344	2.2172	133.03	0.000
Error	12	0.2000	0.2000	0.0167		
Total	17	11.7578				

S = 0.129099 R-Sq = 98.30% R-Sq(adj) = 97.59%



Analysis of Variance for P MAX (EU), using Adjusted SS for Tests

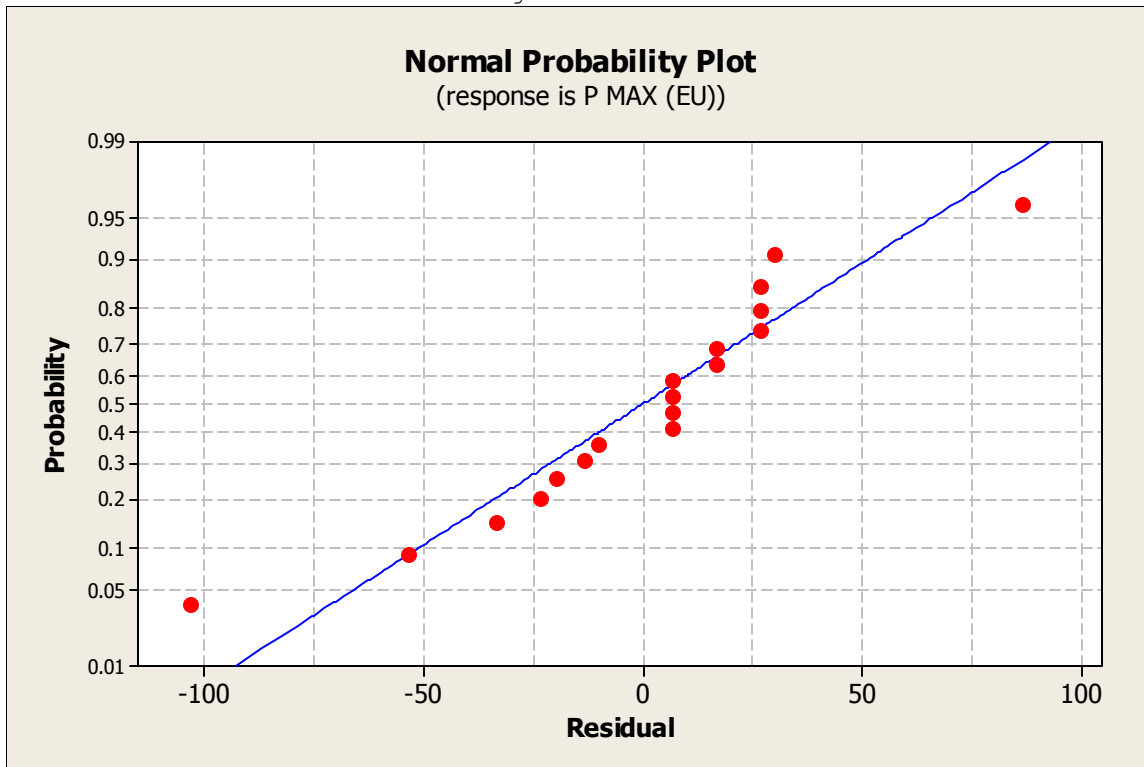
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Τύπος	2	88078	88078	44039	19.48	0.000
Άλευρο	1	99756	99756	99756	44.12	0.000
Τύπος*Άλευρο	2	14811	14811	7406	3.28	0.073
Error	12	27133	27133	2261		
Total	17	229778				

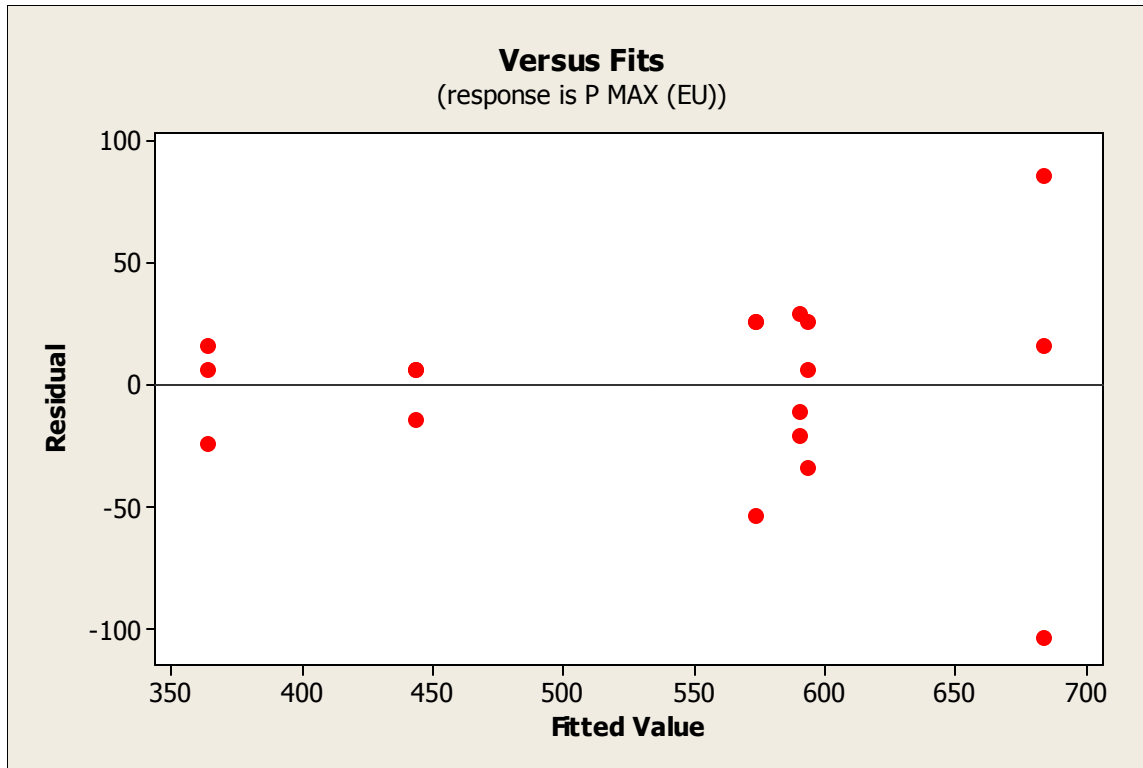
S = 47.5511 R-Sq = 88.19% R-Sq(adj) = 83.27%

Unusual Observations for P MAX (EU)

Obs	P MAX (EU)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
16	770.000	683.333	27.454	86.667	2.23 R
17	580.000	683.333	27.454	-103.333	-2.66 R

R denotes an observation with a large standardized residual





Factor	Type	Levels	Values
Τύπος	fixed	3	1, 2, 3
Αλευρο	fixed	2	1, 2

Analysis of Variance for C8, using Adjusted SS for Tests

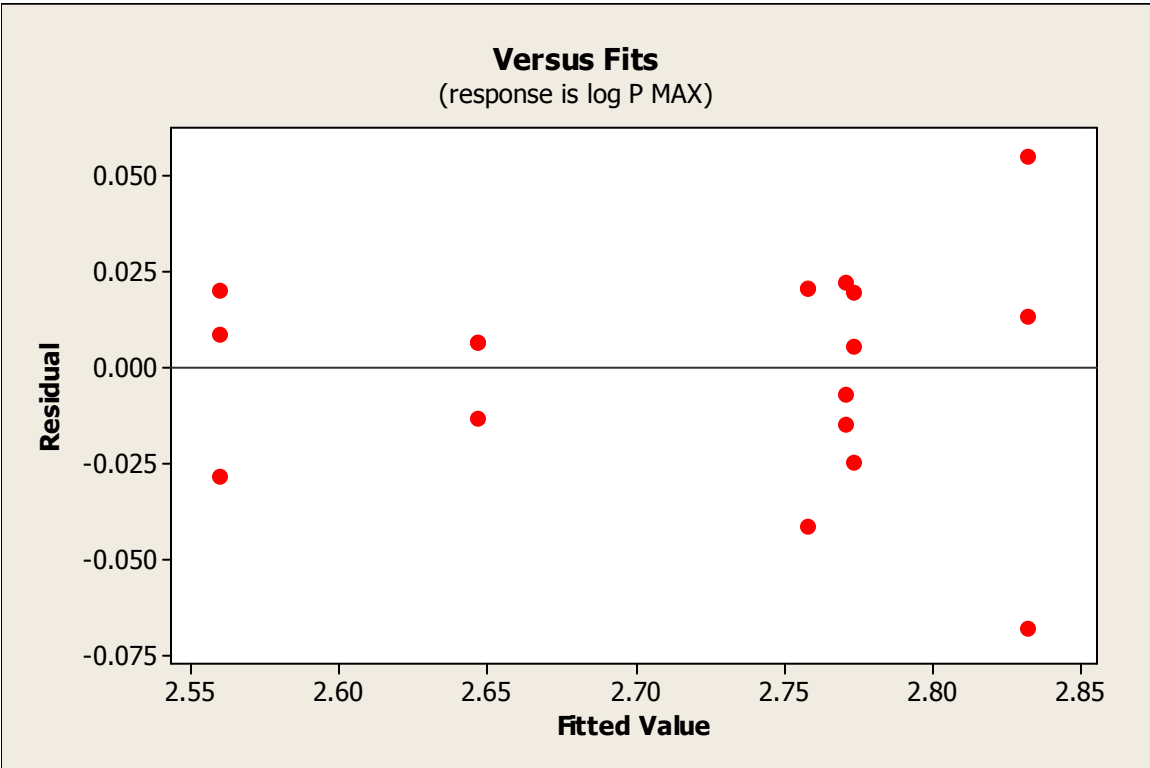
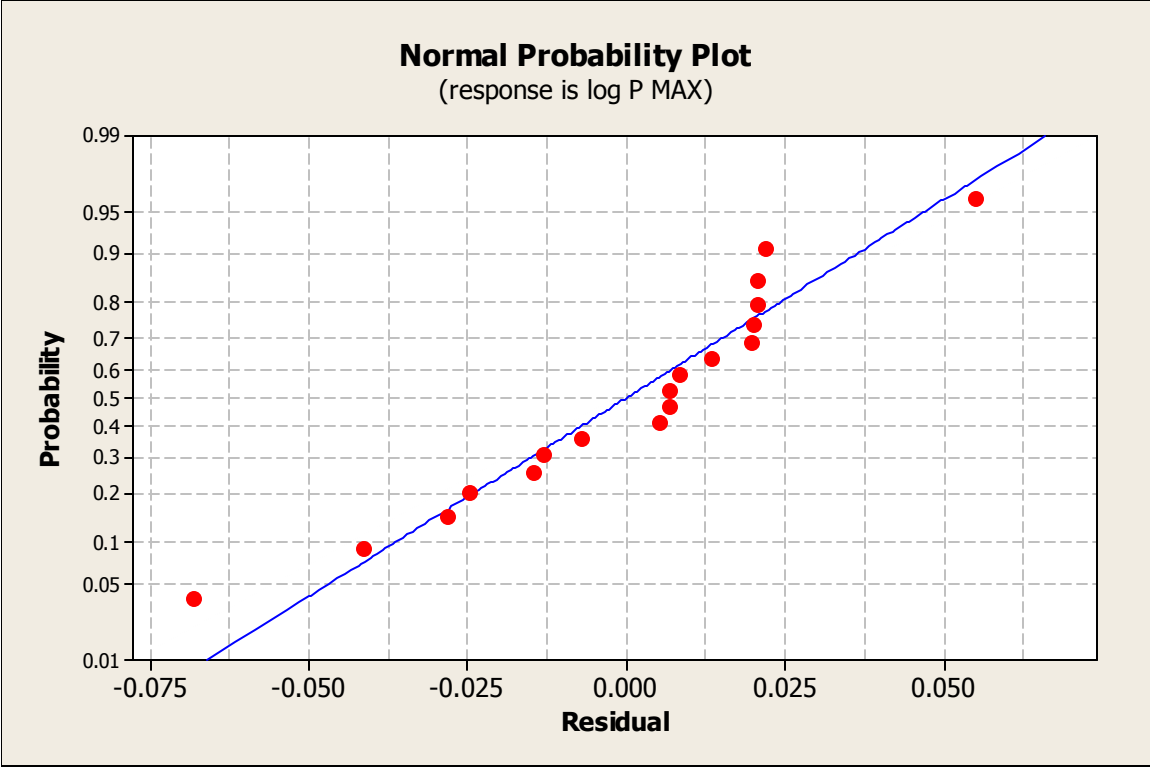
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Τύπος	2	0.060410	0.060410	0.030205	26.44	0.000
Αλευρο	1	0.072318	0.072318	0.072318	63.29	0.000
Τύπος*Αλευρο	2	0.017897	0.017897	0.008949	7.83	0.007
Error	12	0.013711	0.013711	0.001143		
Total	17	0.164335				

S = 0.0338018 R-Sq = 91.66% R-Sq(adj) = 88.18%

Unusual Observations for C8

Obs	C8	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
17	2.76343	2.83167	0.01952	-0.06824	-2.47 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Analysis of Variance for ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ Β (ΕΥ), using Adjusted SS for Tests

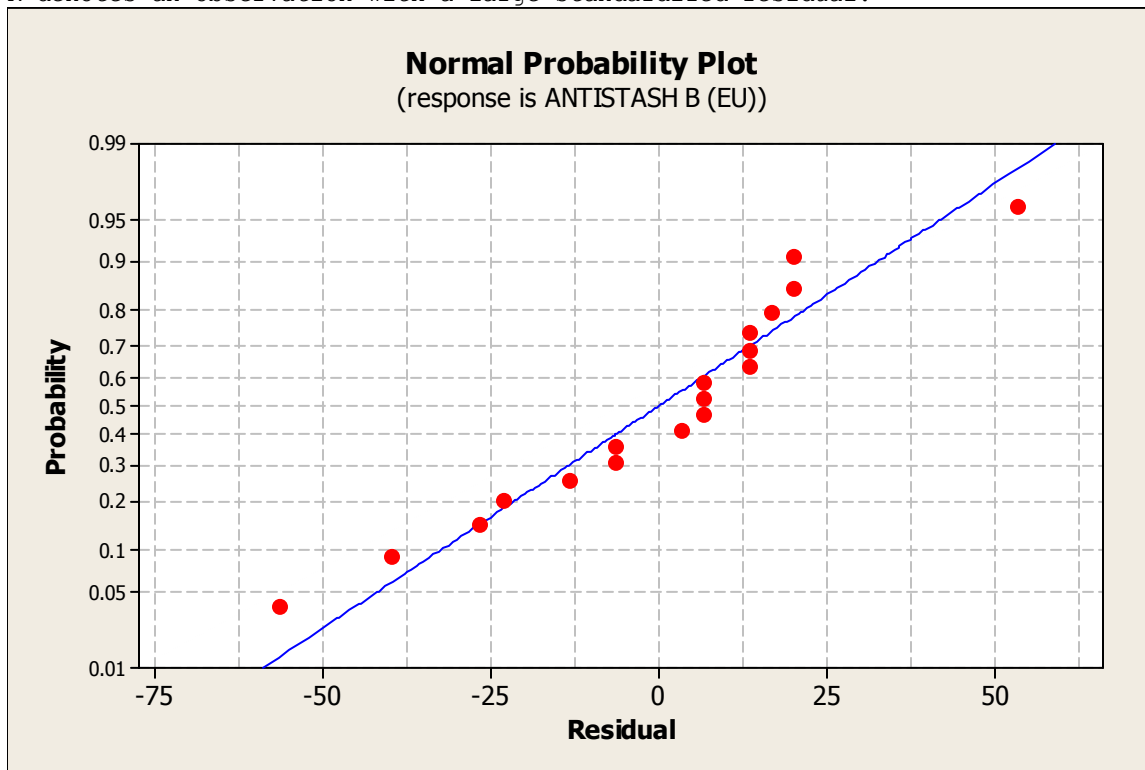
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Τύπος	2	11877.8	11877.8	5938.9	6.52	0.012
Άλευρο	1	32088.9	32088.9	32088.9	35.22	0.000
Τύπος*Άλευρο	2	2144.4	2144.4	1072.2	1.18	0.341
Error	12	10933.3	10933.3	911.1		
Total	17	57044.4				

