



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ &
ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Αξιολόγηση της Προσθήκης Ξηρής Γλουτένης σε Αλεύρι
Μαλακού Σταριού**

Επιμέλεια
Κουτσούμπα Μαρία

Επίβλεψη
Κεφαλάς Πέτρος

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2011

**Η Αξιολόγηση της Προσθήκης Ξηρής Γλουτένης σε Αλεύρι
Μαλακού Σταριού**

Κουτσούμπα Μαρία

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

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

Ημερομηνία: 08/06/2011

Εισηγητής: κ. Κεφαλάς Πέτρος

Στον κύριο Κόκκαλη Αθανάσιο οφείλω τις θερμές μου ευχαριστίες για την καθοδήγηση καθ' όλη τη διάρκεια διεκπεραίωσης της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Ευχαριστώ για το αμείωτο ενδιαφέρον, τη βοήθεια και το χρόνο του τόσο κατά την εκτέλεση του πειραματικού μέρους όσο και κατά τη συγγραφή του.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στον κύριο Κεφαλά Πέτρο για την πολύτιμη και συνεχή βοήθεια του σε όλη την διάρκεια της εργασίας και σε όλα τα επίπεδα, την υποστήριξη του και την καθοδήγηση του.

Ευχαριστώ τον κύριο Πετρίδη Δημήτριο για την αμέριστη βοήθεια του στην στατιστική ανάλυση της πτυχιακής εργασίας μου.

Σας ευχαριστώ πολύ

Η Αξιολόγηση της Προσθήκης Ξηρής Γλουτένης σε Αλεύρι Μαλακού Σταριού

Μαρία Κουτσούμπα

Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης (ΑΤΕΙ),
Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, 57400 Θεσσαλονίκη Τ.Θ. 141

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί προσπάθεια αξιολόγησης της προσθήκης τριών διαφορετικών ξηρών γλουτενών σε αλεύρι μαλακού σίτου. Η αξιολόγηση τους γίνεται με τις εξής εργαστηριακές εξετάσεις που χρησιμοποιούνται για τον ποιοτικό έλεγχο του σίτου: α) Φαρινογραφία (απορρόφηση, σταθερότητα και φαρινογραφική πτώση), β) Προσδιορισμός Υγρής Γλουτένης και Ποιότητα γλουτένης (Gluten Index) και γ) η Δοκιμή Τιμής Καθίζησης (Zeleny Test).

Σημειώνεται ότι για την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα Minitab 15 και συγκεκριμένα με τη μέθοδο ANOVA two-way για την αξιολόγηση των ξηρών γλουτενών.

Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων προέκυψε ότι από τις τρεις ξηρές γλουτένες που χρησιμοποιήθηκαν η Amillina και η Kroner δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ενώ η Sedamyl έδωσε σημαντικά καλύτερα αποτελέσματα σε όλες τις αναλύσεις. Έδωσε τη μεγαλύτερη απορρόφηση νερού, σταθερότητα στη ζύμωση, ποσοστό υγρής γλουτένης (%), δείκτη ποιότητας γλουτένης (%) και τιμή καθίζησης καθώς και τη μικρότερη τιμή φαρινογραφικής πτώσης.

Περιεχόμενα

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
2	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	9
2.1	Αλεύρι.....	9
2.1.1	Σύνθεση αλεύρου.....	10
2.1.2	Τύποι αλεύρων σίτου.....	13
2.1.3	Σημασία των σιτηρών για τη διατροφή.....	15
2.2	Ξηρή γλουτένη.....	17
2.2.1	Σύνθεση ξηρής γλουτένης σίτου.....	18
2.2.2	Λειτουργικές ιδιότητες ξηρής γλουτένης σίτου.....	19
2.2.3	Διαδικασίες για την βιομηχανική παραγωγή ξηρής γλουτένης...20	
2.3	Αναλύσεις αλεύρου.....	22
2.3.1	Φαρινογραφία.....	22
2.3.1.1	Γενική αρχή.....	22
2.3.1.2	Αξιολόγηση Φαρινογραφήματος.....	24
2.3.2	Προσδιορισμός υγρής γλουτένης και δείκτη γλουτένης (Gluten Index).....	28
2.3.2.1	Γενική αρχή.....	28
2.3.2	Τιμή καθίζησης (Zeleny Test).....	30
2.3.3.1	Γενική αρχή.....	30
3	ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	31
4	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΜΕΡΟΣ.....	32
4.1	Υλικά και συσκευές.....	32
4.1.1	Άλευρα.....	32
4.1.2	Ξηρές γλουτένες σίτου.....	32

4.1.3	Αντιδραστήρια.....	32
4.1.4	Συσκευές.....	32
4.2	Μέθοδοι ανάλυσης.....	33
4.2.1	Φαρινογραφία.....	33
4.2.2	Προσδιορισμός υγρής γλουτένης και δείκτη γλουτένης (Gluten Index).....	35
4.2.3	Τιμή καθίζησης (Zeleny Test)	37
4.3	Στατιστική επεξεργασία.....	39
5	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	40
5.1	Αποτελέσματα φαρινογραφίας.....	40
5.1.1	Απορρόφηση.....	40
5.1.2	Σταθερότητα.....	43
5.1.3	Φαρινογραφική πτώση.....	47
5.2	Αποτελέσματα προσδιορισμού υγρής γλουτένης και δείκτη γλουτένης (Gluten Index).....	52
5.2.1	Υγρή γλουτένη.....	52
5.2.2	Δείκτης γλουτένης.....	55
5.3	Αποτελέσματα τιμής καθίζησης (Zeleny test).....	57
5.3.1	Τιμή καθίζησης.....	59
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	63
7	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	65
8	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	67
8.1	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	67
8.2	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	99

1 Εισαγωγή

Τα τρόφιμα φυτικής προέλευσης έχουν λάβει πρόσφατα ιδιαίτερη εκτίμηση ως πηγές διαιτητικής πρωτεΐνης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συμπληρώσει ή να αντικαταστήσει τα πρωτεϊνικά τρόφιμα ζωικής προέλευσης σε περιόδους έλλειψης (Macrae et al. 1993).

Σημαντικά μεταξύ αυτών είναι η σόγια, τα φιστίκια, ο βαμβακόσπορος και οι σπόροι καλαμποκιού και σίτου. Σε σύγκριση με άλλους, οι σπόροι σίτου δεν έχουν λάβει μεγάλη προσοχή όσον αφορά τη θρεπτική αξία των πρωτεϊνών τους. Σε μία πρόσφατη μελέτη οι Hone και Harrel συμπέραναν από τα αποτελέσματα πειραμάτων σίτισης αρουραίων ότι η πρωτεΐνη του σπόρου του σίτου ως μοναδική πηγή πρωτεΐνης στη διατροφή είναι υψηλής θρεπτικής αξίας όπως οι ζωικές πρωτεΐνες, οι οποίες είναι η καζεΐνη, η σκόνη αποβουτυρωμένου γάλακτος, το ξηρό ασπράδι και ο μυς βοείου κρέατος. Σε ένα δεύτερο άρθρο αυτοί οι ερευνητές ανέφεραν ότι η πρωτεΐνη του σπόρου του σίτου και η σκόνη αποβουτυρωμένου γάλακτος είναι ισάξιες (Macrae et al. 1993).

Η πρωτεΐνη στο αλεύρι έχει την ιδιότητα όταν ενυδατώνεται να δίνει συνεκτική και ελαστική μάζα. Η μοναδική αυτή ιδιότητα της πρωτεΐνης του αλεύρου, να αποδίδει δηλαδή στο ζυμάρι συνεκτικότητα και ελαστικότητα αποδίδεται στη γλουτένη, η οποία είναι και η κύρια αποθηκευτική πρωτεΐνη του αλεύρου. Κανένα άλλο συστατικό του αλεύρου δεν επηρεάζει τόσο τις αρτοποιητικές ιδιότητες, όσο οι πρωτεΐνες και κυρίως η γλουτένη (Day et al. 2006).

Η προσθήκη της γλουτένης αυξάνει την απορρόφηση του νερού στα άλευρα και αυξάνει την ανθεκτικότητα τους στην ανάμειξη. Η αύξηση της απορρόφησης του νερού βελτιώνει την απόδοση του αλεύρου και τον χρόνο ζωής των αρτοσκευασμάτων. Με την προσθήκη της γλουτένης το ζυμάρι στο ψήσιμο έχει μεγαλύτερο όγκο σε σύγκριση με το ζυμάρι χωρίς γλουτένη. Τα χαρακτηριστικά της ψίχας, δηλαδή η υφή και η μαλακότητα, βελτιώνονται (Lorenz & Kulp, 1991).

Η γλουτένη ανακαλύφθηκε στο αλεύρι σχεδόν 300 έτη πριν, από έναν Ιταλό ονομαζόμενο Beccari, ο οποίος διεξήγαγε ένα απλό πείραμα με αλεύρι σίτου. Το

πείραμα αυτό, το οποίο μπορεί να αναπαραχθεί εύκολα στην κουζίνα ενός σπιτιού, έχει γίνει η βάση μιας σημαντικής βιομηχανίας σιτηρών, χρησιμοποιώντας εκατομμύρια τόνους σίτου ετησίως στη Βόρεια Αμερική, Ευρώπη και Αυστραλία (Day et al. 2006).

Η «ζωντανή» ξηρή γλουτένη είναι η περισσότερο ευρέως χρησιμοποιούμενη στα προϊόντα αρτοποιίας. Εντούτοις, η «ζωντανή» γλουτένη, (ή τροποποιημένη) βρίσκει αυξανόμενη χρήση ως συστατικό τροφίμων για να παρέχει μια σειρά των λειτουργικών ιδιοτήτων της σε μία χαμηλότερη τιμή από άλλες πρωτεΐνες όπως πχ της σόγιας (Day et al. 2006) .

Ο σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η αξιολόγηση της προσθήκης τριών ξηρών γλουτενών του εμπορίου μετά την προσθήκη τους σε αλεύρι μαλακού σταριού σε ποσοστά 2,4,6,8 και 10%.

2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Αλεύρι

Το αλεύρι είναι μια λεπτή σκόνη που γίνεται από τα δημητριακά ή άλλα αμυλούχα φυτά. Χρησιμοποιείται ως συστατικό σε πολλά τρόφιμα. Συνηθέστερα παράγεται από το σιτάρι, αλλά και το καλαμπόκι, τη σίκαλη, το κριθάρι, και το ρύζι. Το αλεύρι είναι το κύριο συστατικό του ψωμιού, το οποίο είναι βασικό τρόφιμο σε πολλές χώρες, και επομένως η διαθεσιμότητα και επάρκεια του αλευριού είναι συχνά ένα σημαντικό οικονομικό και πολιτικό ζήτημα. Το αλεύρι μπορεί επίσης να παραχθεί από τα όσπρια, όπως και τη σόγια, τα φιστίκια, τα αμύγδαλα, και καρπούς δέντρων (Lorenz & Kulp, 1991).

Σπουδαιότητα έχουν κυρίως τα καλούμενα άλευρα της αρτοποιίας, δηλαδή τα άλευρα σταριού και σίκαλης, γιατί μόνο αυτά δίνουν ψωμί πορώδες και εύγευστο. Το αλεύρι ανήκει στις πρώτες ύλες, οι οποίες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη διατροφή, καθώς το ψωμί συγκαταλέγεται ανάμεσα στα πιο σημαντικά παράγωγά του (Lorenz & Kulp, 1991).

Από τεχνολογική άποψη ο μετασχηματισμός του σιταριού σε ψωμί περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια: άλεση σιταριού και παραγωγή αλεύρου, ανακάτεμα και ζύμωμα αλεύρου, νερού, αλατιού και μαγιάς, ωρίμανση ζυμαριού και ανάπτυξη ιδιοτήτων μαγιάς, και τελικά τη διαδικασία αρτοποιίας. Το ενδιαφέρον στην όλη διαδικασία είναι, ότι το αλεύρι και το ψωμί δεν διαφέρουν σημαντικά ως προς τη χημική τους σύσταση, με εξαίρεση το περιεχόμενό τους σε νερό. Η κύρια διαφορά τους έγκειται στη δομή τους (Matz, 1989).

Το αλεύρι είναι το βασικό συστατικό της ζύμης. Η πρωτεΐνη στο αλεύρι έχει την ιδιότητα όταν ενυδατώνεται να δίνει συνεκτική και ελαστική μάζα. Η μοναδική αυτή ιδιότητα της πρωτεΐνης του αλεύρου, να αποδίδει δηλαδή στο ζυμάρι συνεκτικότητα και ελαστικότητα αποδίδεται στη γλουτένη, η οποία είναι και η κύρια αποθηκευτική πρωτεΐνη του αλεύρου (Κεφαλάς, 2003).

Η εκτατότητα της γλουτένης καθώς και το ποσοστό της σχηματιζόμενης γλουτένης καθορίζουν εάν το προϊόν θα είναι εύθρυπτο, με μια τάση να είναι συνεκτικό και σκληρό ή αν θα είναι μαλακό και αφράτο. Όταν η ζύμη κατεργάζεται και ψήνεται, η γλουτένη μετουσιώνεται λόγω της θερμοκρασίας, γεγονός που συμβάλλει στην αύξηση της συνεκτικότητας (Shuey, 1975).

Άλευρα με υψηλό ποσοστό πρωτεΐνης αποδίδουν περισσότερη γλουτένη με αποτέλεσμα να παράγουν ζύμη μεγαλύτερης συνεκτικότητας σε αντίθεση με άλευρα χαμηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη ή απλά άλευρα που δεν μπορούν να διατηρήσουν το σχήμα τους (Macrae et al. 1993).

Στα άλευρα του μαλακού σίτου γίνονται αναλύσεις για να προσδιοριστεί: α) το ποσοστό της τέφρας ώστε να ελεγχθεί ο τύπος του αλεύρου β) το επίπεδο της δραστηριότητας των αμυλασών, και γ) η πρωτεΐνη.

Ειδικότερα όσον αφορά την πρωτεΐνη ενδιαφέρει η ποσότητα και η ποιότητα της γλουτένης. Οι ιδιότητες της γλουτένης, με βάση τις οποίες χαρακτηρίζεται η ποιότητά της, καθώς και το ποσοστό αυτής στο αλεύρι έχουν άμεση σχέση με τις ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού που θα προκύψει. Οι ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού επηρεάζουν τη συμπεριφορά του κατά την αρτοποιητική διαδικασία και αυτές οι ιδιότητες είναι δυνατόν να μελετηθούν με ειδικά όργανα που είναι ο φαρινογράφος και δύο τύποι εξτενσιογράφου (εξτενσιογράφος Brabender και αλβεογράφος Chopin). Επίσης γίνονται και κάποιες άλλες αναλύσεις όπως ο προσδιορισμός υγρής γλουτένης από την οποία υπολογίζεται και η ποιότητα της γλουτένης (δείκτης γλουτένης – gluten index), καθώς και το τεστ τιμής καθίζησης (zeleny test) το οποίο δείχνει, την ικανότητα ενυδάτωσης της γλουτένης (Κεφαλάς, 2003).

2.1.1 Σύνθεση Αλεύρου

Η χημική σύσταση του αλεύρου είναι:

- νερό 11- 15%
- ανόργανα άλατα 0,5- 2%
- λίπος 0,5- 0,6%
- λευκώματα (αλβουμίνη, γλοβουλίνη, γλουτένη) 7- 14%
- υδατάνθρακες (άμυλο) 65- 70%.

(Stear, 1990)

Το αλεύρι από πλευρά σύστασης ,αποτελείται από υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπαρές ύλες, ανόργανα συστατικά, βιταμίνες, υγρασία και ενζύμα.

Υδατάνθρακες: Το μεγαλύτερο ποσοστό ανάμεσα στους υδατάνθρακες καταλαμβάνει το άμυλο (περίπου 70%), καθώς επίσης και διάφορα διαλυτά σάκχαρα, κυτταρίνη και πεντοζάνες. Σε γενικές γραμμές δεν παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του αλεύρου, επηρεάζουν όμως το σχηματισμό κόρας του ψωμιού, τη διόγκωση, την απορρόφηση- δέσμευση νερού και το μπαγιάτεμα του ψωμιού λόγω της αναδιάταξης του αμύλου (Pomeranz, 1988).

Το σπασμένο άμυλο δημιουργείται κατά τη διάρκεια της άλεσης. Τα πιο καταστραμμένα επίπεδα αμύλου αυξάνουν την απορρόφηση και το ποσοστό ζύμωσης της ζύμης. Το ποσοστό του σπασμένου αμύλου στο αλεύρι εκφράζεται σε γραμμάρια αμύλου ευαίσθητα στην υδρόλυση από την α - αμυλάση ανά 100 γραμμάρια αλεύρου σε μια βάση υγρασίας 14 %. Τα χαρακτηριστικά καταστραμμένα επίπεδα αμύλου στα άλευρα ψωμιού κυμαίνονται από 5 έως 10 % (Pomeranz, 1988).