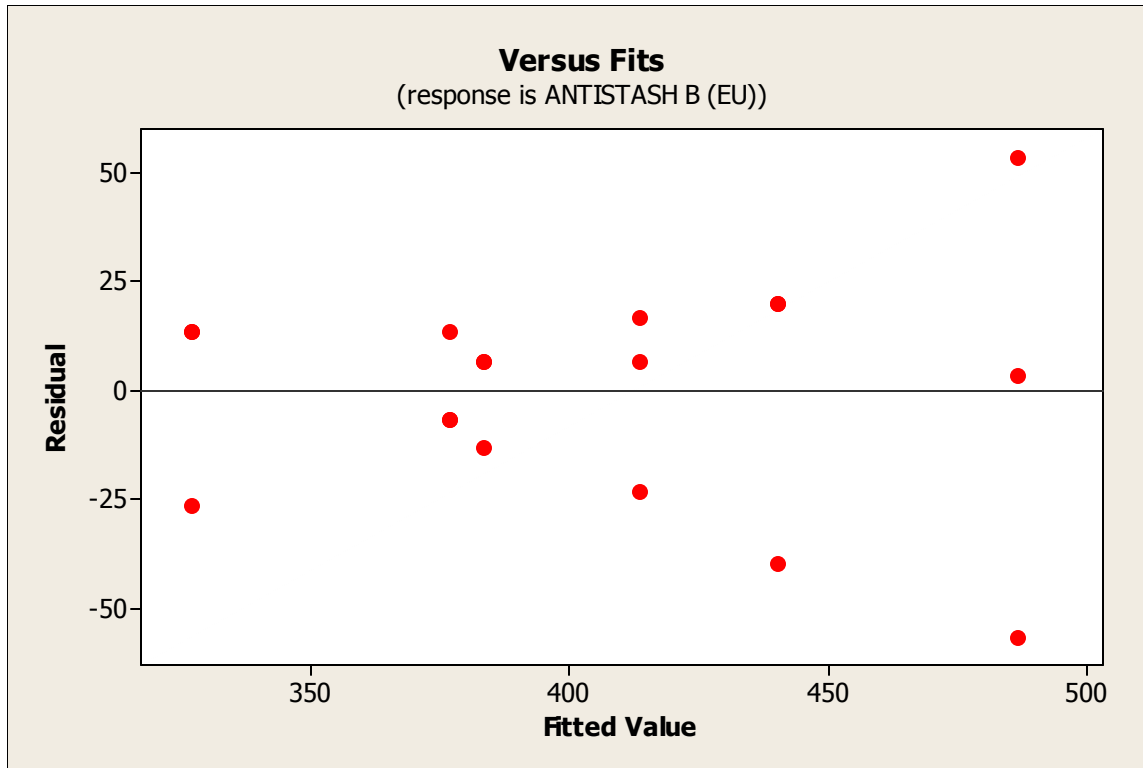
S = 30.1846 R-Sq = 80.83% R-Sq(adj) = 72.85%

Unusual Observations for ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ Β (ΕΥ)

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ						
Obs	B (ΕΥ)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid	
16	540.000	486.667	17.427	53.333	2.16	R
17	430.000	486.667	17.427	-56.667	-2.30	R

R denotes an observation with a large standardized residual.





Analysis of Variance for EKTATOTHTA (mm), using Adjusted SS for Tests

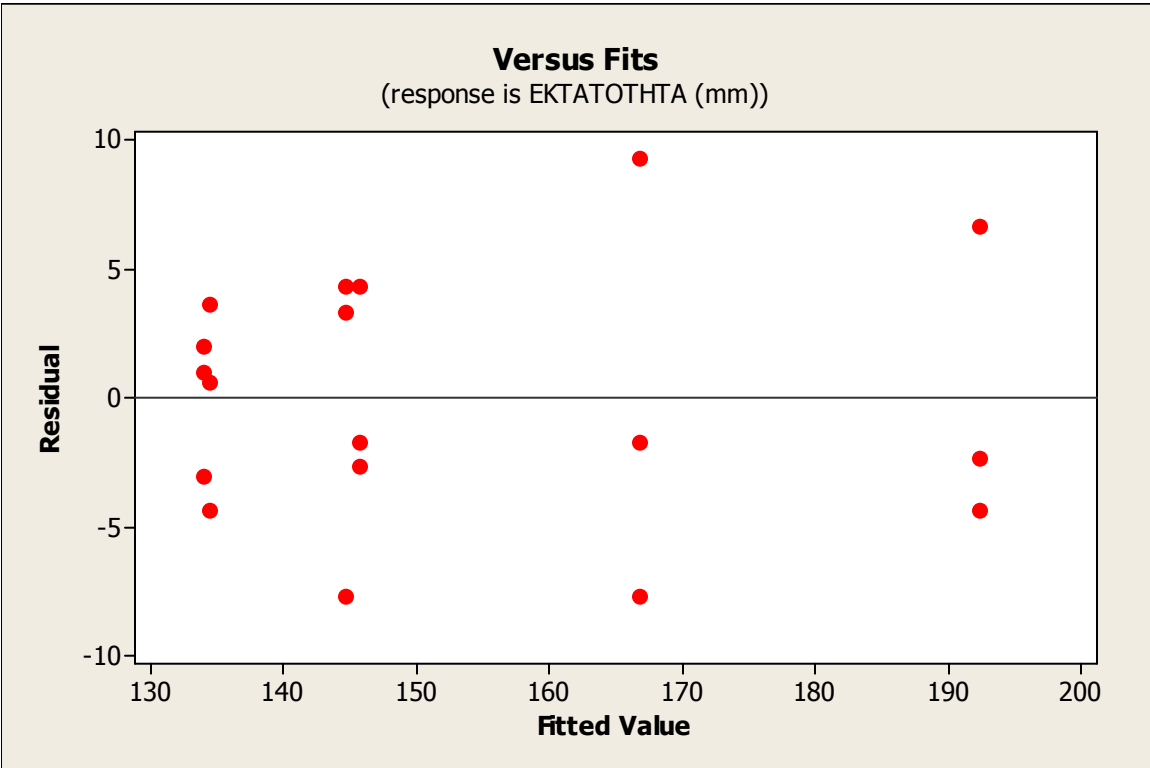
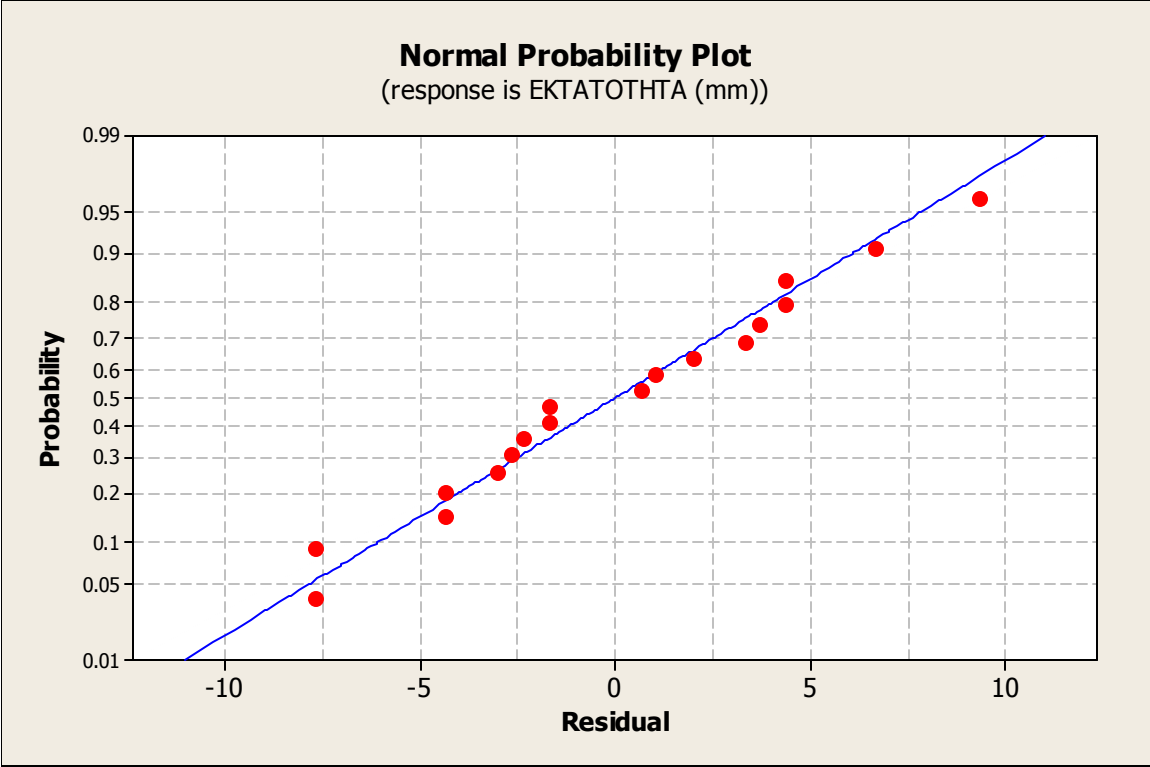
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Τύπος	2	6348.1	6348.1	3174.1	99.88	0.000
Άλευρο	1	6.7	6.7	6.7	0.21	0.654
Τύπος*Άλευρο	2	1344.8	1344.8	672.4	21.16	0.000
Error	12	381.3	381.3	31.8		
Total	17	8080.9				

S = 5.63718 R-Sq = 95.28% R-Sq(adj) = 93.31%

Unusual Observations for EKTATOTHTA (mm)

EKTATOTHTA						
Obs	(mm)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid	
18	176.000	166.667	3.255	9.333	2.03	R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Analysis of Variance for ΛΟΓΟΣ B/C, using Adjusted SS for Tests

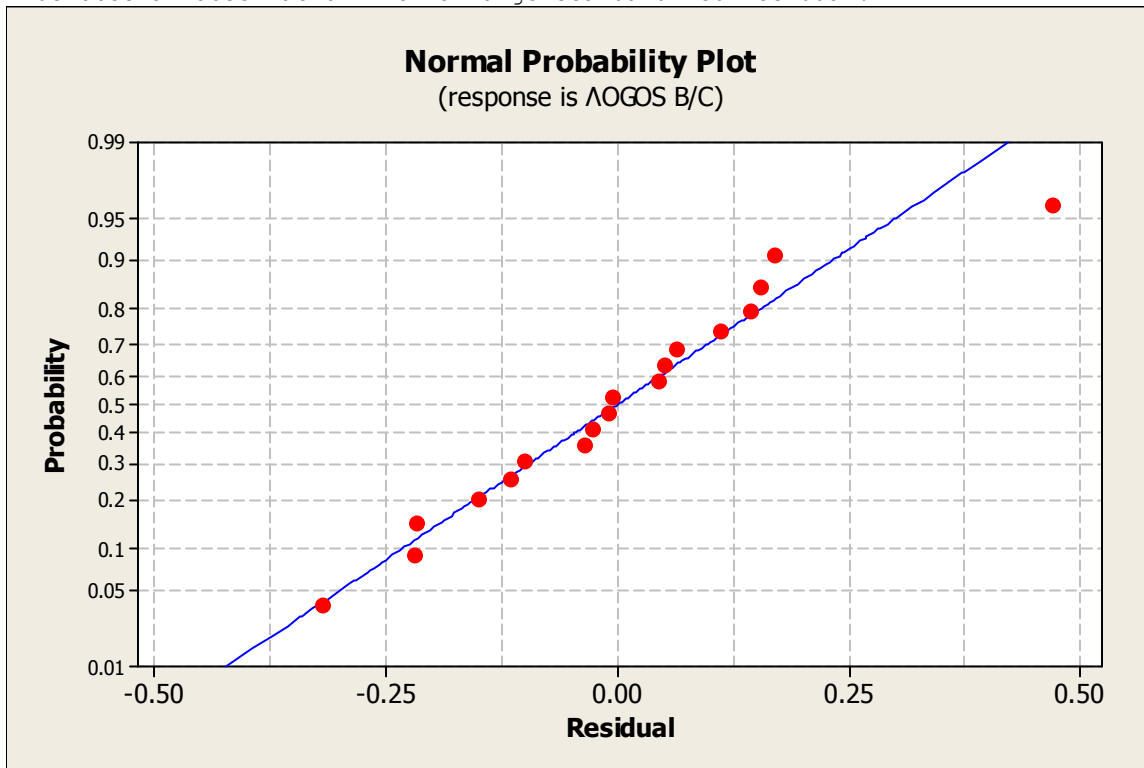
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Τύπος	2	0.73823	0.73823	0.36912	7.90	0.006
Άλευρο	1	1.20642	1.20642	1.20642	25.83	0.000
Τύπος*Άλευρο	2	0.50954	0.50954	0.25477	5.46	0.021
Error	12	0.56040	0.56040	0.04670		
Total	17	3.01460				

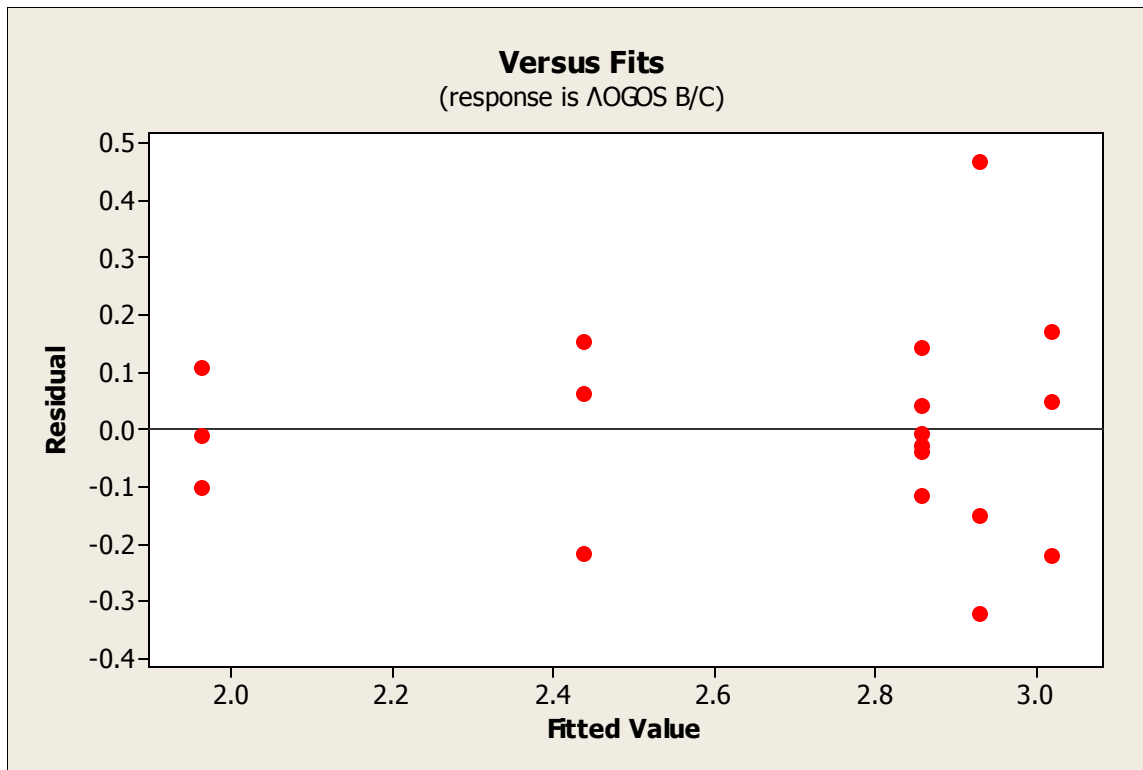
S = 0.216102 R-Sq = 81.41% R-Sq(adj) = 73.66%

Unusual Observations for ΛΟΓΟΣ B/C

Obs	ΛΟΓΟΣ B/C	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
16	3.40000	2.93000	0.12477	0.47000	2.66 R

R denotes an observation with a large standardized residual.