Πρωτεΐνες: Το πρωτεϊνικό περιεχόμενο είναι αυτό που επηρεάζει όσο τίποτε άλλο τις αρτοποιητικές ικανότητες του 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 ,τον 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" (Pomeranz, 1988).

Η πρωτεϊνική ποσότητα υπολογίζεται από την περιεκτικότητα σε άζωτο που καθορίζεται με τη μέθοδο kjeldahl ή την μέθοδο φασματοσκοπίας Near Infrared Reflectance (NIR). Επηρεάζεται πρώτιστα από τις συνθήκες ανάπτυξης σίτου. Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη του αλεύρου είναι περίπου 1 % λιγότερο από το σίτο από τον οποίο αλέστηκε και περίπου 1 % χαμηλότερη για τα άλευρα διαλογής απ'ότι για τα άλευρα μετά την διαλογή. Τα χαρακτηριστικά πρωτεϊνικά επίπεδα αλεύρου για προϊόντα ψωμιού κυμαίνεται από 11 έως 15 % (Pomeranz, 1988).

Η πρωτεϊνική ποιότητα μετριέται έμμεσα σε μια συσκευή δοκιμής ζύμης που ονομάζεται φαρινογράφος. Επηρεάζεται πρώτιστα από την ποικιλία σίτου, η οποία καθορίζει τα χαρακτηριστικά της γλουτενίνης και γλοιαδίνης, μερών της γλουτένης, τα οποία αποτελούν περίπου 85 % της πρωτεΐνης του αλεύρου. Το συστατικό του αλευρού που συμβάλει περισσότερο στην συνεκτικότητα της

ζύμης είναι οι πρωτεΐνες και μάλιστα η γλουτένη. Τα δυο βασικά είδη των πρωτεϊνών του αλεύρου είναι η μη-γλουτένη (15%, δεν σχηματίζει ζυμάρι) και η γλουτένη (85%, σχηματίζει ζυμάρι). Αλβουμίνες (60%), σφαιρίνες (40%) και αμινοξέα απαρτίζουν τη μη-γλουτένη, ενώ γλοιαδίνες (χαμηλού μοριακού βάρους, 25.000-100.000) και γλουτενίνες (υψηλού μοριακού βάρους, >100.000) συναποτελούν την γλουτένη (Pomeranz, 1988).

Η απορρόφηση μετριέται από τον φαρινογράφο ως ένδειξη της ικανότητας του αλεύρου να κρατήσει το νερό διατηρώντας την συνεκτικότητα. Τα υψηλά πρωτεϊνικά και καταστραμμένα επίπεδα αμύλου δίνουν την υψηλή απορρόφηση, η οποία είναι καλή για την εκτέλεση ψησίματος επειδή αυξάνει την παραγωγή ολοκληρωμένων προϊόντων και βελτιώνει τη ζωή του προϊόντος στο ράφι. Χαρακτηριστικά επίπεδα απορρόφησης για τα άλευρα ψωμιού είναι 58 έως 66% (Hoseney, 1986).

Λιπίδια(λιπαρές ύλες): Τα σκουρόχρωμα άλευρα περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα λιπαρών σε σχέση με τα λευκά άλευρα. Λόγω της διακύμανσης της περιεκτικότητας σε λιπαρά, δεν έχουμε ιδιαίτερη επίδραση στις αρτοποιητικές ικανότητες του. Είναι όμως γεγονός ότι επιδρούν θετικά ως προς την ελαστικότητα της γλουτένης (Matz, 1989).

Ανόργανα συστατικά: Η περιεκτικότητα του αλεύρου σε ανόργανα συστατικά διαφέρει ανάλογα με την ποικιλία του σταριού, την κάθε σοδειά και τον τρόπο αποθήκευσης. Έχουν θετική επίδραση πάνω στην γλουτένη ιδιαίτερα κατά το ψήσιμο (Matz, 1989).

Η τέφρα είναι η ανόργανη ουσία που παραμένει αφότου έχει αποτεφρωθεί η οργανική ουσία. Το πίτυρο σίτου περιέχει περισσότερη ανόργανη ουσία από το ενδοσπέρμιο, έτσι η περιεκτικότητα σε τέφρα συσχετίζεται κατά προσέγγιση με τον τύπο αλεύρου. Τα χαρακτηριστικά επίπεδα τέφρας είναι 0,4 έως 0,45 % για τα άλευρα πολυτελείας (διαλογής), 0,45 έως 0,5 % για τα άλευρα άνευ διαλογής , και περίπου 0,6 % για τα άλευρα μετά την διαλογή (Matz, 1989).

Βιταμίνες: Το σιτάρι είναι πλούσιο σε βιταμίνη E και B (B₁ ,B₂ ,B₆). Περιέχει ικανοποιητικό αριθμό βιταμινών κυρίως στο φύτρο και το πίτυρο του καρπού, γιατί όσο πιο λευκό είναι ένα αλεύρι τόσο πιο φτωχό είναι σε βιταμίνες (Macrae et al. 1993).

Υγρασία (νερό): Η περιεχομένη υγρασία του σιταριού και κατά συνέπεια του αλεύρου, προκειμένου να μην προκαλέσει προβλήματα δε θα πρέπει να ξεπερνά

το 15%. Με μεγαλύτερη υγρασία έχουμε ανάπτυξη μυκήτων, δυσάρεστων οσμών, προσέλκυση εντομών, ταχεία αποσύνθεση της γλουτένης και μικρότερη απορρόφηση νερού από το ζυμάρι (Pomeranz, 1988).

Ενζυμα: Τα ενζυμα βοηθούν στη διεξαγωγή αντιδράσεων. Τα κυριότερα ενζυμα που περιέχονται είναι τα αμυλολυτικά (αμυλάσες), τα πρωτεολυτικά (πρωτεάσες) και τα λιπολυτικά (λιπάσες) (Κεφαλάς, 2003).

Η ενζυμική δραστηριότητα αμύλασης μετριέται από τις δοκιμές ιξώδους όπως είναι ο αμυλογράφος του Brabender. Επηρεάζεται από τις συνθήκες ανάπτυξης του σίτου όπως επίσης και από το κοσκίνισμα του σίτου στο μύλο και είναι σημαντική σε απλές ζύμες γρήγορης ζύμωσης, όπου επηρεάζει την ποσότητα της ζύμωσης που προκαλεί η μαγιά. Οι χαρακτηριστικές αμυλογραφικές τιμές για το κοσκινισμένο αλεύρι ψωμιού είναι 450 έως 550 μονάδες (BU) (D'Appolonia, 1996).

2.1.2 Τύποι Αλεύρων Σίτου

Με τα διαδοχικά περάσματα του σίτου από κυλίνδρους άλεσης και κόσκινα, λαμβάνεται χωριστά το αλεύρι από το εσωτερικό του ενδοσπερμίου. Σ' αυτό θα προστεθούν κλάσματα από την περιφέρεια του ενδοσπερμίου. Μέχρι εδώ το αλεύρι θα είναι άσπρο. Αν συνεχιστεί η αλευροποίηση προς την περιφέρεια του κόκκου, τα επόμενα κλάσματα θα είναι από τα όρια ενδοσπερμίου- στοιβάδας αλευρόνης και το χρώμα του αλεύρου θα αρχίσει να σκουραίνει. Είναι δυνατόν να συνεχιστεί η προσθήκη κλασμάτων από τη στοιβάδα της αλευρόνης και πιτύρων, αλλά το αλεύρι που θα προκύψει θα έχει σκούρο χρώμα, και η τέφρα του θα αυξάνεται όσο αυξάνονται και τα κλάσματα από το περικάλυμμα. Με την επιλογή των κλασμάτων αυτών δημιουργούνται κυρίως τέσσερις τύποι αλεύρου. Οι τύποι αυτοί παρουσιάζουν μικρές διαφορές και διαφορετικούς χαρακτηρισμούς από χώρα σε χώρα και είναι οι εξής:

- α) Πολύ άσπρο αλεύρι από το εσωτερικό του ενδοσπερμίου. Το βάρος του αντιστοιχεί στο 45-55% του βάρους των κόκκων.
- β) Άσπρο αλεύρι από το εσωτερικό και την περιφέρεια του ενδοσπερμίου. Το βάρος του αντιστοιχεί περίπου στο 70% του βάρους των κόκκων.

γ) Πιτυρούχο αλεύρι που αποτελείται από άσπρο αλεύρι και αλευροποιημένα πίτυρα (κυρίως από τη στοιβάδα της αλευρόνης).

δ) Ολικής άλεσης, που περιέχει όλα τα παραπάνω και επιπλέον τεμαχίδια πιτύρων.

Όπως είναι ευνόητο, η πρώτη επιλογή είναι το πολύ άσπρο αλεύρι από το εσωτερικό του ενδοσπερμίου. Η απόδοση του μύλου σ' αυτό το αλεύρι θα είναι μικρή, δηλαδή το βάρος του αλεύρου θα είναι μικρό σε σχέση με το βάρος των κόκκων που εισέρχονται στο πρώτο σπάσιμο. Το ποσοστό αυτό σε άλλες χώρες είναι 45-55% ενώ στην Ελλάδα συνηθίζεται να είναι 55%. Από τον ελληνικό Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (ΚΤΠ) χαρακτηρίζεται ως αλεύρι κατηγορίας Π (Π = πολυτελείας). Είναι τελείως άσπρο αλεύρι, χωρίς στίγματα και ελάχιστο ποσοστό της πρωτεΐνης του δεν είναι γλουτένη (Κεφαλάς, 2003).

Στους άλλους τύπους αλεύρων το ποσοστό της πρωτεΐνης που δεν είναι γλουτένη είναι μεγαλύτερο. Περιέχει τα μικρότερα ποσοστά πεντοζανών και ανόργανων αλάτων σε σχέση με τα άλλα άλευρα. Λόγω του μεγάλου ποσοστού πρωτεΐνης που είναι γλουτένη έχει την καλύτερη αρτοποιητική ικανότητα από όλους τους άλλους τύπους αλεύρου που μπορούν να παραχθούν από το ίδιο σιτάρι. Σύμφωνα με τον ΚΤΠ το αλεύρι αυτό πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 28% υγρή γλουτένη και ανώτατο όριο τέφρας το 0,45%. Με την ανάπτυξη των βελτιωτικών των αλεύρων η αξία του τύπου αυτού περιορίστηκε κάπως, και η ζήτησή του οφείλεται κυρίως στη λευκότητά του (Κεφαλάς, 2003).

Η επόμενη επιλογή είναι η προσθήκη στο προηγούμενο αλεύρι κλασμάτων από την περιφέρεια του ενδοσπερμίου. Στην περίπτωση αυτή προκύπτει το άσπρο αλεύρι που είναι και το πιο συνηθισμένο. Η απόδοση του μύλου σ' αυτό το αλεύρι θα είναι λίγο πάνω από 70% και χαρακτηρίζεται από τον ΚΤΠ ως αλεύρι τύπου 70%. Είναι λιγότερο άσπρο από το προηγούμενο, γιατί κατά τη θραύση και απόξεση των τεμαχιδίων από τους κυλίνδρους είναι αναπόφευκτο να αποσπαστούν και θραύσματα από την στοιβάδα της αλευρόνης που είναι σκούρη. Εργαστηριακά το αλεύρι τύπου 70% μπορεί να ταυτοποιηθεί από την τέφρα του. Σύμφωνα με τον ΚΤΠ η τέφρα του δεν πρέπει να είναι ανώτερη από 0,50% και η γλουτένη του πρέπει να είναι τουλάχιστον 25% (Κεφαλάς, 2003).

Το χρώμα του αλεύρου τύπου 70% είναι κατάλληλο για όλα τα παρασκευάσματα αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής που χρειάζονται λευκό αλεύρι, εκτός ίσως από τα πολύ λευκά ψωμάκια (Κεφαλάς, 2003).

Προχωρώντας περισσότερο στην προσθήκη κλασμάτων από τα όρια μεταξύ ενδοσπερμίου και στοιβάδας αλευρόνης είναι δυνατόν να ληφθούν άλευρα με μεγαλύτερη απόδοση του μύλου (πάνω από 70%) τα οποία θα είναι λιγότερο άσπρα. Με περαιτέρω προσθήκη κλασμάτων, τώρα πια από τη στιβάδα της αλευρόνης και τις άλλες στιβάδες, προκύπτουν τα πιτυρούχα άλευρα τύπου 90%. Αν προστεθούν όλα τα κλάσματα, προκύπτουν τα άλευρα ολικής άλεσης. Στην περίπτωση αυτή, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο φύτρο γιατί ταγγίζει. Για το φύτρο η καλύτερη λύση είναι να καβουρντιστεί και να προστεθεί στο αλεύρι. Το μείγμα που θα προκύψει θα χαρακτηριστεί ειδικό αλεύρι σύμφωνα με τις διατάξεις του ΚΤΠ (Κεφαλάς, 2003).

Τα πιτυρούχα άλευρα (τύπου 90% και ολικής άλεσης) όπως βγαίνουν από την άλεση, υστερούν σημαντικά σε αρτοποιητική ικανότητα από τα λευκά άλευρα από το ίδιο σιτάρι, λόγω του μικρότερου ποσοστού γλουτένης, και της παρουσίας κυτταρίνης και ημικυτταρινών που ενυδατώνονται και παρεμβάλλονται στο πλέγμα της γλουτένης. Το μειονέκτημα αυτό εξαλείφεται με προσθήκη ξηρής γλουτένης (το απαιτεί ο ΚΤΠ για τα άλευρα τύπου 90%) και άλλων βελτιωτικών. Στον ΚΤΠ δεν προβλέπεται τύπος αλεύρου ολικής άλεσης για αρτοποίηση παρά μόνο για μακαρονοποιία. Η κυκλοφορία αλεύρου ολικής άλεσης για αρτοποίηση έχει επιτραπεί με αγορανομική διάταξη(Κεφαλάς, 2003).

Τα ποσοστά απόδοσης που αναφέρθηκαν και χαρακτηρίζουν τους τύπους των αλεύρων καλούνται και «τράβηγμα» ή βαθμός άλεσης. Το τράβηγμα υπολογίζεται ζυγίζοντας τα κιλά του αλεύρου που παρήχθησαν από 100 κιλά καθαρισμένου και βρεγμένου σιταριού (Κεφαλάς, 2003).

2.1.3 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%). Στο πεπτικό σύστημα το άμυλο υδρολύεται σε απλούστερα σάκχαρα που αποτελούν πολύ σημαντική πηγή ενέργειας για τον οργανισμό. Η υδρόλυση του αμύλου αξιοποιείται και σε βιομηχανική κλίμακα για να παραχθούν γλυκαντικές ύλες (γλυκόζη, φρουκτόζη) καθώς επίσης και αλκοολούχα ποτά (μπύρα, ούισκι, σάκε) (Κεφαλάς, 2003).

Το δεύτερο σε αναλογία συστατικό των σιτηρών, η πρωτεΐνη, έχει εύλογα μεγάλη σημασία για τη διατροφή, υστερεί όμως από τις ζωικές πρωτεΐνες σε διατροφική αξία, γιατί περιέχει μικρότερα ποσοστά απαραίτητων αμινοξέων. Το ποσοστό της πρωτεΐνης κυμαίνεται μεταξύ 8% και 30% ανάλογα με το είδος και το γένος του σίτου και τις συνθήκες καλλιέργειάς του (Κεφαλάς, 2003).

Εκτός από τα παραπάνω δύο κύρια συστατικά των σιτηρών (άμυλο και πρωτεΐνη) είναι και τα δευτερεύοντα συστατικά τους που έχουν μεγάλη σημασία. Για να γίνει αυτό κατανοητό, αρκεί να αναφερθεί ότι στα δευτερεύοντα συστατικά περιλαμβάνεται και το έλαιο των σιτηρών και ένα τέτοιο είναι το αραβοσιτέλαιο. Το έλαιο του σίτου, το σιτέλαιο, βρίσκει αξιοποίηση στη φαρμακευτική ως φορέας και διαλύτης της βιταμίνης E. Στην Ασία αξιοποιείται και το ρυζέλαιο. Μεγάλη σημασία έχουν οι βιταμίνες που βρίσκονται στα σιτηρά (κυρίως **B**, **E**, νιασίνη, φολικό οξύ). Επίσης σημασία έχει η κυτταρίνη, τόσο για τη διατροφή των φυτοφάγων ζώων (άχυρα, πίτυρα), όσο και για την καλή λειτουργία του ανθρώπινου πεπτικού συστήματος (Κεφαλάς, 2003).