3) Μετρήσεις με το χρωματόμετρο BC-10 της KONICA MINOLTA

Factor	Type	Levels	Values
Τύπος	fixed	3	1, 2, 3
Άλευρο	fixed	2	1, 2

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

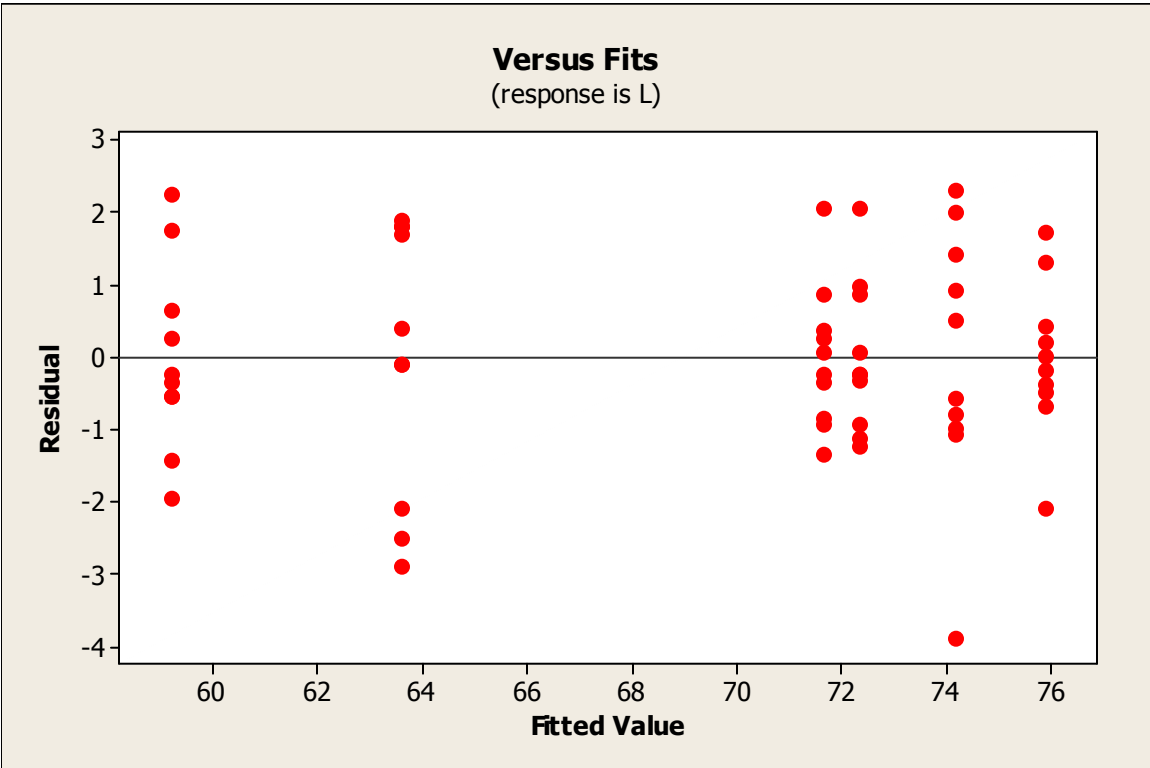
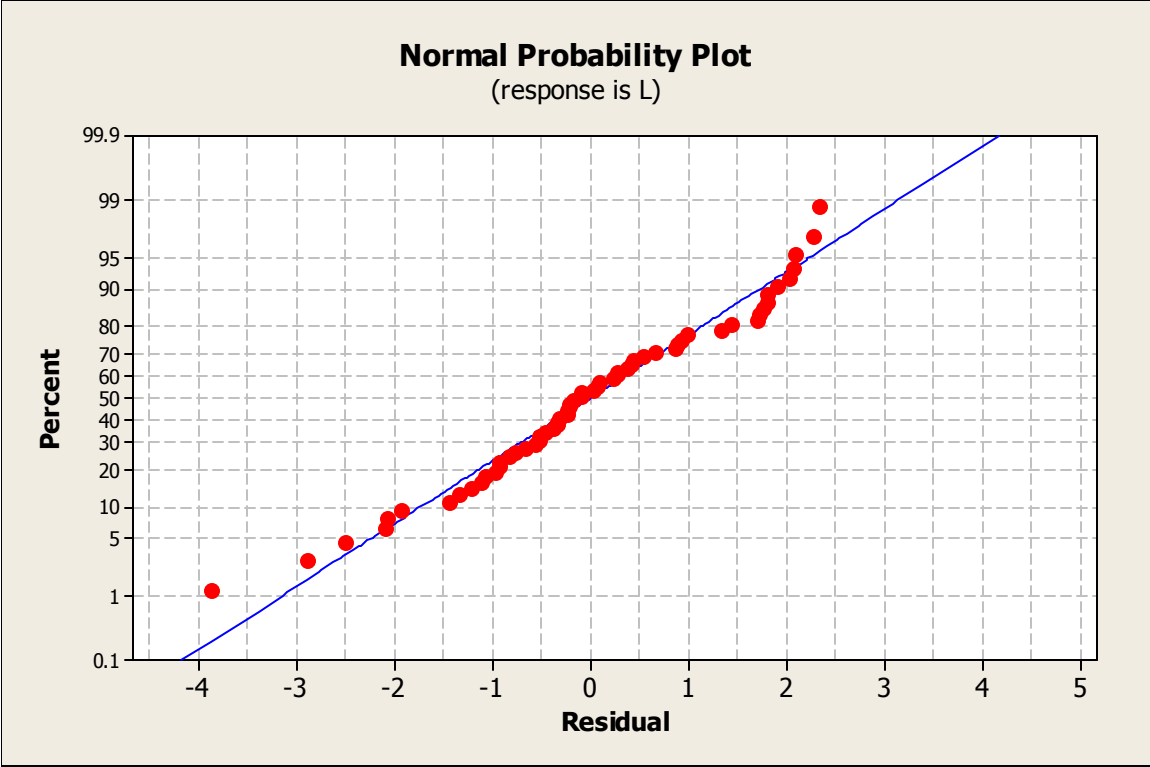
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Τύπος	2	509.71	509.71	254.86	128.66	0.000
Άλευρο	1	1298.28	1298.28	1298.28	655.40	0.000
Τύπος*Άλευρο	2	344.71	344.71	172.36	87.01	0.000
Error	54	106.97	106.97	1.98		
Total	59	2259.67				

S = 1.40745 R-Sq = 95.27% R-Sq(adj) = 94.83%

Unusual Observations for L

Obs	L	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
26	70.3000	74.1700	0.4451	-3.8700	-2.90 R
34	60.7000	63.5900	0.4451	-2.8900	-2.16 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Analysis of Variance for a, using Adjusted SS for Tests

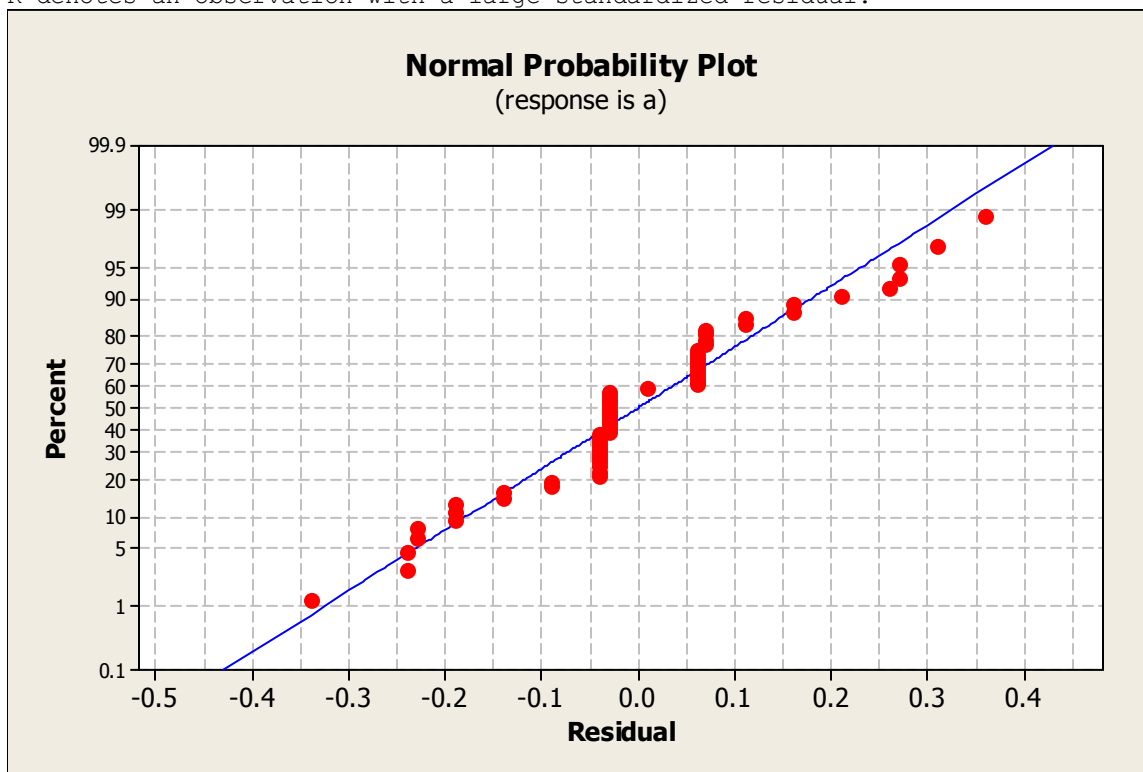
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Τύπος	2	14.437	14.437	7.219	341.03	0.000
Άλευρο	1	97.538	97.538	97.538	4608.07	0.000
Τύπος*Άλευρο	2	27.391	27.391	13.696	647.03	0.000
Error	54	1.143	1.143	0.021		
Total	59	140.509				

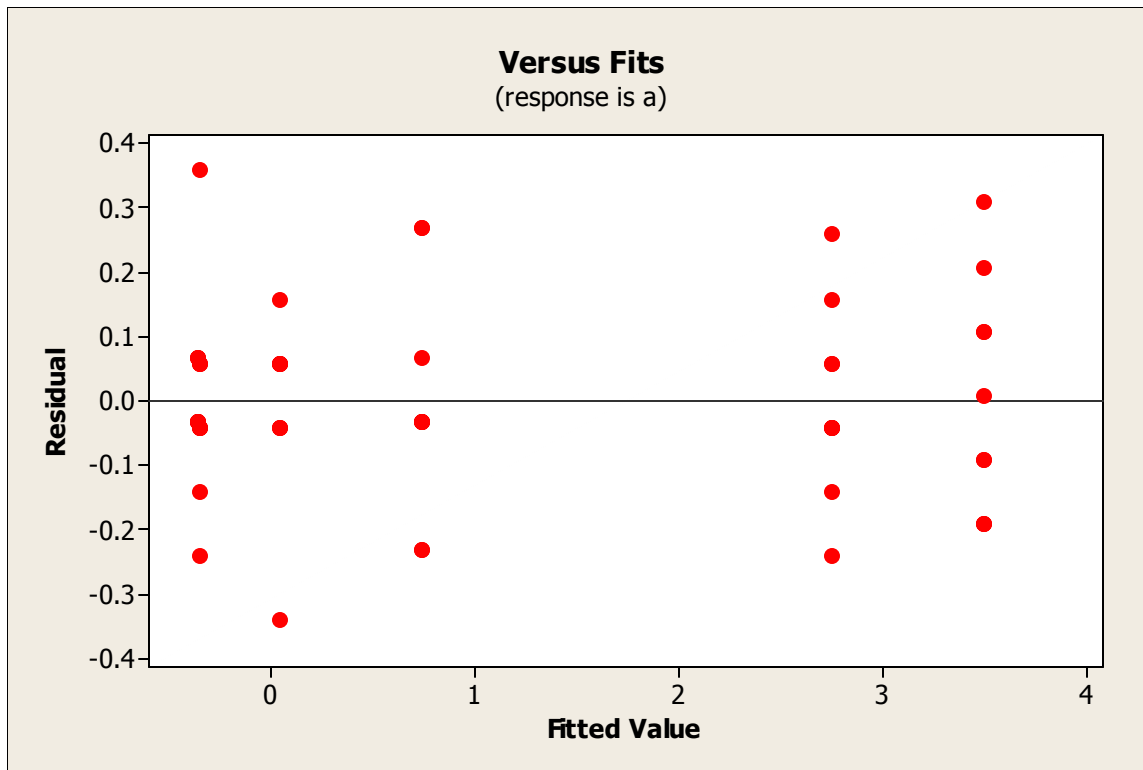
S = 0.145488 R-Sq = 99.19% R-Sq(adj) = 99.11%

Unusual Observations for a

Obs	a	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
9	0.00000	-0.36000	0.04601	0.36000	2.61 R
26	-0.30000	0.04000	0.04601	-0.34000	-2.46 R
44	3.80000	3.49000	0.04601	0.31000	2.25 R

R denotes an observation with a large standardized residual.





Analysis of Variance for b, using Adjusted SS for Tests

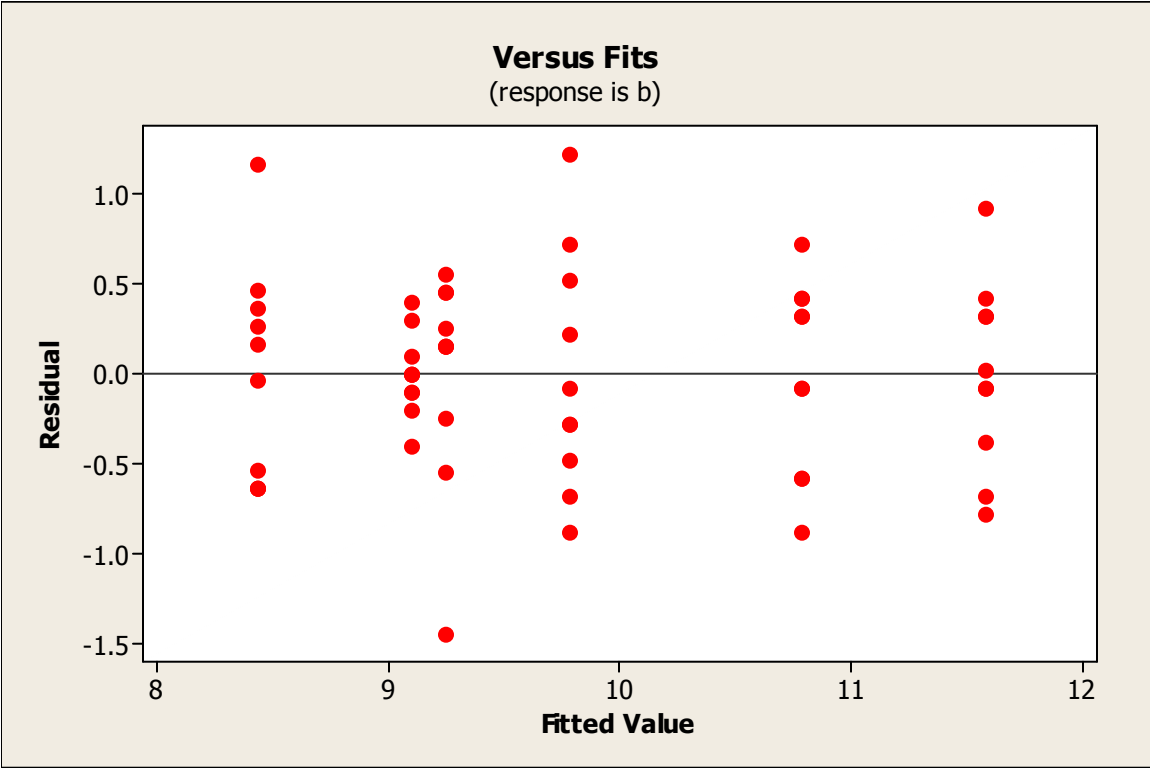
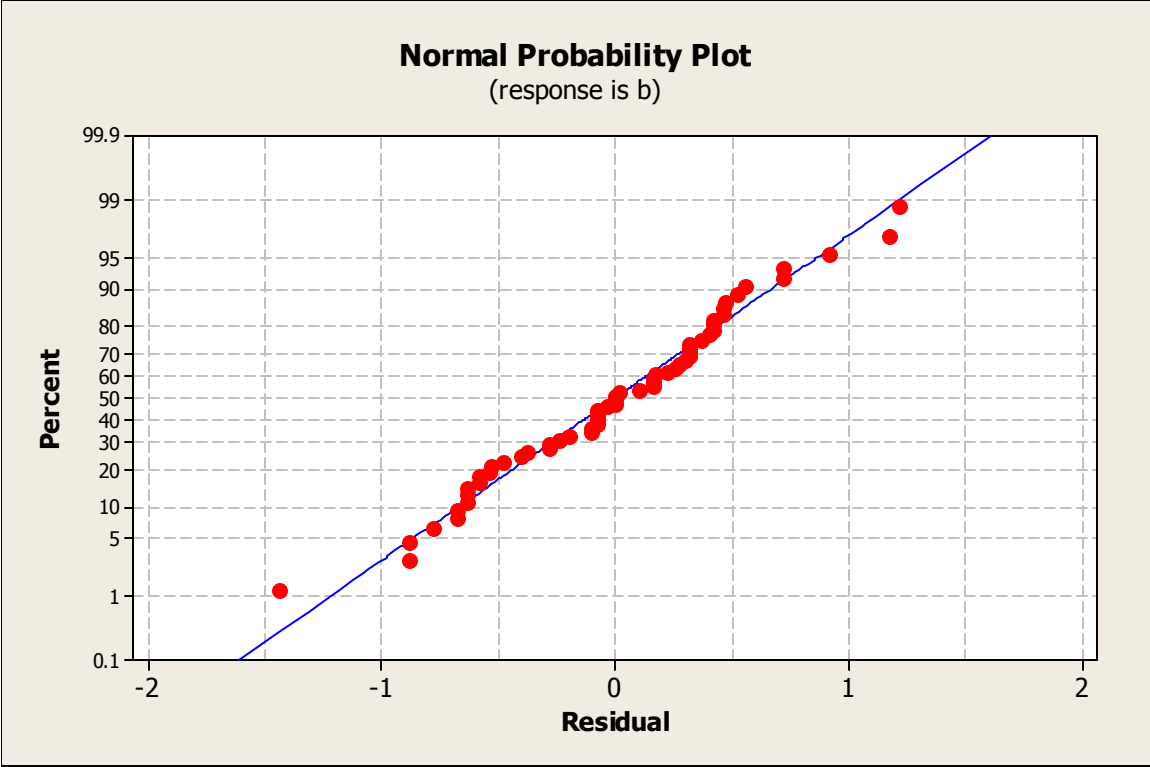
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Τύπος	2	59.284	59.284	29.642	99.84	0.000
Άλευρο	1	1.442	1.442	1.442	4.86	0.032
Τύπος*Άλευρο	2	7.351	7.351	3.675	12.38	0.000
Error	54	16.033	16.033	0.297		
Total	59	84.110				