Η κυτταρίνη και οι βιταμίνες που υπάρχουν στα σιτηρά δεν περιέχονται στις ποσότητες που θα έπρεπε στα τρόφιμα που παράγονται από σιτηρά, γιατί αυτές βρίσκονται στο περικάλυμμα και στο φύτρο τα οποία συνήθως κατά την άλεση καταλήγουν στα υποπροϊόντα (πίτυρο, κτηνάλευρα, λέπυρα ρυζιού). Έτσι το λευκό αλεύρι και το αποφλοιωμένο ρύζι ελάχιστα ποσά βιταμινών και κυτταρίνης περιέχουν. Στο αλεύρι ολικής άλεσης περιέχονται τα παραπάνω συστατικά σε ποσοστά που για μερικά από αυτά πλησιάζουν τα ποσοστά με τα οποία βρίσκονται στον κόκκο (Κεφαλάς, 2003).

2.2 Ξηρή Γλουτένη Σίτου

Ξηρή γλουτένη είναι η γλουτένη του σίτου που αποχωρίστηκε από το άμυλο και έρχεται στο εμπόριο υπό μορφή σκόνης με πολύ χαμηλή υγρασία. Ανάλογα με την ποιότητά της είναι περισσότερο ή λιγότερο καθαρή και αυτό γίνεται αντιληπτό από το ποσοστό της πρωτεΐνης που περιέχει (Grace, 1989).

Μεγάλη σημασία για την ποιότητά της έχει η ελαστικότητά της. Γλουτένη που έχει πολύ καλή ελαστικότητα χαρακτηρίζεται ως «ζωντανή» («vital»). Η ελαστικότητα είναι πολύ εύκολο να χαθεί κατά τη διαδικασία παραγωγής της στο στάδιο της ξήρανσης. Αν κατά την ξήρανση δεν ληφθούν ορισμένες προφυλάξεις, η γλουτένη υφίσταται μερική μετουσίωση εξαιτίας της οποίας χάνει την ελαστικότητά της. (Κεφαλάς, 2003)

Η γλουτένη μπορεί να οριστεί ως το συνεκτικό, ιξωδο-ελαστικό πρωτεϊνούχο υλικό που προετοιμάζεται ως υποπροϊόν της απομόνωσης του αμύλου από το αλεύρι σίτου. Ένας βιολογικός καθορισμός μπορεί να περιλάβει την προέλευση της σύνθεσης των πρωτεϊνών γλουτένης όπως προέρχεται από τις πρωτεΐνες αποθήκευσης του σπόρου σίτου. Η σημαντικότερη πτυχή της ιστορίας της γλουτένης για τη βιομηχανία τροφίμων είναι η σημασία (και η δυνατότητα) της γλουτένης ως εμπορεύσιμο αγαθό, που πωλείται για ένα ευρύ φάσμα χρήσεων σε όλο τον κόσμο. Στη πιο γνωστή της μορφή, η γλουτένη κυκλοφορεί στο εμπόριο σε ξηρή μορφή ως «ζωντανή» («vital»). Με αυτήν την μορφή, οι λειτουργικές ιδιότητες της γλουτένης σίτου μπορεί να αναπαραχθούν από επανενυδάτωση (Grace, 1989).

Οι πρωτεΐνες που διαμορφώνουν τη γλουτένη είναι πρωτεΐνες αποθήκευσης, σύμφωνα με τη λειτουργία τους στο σπόρο σίτου. Ο σπόρος περιέχει επίσης το υπόλειμμα πολλών μεταβολικών πρωτεϊνών (κυρίως υδροδιαλυτές) οι οποίες χρειάστηκαν στον αναπτυσσόμενο σπόρο, μαζί με τις πρωτεΐνες παρέχοντας εκείνους τους υποθετικούς μηχανισμούς που πρέπει να φέρουν τη ζωή στην επόμενη γενεά των φυτειών σίτου όταν η διαδικασία βλάστησης αρχίζει. Αυτό είναι το βασικό πλαίσιο στο οποίο πρέπει να δούμε την αποθήκευση πρωτεϊνών, όχι ως πρωτεΐνες γλουτένης της διαμόρφωσης της ζύμης, αλλά ως πρωτεΐνες αποθήκευσης του σίτου που φροντίζουν συγκεκριμένα ώστε να παρέχουν έναν ουσιαστικό ανεφοδιασμό των αμινοξέων για ανάπτυξη του φυτού (Day et al. 2006).

Από αυτές τις απόψεις, οι πρωτεΐνες αποθήκευσης του ώριμου σίτου μπορεί να μην διαφέρουν πολύ από εκείνους άλλων σιτηρών. Εντούτοις, το διακριτικό χαρακτηριστικό γνώρισμα που καθιστά το σίτο μοναδικό είναι οι ιξωδο-ελαστικές ιδιότητες της πρωτεΐνης αποθήκευσης. Όταν το σιτάρι αλέθεται και αναμιγνύεται με το νερό, διαμορφώνει μια ζύμη με τις μοναδικές ρεολογικές ιδιότητες, ικανές για τη διατήρηση των φυσαλίδων αερίου, ταιριάζοντας αυτήν την ζύμη στην ευρύτερη ποικιλία των προϊόντων που εμείς αναμένουμε από το αλεύρι σίτου. Αυτές είναι οι ιδιότητες που καθιστούν μόνο το σίτο, κατάλληλο για την προετοιμασία μιας μεγάλης ποικιλομορφίας των τροφίμων όπως ψωμιά, poodles, ζυμαρικά, μπισκότα, κέικ, ζύμες και πολλά άλλα τρόφιμα (Day et al. 2006).

Είναι επίσης αυτές οι μοναδικές ιδιότητες που καθιστούν το σίτο τόσο σημαντικό και καλλιεργείται από τον άνθρωπο σε τέτοιες μεγάλες ποσότητες σε όλο τον κόσμο. Το όνομα που δίνεται σε αυτή τη μοναδική ομάδα πρωτεϊνών είναι γλουτένη, ένα αινιγματικό συγκρότημα από πρωτεΐνες (Day et al. 2006).

Λαμβάνοντας υπόψη τις μοναδικές ιδιότητες της γλουτένης σίτου, δεν μας εκπλήσσει ότι έχει αποτελέσει το αντικείμενο της έντονης προσοχής από τη βιομηχανία τροφίμων. Το ενδιαφέρον έχει επεκταθεί στον εμπορικό διαχωρισμό της γλουτένης από το άμυλο και τις διαλυτές πρωτεΐνες του αλεύρου. Στην πραγματικότητα, είναι η συνεκτική ιδιότητα της γλουτένης που κάνει την εμπορική προετοιμασία της μια σχετικά απλή διαδικασία (Day et al. 2006).

2.2.1 Σύνθεση ξηρής γλουτένης σίτου

Η γλουτένη σίτου είναι ένα φυσικό υδατό-αδιάλυτο πρωτεϊνικό τμήμα του ενδοσπερμίου του σταριού όπου κατά τη διάρκεια της υγρής επεξεργασίας του αλεύρου, είναι χωρισμένη υπό μορφή σύνθετου πρωτεϊνικού-λιπιδίου-αμύλου. Η εμπορική ξηρή γλουτένη σίτου έχει μια μέση σύσταση, 72,5% πρωτεΐνη (77,5% στην ξηρά βάση), 5,7% του συνολικού λίπους, 6,4% υγρασίας και 0,7% τέφρα, οι υδατάνθρακες, κυρίως άμυλο, αποτελούν το υπόλοιπο (Clodualdo et al. 1986).

Πίνακας 1. Σύνθεση ξηρής γλουτένης σίτου.

Συστατικά	Γρήγορη Αποξήρανση	Ξήρανση ψεκασμού
<i>Κύρια Συστατικά(%)</i>		
Υγρασία	8.2	5.4
Πρωτεΐνες (Nx5.7)	69.0	71.9
Λίπη	1.2	1.2
Ίνες	0.6	0.6
Τέφρα	1.0	1.0
Υδατάνθρακες	19.4	19.9
Ενέργεια, Θερμίδες/100g	370	378
<i>Ανόργανα Συστατικά, mg/100g</i>		
Ασβέστιο	142	166
Φώσφορος	260	280
Σίδηρος	5.2	5.7
Νάτριο	29	106
Κάλιο	100	68

(Clodualdo et al. 1986)

2.2.2 Λειτουργικές Ιδιότητες Ξηρής Γλουτένης σίτου

Η ξηρή γλουτένη σίτου είναι μοναδική μεταξύ των δημητριακών και άλλων φυτικών πρωτεϊνών λόγω της ικανότητάς της να διαμορφώσει μια συνεκτική και ελαστική μάζα κατάλληλη για την αρτοποιία. Η ελαστικότητα εμφανίζεται επειδή οι πρωτεΐνες γλουτένης αποτελούν συμβατό σύστημα ύδατος και έτσι, διογκώνονται και αλληλεπιδρούν (Day et al. 2006).

Η κυρίαρχη χρήση της ξηρής γλουτένης σίτου είναι στα προϊόντα αρτοποιίας. Σε πολλά χονδρικά και μεγάλα λιανικά αρτοποιεία, η ως «ζωντανή» («vital») γλουτένη σίτου είναι το τυποποιημένο συστατικό που χρησιμοποιείται στην ενίσχυση των ζυμών (Clodualdo et al. 1986).

Γενικά, οι λειτουργίες της ξηρής γλουτένης σίτου στα προϊόντα τροφίμων είναι ως βελτιωτικό, γαλακτωματοποιητής λίπους, σταθεροποιητής, παράγοντας

απορρόφησης και συγκράτησης νερού και ως παράγοντας για τη γεύση και το χρώμα (Clodualdo et al. 1986).

Οι ιδιότητες της γλουτένης σίτου οι οποίες είναι χρήσιμες στα προϊόντα αρτοποιίας είναι: η ελαστικότητα για τη δύναμη ζύμης, ο σχηματισμός μεμβράνης, η ικανότητα για διατήρηση αερίων και υγρασίας, ως θερμοσκληρυνόμενο για δομική ακαμψία, η απορρόφηση και η συγκράτηση νερού, η ικανότητα για τη μαλακότητα των προϊόντων και η φυσική γεύση (Clodualdo et al. 1986).

2.2.3 Διαδικασίες για τη Βιομηχανική Παραγωγή Ξηρής Γλουτένης Σίτου

Υπάρχουν διάφορες διαδικασίες για τη βιομηχανική παραγωγή ξηρής γλουτένης σίτου και παίρνουν το όνομά τους από την επιχείρηση ή το πρόσωπο το οποίο ανέπτυξε ή κατοχύρωσε τη διαδικασία. Οι γνωστότερες είναι οι: Martin, Batter, Hydrocyclone, Pillsbury Hydromilling, Raisio /Alfa-Laval, Modified "Fesca", Alkali, και far-Mar-Co. Οι διαφορές αυτών των διαδικασιών περιλαμβάνουν και διαφορετικούς τύπους πρώτης ύλης. (Clodualdo et al. 1986).

Η μέθοδος Martin χρησιμοποιεί αλεύρι και είναι διαδικασία παρόμοια με αυτήν που γίνεται ο προσδιορισμός υγρής γλουτένης. Κατ' αυτήν παράγεται ζυμάρι, αφήνεται σε ηρεμία για λίγα λεπτά και στη συνέχεια πλένεται υπό συνεχή μάλαξη για να φύγει το άμυλο. (Κεφαλάς, 2003).

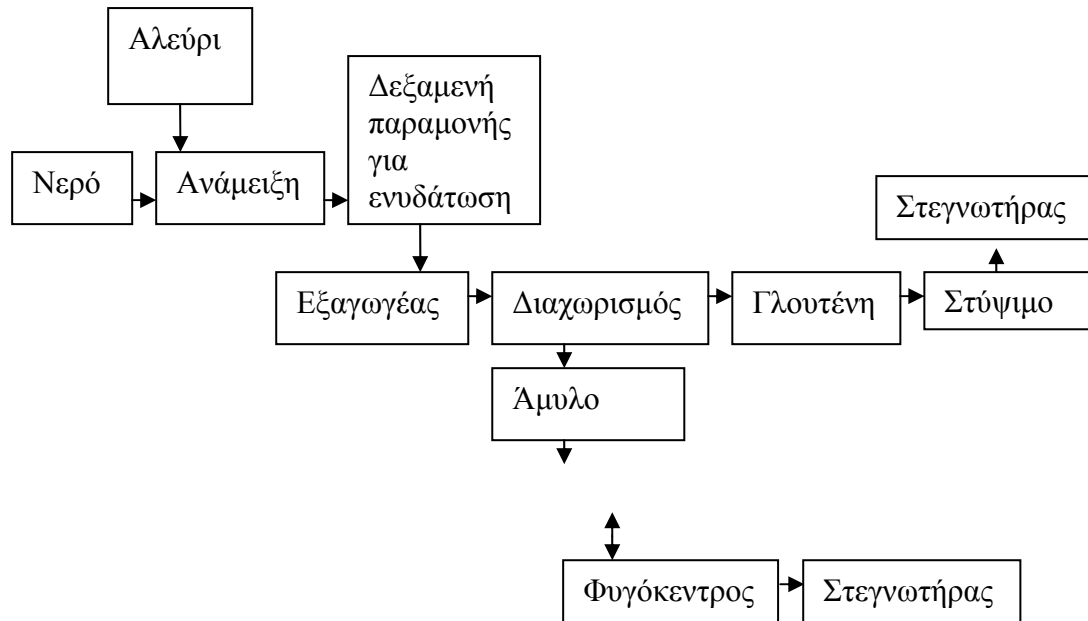
Ιστορικά, η διαδικασία Martin, που αναπτύχθηκε στο Παρίσι το 1835, ήταν μεταξύ της πιο πρόωρης και επιτυχέστερης διαδικασίας για την αποκατάσταση της ως «ζωντανή» («vital») γλουτένη σίτου. Ένα διάγραμμα ροής της γενικευμένης διαδικασίας Martin παρουσιάζεται στο σχήμα 1. Κατά την διαδικασία Martin αλεύρι σίτου και νερό προστίθενται σε έναν αναμικτή για να διαμορφωθεί μια ζύμη. Η ζύμη αφήνεται να αναπτυχθεί έτσι ώστε να είναι λεπτομερώς ενυδατωμένη. Έπειτα υποβάλλονται σε ένα βήμα εξαγωγής όπου περισσότερο νερό προστίθεται για να αρχίσει τη διαδικασία διαχωρισμού μεταξύ της γλουτένης και του αμύλου. Το βήμα πλύσης της ζύμης σχεδιάζεται για να απελευθερώσει το άμυλο χωρίς τη διασκόρπιση της γλουτένης σε μικρά κομμάτια. Αρκετό νερό χρησιμοποιείται για να πλυθεί το άμυλο από τη ζύμη ενώ

ζυμώνεται Η υγρή γλουτένη έπειτα διαχωρίζεται μηχανικά από το άμυλο με περιστροφή ή με τις δονητικές οθόνες για να παραληφθεί μια γλουτένη με μια περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη 75%. Το σημαντικότερο μειονέκτημα σε αυτό το σύστημα είναι η υπερβολική χρήση του νερού, το οποίο περιπλέκει την αποκατάσταση αμύλου και παρουσιάζει σημαντικά απόβλητα που πρέπει να εξεταστούν. Τροποποιήσεις της διαδικασίας έχουν χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία για χρόνια (Clodualdo et al. 1986).

Άλλη μέθοδος χρησιμοποιεί την υγρή άλεση του σιταριού για να διαχωριστεί η γλουτένη από το άμυλο. Κατά μία παραλλαγή αυτής γίνεται πρώτα ξηρή άλεση για να ληφθεί αλεύρι από το σιτάρι, διασπείρεται το αλεύρι σε νερό και ακολουθεί επεξεργασία με κυκλώνες, όπως στην υγρή άλεση, για να διαχωριστούν άμυλο και γλουτένη (Clodualdo et al. 1986).

Και στις δύο μεθόδους η γλουτένη που προκύπτει έχει μεγάλο ποσοστό υγρασίας (> 60%) και πρέπει να ακολουθήσει ξήρανση. Η μεγάλη υγρασία σε συνδυασμό με την θέρμανση που θα εφαρμοστεί για την ξήρανση, ευνοεί τη μετουσίωση της γλουτένης. Αν μειωθεί το νερό, μειώνεται και ο κίνδυνος αυτός. Γι' αυτό η υγρή γλουτένη τεμαχίζεται σε μικρά κομμάτια και αναμειγνύεται με ξηρή γλουτένη. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η υγρασία της σε επίπεδα στα οποία η εφαρμογή ήπιας θέρμανσης να μη προκαλεί μετουσίωση, και στη συνέχεια ξηραίνεται σε ρεύμα θερμού αέρα (Κεφαλάς, 2003).

Η ξηρή γλουτένη είναι πολύ πρόσφορο βελτιωτικό για την αύξηση του πρωτεϊνικού περιεχομένου των αλεύρων. Οι απαιτήσεις για την ελαστικότητά της ξηρής γλουτένης εξαρτώνται από τη χρήση για την οποία προορίζεται το αλεύρι (Κεφαλάς, 2003).