S = 0.544892 R-Sq = 80.94% R-Sq(adj) = 79.17%

Unusual Observations for b

Obs	b	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
26	7.8000	9.2400	0.1723	-1.4400	-2.79 R
44	11.0000	9.7800	0.1723	1.2200	2.36 R
51	9.6000	8.4300	0.1723	1.1700	2.26 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Least Squares Means

Τύπος	-----L-----		-----a-----		-----b-----	
	Mean	SE Mean	Mean	SE Mean	Mean	SE Mean
1	69.7300	0.31471	1.1900	0.03253	11.1800	0.12184
2	65.7750	0.31471	1.5600	0.03253	9.4400	0.12184
3	72.9000	0.31471	0.3850	0.03253	8.8350	0.12184
Άλευρο						
1	74.1200	0.25696	-0.2300	0.02656	9.9733	0.09948
2	64.8167	0.25696	2.3200	0.02656	9.6633	0.09948
Τύπος*Άλευρο						
1 1	75.8700	0.44507	-0.3600	0.04601	11.5800	0.17231
1 2	63.5900	0.44507	2.7400	0.04601	10.7800	0.17231
2 1	72.3200	0.44507	-0.3700	0.04601	9.1000	0.17231
2 2	59.2300	0.44507	3.4900	0.04601	9.7800	0.17231
3 1	74.1700	0.44507	0.0400	0.04601	9.2400	0.17231
3 2	71.6300	0.44507	0.7300	0.04601	8.4300	0.1723

4) Ανάλυση της εικόνας με το πρόγραμμα UTHSCSA Image Tool

Factor	Type	Levels	Values
τύπος	fixed	3	1, 2, 3
άλευρο	fixed	2	1, 2

Analysis of Variance for Σκελιών /9cm, using Adjusted SS for Tests

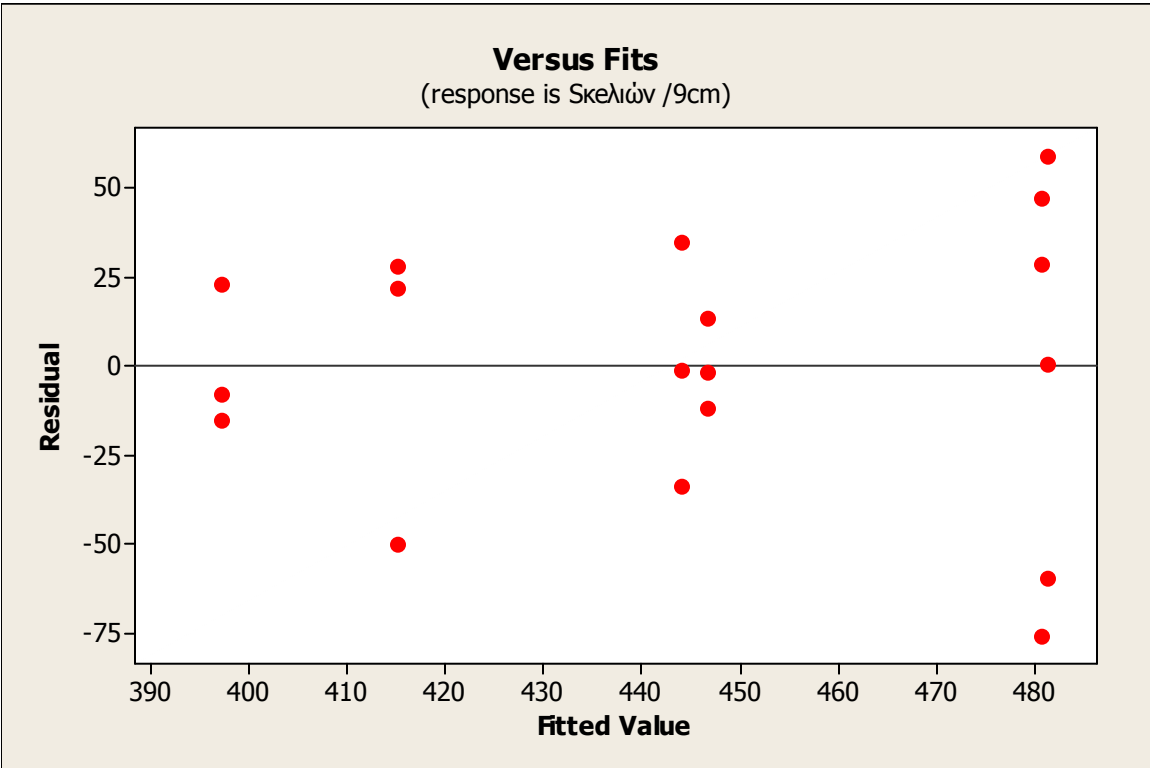
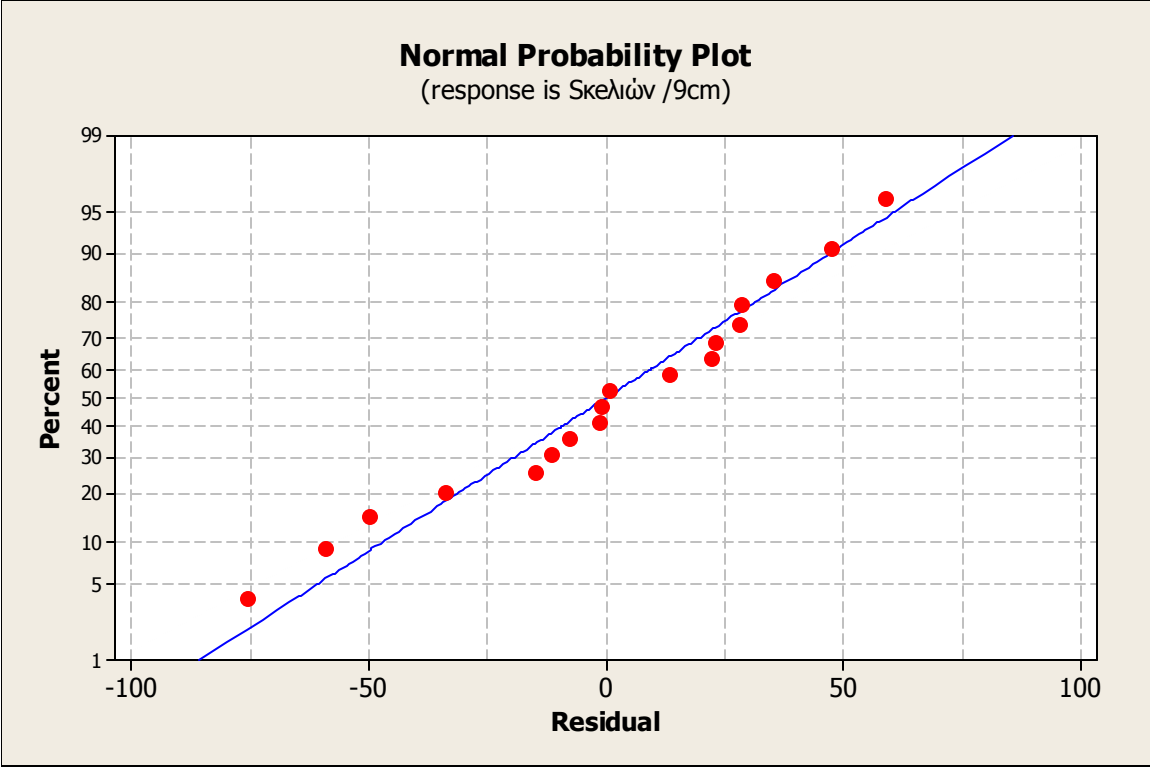
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
τύπος	2	13080	13080	6540	3.41	0.067
άλευρο	1	1422	1422	1422	0.74	0.406
τύπος*άλευρο	2	2883	2883	1442	0.75	0.493
Error	12	23016	23016	1918		
Total	17	40402				

S = 43.7950 R-Sq = 43.03% R-Sq(adj) = 19.30%

Unusual Observations for Σκελιών /9cm

Obs	Σκελιών /9cm	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
14	405.000	480.667	25.285	-75.667	-2.12 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Analysis of Variance for ΣΑ κελιών, using Adjusted SS for Tests

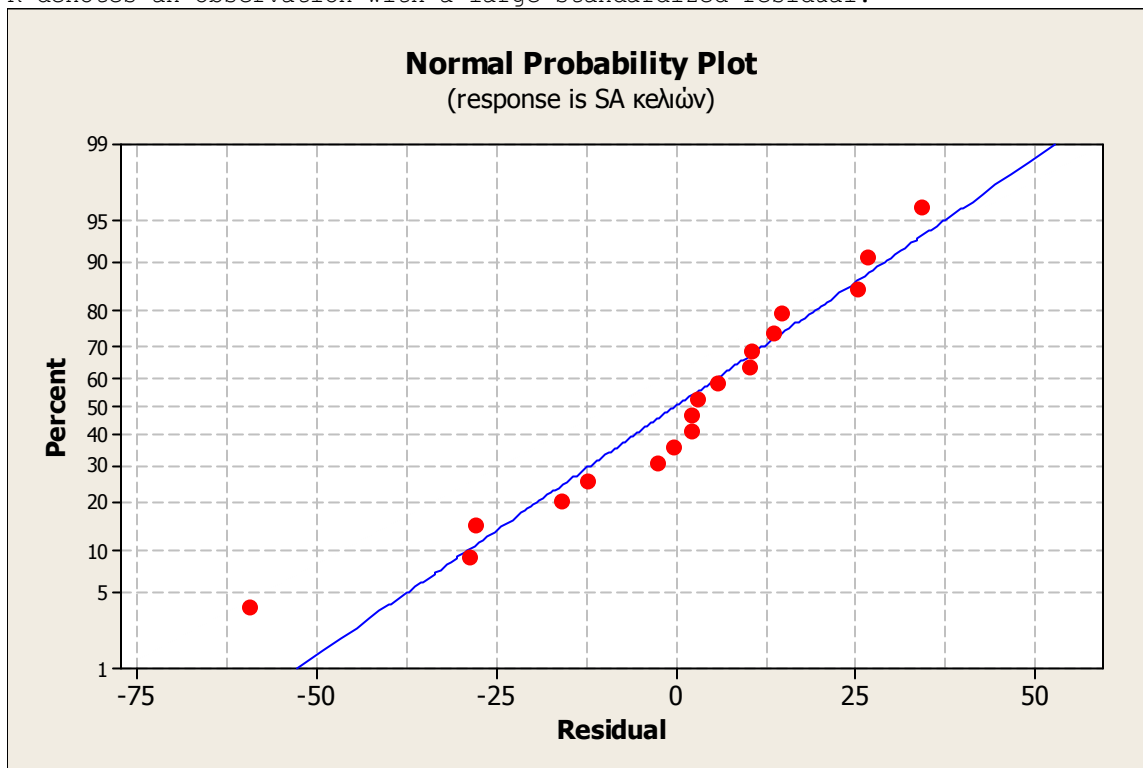
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
τύπος	2	8195.0	8195.0	4097.5	5.63	0.019
άλευρο	1	896.1	896.1	896.1	1.23	0.289
τύπος*άλευρο	2	230.9	230.9	115.4	0.16	0.855
Error	12	8726.2	8726.2	727.2		
Total	17	18048.1				

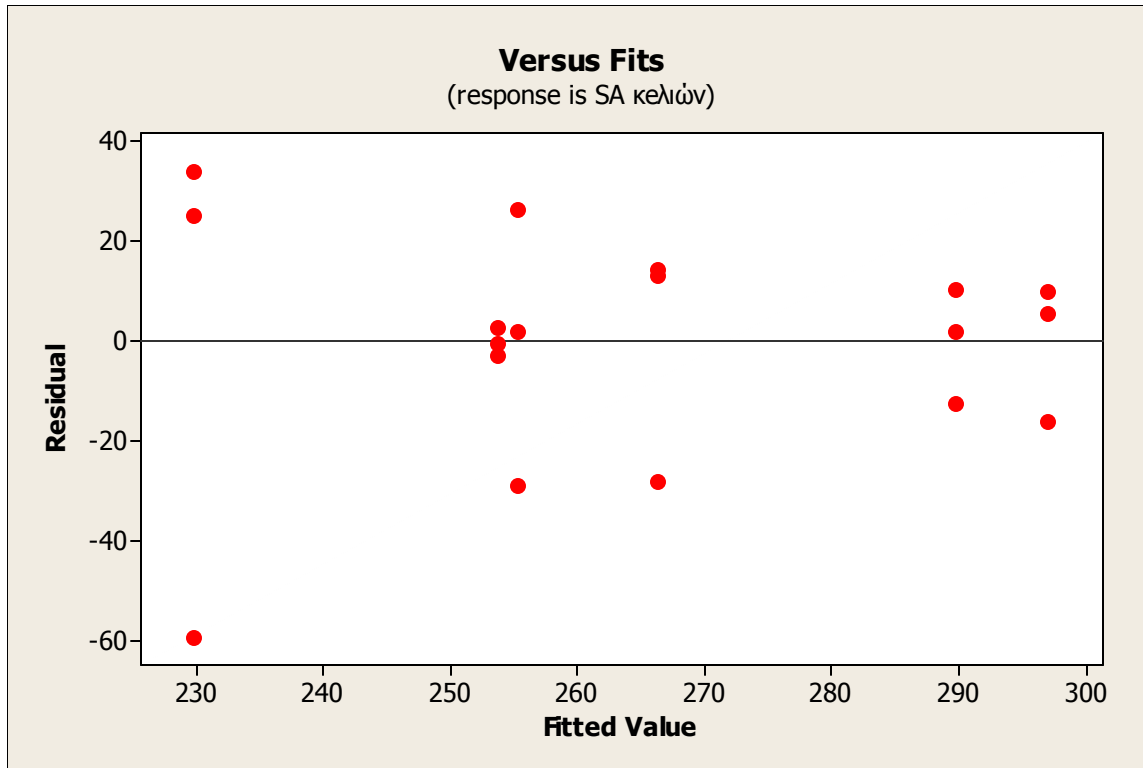
S = 26.9663 R-Sq = 51.65% R-Sq(adj) = 31.50%

Unusual Observations for ΣΑ κελιών

Obs	ΣΑ κελιών	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	170.240	229.667	15.569	-59.427	-2.70 R

R denotes an observation with a large standardized residual.





Analysis of Variance for >8mm, using Adjusted SS for Tests

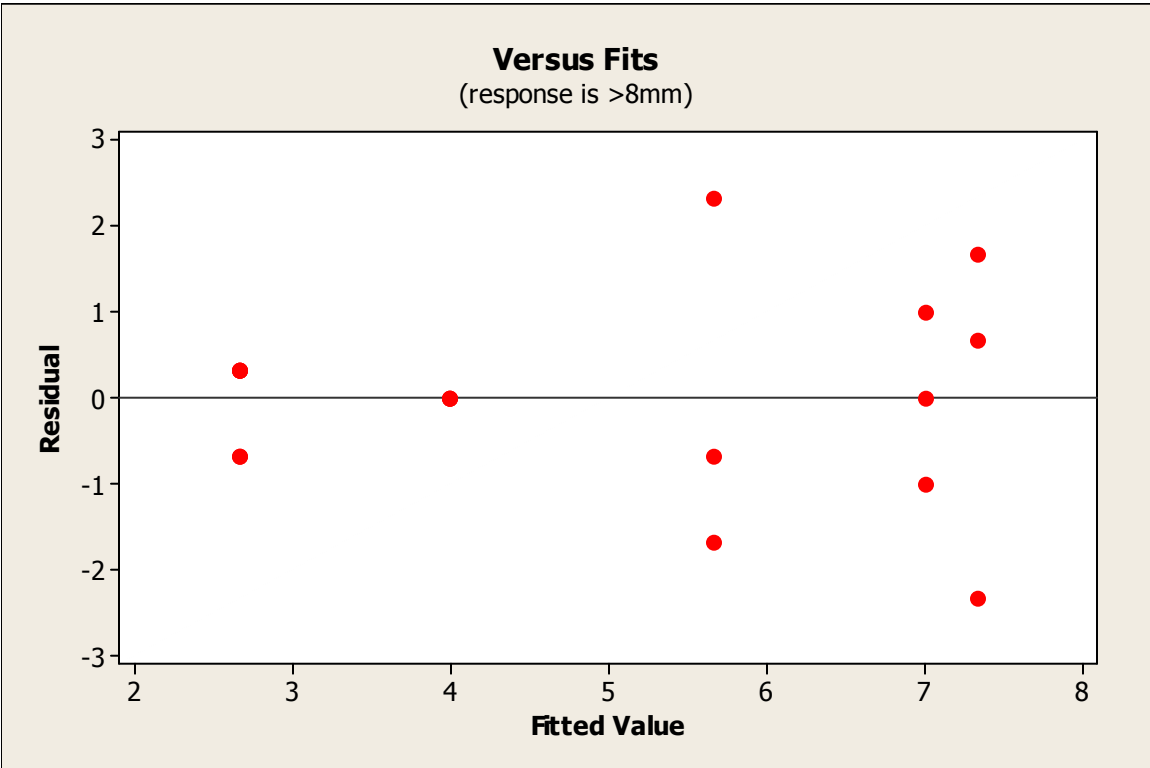
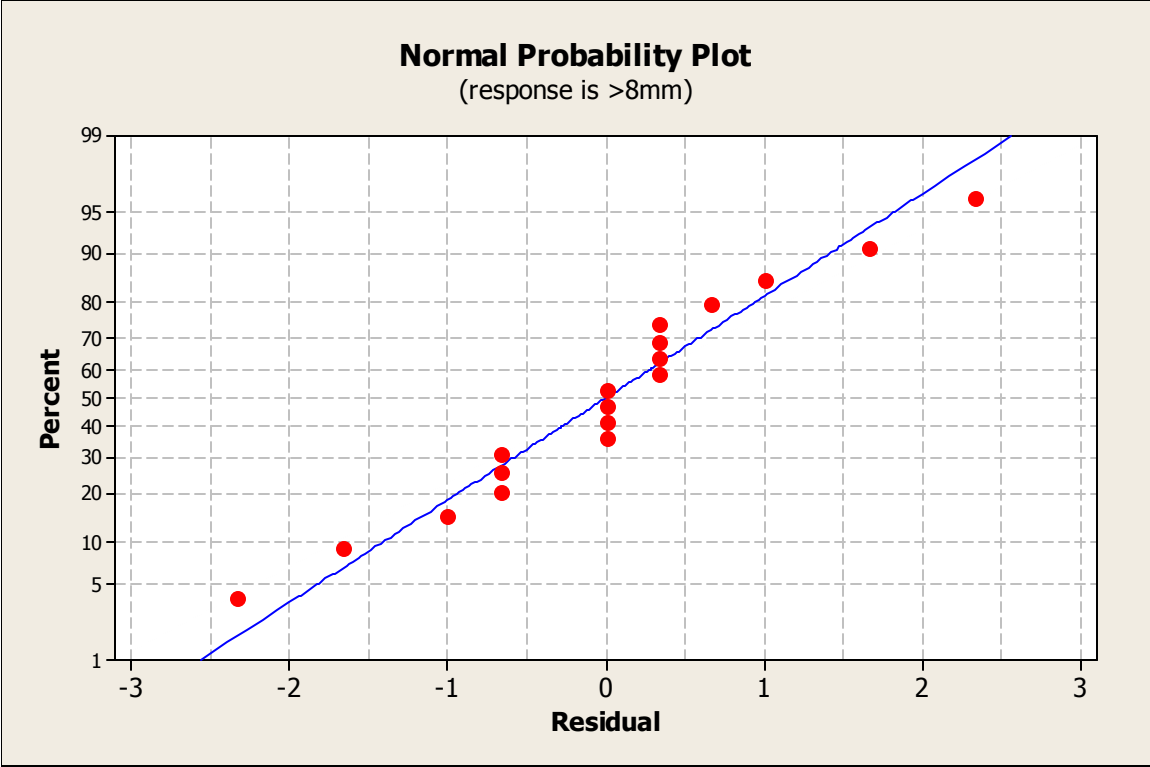
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
τύπος	2	45.778	45.778	22.889	13.29	0.001
άλευρο	1	2.000	2.000	2.000	1.16	0.302
τύπος*άλευρο	2	17.333	17.333	8.667	5.03	0.026
Error	12	20.667	20.667	1.722		
Total	17	85.778				

S = 1.31233 R-Sq = 75.91% R-Sq(adj) = 65.87%

Unusual Observations for >8mm

Obs	>8mm	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
4	8.00000	5.66667	0.75768	2.33333	2.18 R
10	5.00000	7.33333	0.75768	-2.33333	-2.18 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Analysis of Variance for 4>8mm, using Adjusted SS for Tests

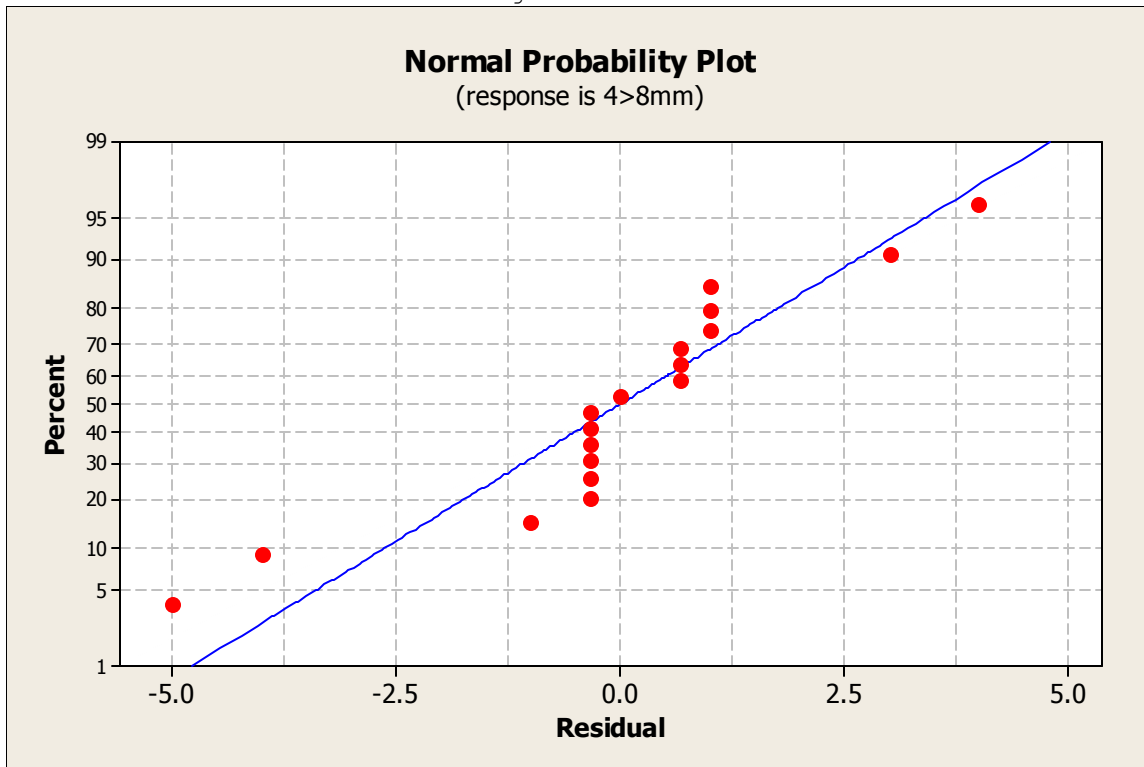
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
τύπος	2	102.333	102.333	51.167	8.53	0.005
άλευρο	1	3.556	3.556	3.556	0.59	0.456
τύπος*άλευρο	2	10.111	10.111	5.056	0.84	0.455
Error	12	72.000	72.000	6.000		
Total	17	188.000				

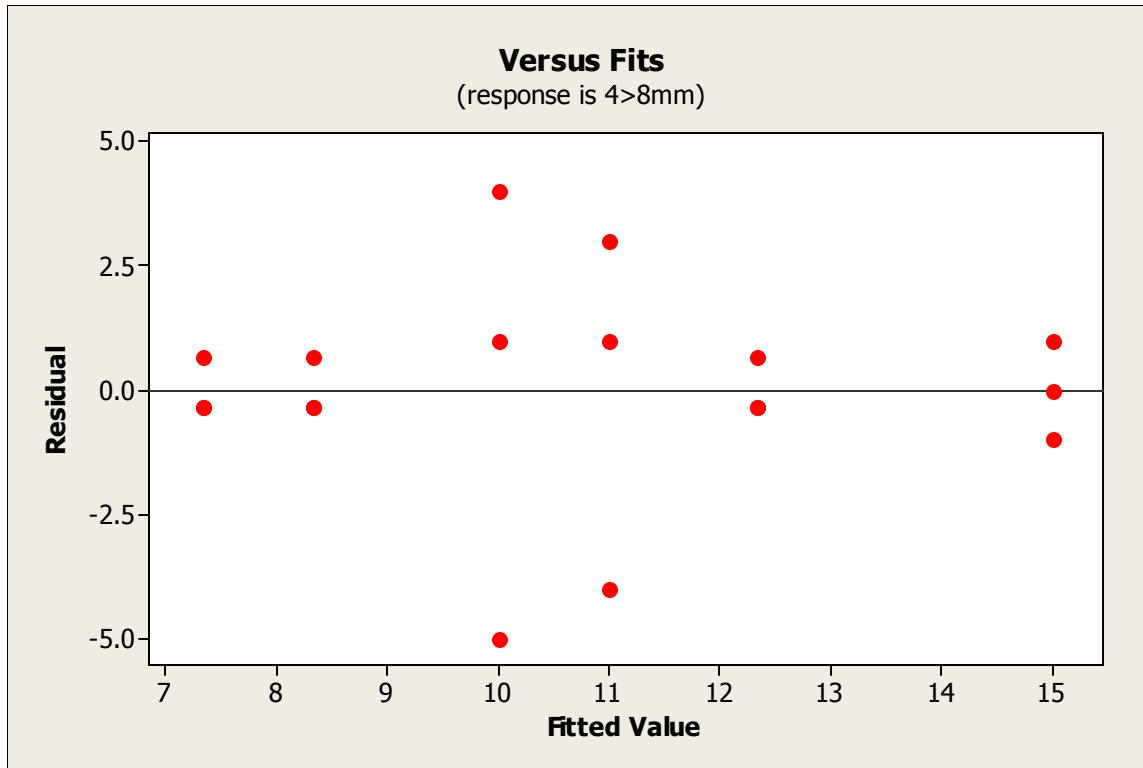
S = 2.44949 R-Sq = 61.70% R-Sq(adj) = 45.74%

Unusual Observations for 4>8mm

Obs	4>8mm	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
13	7.0000	11.0000	1.4142	-4.0000	-2.00 R
18	5.0000	10.0000	1.4142	-5.0000	-2.50 R

R denotes an observation with a large standardized residual.





Analysis of Variance for <4mm, using Adjusted SS for Tests

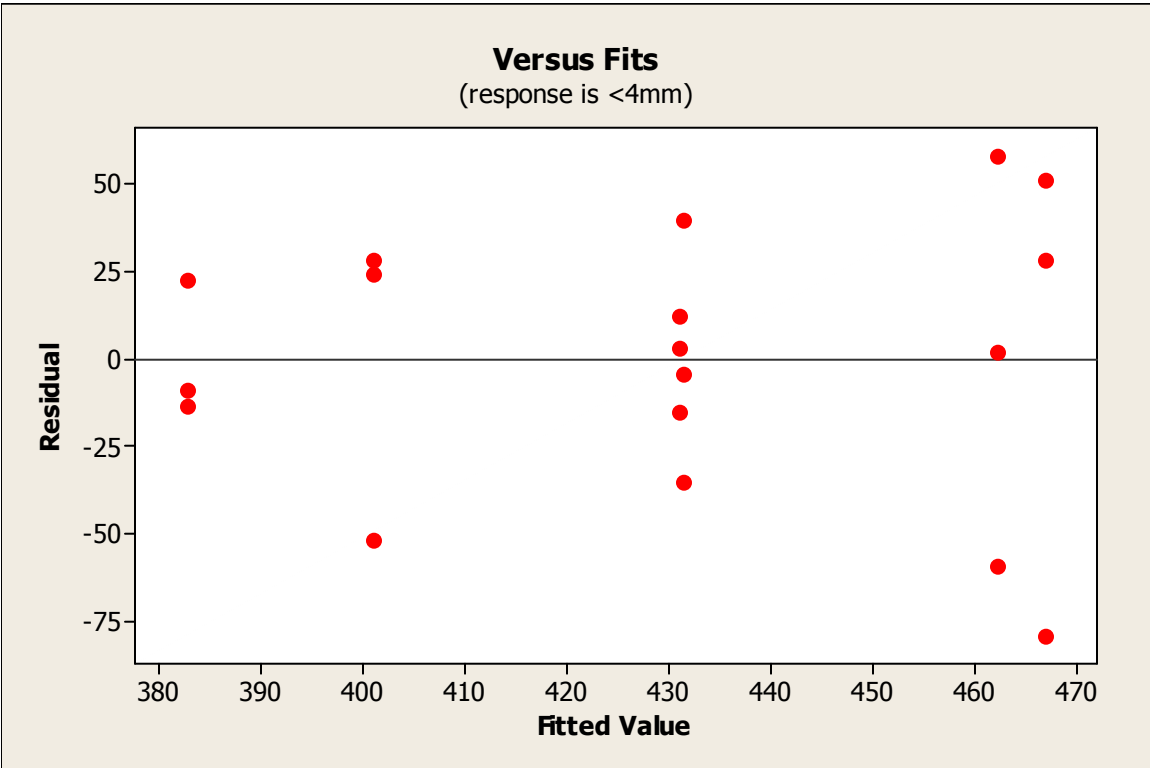
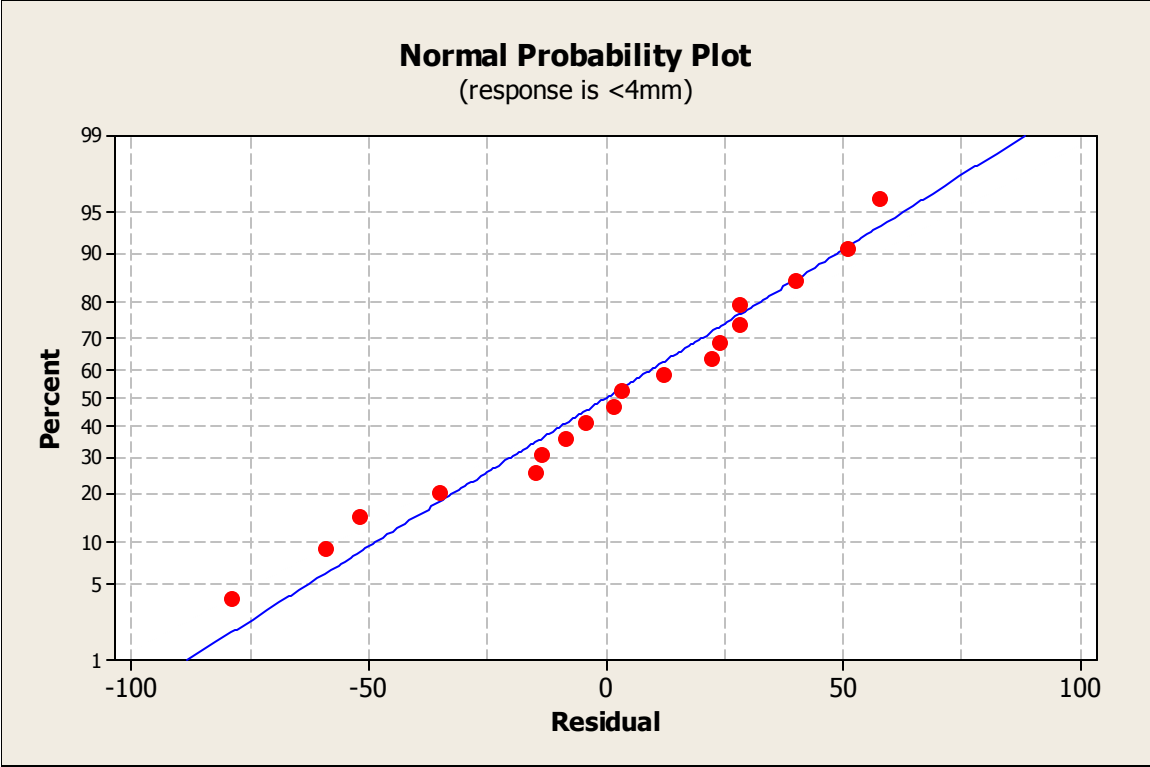
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
τύπος	2	12600	12600	6300	3.08	0.083
άλευρο	1	1184	1184	1184	0.58	0.461
τύπος*άλευρο	2	2701	2701	1350	0.66	0.534
Error	12	24518	24518	2043		
Total	17	41003				