Σχήμα 1: Διάγραμμα της μεθόδου Martin για την παραγωγή γλουτένης και αμύλου (Clodualdo et al. 1986)

2.3 Αναλύσεις Αλεύρου

2.3.1 Φαρινογραφία

2.3.1.1 Γενική αρχή

Ο Φαρινογράφος (Σχήμα 2) είναι από τα πιο διαδεδομένα όργανα στον κόσμο για την μέτρηση των ρεολογικών χαρακτηριστικών των αλεύρων. Ειδικότερα μας πληροφορεί για την ικανότητα του αλεύρου στην απορρόφηση νερού και την αντοχή του ζυμαριού στην μηχανική καταπόνηση κατά την κατεργασία (Brabender, 1986).

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 μετρείται με

δυναμόμετρο που συνδέεται με ζυγό και ηλεκτρονικό υπολογιστή. Το δημιουργούμενο διάγραμμα ονομάζεται Φαρινογράφημα (Ρουσοπούλου, 2001).

Ο πιο διαδεδομένος τύπος Φαρινογράφου είναι ο Φαρινογράφος Hancoery - Brabender ο οποίος αρχικά σχεδιάστηκε από τον Ούγγρο καθηγητή Hancoery και βελτιώθηκε από τον Γερμανό ηλεκτρολόγο μηχανικό και φυσικό Carl Wilhelm Brabender (Ρουσοπούλου, 2001; ICC Standard No. 115/1).

Ο φαρινογράφος είναι ένα πρότυπο ζυμωτήριο χωρητικότητας 300g αλεύρου συνδεδεμένο με μηχανισμό που καταγράφει την αντίσταση που εκδηλώνεται από το ζυμάρι κατά την ανάμειξή του. Η συσκευή αποτελείται από ένα θερμοστατούμενο στους 30°C ζυμωτήριο με δύο μαχαιρωτούς βραχίονες ανάμειξης συνδεδεμένους με δυναμόμετρο, οι οποίοι περιστρέφονται με σταθερή ταχύτητα. Το σχήμα και οι διαστάσεις του ζυμωτηρίου και των βραχιόνων είναι απολύτως καθορισμένα σε τέτοιο σημείο που η παραμικρή φθορά τους έχει επιπτώσεις στα αποτελέσματα. Πάνω από το ζυμωτήριο είναι στερεωμένη προχοΐδα για την προσθήκη του νερού στο αλεύρι που αυτό βρίσκεται στο ζυμωτήριο. Τα αποτελέσματα λαμβάνονται υπό μορφή διαγράμματος στο οποίο ο οριζόντιος άξονας είναι βαθμολογημένος σε λεπτά (min) και ο κάθετος άξονας σε μονάδες Brabender (BU) που αναφέρονται και ως φαρινογραφικές μονάδες (FU) (σχήμα 3 και 4). Οι μονάδες αυτές αντιπροσωπεύουν την συνεκτικότητα του ζυμαριού η οποία προκαλεί αντίσταση στην κίνηση των βραχιόνων ανάμειξης (Brabender, 1986).



Σχήμα 2: Φαρινογράφος - Brabender

2.3.1.2 Αξιολόγηση του φαρινογραφήματος

α) *Απορρόφηση (%)*. Είναι το ποσοστό (επί αλεύρου) του νερού 30°C που χρειάζεται για να φτάσει το ζυμάρι σε συνεκτικότητα 500 FU (ή BU). Κατά προσέγγιση είναι η ποσότητα νερού που θα προσθέσει ο αρτοποιός σε 100 μέρη βάρους αλεύρου για να παρασκευάσει κανονικό ζυμάρι (Κεφαλάς, 2003).

β) *Χρόνος άφιξης*. Είναι ο χρόνος σε λεπτά (min) που χρειάζεται η κορυφή του φαρινογραφήματος να φτάσει την γραμμή των 500 FU. Ο χρόνος άφιξης είναι μέτρο της ταχύτητας με την οποία προσλαμβάνεται το νερό από το αλεύρι και όσο μεγαλύτερος είναι τόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη του αλεύρου (Κεφαλάς, 2003).

γ) *Χρόνος ανάπτυξης της ζύμης*. Είναι ο χρόνος σε λεπτά (min) από την αρχή του φαρινογραφήματος μέχρι το σημείο της μέγιστης συνεκτικότητας και μετريέται στο πλησιέστερο μισό λεπτό. Καλείται και «μέγιστο» και παρέχει κάποια ένδειξη για τον απαιτούμενο χρόνο ανάπτυξης του ζυμαριού. Στην περίπτωση που υπάρχουν δύο μέγιστα, το δεύτερο λαμβάνεται ως χρόνος ανάπτυξης (Κεφαλάς, 2003).

δ) *Σταθερότητα*. Είναι η διαφορά μεταξύ του χρόνου άφιξης και του χρόνου αναχώρησης, δηλαδή του χρόνου κατά τον οποίο η κορυφή της καμπύλης εγκαταλείπει τις 500 FU. Μετρίεται στο πλησιέστερο μισό λεπτό. Δείχνει την αντοχή του ζυμαριού στη μηχανική καταπόνηση από το ζυμωτήριο (Κεφαλάς, 2003).

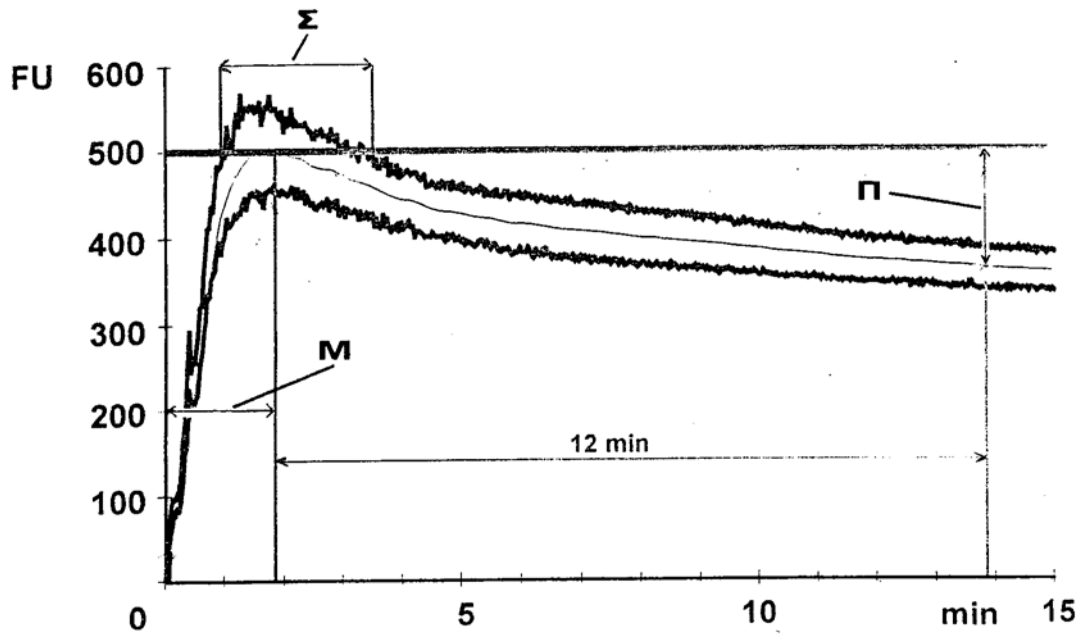
ε) *Φαρινογραφική πτώση*. Είναι η απομάκρυνση της καμπύλης από τις 500 FU ύστερα από ορισμένο χρονικό διάστημα συνεχούς ανάμειξης που μετρίεται από την στιγμή που η καμπύλη φθάσει στο μέγιστο (σχήμα 3:σε 12 min) (σχήμα 4:σε 12 min). Μετρίεται σε FU (ή BU) και δείχνει την εξασθένηση του ζυμαριού εξ' αιτίας της μηχανικής καταπόνησης. Όσο μικρότερη είναι αυτή η τιμή, τόσο ισχυρότερη είναι η γλουτένη και τόσο λιγότερες οι πρωτεάσες (D'Appolonia, 1996 ; Κεφαλάς, 2003).

στ) *Δείκτης Ελαστικότητας (Elasticity Index)*. Ο Δείκτης Ελαστικότητας είναι ο λόγος του εύρους του φαρινογραφήματος στα 20 λεπτά ζυμώματος δια το εύρος του φαρινογραφήματος την στιγμή του χρόνου ανάπτυξης. Μπορεί να εκφραστεί ως επί τοις εκατό ή ως δεκαδικός μεταξύ 0,00 και 1,00. Οι ελαστικές ιδιότητες του ζυμαριού προέρχονται από τις ιδιότητες της γλουτένης του αλεύρου. Όσο πιο ελαστική είναι μια γλουτένη (η ικανότητά της αφού καταπονηθεί, να επιστρέφει στην αρχική της μορφή), τόσο μεγαλύτερο είναι το εύρος του λαμβανομένου φαρινογραφήματος. Όταν μετά από παρατεταμένη καταπόνηση χάνει τις ιδιότητές της, το εύρος του φαρινογραφήματος μικραίνει. Έτσι ένα αλεύρι που επιδεικνύει μεγάλο δείκτη ελαστικότητας, περιέχει γλουτένη καλής ποιότητας ή πολύ ανθεκτική στην μηχανική καταπόνηση. Δευτερευόντως, αφού η σταθερότητα μετρίεται στο άνω μέρος της καμπύλης του φαρινογραφήματος, μεταξύ δύο αλεύρων που παρουσιάζουν την ίδια πτώση σε B.U., το αλεύρι με τον μεγαλύτερο δείκτη ελαστικότητας δίνει και τη μεγαλύτερη σταθερότητα (Blokma, 1974).

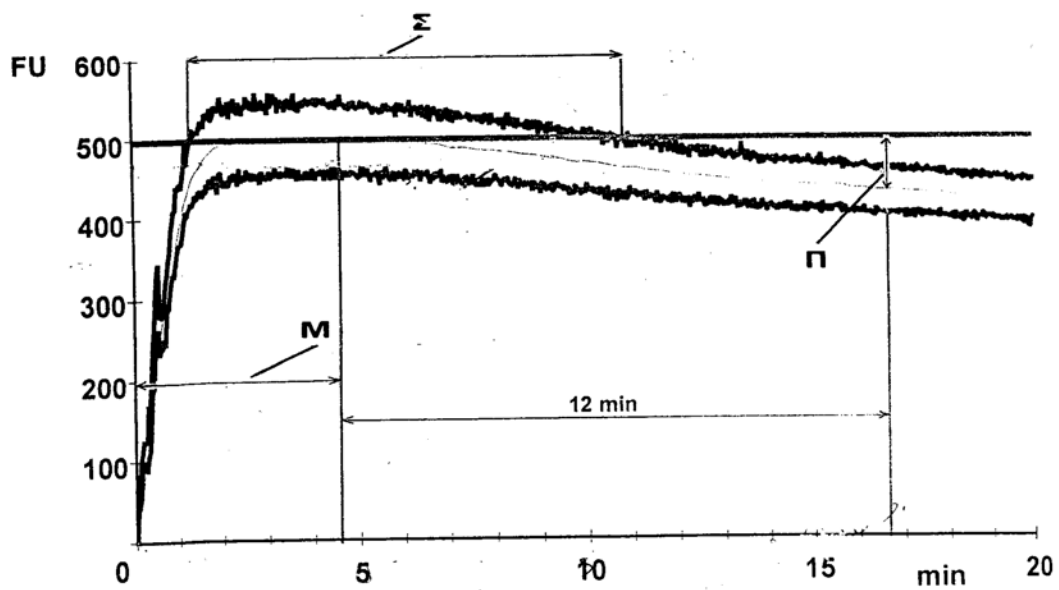
ζ) *Δείκτης Ανοχής Ζυμώματος (ΔΑΖ), Mixing Tolerance Index (MTI)*. Ο ΔΑΖ είναι ο αριθμός σε μονάδες Brabender, από την κορυφή του φαρινογραφήματος την στιγμή του χρόνου ανάπτυξης μέχρι την κορυφή του φαρινογραφήματος 5 λεπτά μετά τον χρόνο ανάπτυξης. Άλευρα που έχουν μικρό ΔΑΖ είναι ανθεκτικά στο ζύμωμα και επομένως διατηρούν τις ιδιότητές τους για περισσότερο χρόνο μετά την ανάπτυξη. Αντιθέτως, άλευρα με μεγάλο ΔΑΖ χάνουν τις ρεολογικές ιδιότητες τους σύντομα, οπότε είναι επίφοβα αν ζυμωθούν παραπάνω (Blokma, 1974).

Συχνότατα όταν επιθυμείται να ενισχυθεί ένα ασθενές αλεύρι με ξηρή γλουτένη, επιδιώκεται αύξηση της σταθερότητάς του στο φαρινογράφημα. Έτσι μεταξύ διαφόρων γλουτενών (για δεδομένο ποσοστό προσθήκης στο αλεύρι) θα προτιμηθεί αυτή που δίνει το μικρότερο ΔΑΖ (Blokma, 1974).

Παράλληλα πρέπει να εξεταστεί και η περίπτωση, μια ξηρή γλουτένη Α συγκρινόμενη προς μια γλουτένη Β επάνω σε αλεύρι Χ, να μην δίνει παρόμοια αποτελέσματα αν δοκιμαστεί σε διαφορετικό αλεύρι Ψ. Αυτό διότι δεν είναι γνωστό πως αλληλεπιδρούν οι ιδιότητες της εγγενούς γλουτένης ενός αλεύρου με την εκάστοτε δοκιμαζόμενη ξηρή γλουτένη. Επιπλέον είναι λογικό ότι ένα αλεύρι από στάρι υψηλής πρωτεΐνης ,δεν επηρεάζεται το ίδιο από την προσθήκη συγκεκριμένου ποσοστού ξηρής γλουτένης, όσο ένα αλεύρι από στάρι χαμηλότερης πρωτεΐνης (Shuey, 1975).



Σχήμα 3: Φαρινογράφημα αδύνατου σίτου (Μ: Μέγιστο, Σ: Σταθερότητα, Π: Φαρινογραφική πτώση σε 12 min) (Κεφαλάς, 2003)



Σχήμα 4: Φαρινογράφημα δυνατού σίτου (Μ: Μέγιστο, Σ: Σταθερότητα, Π: Φαρινογραφική πτώση σε 12 min) (Κεφαλάς, 2003)

2.3.2 Προσδιορισμός Υγρής Γλουτένης και Δείκτη Γλουτένης (Gluten Index)

2.3.2.1 Γενική αρχή

Γλουτένη λέγεται η υφυγρή πλαστική και ελαστική μάζα που μένει μετά την έκπλυση του ζυμαριού σε κατάλληλη συσκευή (Ρουσοπούλου, 2001).

Αποτελείται από αδιάλυτη στο νερό ενυδατωμένη πρωτεΐνη. Το πήξιμο της πρωτεΐνης προς σχηματισμό γλουτένης οφείλεται σ' ένα μύκητα της στοιβάδας της αλευρόνης που κατά την ανάμειξη νερού με αλεύρι, εκκρίνει ένα ένζυμο τη γλουτενάση που προκαλεί το πήξιμο (Ρουσοπούλου, 2001).

Κατά την έκπλυση φεύγει το άμυλο, το πίτυρο και ένα μικρό μόνο μέρος (υδατοδιαλυτό) της όλης πρωτεΐνης. Η γλουτένη αποτελείται βασικά από δύο πρωτεϊνικά κλάσματα, τη γλοιαδίνη (~70%) και τη γλουτενίνη (~30%) (Ρουσοπούλου, 2001).

Η αρχή της μεθόδου βασίζεται στο διαχωρισμό γλουτένης με μηχανική έκπλυση ζυμαριού από 10g αλεύρου με διάλυμα NaCl 2 %.. Η γλουτένη στη συνέχεια φυγοκεντρείται σε κατάλληλο φυγοκεντρητή (Σχήμα 6), αναγκάζοντας το ρευστότερο κλάσμα να διέλθει μέσα από ειδικά κόσκινα κάτω από σταθερές συνθήκες. Το ολικό βάρος της γλουτένης εκφράζεται ως ποσοστό %. Το ποσοστό της υγρής γλουτένης που παραμένει στο κόσκινο μετά τη φυγοκέντρωση ορίζεται ως δείκτης γλουτένης (gluten index). Εάν η γλουτένη είναι πολύ αδύνατη, όλη η ποσότητα της γλουτένης διέρχεται από το κόσκινο και ο δείκτης γλουτένης είναι 0. Όταν διέρχεται μηδενική ποσότητα γλουτένης από το κόσκινο, ο δείκτης είναι 100 (ICC Draft Standard No. 155.).



Σχήμα 5: Φυγόκεντρος

2.3.3 Τιμή καθίζησης (Zeleny Test)

2.3.3.1 Γενική αρχή

Η αρχή της μεθόδου στηρίζεται στην ιδιότητα της γλουτένης του αλεύρου να διογκώνεται σε διάλυμα γαλακτικού οξέος επηρεάζοντας την ταχύτητα καθίζησης αιωρήματος αλεύρου σε γαλακτικό οξύ (ICC Standard No. 116/1).

Με το τεστ αυτό εκτιμάται η αρτοποιητική ικανότητα του αλεύρου, η οποία είναι συνάρτηση της ποιότητας και της ποσότητας της γλουτένης (Ρουσοπούλου, 2001).

Το τεστ της τιμής καθίζησης ή Zeleny test είναι μια εύχρηστη μέθοδος από την άποψη ότι μπορούν να εξεταστούν 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 (Κεφαλάς, 2003).

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην ενυδάτωση της πρωτεΐνης μέσα σε έγχρωμο (κυανούν του μεθυλενίου) διάλυμα για να διακρίνεται καλύτερα το μετέπειτα ίζημα. Κατόπιν καταβυθίζεται παρουσία διαλύματος γαλακτικού οξέος. Όσο περισσότερη και καλύτερη είναι η γλουτένη τόσο αυξάνει ο όγκος του ιζήματος.

Αν αφηθεί με το νερό ένα επιπλέον χρονικό διάστημα 30 ή 60 min τότε θα ενυδατωθεί περισσότερο και παρουσία του γαλακτικού οξέος θα καταπέσει περισσότερο 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 η εφαρμογή του τεστ σε δύο φάσεις δίνει πολύ καλή ένδειξη για την ποσότητα και ποιότητα της γλουτένης για πολλά δείγματα συγχρόνως και σε μικρό χρονικό διάστημα (Κεφαλάς, 2003).

Η τιμή καθιζήσεως κυμαίνεται από 8 για άλευρα με πολύ χαμηλή πρωτεΐνη και αδύνατη γλουτένη, μέχρι 78 για άλευρα με υψηλή πρωτεΐνη και δυνατή γλουτένη (Ρουσοπούλου, 2001).

3 Σκοπός της εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν:

- Να εκτιμηθεί η μεταβολή της ποιότητας ενός αλεύρου μαλακού σταριού T.55% με την προσθήκη σε αυτό ξηρών γλουτενών του εμπορίου.
- Να γίνει σύγκριση της μεταβολής στην ποιότητα του αλεύρου ανάλογα α) με το είδος της ξηρής γλουτένης και β) με τη ποσότητα της προστιθέμενης ξηρής γλουτένης.

Το αλεύρι που χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να πραγματοποιηθεί το πειραματικό μέρος είναι:

- Αλεύρι τύπου 55% (μαλακού σίτου)

Οι τρεις εμπορικές γλουτένες που χρησιμοποιήθηκαν είναι :

- η Sedamyl
- η Amillina
- η Kroner

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής:

- Φαρινογραφία (Απορρόφηση, Σταθερότητα και Φαρινογραφική Πτώση)
- Προσδιορισμός Υγρής Γλουτένης και Δείκτη Ποιότητας γλουτένης (Gluten Index)
- Δοκιμή τιμής καθίζησης (Zeleny Test)

4 Πειραματικό Μέρος

4.1 Υλικά και Συσκευές

4.1.1 Άλευρα

Στο πειραματικό μέρος που ακολουθεί χρησιμοποιήθηκε αλεύρι προερχόμενο από μαλακό σιτάρι, τύπου 55%.

4.1.2 Ξηρές γλουτένες σίτου του εμπορίου

Στο πείραμα που ακολουθεί χρησιμοποιήθηκαν τρεις διαφορετικές ξηρές γλουτένες σίτου του εμπορίου:

- η Sedamyl,
- η Amillina και
- η Kroner.

Η κάθε μία από αυτές προστίθεται στο άλευρο που αναφέρθηκε πιο πάνω σε ποσοστά(2%, 4%, 6%, 8% και 10%), ώστε με αναλύσεις που αναφέρονται παρακάτω να γίνει η αξιολόγησή τους.

4.1.3 Αντιδραστήρια

Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη ερευνητική δραστηριότητα ήταν αναλυτικής καθαρότητας (AR).

4.1.4 Συσκευές

-Φαρινογράφος Hancory-Brabender τύπου 810105 και εταιρίας Brabender OHG Duisburg, για τη μέτρηση των ρεολογικών χαρακτηριστικών των αλεύρων.

-Ζυγός ακριβείας 0.1g

- Ογκομετρικός κύλινδρος 10 ml
- Μπολ και γουδί από πορσελάνη για το ζύμωμα της γλουτένης
- Πλυντήριο γλουτένης Promylograph τύπου T 1K και εταιρείας Max Egger Apparatebau για την έκπλυση της γλουτένης.
- Φυγόκεντρος συσκευή τύπου Centrifuge 2015 και εταιρείας Perten Instruments, για την φυγοκέντρωση της υγρής γλουτένης
- Εργαστηριακός μύλος Brabender τύπου 880502 και εταιρείας Brabender OHG Duisburg, για την άλεση σίτου στη Δοκιμή Τιμής Καθίζησης
Σετ τιμής καθίζησης
- Αριθμημένος κύλινδρος N/S των 100 ml και πλαστικό πόμα.
- Χρονοδιακόπτης
- Μηχανικό τάρακτο Promylograph τύπου T SE και εταιρείας Max Egger Apparatebau

4.2 Μέθοδοι ανάλυσης

4.2.1 Φαρινογραφία

Αρχικά έγινε μια καμπύλη τιτλοδότησης. Ανάλογα με την απορρόφηση ύδατος που είχε, υπολογίστηκε η σωστή απορρόφηση του αλεύρου και η φαρινογραφία επαναλήφθηκε με πλήρες ανάπτυγμα. Η διαβάθμιση της προχοίδας αντιστοιχεί σε βάρος νερού επί τοις εκατό του βάρους του αλεύρου. Για κάθε 20 μονάδες παραπάνω ή παρακάτω από τις 500, αναλογεί περίπου 0,5% περισσότερο ή λιγότερο νερό αντίστοιχα (ICC Standard No. 115/1; Brabender, 1986).

Ζυγίστηκαν 300g αλεύρι και προστέθηκαν στον αναμίκτη. Όταν συμπληρώθηκε ένα λεπτό ανάμιξης του αλεύρου χωρίς να σταματήσει η ανάμιξη - προστέθηκε νερό από την προχοίδα διαμέσου των κενών στο καπάκι του αναμίκτη. Το νερό πρέπει να προστεθεί εντός μισού λεπτού και σε τέτοια ποσότητα ώστε με την ανάπτυξη της ζύμης το κέντρο ταλάντωσης του δείκτη να είναι στις 500 μονάδες. Εάν επιτύχει αντίσταση 500 ± 20 F.U. αφήνεται το φαρινογράφημα να εξελιχθεί. Εάν όχι, διακόπτεται, καθαρίζεται ο αναμίκτης και επαναλαμβάνεται με τη σωστή απορρόφηση. Μετά την προσθήκη του νερού, απομακρύνονται τυχόν συσσωματώματα από τα ανώτερα τοιχώματα του

αναμίκτη με πλαστική σπάτουλα, διαμέσου των κενών στο καπάκι του αναμίκτη. Αφήνεται η ανάλυση να εξελιχθεί για 20 λεπτά (ICC Standard No. 115/1; Brabender, 1986).

Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται δύο φορές για την κάθε περίπτωση. Οι αναλογίες που χρησιμοποιούνται για την κάθε περίπτωση είναι οι εξής:

- 300 g αλεύρι
- 294 g αλεύρι + 6 g (2%) ξηρή γλουτένη (Sedamyl ή Amillina ή Kroner)
- 288 g αλεύρι + 12 g (4%) ξηρή γλουτένη (Sedamyl ή Amillina ή Kroner)
- 282 g αλεύρι + 18 g (6%) ξηρή γλουτένη (Sedamyl ή Amillina ή Kroner)
- 276 g αλεύρι + 24 g (8%) ξηρή γλουτένη (Sedamyl ή Amillina ή Kroner)
- 270 g αλεύρι + 30 g (10%) ξηρή γλουτένη (Sedamyl ή Amillina ή Kroner)

Τέλος υπολογίστηκε η απορρόφηση, η σταθερότητα και η φαρινογραφική πτώση (εξασθένιση) των φαρινογραφημάτων (Παράρτημα Α) που αναφέρθηκαν και αναπτύχθηκαν στην παράγραφο 2.3.1.2, για την διαπίστωση της ποιότητας της γλουτένης και την ανθεκτικότητά της στην μηχανική καταπόνηση, καθώς και την σταθερότητα του αλεύρου.

4.2.2 Προσδιορισμός Υγρής Γλουτένης και Δείκτη Γλουτένης (Gluten Index)

Ζυγίστηκαν 10g αλεύρι και τοποθετήθηκαν σε γουδί από πορσελάνη. Προστέθηκε 5 ml ψυχρό νερό (15-20°C) και ζυμώθηκε έως ότου σχηματιστεί ένα σφαιρικό ζυμαράκι. Το ζυμάρι παραλήφθηκε και έγινε με τα χέρια σφαιρικό. Αφήνεται σε ηρεμία για 15 min. Στη συνέχεια πλύθηκε για 5 min σε διάλυμα χλωριούχου νατρίου 2% (διαλύθηκαν 200g χλωριούχο νάτριο σε 10 lit νερό, η θερμοκρασία διαλύματος χλωριούχου νατρίου πρέπει να είναι 15-20 °C) και ακολούθησε ξανά πλύση σε νερό βρύσης για άλλα 5 min. Η έκπλυση έγινε με την βοήθεια ενός ειδικού πλυντηρίου γλουτένης (Σχήμα 6) (Κεφαλάς, 2003).

Αφού ολοκληρώθηκε ο κύκλος πλύσης ακολούθησε η φυγοκέντρηση της γλουτένης. Η γλουτένη που απομονώθηκε χωρίστηκε σε δύο ίσα μέρη και τοποθετήθηκε σε δύο υποδοχείς της συσκευής φυγοκέντρησης των οποίων ο πυθμένας είναι διάτρητος. Οι υποδοχείς αυτοί τοποθετούνται αντικριστά (για να υπάρχει ζυγοστάθμιση) μέσα στη συσκευή φυγοκέντρησης (Σχήμα 5) και φυγοκεντρούνται για 30 sec. Μετά το πέρας της φυγοκέντρησης παραλαμβάνονται οι υποδοχείς και ζυγίζετε χωριστά η γλουτένη που δεν πέρασε από τις οπές του πυθμένα (τμήμα A) και χωριστά η γλουτένη που πέρασε (τμήμα B). Ο λόγος A/A+B αποτελεί μέτρο της ποιότητας της γλουτένης και εκφράζεται είτε ως δεκαδικός είτε επί τοις %.

$$\text{Gluten Index} = A / A+B * 100 \quad (\%)$$

Το άθροισμα (A+B) δίνει το συνολικό ποσό της υγρής γλουτένης και αποτελεί μέτρο της ποιότητας της γλουτένης και εκφράζεται επί τοις % του βάρους του αλεύρου (Κεφαλάς, 2003).

$$\text{Υγρή Γλουτένη} = (A+B)*10 \quad (\%)$$

Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται τρεις φορές για την κάθε περίπτωση. Οι αναλογίες που χρησιμοποιούνται για την κάθε περίπτωση είναι οι εξής:

- 10g αλεύρι
- 9,8g αλεύρι + 0,2g (2%) ξηρή γλουτένη (Sedamyl ή Amillina ή Kroner)
- 9,6g αλεύρι + 0,4g (4%) ξηρή γλουτένη (Sedamyl ή Amillina ή Kroner)
- 9,4g αλεύρι + 0,6g (6%) ξηρή γλουτένη (Sedamyl ή Amillina ή Kroner)
- 9,2g αλεύρι + 0,8g (8%) ξηρή γλουτένη (Sedamyl ή Amillina ή Kroner)
- 9,0g αλεύρι + 1,0g (10%) ξηρή γλουτένη (Sedamyl ή Amillina ή Kroner)

Στο πείραμα που ακολουθεί υπολογίστηκαν ο δείκτης γλουτένης (gluten index), ο οποίος καθορίζει την ποιότητα της γλουτένης και συνεπώς την ποιότητα του αλεύρου καθώς και η ποσότητα της υγρής γλουτένης επί τοις εκατό (%).



Σχήμα 6. Ειδικό πλυντήριο για την έκπλυση της γλουτένης.

4.2.3 Τιμή καθίζησης (Zeleny Test)

Καθαρισμένο σιτάρι 150g, υγρασίας περίπου 15% αλέστηκε στον εργαστηριακό μύλο Sedimat της Brabender και το παραγόμενο αλεύρι αναλύεται όπως παρακάτω:

Ζυγίστηκαν 3,20g αλεύρι και μεταφέρθηκαν σε ογκομετρικό κύλινδρο των 100ml με πόμα. Προστέθηκαν 50ml διάλυμα απεσταγμένου ύδατος με χρωστική (κυανό του μεθυλενίου 32mg/l) και άρχισε η χρονομέτρηση για 5min. Αναμίχθηκε πλήρως το περιεχόμενο του κυλίνδρου κρατώντας τον οριζόντιο και ανακινώντας τον έντονα για 5sec. Το αλεύρι πρέπει να αιωρηθεί όλο. Τοποθετήθηκε ο κύλινδρος στην τάρακτρο μέχρι το πέρας των 5min. Ύστερα

προστέθηκαν 25ml διάλυμα γαλακτικού οξέος¹ και ανακινήθηκαν ξανά στην τάρρακτρο για 5 min. Τέλος τοποθετήθηκε ο κύλινδρος ακίνητος σε όρθια στάση για 5 min. Ο όγκος του ιζήματος που σχηματίστηκε (σε ml) στο τέλος των 5min είναι η τιμή καθίζησης. Αυτή είναι η αρχική τιμή καθίζησης και ορίζεται ως τιμή καθίζησης στα 0 min (πρώτη φάση). Αν υπάρχει υπόνοια για προσβολή από πεντατομίτες ή για να προσδιοριστεί καλύτερα η ποιότητα της γλουτένης του αλεύρου και συνεπώς του σταριού τότε πραγματοποιείται δεύτερη και τρίτη φάση. Η δεύτερη φάση ορίζεται ως τιμή καθίζησης στα 30 min κατά την οποία μετά την τοποθέτηση του κυλίνδρου στο μηχανικό τάρρακτρο και ανάμειξή του για 5 min αφήνετε σε ηρεμία για 30 min και κατόπιν συνεχίζεται η ίδια διαδικασία όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Το ίδιο ισχύει και για την τρίτη φάση η οποία ορίζεται ως τιμή καθίζησης στα 60 min με την διαφορά ότι σ' αυτήν την περίπτωση το δείγμα αφήνετε σε ηρεμία για 60 min. (ICC Standard No. 116/1)

Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται τρεις φορές για την κάθε περίπτωση. Οι αναλογίες που χρησιμοποιούνται για την κάθε περίπτωση είναι οι εξής:

- 3,20g αλεύρι
- 3,14g αλεύρι + 0,06 g (2%) ξηρή γλουτένη (Sedamyl ή Amillina ή Kroner)
- 3,07g αλεύρι + 0,13 g (4%) ξηρή γλουτένη (Sedamyl ή Amillina ή Kroner)
- 3,01g αλεύρι + 0,19 g (6%) ξηρή γλουτένη (Sedamyl ή Amillina ή Kroner)
- 2,94g αλεύρι + 0,26 g (8%) ξηρή γλουτένη (Sedamyl ή Amillina ή Kroner)
- 2,88g αλεύρι+ 0,32 g (10%) ξηρή γλουτένη (Sedamyl ή Amillina ή Kroner)

Στο πείραμα λοιπόν που ακολουθεί με την μέτρηση της τιμής καθίζησης σε μία φάση (σε χρόνο 0´) θα προσδιοριστεί η δύναμη και ποιότητα του αλεύρου καθώς και η ποιότητα των γλουτενών.

¹ Διάλυμα 180ml βρασμένου γαλακτικού οξέος (250ml γαλακτικό οξύ 85% με 750ml απεσταγμένο ύδωρ, βρασμένο για 6h χωρίς απώλειες) και 200ml ισοπροπανόλης σε απεσταγμένο ύδωρ, συνολικού όγκου 11. Απαιτείται χρόνος ωρίμανσης 48 ωρών για την χρήση του διαλύματος.

4.3 Στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων

Για τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα MINITAB 15.0 και συγκεκριμένα ο έλεγχος της κατανομής F (ανάλυση της διακύμανσης ή υπόθεση σύγκρισης πολλών δειγμάτων). Ο έλεγχος της κατανομής F αναφέρεται διεθνώς ως ANOVA (Analysis Of Variance) (Πετρίδης, 2000).