S = 45.2014 R-Sq = 40.20% R-Sq(adj) = 15.29%

Unusual Observations for <4mm

Obs	<4mm	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
14	388.000	467.000	26.097	-79.000	-2.14 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Analysis of Variance for 0-0.25, using Adjusted SS for Tests

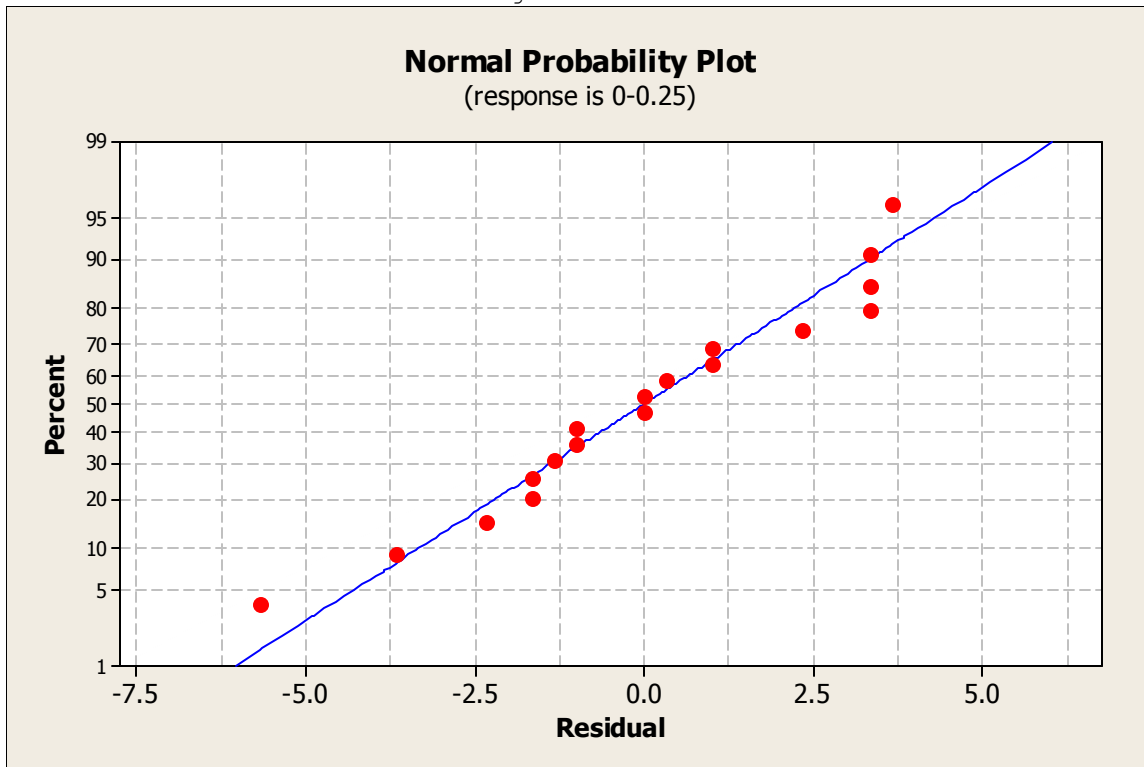
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
τύπος	2	10.111	10.111	5.056	0.53	0.602
άλευρο	1	98.000	98.000	98.000	10.26	0.008
τύπος*άλευρο	2	10.333	10.333	5.167	0.54	0.596
Error	12	114.667	114.667	9.556		
Total	17	233.111				

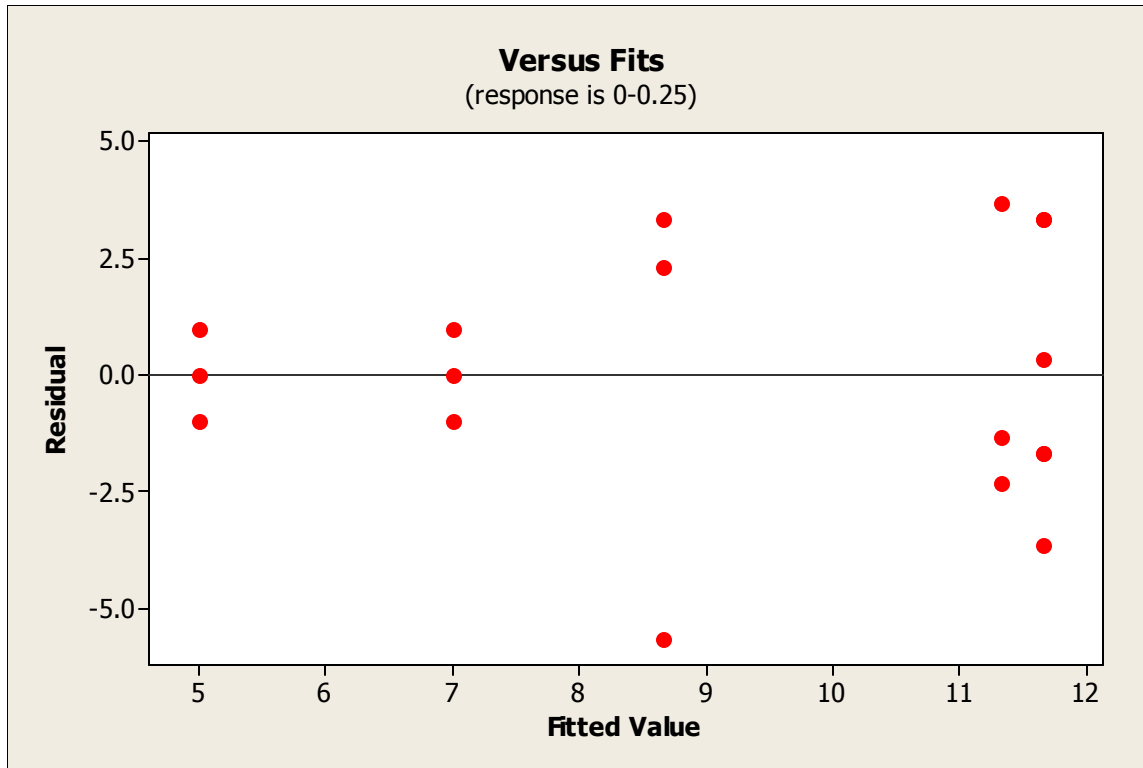
S = 3.09121 R-Sq = 50.81% R-Sq(adj) = 30.31%

Unusual Observations for 0-0.25

Obs	0-0.25	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
5	3.0000	8.6667	1.7847	-5.6667	-2.25 R

R denotes an observation with a large standardized residual.





Analysis of Variance for 0.25-0.75, using Adjusted SS for Tests

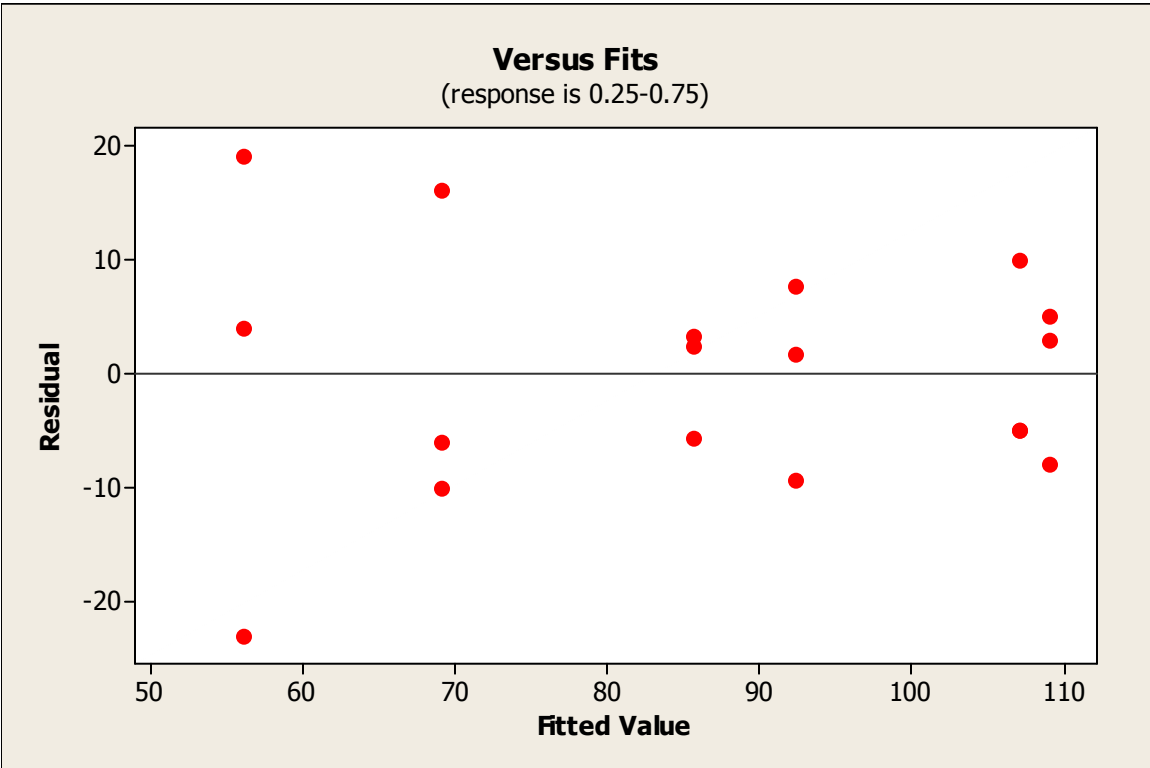
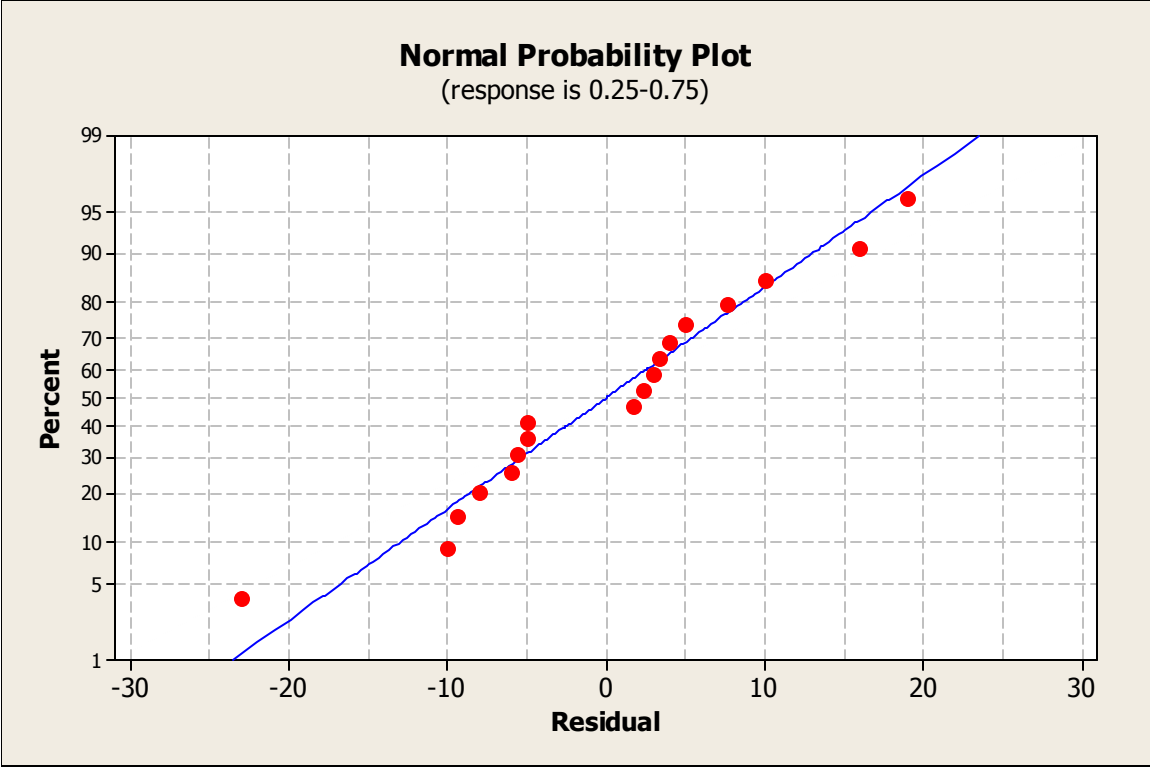
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
τύπος	2	5200.3	5200.3	2600.2	17.90	0.000
άλευρο	1	234.7	234.7	234.7	1.62	0.228
τύπος*άλευρο	2	1158.1	1158.1	579.1	3.99	0.047
Error	12	1743.3	1743.3	145.3		
Total	17	8336.5				

S = 12.0531 R-Sq = 79.09% R-Sq(adj) = 70.37%

Unusual Observations for 0.25-0.75

Obs	0.25-0.75	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
5	33.000	56.000	6.959	-23.000	-2.34 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Analysis of Variance for 0.75-1, using Adjusted SS for Tests

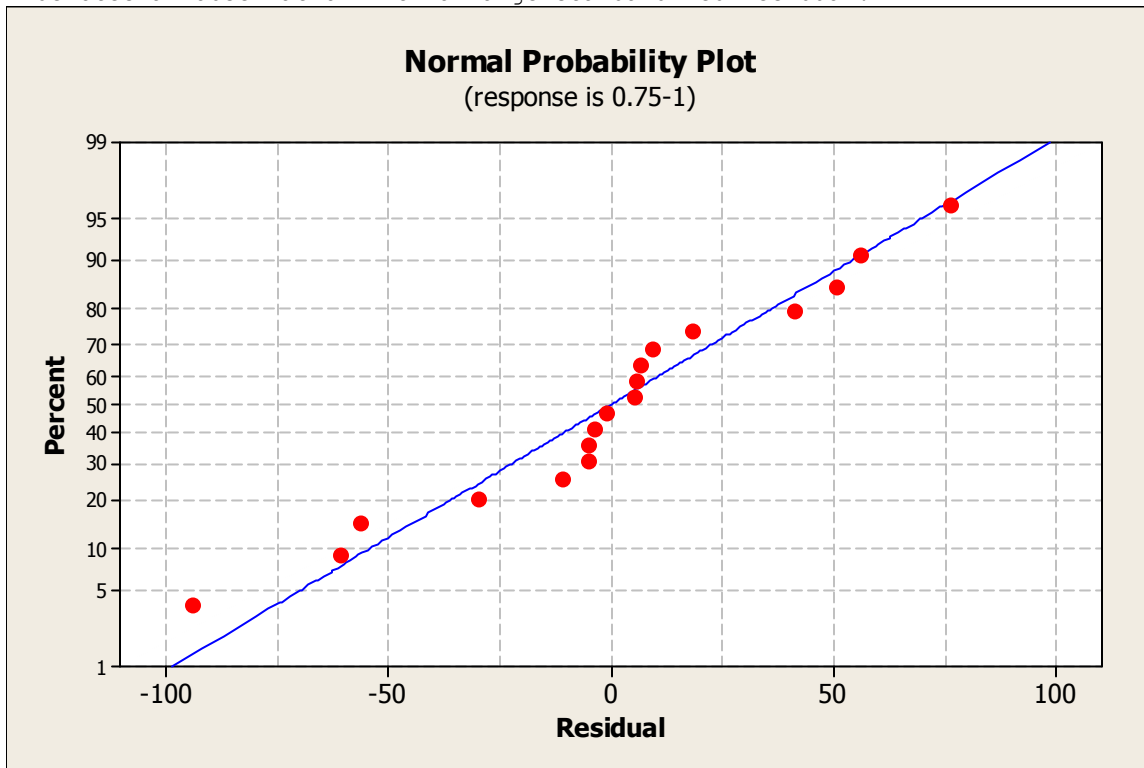
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
τύπος	2	3977	3977	1988	0.78	0.479
άλευρο	1	1105	1105	1105	0.43	0.522
τύπος*άλευρο	2	8917	8917	4458	1.75	0.215
Error	12	30489	30489	2541		
Total	17	44488				