Για την εκτίμηση του είδους και του ποσοστού της ξηρής γλουτένης που προστέθηκαν στο αλεύρι για την μέθοδο της φαρινογραφίας χρησιμοποιήθηκαν δύο επαναλήψεις, για την δοκιμή τιμής καθίζησης, την ποιότητα γλουτένης και τον προσδιορισμό υγρής γλουτένης χρησιμοποιήθηκαν τρεις επαναλήψεις. Όλα τα πειράματα είχαν ως μάρτυρα το αλεύρι τύπου 55%. Για την αξιολόγηση της προσθήκης ξηρής γλουτένης εξετάστηκε η ταυτόχρονη επίδραση δύο παραγόντων σε μία μεταβλητή.

Εφαρμόστηκε η μέθοδος ανάλυσης διακύμανσης δυο παραγόντων (two-way ANOVA) σε όλες τις μετρούμενες μεταβλητές. Οι δυο παράγοντες που εξετάζονται κατά πόσο επηρεάζουν το αλεύρι είναι το διαφορετικό ποσοστό ξηρής γλουτένης (2%, 4%, 6%, 8%, 10%) και τα τρία διαφορετικά είδη ξηρής γλουτένης (Sedamyl, Amillina, Kroner) που χρησιμοποιούνται. Οι μετρούμενες μεταβλητές είναι οι εξής: στη Φαρινογραφία (απορρόφηση, σταθερότητα και φαρινογραφική πτώση), το ποσοστό (%) της υγρής γλουτένης, ο δείκτης ποιότητας της γλουτένης (Gluten Index), και η τιμή καθίζησης (Zeleny test). Έτσι συνθέσαμε μία παραγοντική ανάλυση με 15 συνδυασμένα επίπεδα (5×3) τα οποία περιγράφονται στον Πίνακα 2 :

Πίνακας 2: Κωδικοποίηση παραγόντων

Παράγοντας	Επίπεδα	Κωδικοί
Είδος ξηρής γλουτένης	3	1 2 3
Ποσοστό προσθήκης	5	2 4 6 8 10

Οι προϋποθέσεις που απαιτούνται για την εφαρμογή της ANOVA είναι να υπάρχει κανονικότητα (έλεγχος Ryan – Joiner) και οι διακυμάνσεις όλων των

ομάδων θα πρέπει να είναι ίσες μεταξύ τους (έλεγχος Bartlett) (Πετρίδης, 2000). (βλ. Παράρτημα Β)

Όπου απαιτήθηκε πραγματοποιήθηκε ο μετασχηματισμός Box-Cox των στοιχείων ώστε αυτά να εναρμονίζονται με τις παραπάνω προϋποθέσεις. Το επίπεδο ορίων εμπιστοσύνης ήταν 95 %.

Η ANOVA two-way δίνει πληροφορίες ότι κάποιοι μέσοι όροι διαφέρουν, χωρίς όμως να εντοπίζει τις διαφορές αυτές, δηλαδή ποιοι μέσοι όροι διαφέρουν από ποιους και με ποια σειρά. Σε περίπτωση που δεν εντοπίζονται διαφορές με βάση τα 95 % όρια εμπιστοσύνης, χρησιμοποιείται ο έλεγχος Tukey , για την σύγκριση των διαφορών των μέσων όρων στα διάφορα επίπεδα του παράγοντα (Πετρίδης, 2000).

Αναλυτικά η στατιστική επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων της εργασίας φαίνονται στο Παράρτημα Β.

5 Αποτελέσματα – Συζήτηση

5.1 Αποτελέσματα Φαρινογραφίας

5.1.1 Απορρόφηση

Η απορρόφηση νερού είναι το ποσοστό (επί αλεύρου) του νερού θερμοκρασίας 30° C που απαιτεί το αλεύρι για να σχηματίσει ζυμάρι συνεκτικότητας 500 φαρινογραφικών μονάδων (FU) (Κεφαλάς, 2003).

Η απορρόφηση νερού του αλεύρου μετά την προσθήκη των τριών ξηρών γλουτενών σε διαφορετικά ποσοστά φαίνεται στον Πίνακα 3. Η μέγιστη τιμή απορρόφησης διαπιστώθηκε όταν το άλευρο εμπλουτίστηκε με την γλουτένη Sedamyl σε ποσοστό 10% (70,65ml) ενώ η χαμηλότερη τιμή παρατηρήθηκε με την προσθήκη της εμπορικής ξηρής γλουτένης Amillina σε ποσοστό 2% (64,45ml).

Παρουσιάζεται αύξηση της απορρόφησης του νερού με την προσθήκη των παραπάνω ξηρών γλουτενών όσο αυξάνεται το ποσοστό παρατηρείται ολοένα και μεγαλύτερη απορρόφηση.

Η γλουτένη απορροφά νερό δυο φορές περισσότερο από το βάρος της. Η ιδιότητα της απορρόφησης του νερού αυξάνει την απόδοση του αλεύρου και αυξάνει τον χρόνο ζωής των αρτοσκευασμάτων (Lorenz & Kulp 1991).

Πίνακας 3: Απορρόφηση νερού(ml) του αλεύρου μετά την προσθήκη τριών ειδών ξηρών γλουτενών σε διαφορετικά ποσοστά

Είδη Γλουτένης	Ποσοστό προσθήκης (%)				
	2	4	6	8	10
Sedamyl	64,70 (0,141)	66,65 (0,212)	68,05 (0,636)	69,35 (0,354)	70,65 (0,071)
Amillina	64,45 (0,212)	65,80 (0,000)	67,25 (0,071)	68,25 (0,212)	70,05 (0,636)
Kroner	64,50 (0,141)	65,70 (0,283)	66,95 (0,071)	68,90 (0,141)	69,70 (0,283)

Απορρόφηση αλεύρου (χωρίς την προσθήκη γλουτένης) : 62,6 (0,238)

Οι τιμές του πίνακα είναι μέσοι όροι δύο επαναλήψεων. Οι τυπικές αποκλίσεις φαίνονται στις παρενθέσεις

Από την μέτρηση της απορρόφησης νερού που διεξήχθη στο εμπλουτισμένο μαλακό αλεύρι σίτου το είδος ξηρής γλουτένης και το ποσοστό προσθήκης οδήγησαν σε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η απορρόφηση επηρεάστηκε από το είδος της γλουτένης ($p < 0.05$) και το ποσοστό που προστέθηκαν στο αλεύρι ($p < 0.05$) (Πίνακας 3, 4, Σχήμα 7, 8).

Πίνακας 4. Ανάλυσης Διακύμανσης για την απορρόφηση

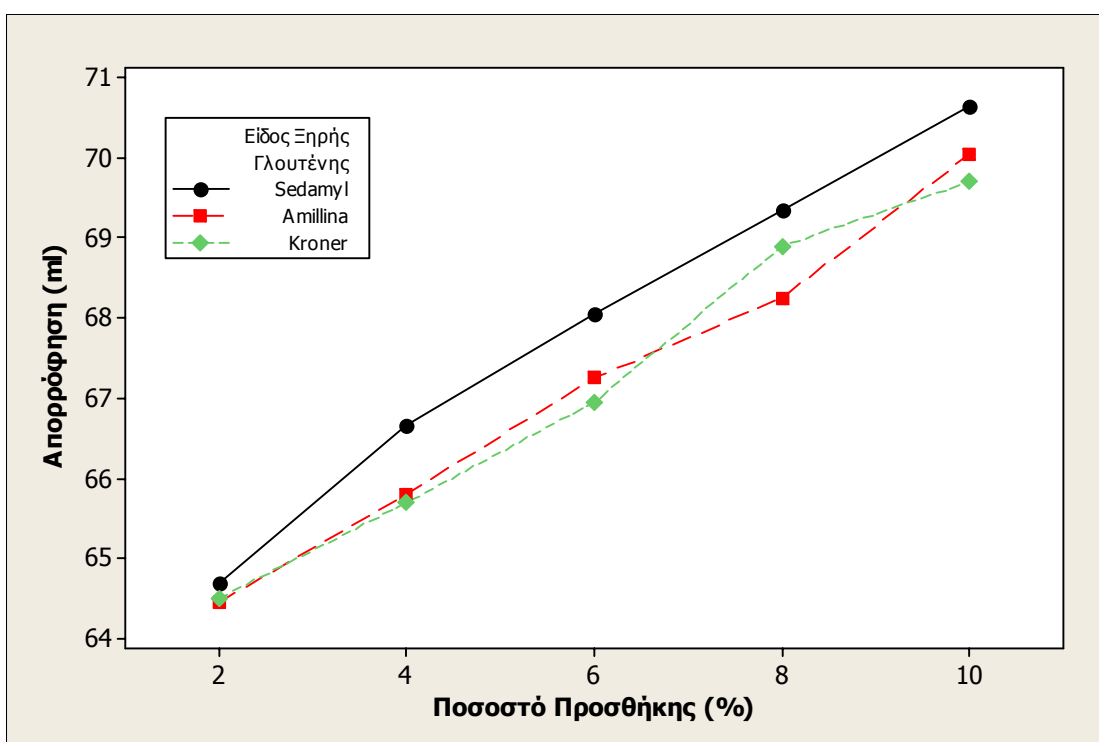
Παράγοντας	DF	F	P*
Ποσοστό γλουτένης	4	335,70	0,000
Είδος γλουτένης	2	20,14	0,000
Ποσοστό* Είδος γλουτένης	8	1,57	0,214
Σφάλμα	15		
Σύνολο	29		

* $P < 0.05$ δείχνει στατιστικά σημαντικές διαφορές

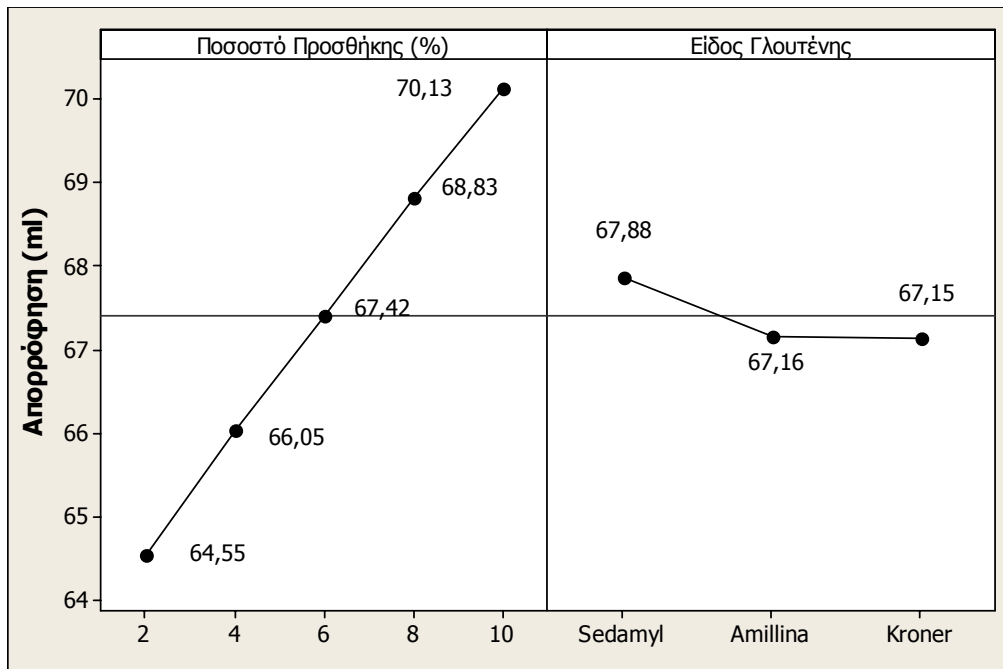
Οι υπάρχουσες διαφορές των μέσων τιμών της απορρόφησης στα διάφορα επίπεδα του είδους και του ποσοστού εντοπίζονται με βάση τον έλεγχο του Tukey (βλ. παράρτημα Β). Συμπεραίνεται ότι το ποσοστό προσθήκης είναι ο παράγοντας

που επηρεάζει περισσότερο την απορρόφηση ($F=335,70$) από το είδος της ξηρής γλουτένης ($F=20,14$).

Έτσι από το σχήμα 7 & 8 και τον πίνακα 3 & 4 προκύπτει ότι σε ποσοστό 10% και στο 1ο είδος της γλουτένης (Sedamyl) η απορρόφηση είναι σαφώς μεγαλύτερη ενώ δεν διαπιστώνεται αλληλεπίδραση μεταξύ των επιπέδων των δύο παραγόντων ($p>0,05$).



Σχήμα 7: Μεταβολές της απορρόφησης νερού του αλεύρου με διαφορετικό είδος και ποσοστό προσθήκης ξηρής γλουτένης.



Σχήμα 8: Επίδραση του ποσοστού προσθήκης και του είδους της ξηρής γλουτένης στην απορρόφηση του νερού του αλεύρου

Στο σχήμα 8 φαίνεται η επίδραση του είδους και του ποσοστού προσθήκης ξηρής γλουτένης στο αλεύρι και προκύπτει όπως ήταν αναμενόμενο αύξηση της απορρόφησης με την αύξηση του ποσοστού. Σε ποσοστό προσθήκης 10% παρουσιάζεται η μεγαλύτερη απορρόφηση. Η γλουτένη Sedamyl δίνει την μεγαλύτερη μέση απορρόφηση σε σύγκριση με την Amillina και την Kroner (βλ. παράρτημα Β). Τέλος δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ της Amillina και της Kroner.

5.1.2 Σταθερότητα

Η σταθερότητα είναι ο χρόνος σε λεπτά ανάμεσα στο αρχικό και το τελικό σημείο που διασταυρώνεται η πάνω γραμμή της καμπύλης με τη γραμμή των 500 φαρινογραφικών μονάδων (FU). Όσο μεγαλύτερη είναι η σταθερότητα, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η αντοχή του ζυμαριού στη μηχανική καταπόνηση (Κεφαλάς, 2003).

Στον Πίνακα 5 δίνονται οι μετρήσεις της σταθερότητας των αλεύρων σε λεπτά (min). Οι υψηλές τυπικές αποκλίσεις δείχνουν τη σημαντική διακύμανση της σταθερότητας στα άλευρα έτσι είναι πιθανές μεγάλες διαφορές. Τη μεγαλύτερη σταθερότητα παρουσίασε το δείγμα που είχε προστεθεί η γλουτένη Kroner σε ποσοστό 10% (26,95 min) έναντι της χαμηλότερης τιμής που παρατηρήθηκε στο δείγμα που προστέθηκε η γλουτένη Amillina σε ποσοστό 2% (10,90min). Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον Πίνακα 5 όσο αυξάνεται το ποσοστό προσθήκης των γλουτενών τόσο υψηλότερες τιμές σταθερότητας λαμβάνονται στα δείγματα.

Πίνακας 5: Σταθερότητα (min) του αλεύρου μετά την προσθήκη τριών ειδών ξηρών γλουτενών σε διαφορετικά ποσοστά

Είδη Γλουτένης	Ποσοστό προσθήκης (%)				
	2	4	6	8	10
Sedamyl	12,05 (0,636)	17,30 (0,990)	24,10 (0,707)	24,70 (2,263)	26,70 (2,687)
Amillina	10,90 (0,707)	12,30 (0,141)	16,30 (0,566)	18,80 (1,697)	21,75 (2,475)
Kroner	11,35 (0,919)	13,00 (1,273)	15,70 (0,849)	21,10 (2,546)	26,95 (0,919)

Σταθερότητα αλεύρου (χωρίς την προσθήκη γλουτένης) : 8,70 (0,566)

Οι τιμές του πίνακα είναι μέσοι όροι δύο επαναλήψεων. Οι τυπικές αποκλίσεις φαίνονται στις παρενθέσεις

Η Σταθερότητα δείχνει την αντοχή του ζυμαριού στη μηχανική καταπόνηση από το ζυμωτήριο (D'Appolonia, 1996).

Από την μέτρηση της σταθερότητας που διεξήχθη στο μαλακό αλεύρι σίτου το είδος ξηρής γλουτένης, το ποσοστό προσθήκης αυτών όπως και η αλληλεπίδραση των δύο παραπάνω παραγόντων οδήγησαν σε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η σταθερότητα επηρεάστηκε από το είδος της ξηρής γλουτένης ($p < 0.05$), το ποσοστό προσθήκης ($p < 0.05$) και την αλληλεπίδραση ποσοστού και είδους ($p < 0,05$) (Πίνακας 6, Σχήμα 9).