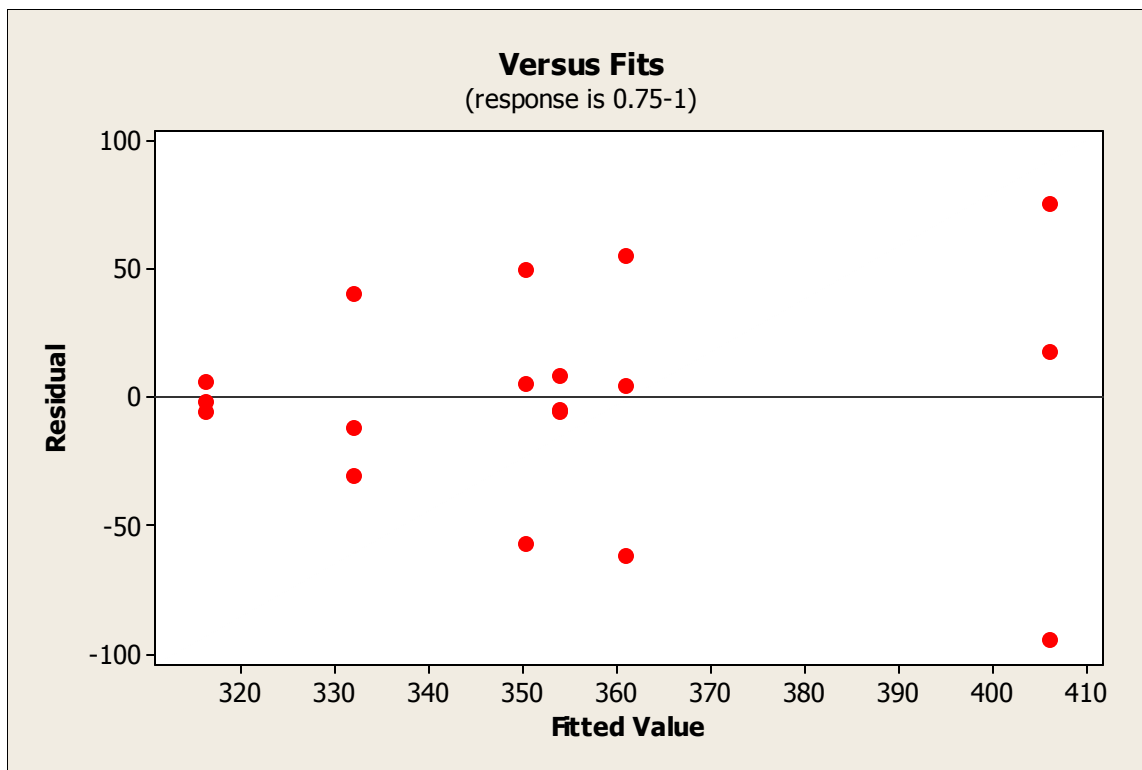
S = 50.4061 R-Sq = 31.47% R-Sq(adj) = 2.91%

Unusual Observations for 0.75-1

Obs	0.75-1	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
14	312.000	406.000	29.102	-94.000	-2.28 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



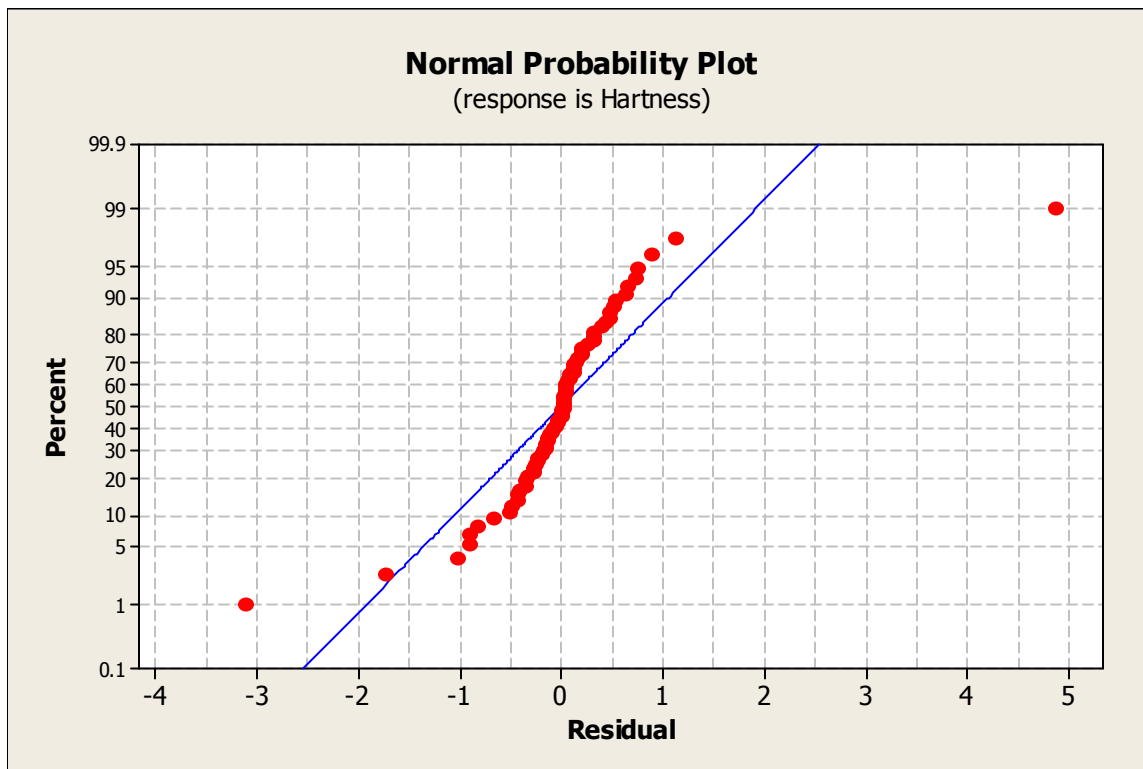


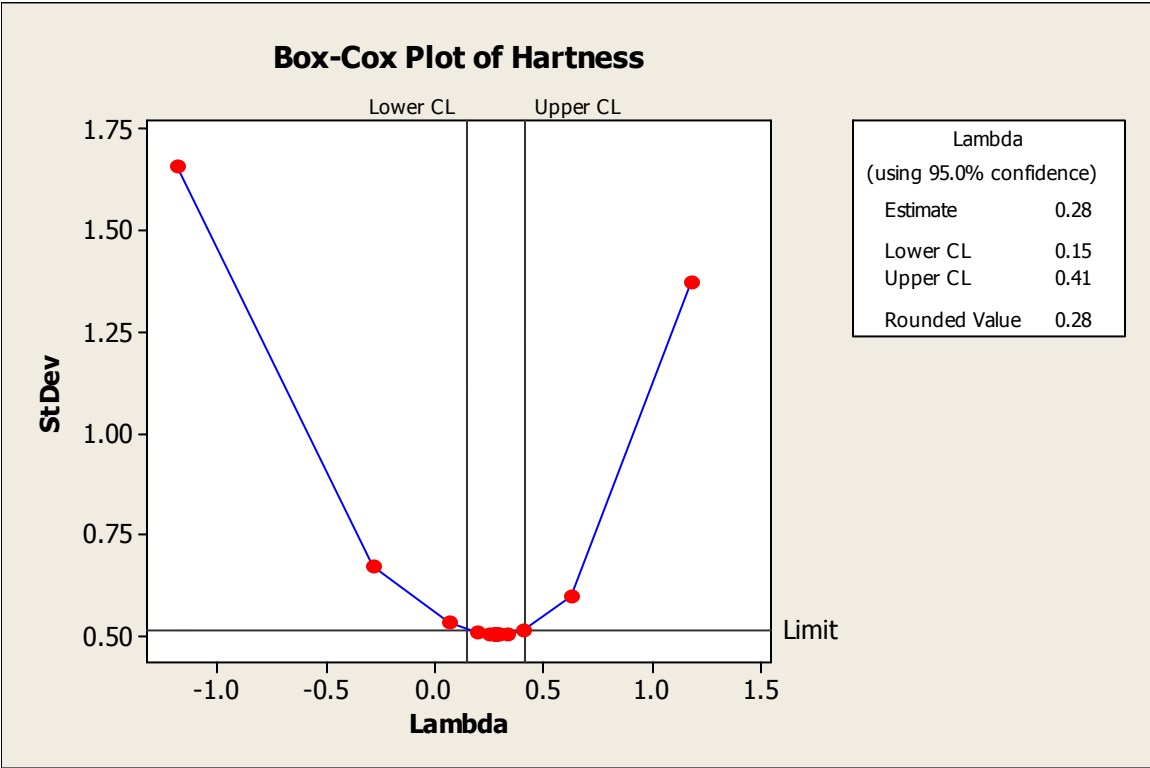
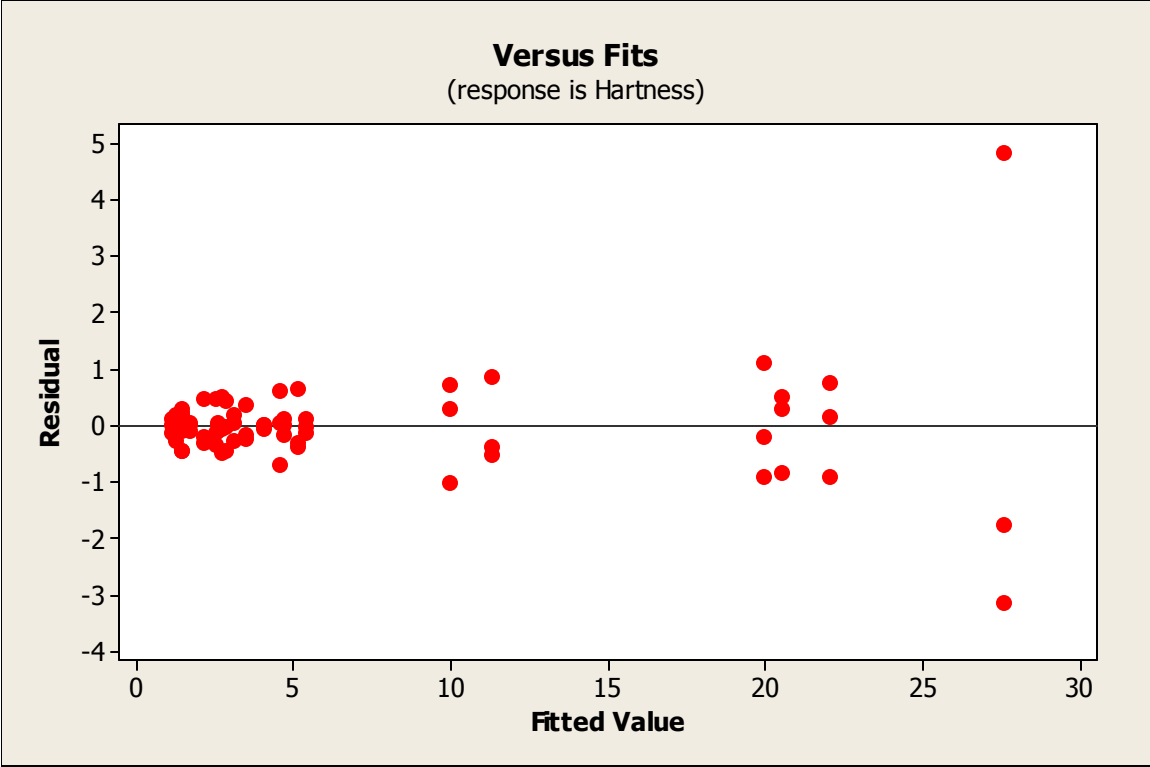
Least Squares Means