Πίνακας 6. Ανάλυσης Διακύμανσης για την σταθερότητα

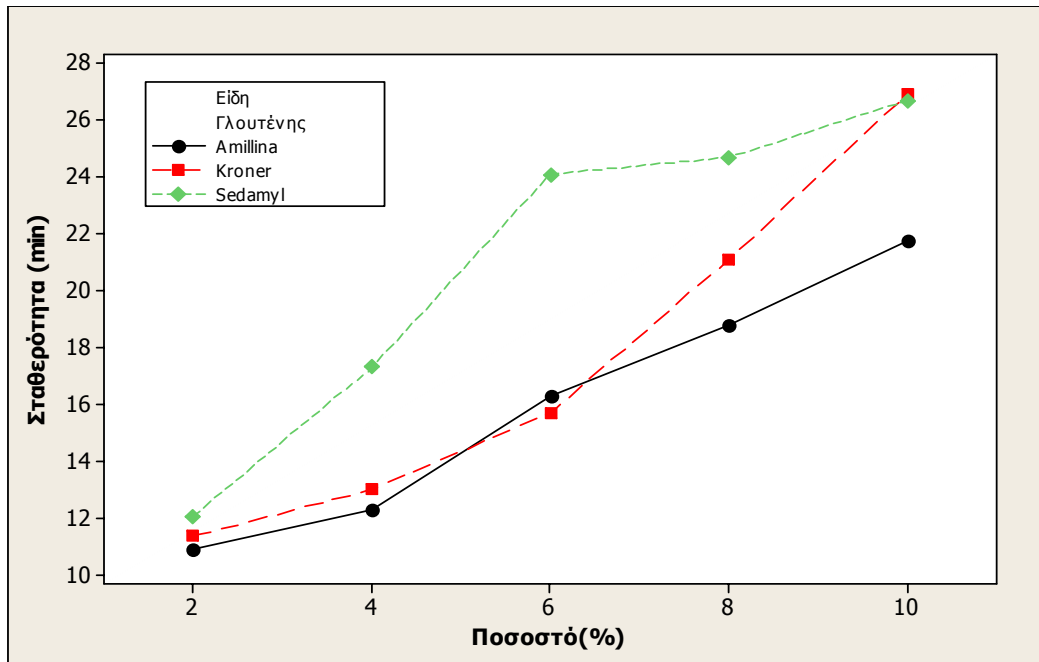
Παράγοντας	DF	F	P*
Ποσοστό γλουτένης	4	78,87	0,000
Είδος γλουτένης	2	27,77	0,000
Ποσοστό* Είδος γλουτένης	8	3,27	0,023
Σφάλμα	15		
Σύνολο	29		

*P<0.05 δείχνει στατιστικά σημαντικές διαφορές

Από τον Πίνακα 6 παρατηρείται ότι το αλεύρι με την προσθήκη των τριών ειδών ξηρών γλουτενών και των διαφορετικών ποσοστών σ' αυτό, προκαλείται μεταβολή στην σταθερότητα του ($P<0,05$). Οι υπάρχουσες διαφορές των τιμών σταθερότητας στα διάφορα επίπεδα του είδους και του ποσοστού της γλουτένης εντοπίζονται με βάση τον έλεγχο Tukey (βλ. παράρτημα Β).

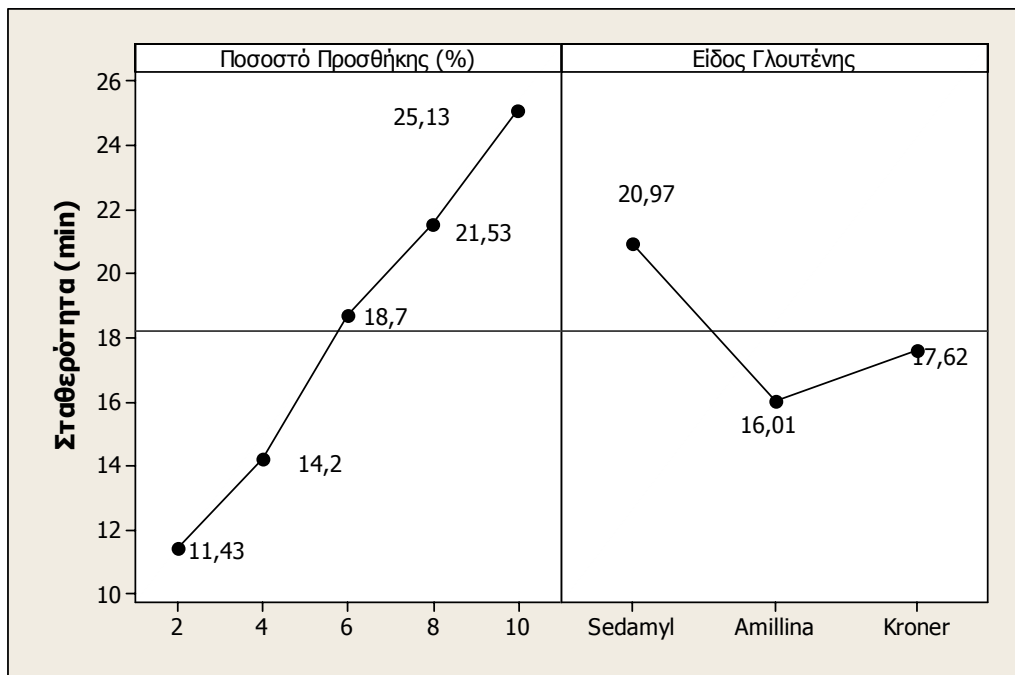
Προκύπτει ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό ξηρής γλουτένης που προστίθεται τόσο αυξάνεται και η σταθερότητα του αλεύρου. Συμπεραίνεται ότι το ποσοστό προσθήκης είναι ο παράγοντας που επηρεάζει περισσότερο την σταθερότητα του αλεύρου ($F=78,87$) σε σχέση με το είδος ($F=27,77$) και ακόμη λιγότερο επηρεάζεται από την αλληλεπίδραση τους ($F=3,27$). Σε ποσοστό 10% παρουσιάζεται η μεγαλύτερη σταθερότητα σε όλα τα είδη ξηρών γλουτενών που χρησιμοποιούνται. Επίσης το 1^ο είδος της γλουτένης (Sedamyl) δίνει τη μέγιστη μέση σταθερότητα. Ενώ διαπιστώνεται αλληλεπίδραση μεταξύ των επιπέδων του ποσοστού και του είδους της γλουτένης ($p=0,023<0,05$)

Η αλληλεπίδραση οφείλεται στην έντονη αύξηση της μέσης σταθερότητας στο 1^ο είδος γλουτένης (Sedamyl) από ποσοστό 4% σε 6%. Στη συνέχεια η Sedamyl εμφανίζει απότομη πτώση στην αύξησης της τιμής της σταθερότητας και σε ποσοστό 10% Sedamyl και Kroner εμφανίζουν ίση σταθερότητα. Η μεγάλη αυτή αύξηση που είναι υπεύθυνη για την εκδήλωση της σημαντικότητας της αλληλεπίδρασης, προκαλεί επίσης την αύξηση της μέσης σταθερότητας της Sedamyl συγκριτικά με το 2^ο και το 3^ο είδος γλουτένης (Σχήμα 9, 10).



Σχήμα 9: Αλληλεπίδραση μεταξύ του είδους και του ποσοστού προσθήκης γλουτένης στη σταθερότητα του αλεύρου

Στο σχήμα 9 φαίνεται η αλληλεπίδραση των δυο παραγόντων (ποσοστό προσθήκης * είδος ξηρής γλουτένης) στην σταθερότητα των δειγμάτων. Παρατηρείται έντονη αύξηση της μέσης σταθερότητας στη γλουτένη (Sedamyl) από ποσοστό 4% σε 6% συγκριτικά με τα άλλα δύο είδη ξηρής γλουτένης και μείωση της ανόδου αυτής που σε ποσοστό 10% η μέση σταθερότητα της είναι ίση με της γλουτένης (Kroner). Αυτή η έντονη αύξηση και η μείωση της που ακολουθεί είναι υπεύθυνες για την στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων που εξετάζονται.



Σχήμα 10: Επίδραση του ποσοστού προσθήκης (%) και του είδους ξηρής γλουτένης στη σταθερότητα (min)

Στο σχήμα 10 παρουσιάζεται η επίδραση του ποσοστού προσθήκης καθώς και του είδους ξηρής γλουτένης στην σταθερότητα. Προκύπτει όπως ήταν αναμενόμενο αύξηση της σταθερότητας με την αύξηση του ποσοστού. Σε ποσοστό προσθήκης 10% εμφανίζεται ο μεγαλύτερος χρόνος σταθερότητας. Παρατηρείται ότι η προσθήκη της Sedamyl παρουσιάζει τη μεγαλύτερη σταθερότητα σε σχέση με τα άλλα δυο είδη γλουτενών (βλ. παράρτημα Β). Τέλος για την γλουτένη Amillina και την γλουτένη Kroner δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές.

5.1.3 Φαρινογραφική Πτώση

Η φαρινογραφική πτώση είναι η απομάκρυνση της καμπύλης από τις 500 FU ύστερα από ορισμένο χρονικό διάστημα συνεχούς ανάμιξης που μετριέται από τη στιγμή που η καμπύλη φτάσει στο μέγιστο (D'Appolonia, 1996 ; Κεφαλάς, 2003).

Εδώ το χρονικό διάστημα είναι τα 12min σύμφωνα με τη μέθοδο της ICC No115/1. Στον Πίνακα 6 δίνονται οι μετρήσεις της φαρινογραφικής πτώσης των αλεύρων σε φαρινογραφικές μονάδες (FU). Οι υψηλές τυπικές αποκλίσεις

δείχνουν τη σημαντική διακύμανση της φαινογραφικής πτώσης στα άλευρα έτσι είναι πιθανές μεγάλες διαφορές.

Το αλεύρι παρουσιάζει σημαντική μείωση της εξασθένησης του ήδη από το μικρότερο ποσοστό προσθήκης (2%). Τη μεγαλύτερη τιμή φαινογραφικής πτώσης παρουσίασε το δείγμα που είχε προστεθεί η γλουτένη Kroner σε ποσοστό 2% (57,00 FU) έναντι της χαμηλότερης τιμής που παρατηρήθηκε στο δείγμα που προστέθηκε η Kroner σε ποσοστό 10% (24,00 FU). Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τον Πίνακα 7 με τη προσθήκη της Kroner και όσο αυξάνεται το ποσοστό προσθήκης παρατηρείται πτώση στην εξασθένηση του ζυμαριού από τη μηχανική καταπόνηση. Επίσης στη Sedamyl και στην Amillina παρατηρείται μια αύξηση κατά 3 και 0,5 FU από ποσοστό προσθήκης 6% σε 8% και στη συνέχεια μειώνεται η τιμή και των δύο σε ποσοστό 10%. Ακόμη η χαμηλότερη τιμή φαινογραφικής πτώσης στην περίπτωση της γλουτένης Sedamyl εμφανίζεται σε ποσοστό 6% (Πίνακας 7, Σχήμα 11).

Πίνακας 7: Φαινογραφική Πτώση (FU) του αλεύρου μετά την προσθήκη τριών ειδών ξηρών γλουτενών σε διαφορετικά ποσοστά

Είδη Γλουτένης	Ποσοστό προσθήκης (%)				
	2	4	6	8	10
Sedamyl	52,00 (1,414)	38,5 (0,707)	31,00 (2,828)	34,00 (4,243)	35,00 (0,000)
Amillina	56,00 (4,243)	50,50 (0,701)	36,00 (2,828)	36,50 (2,828)	34,50 (0,707)
Kroner	57,00 (5,657)	49,00 (5,657)	41,00 (1,414)	29,00 (4,243)	24,00 (2,828)

Φαινογραφική πτώση αλεύρου (χωρίς την προσθήκη γλουτένης) : 67,00 (4,243)

Οι τιμές του πίνακα είναι μέσοι όροι δύο επαναλήψεων. Οι τυπικές αποκλίσεις φαίνονται στις παρενθέσεις

Η φαινογραφική πτώση δείχνει την εξασθένηση του ζυμαριού εξαιτίας της μηχανικής καταπόνησης και μετριέται σε φαινογραφικές μονάδες (FU). Όσο μικρότερη είναι τόσο ισχυρότερη γλουτένη περιέχει το αλεύρι και τόσο λιγότερες είναι οι πρωτεάσες (D'Appolonia, 1996 ; Κεφαλάς, 2003).

Από την μέτρηση της φαινογραφικής πτώσης που διεξήχθησαν το ποσοστό προσθήκης όσο και το είδος ξηρής γλουτένης οδήγησαν σε στατιστικά σημαντικές διαφορές, ακόμη παρατηρείται και σημαντική αλληλεπίδραση των δύο παραπάνω παραγόντων. Η φαινογραφική πτώση επηρεάστηκε από το

ποσοστό που προστέθηκε στο αλεύρι ($p < 0.05$), το είδος της γλουτένης ($p < 0.05$), και την αλληλεπίδραση ποσοστού και είδους ($p < 0,05$) (Πίνακας 8, Σχήμα 11) .

Πίνακας 8. Ανάλυση Διακύμανσης για την φαρινογραφική πτώση (FU)

Παράγοντας	DF	F	P*
Ποσοστό γλουτένης	4	59,41	0,000
Είδος γλουτένης	2	5,27	0,018
Ποσοστό* Είδος γλουτένης	8	4,99	0,004
Σφάλμα	15		
Σύνολο	29		

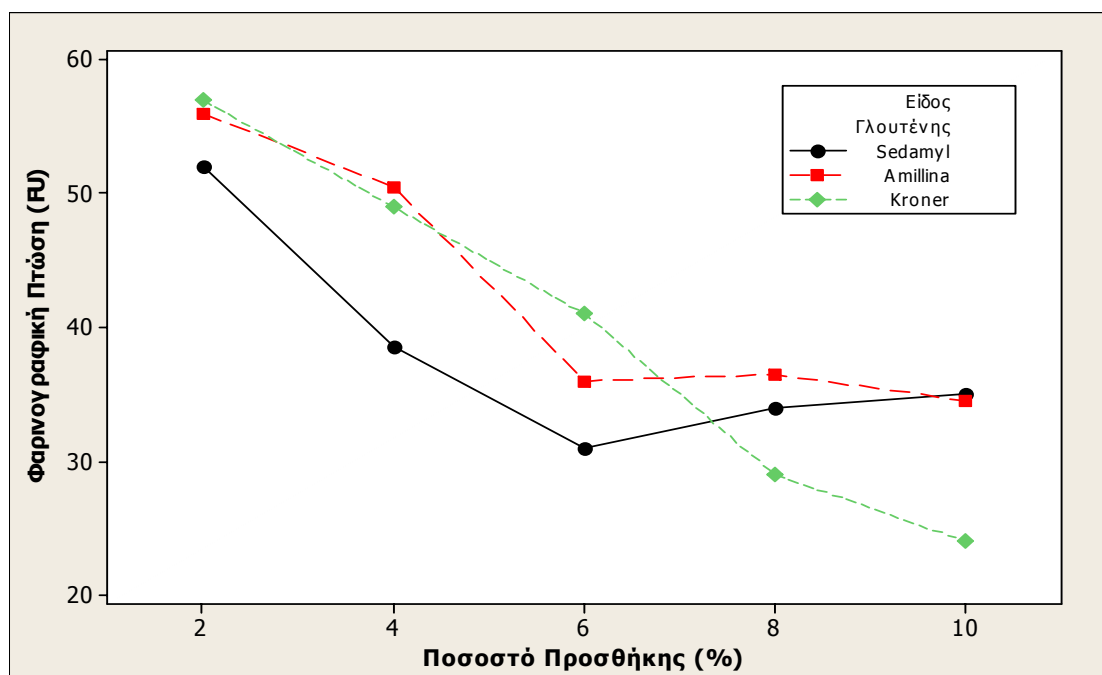
* $P < 0.05$ δείχνει στατιστικά σημαντικές διαφορές

Όλα τα αποτελέσματα είναι οι μέσες τιμές δύο επαναλήψεων. Το ποσοστό προσθήκης και το είδος ξηρής γλουτένης, καθώς και η αλληλεπίδραση των δύο παραπάνω παραγόντων προκαλούν μεταβολή στην τιμή της φαρινογραφικής πτώσης γιατί όπως φαίνεται από τον Πίνακα 8 η πιθανότητα p είναι μικρότερη από 0,05 ($p < 0,05$). Οι υπάρχουσες διαφορές των μέσων τιμών της φαρινογραφικής πτώσης στα διάφορα επίπεδα του ποσοστού προσθήκης, του είδους της ξηρής γλουτένης και της αλληλεπίδρασης αυτών των δύο εντοπίζονται με βάση τον έλεγχο του Tukey (βλ. παράρτημα Β).