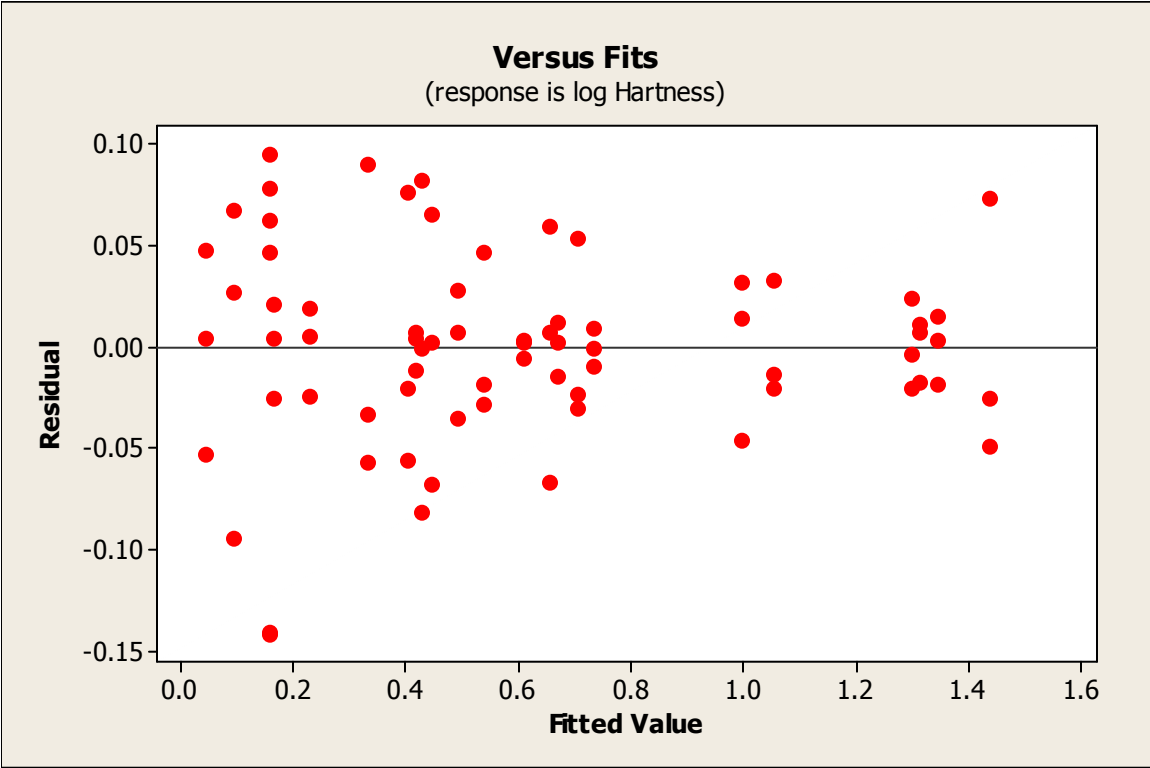
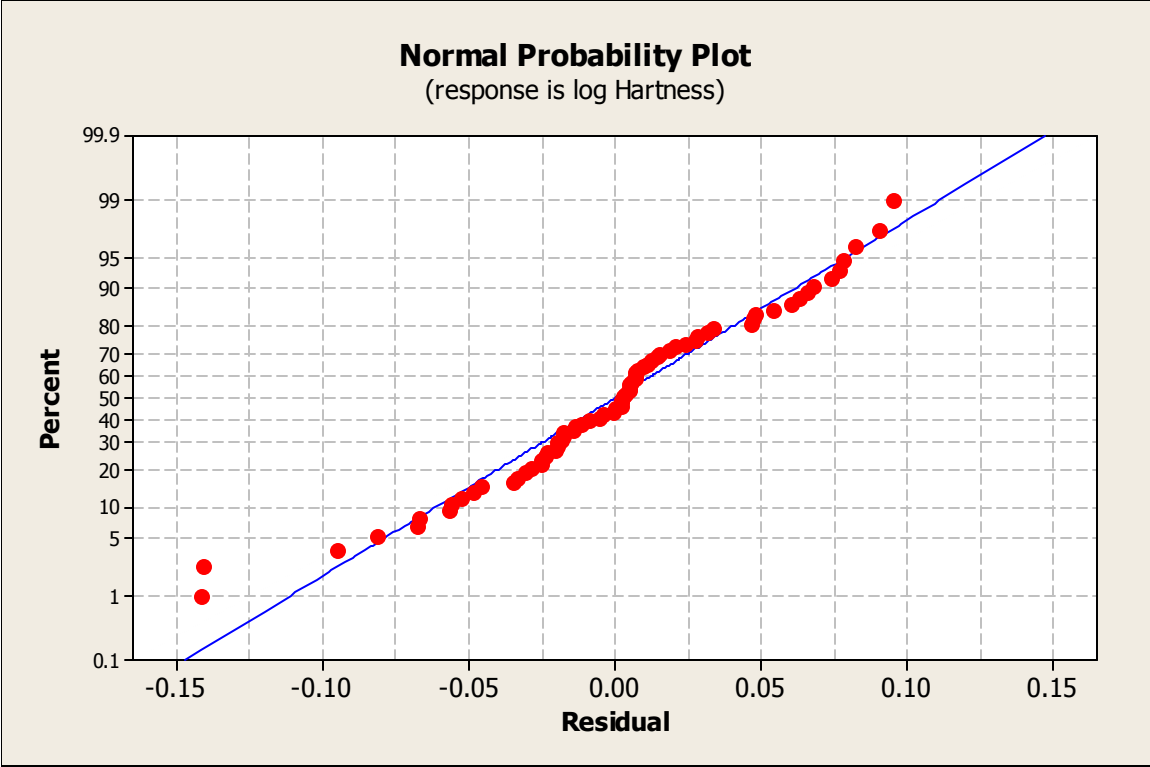
τύπος	--Σκελιών /9cm--		----ΣΑ κελιών---		----->8mm-----		->8mm	
	Mean	SE Mean	Mean	SE Mean	Mean	SE Mean	Mean	
1	406.000	17.8792	241.677	11.0090	6.333	0.5358	7.833	
2	464.000	17.8792	293.345	11.0090	5.667	0.5358	13.667	
3	462.333	17.8792	260.688	11.0090	2.667	0.5358	10.500	
άλευρο								
1	453.000	14.5983	258.181	8.9888	4.556	0.4374	11.111	
2	435.222	14.5983	272.292	8.9888	5.222	0.4374	10.222	
τύπος*άλευρο								
1 1	397.000	25.2850	229.667	15.5690	7.000	0.7577	7.333	
1 2	415.000	25.2850	253.687	15.5690	5.667	0.7577	8.333	
2 1	481.333	25.2850	289.677	15.5690	4.000	0.7577	15.000	
2 2	446.667	25.2850	297.013	15.5690	7.333	0.7577	12.333	
3 1	480.667	25.2850	255.200	15.5690	2.667	0.7577	11.000	
3 2	444.000	25.2850	266.177	15.5690	2.667	0.7577	10.000	
τύπος			-----<4mm-----		-----0-0.25----		-----0.25-0.75----	
	SE Mean	Mean	SE Mean	Mean	SE Mean	Mean	SE Mean	
1	1.0000	391.833	18.4534	10.167	1.2620	62.500	4.9207	
2	1.0000	446.667	18.4534	9.167	1.2620	97.333	4.9207	
3	1.0000	449.167	18.4534	8.333	1.2620	99.667	4.9207	
άλευρο								
1	0.8165	437.333	15.0671	11.556	1.0304	90.111	4.0177	
2	0.8165	421.111	15.0671	6.889	1.0304	82.889	4.0177	
τύπος*άλευρο								
1 1	1.4142	382.667	26.0970	11.667	1.7847	69.000	6.9589	
1 2	1.4142	401.000	26.0970	8.667	1.7847	56.000	6.9589	
2 1	1.4142	462.333	26.0970	11.333	1.7847	109.000	6.9589	
2 2	1.4142	431.000	26.0970	7.000	1.7847	85.667	6.9589	
3 1	1.4142	467.000	26.0970	11.667	1.7847	92.333	6.9589	
3 2	1.4142	431.333	26.0970	5.000	1.7847	107.000	6.9589	

-----0.75-1-----			
τύπος	Mean	SE Mean	
1	333.333	20.5782	
2	357.500	20.5782	
3	369.000	20.5782	
άλευρο			
1	361.111	16.8020	
2	345.444	16.8020	
τύπος*άλευρο			
1	1	316.333	29.1020
1	2	350.333	29.1020
2	1	361.000	29.1020
2	2	354.000	29.1020
3	1	406.000	29.1020
3	2	332.000	29.1020

5) Μετρήσεις Texture Analyzer (TPA)







General Linear Model: C5 versus Τύπος, Days, Άλευρο

Factor	Type	Levels	Values
Τύπος	fixed	3	1, 2, 3
Days	fixed	4	1, 2, 3, 4
Άλευρο	fixed	2	1, 2

Analysis of Variance for C5, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Τύπος	2	9.01271	9.01271	4.50635	1343.62	0.000
Days	3	3.02261	3.02261	1.00754	300.41	0.000
Άλευρο	1	0.04293	0.04293	0.04293	12.80	0.001
Τύπος*Days	6	0.28061	0.28061	0.04677	13.94	0.000
Τύπος*Άλευρο	2	0.03202	0.03202	0.01601	4.77	0.013
Days*Άλευρο	3	0.01877	0.01877	0.00626	1.87	0.148
Τύπος*Days*Άλευρο	6	0.01685	0.01685	0.00281	0.84	0.547
Error	48	0.16099	0.16099	0.00335		
Total	71	12.58749				

S = 0.0579128 R-Sq = 98.72% R-Sq(adj) = 98.11%

Unusual Observations for C5

Obs	C5	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
3	-0.00078	0.09395	0.03344	-0.09473	-2.00 R
5	0.25076	0.15598	0.03344	0.09478	2.00 R
6	0.01448	0.15598	0.03344	-0.14150	-2.99 R
40	0.01448	0.15550	0.03344	-0.14102	-2.98 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Least Squares Means for C5

Τύπος	Mean	SE Mean
1	0.25644	0.011821
2	1.09493	0.011821
3	0.48597	0.011821
Days		
1	0.30899	0.013650
2	0.54462	0.013650
3	0.76403	0.013650
4	0.83214	0.013650
Άλευρο		
1	0.58803	0.009652
2	0.63686	0.009652
Τύπος*Days		
1 1	0.06794	0.023643
1 2	0.15574	0.023643
1 3	0.36581	0.023643
1 4	0.43626	0.023643
2 1	0.66140	0.023643
2 2	1.02343	0.023643
2 3	1.30501	0.023643
2 4	1.38987	0.023643
3 1	0.19764	0.023643
3 2	0.45469	0.023643
3 3	0.62126	0.023643
3 4	0.67028	0.023643

Τύπος*Άλευρο				
1	1	0.25181	0.016718	
1	2	0.26106	0.016718	
2	1	1.07994	0.016718	
2	2	1.10992	0.016718	
3	1	0.43233	0.016718	
3	2	0.53960	0.016718	
Days*Άλευρο				
1	1	0.30995	0.019304	
1	2	0.30804	0.019304	
2	1	0.52283	0.019304	
2	2	0.56641	0.019304	
3	1	0.72604	0.019304	
3	2	0.80201	0.019304	
4	1	0.79329	0.019304	
4	2	0.87098	0.019304	
Τύπος*Days*Άλευρο				
1	1	1	0.09395	0.033436
1	1	2	0.04194	0.033436
1	2	1	0.15598	0.033436
1	2	2	0.15550	0.033436
1	3	1	0.32953	0.033436
1	3	2	0.40209	0.033436
1	4	1	0.42778	0.033436
1	4	2	0.44474	0.033436
2	1	1	0.66991	0.033436
2	1	2	0.65288	0.033436
2	2	1	0.99535	0.033436
2	2	2	1.05151	0.033436
2	3	1	1.31167	0.033436
2	3	2	1.29836	0.033436
2	4	1	1.34283	0.033436
2	4	2	1.43692	0.033436
3	1	1	0.16597	0.033436
3	1	2	0.22931	0.033436
3	2	1	0.41715	0.033436
3	2	2	0.49222	0.033436
3	3	1	0.53693	0.033436
3	3	2	0.70559	0.033436
3	4	1	0.60927	0.033436
3	4	2	0.73128	0.033436

6) Μετρήσεις *Texture Analyzer (TPA)* σε ψωμί του τοστ.

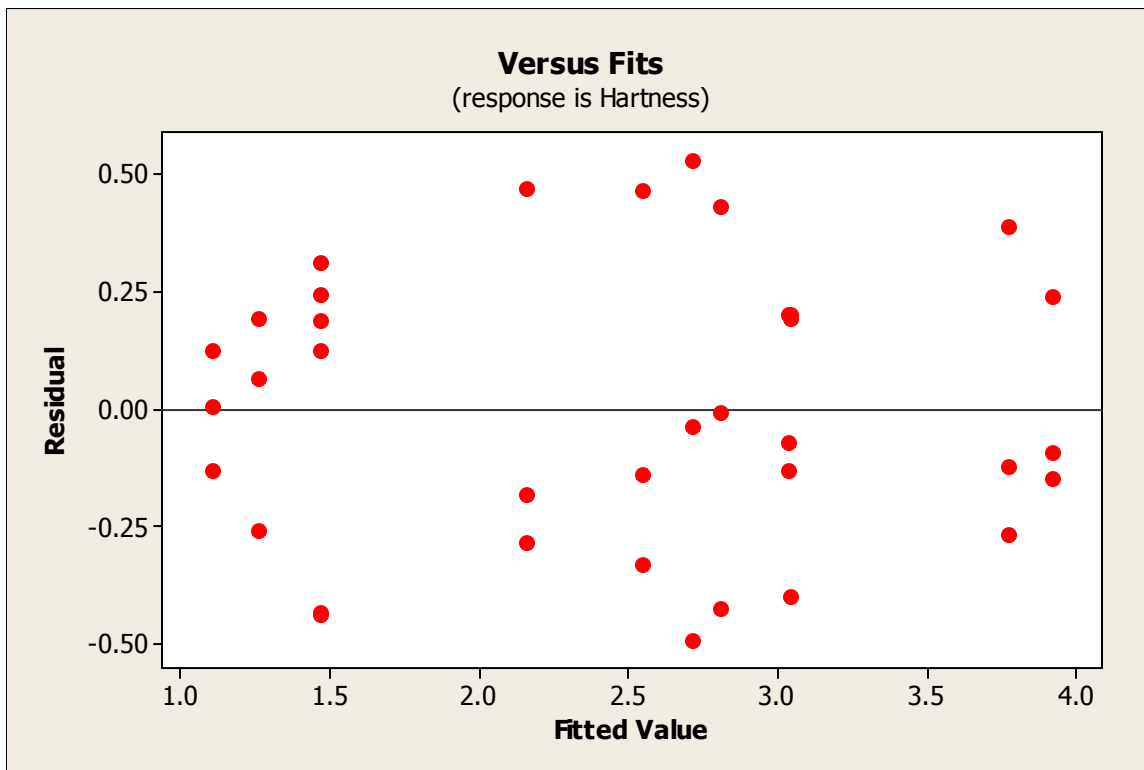
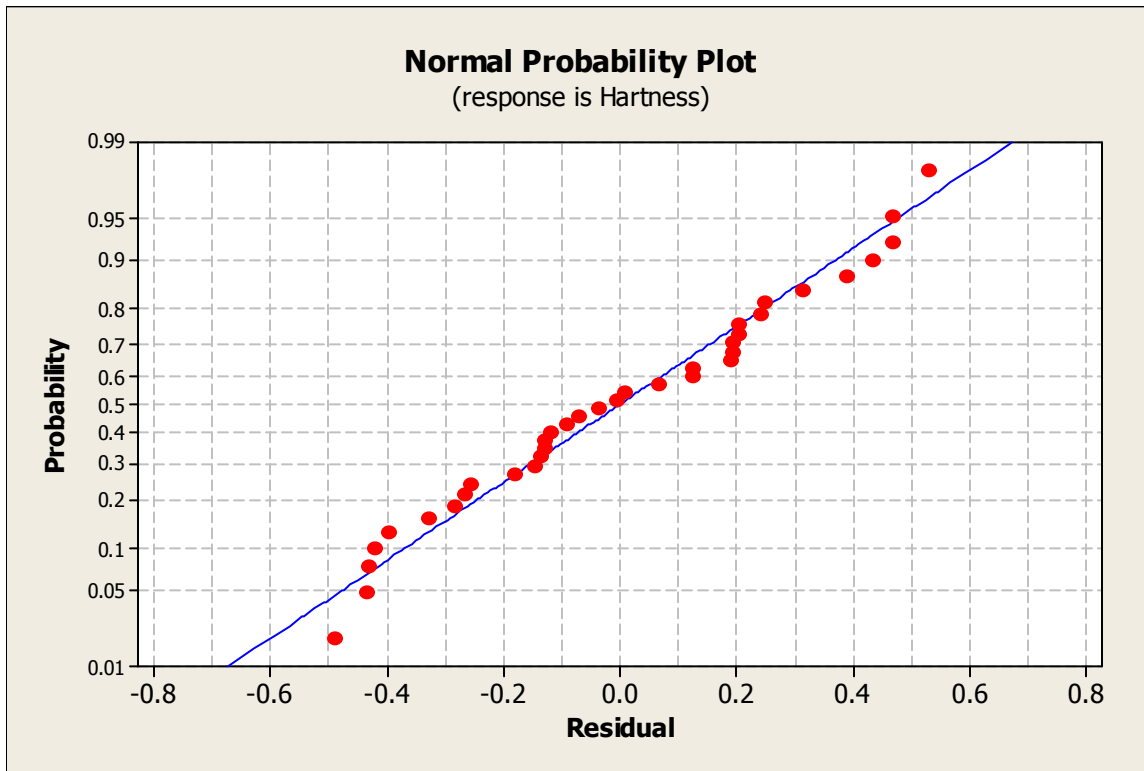
General Linear Model: Hartness versus Days, Άλευρο

Factor	Type	Levels	Values
Days	fixed	6	1, 2, 3, 4, 5, 6
Άλευρο	fixed	2	1, 2

Analysis of Variance for Hartness, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Days	5	29.7898	29.7898	5.9580	49.10	0.000
Άλευρο	1	0.0074	0.0074	0.0074	0.06	0.807
Days*Άλευρο	5	0.2965	0.2965	0.0593	0.49	0.781
Error	24	2.9120	2.9120	0.1213		
Total	35	33.0057				

S = 0.348329 R-Sq = 91.18% R-Sq(adj) = 87.13%



7) Μετρήσεις Texture Analyzer (TPA) σε ψωμί bun που αποθηκεύτηκε σε διαφορετικές θερμοκρασίες.

Results for: bun

General Linear Model: Hardness versus Τύπος, Days, Άλευρο

Factor	Type	Levels	Values
Τύπος	fixed	2	1, 2
Days	fixed	4	1, 2, 3, 4
Άλευρο	fixed	2	1, 2

Analysis of Variance for Hardness, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Τύπος	1	0.3160	0.3160	0.3160	14.78	0.001
Days	3	51.3644	51.3644	17.1215	800.58	0.000
Άλευρο	1	0.3266	0.3266	0.3266	15.27	0.000
Τύπος*Days	3	0.3523	0.3523	0.1174	5.49	0.004
Τύπος*Άλευρο	1	0.3266	0.3266	0.3266	15.27	0.000
Days*Άλευρο	3	0.3939	0.3939	0.1313	6.14	0.002
Τύπος*Days*Άλευρο	3	0.3939	0.3939	0.1313	6.14	0.002
Error	32	0.6844	0.6844	0.0214		
Total	47	54.1582				

S = 0.146241 R-Sq = 98.74% R-Sq(adj) = 98.14%

Unusual Observations for Hardness

Obs	Hardness	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
7	3.83560	3.45330	0.08443	0.38230	3.20 R
31	3.83560	3.45330	0.08443	0.38230	3.20 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