Έτσι προκύπτει ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό ξηρής γλουτένης που προστίθεται τόσο μειώνεται και η φαρινογραφική πτώση του αλεύρου. Συμπεραίνεται ότι το ποσοστό των γλουτενών είναι ο παράγοντας που επηρεάζει περισσότερο την σταθερότητα του αλεύρου ($F=59,41$). Σε ποσοστό 10% παρουσιάζεται η μικρότερη εξασθένιση στην Amillina και την Kroner, ενώ για την Sedamyl η μικρότερη τιμή λαμβάνεται σε ποσοστό προσθήκης 6%. Η μεγάλη αυτή μείωση της τιμής της φαρινογραφικής πτώσης που είναι υπεύθυνη για την εκδήλωση της σημαντικότητας της αλληλεπίδρασης, προκαλεί επίσης την μείωση της μέσης φαρινογραφικής πτώσης της Sedamyl συγκριτικά με το 2^ο και το 3^ο είδος γλουτένης. Η γλουτένη Sedamyl δίνει την ελάχιστη μέση τιμή εξασθένισης. Ενώ διαπιστώνεται αλληλεπίδραση μεταξύ των επιπέδων του ποσοστού και του είδους της γλουτένης ($p=0,004 < 0,05$).

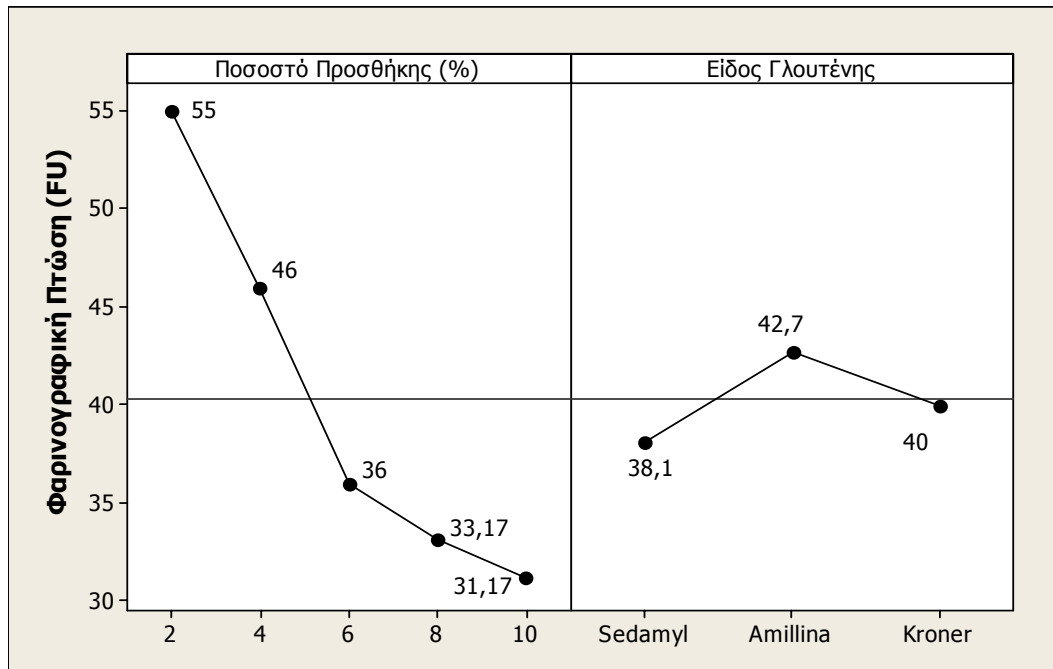
Προκύπτει ότι οι μεγαλύτερες τιμές φαρινογραφικής πτώσης παρατηρούνται σε ποσοστό προσθήκης 2% και 4% και παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική

διαφορά σε σχέση με τα άλλα ποσοστά προσθήκης. Στους μέσους όρους των υπολοίπων ποσοστών 6,8 και 10% με βάση τον έλεγχο του Tukey φαίνεται να μην υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους στις τιμές φαινογραφικής πτώσης(βλ. παράρτημα Β).



Σχήμα 11: Αλληλεπίδραση του είδους και του ποσοστού προσθήκης ξηρής γλουτένης στη φαινογραφική πτώση (FU) του αλεύρου

Στο σχήμα 11 παρατηρούμε την αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων που εξετάζονται στην τιμή της φαινογραφικής πτώσης. Η αλληλεπίδραση φαίνεται να οφείλεται στην απότομη πτώση της μετρούμενης μεταβλητής στη γλουτένη Sedamyl σε ποσοστά προσθήκης 4% και 6% σε σχέση με τις άλλες δύο ξηρές γλουτένες. Στη συνέχεια παρατηρείται σε ποσοστό 8% και 10% Sedamyl και Amillina να εμφανίζουν μείωση της πτώσης αυτής και φαίνεται από τη σχεδόν οριζόντια πορεία της Sedamyl και της Amillina στο παραπάνω σχήμα.



Σχήμα 12: Επίδραση του ποσοστού προσθήκης και του είδους ξηρής γλουτένης στην φαρινογραφική πτώση του αλεύρου

Από το σχήμα 12 και πίνακα 7 & 8 φαίνεται ότι στο αλεύρι που προστέθηκε η ξηρή γλουτένη Sedamyl εμφάνισε τη μικρότερη μέση τιμή φαρινογραφικής πτώσης από τις άλλες δύο Amillina και Kroner. Από τον έλεγχο του Tukey οι διαφορές των μέσων όρων των τριών διαφορετικών ειδών ξηρών γλουτενών δεν ήταν αρκετά εμφανής με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η επιλογή της κατάλληλης ξηρής γλουτένης (βλ. παράρτημα Β). Μπορεί επίσης να παρατηρηθεί ότι η μεγαλύτερη μείωση της φαρινογραφικής πτώσης εμφανίζεται σε ποσοστό προσθήκης 10%, όσο αυξάνεται το ποσοστό προσθήκης μειώνεται η τιμή της φαρινογραφικής πτώσης. Τέλος για τα ποσοστά προσθήκης 6,8 και 10% δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές.

5.2 Αποτελέσματα Υγρής Γλουτένης και δείκτη γλουτένης (Guten Index)

5.2.1 Υγρή γλουτένη

Ο προσδιορισμός της υγρής γλουτένης βασίζεται στον σχηματισμό αδιάλυτης μάζας ενυδατωμένης γλουτένης η οποία αποχωρίζεται από τα συστατικά με έκπλυση υπό συνεχή μάλαξη. Η μάζα της γλουτένης συμπιέζεται για να φύγει το πλεονάζον νερό και ζυγίζεται. Το αποτέλεσμα εκφράζεται σε ποσοστό επί του βάρους του αλεύρου (Κεφαλάς, 2003).

Από τον Πίνακα 9 παρατηρείται η αύξηση του ποσοστού υγρής γλουτένης με την προσθήκη των ξηρών γλουτενών στο αλεύρι. Με την αύξηση του ποσοστού προσθήκης των ξηρών γλουτενών αυξάνεται και η ποσότητα της υγρής γλουτένης (Πίνακας 8, Σχήμα 13, 14). Η υγρή γλουτένη του αλεύρου μετά την προσθήκη των τριών ειδών ξηρών γλουτενών και σε διαφορετικά ποσοστά φαίνεται στον Πίνακα 9.

Η μέγιστη τιμή υγρής γλουτένης διαπιστώθηκε όταν το άλευρο εμπλουτίστηκε με την γλουτένη Sedamyl σε ποσοστό 10% (55,77%) ενώ η χαμηλότερη τιμή στο αλεύρι με την προσθήκη της εμπορικής ξηρής γλουτένης Kroner σε ποσοστό 2% (42,52%).

Πίνακας 9: Υγρή γλουτένη (%) του αλεύρου μετά την προσθήκη τριών ειδών ξηρών γλουτενών σε διαφορετικά ποσοστά

Είδη Γλουτένης	Ποσοστό προσθήκης (%)				
	2	4	6	8	10
Sedamyl	42,94 (0,157)	45,87 (0,717)	49,53 (0,370)	52,77 (0,402)	55,77 (0,465)
Amillina	42,56 (0,445)	45,57 (0,420)	48,68 (0,404)	52,12 (0,245)	54,94 (0,262)
Kroner	42,51 (0,456)	45,54 (0,300)	48,73 (0,525)	51,87 (0,650)	55,51 (0,707)

Ποσοστό υγρής γλουτένης αλεύρου (χωρίς την προσθήκη γλουτένης) : 40,25 (2,600)
Οι τιμές του πίνακα είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων. Οι τυπικές αποκλίσεις φαίνονται στις παρενθέσεις

Από την μέτρηση της υγρής γλουτένης που διεξήχθησαν το είδος ξηρής γλουτένης και το ποσοστό προσθήκης οδήγησαν σε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η υγρή γλουτένη επηρεάστηκε από το είδος της ξηρής γλουτένης

($p < 0.05$) και το ποσοστό που προστέθηκαν στο αλεύρι ($p < 0.05$) (Πίνακας 10, Σχήμα 13, 14)

Πίνακας 10. Ανάλυσης Διακύμανσης για την υγρή γλουτένη (%)

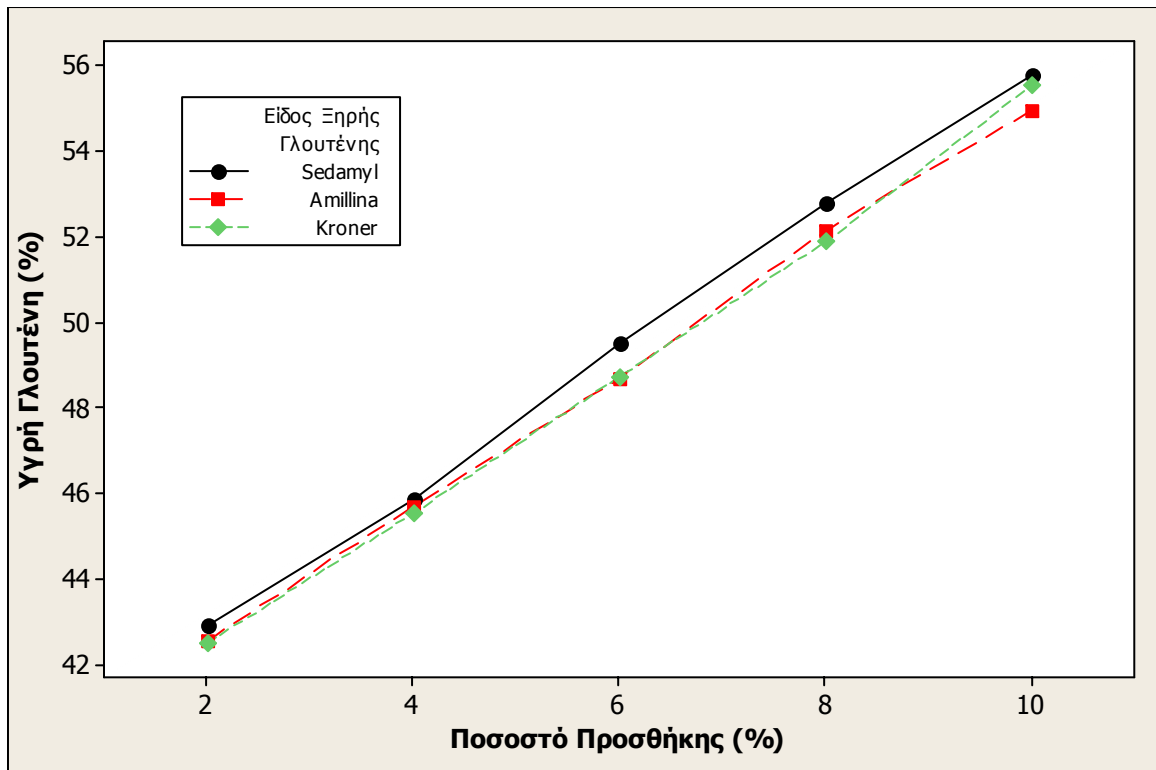
Παράγοντας	DF	F	P*
Ποσοστό γλουτένης	4	1119,75	0,000
Είδος γλουτένης	2	7,59	0,002
Ποσοστό* Είδος γλουτένης	8	0,66	0,719
Σφάλμα	30		
Σύνολο	44		

* $P < 0.05$ δείχνει στατιστικά σημαντικές διαφορές

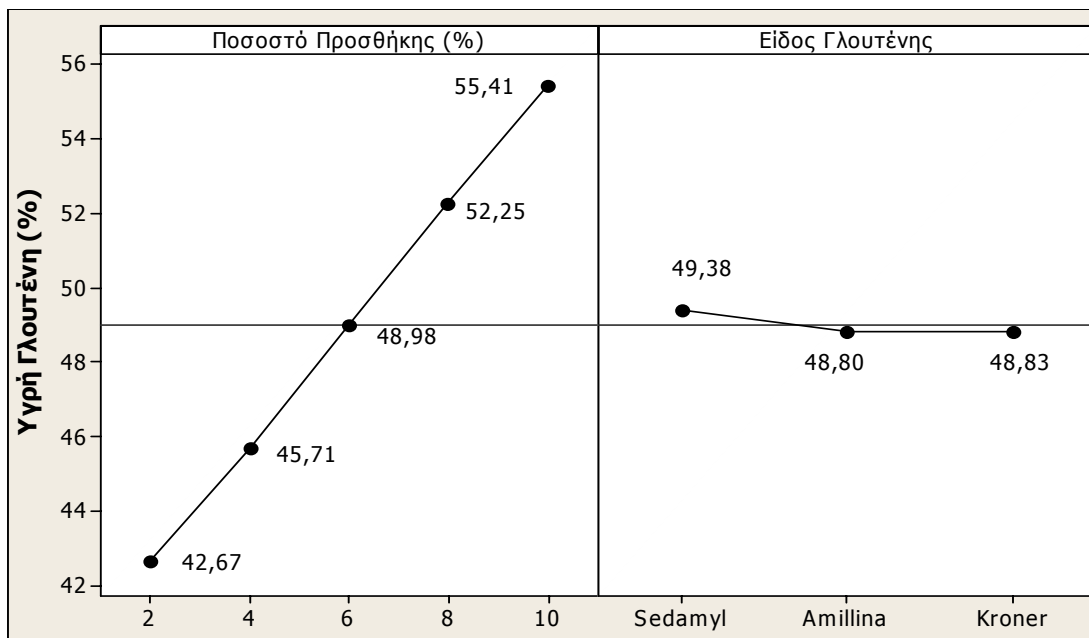
Όλα τα αποτελέσματα είναι οι μέσες τιμές τριών επαναλήψεων. Το ποσοστό και το είδος της γλουτένης που προστίθεται προκαλεί μεταβολή στην τιμή της υγρής γλουτένης γιατί όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 10 η πιθανότητα p είναι μικρότερη από 0,05 ($p < 0,05$). Οι υπάρχουσες διαφορές των μέσων τιμών της υγρής γλουτένης στα διάφορα επίπεδα του είδους και του ποσοστού εντοπίζονται με βάση τον έλεγχο του Tukey (βλ. παράρτημα Β).

Συμπεραίνεται ότι το ποσοστό των γλουτενών είναι ο παράγοντας που επηρεάζει περισσότερο την υγρή γλουτένη ($F=1119,75$) αντί του είδους που επηρεάζει σε πολύ μικρότερο βαθμό ($F=7,59$).

Έτσι προκύπτει ότι σε ποσοστό 10% και στο 1ο είδος της γλουτένης (Sedamyl) η υγρή γλουτένη είναι σαφώς μεγαλύτερη. Ενώ δεν διαπιστώνεται αλληλεπίδραση μεταξύ των επιπέδων του ποσοστού και του είδους της γλουτένης ($p > 0,05$).



Σχήμα 13: Μεταβολές της υγρής γλουτένης (%) του αλεύρου με διαφορετικό είδος και ποσοστό προσθήκης ξηρής γλουτένης



Σχήμα 14: Επίδραση του ποσοστού προσθήκης και του είδους ξηρής γλουτένης στο ποσοστό υγρής γλουτένης του αλεύρου

Από το σχήμα 13 & 14 τον πίνακα 9 & 10 φαίνεται ότι το ποσοστό προσθήκης 10% εμφανίζει το μεγαλύτερο ποσοστό υγρής γλουτένης. Όσο αυξάνεται το ποσοστό αυξάνεται σημαντικά το ποσοστό υγρής γλουτένης του αλεύρου. Η γλουτένη Sedamyl παρουσιάζει το μεγαλύτερο μέσο ποσοστό υγρής γλουτένης σε σύγκριση με τα άλλα δύο είδη γλουτένης, που παρουσιάζουν την ίδια αύξηση στο ποσοστό υγρής γλουτένης. Τέλος για τις ξηρές γλουτένες Amillina και Kroner δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (βλ. παράρτημα Β)

5.2.2 Δείκτης Γλουτένης (Gluten Index)

Σύμφωνα με τον Πίνακα 11 συμπεραίνεται ότι το αλεύρι με την προσθήκη των ξηρών γλουτενών και όσο αυξάνεται το ποσοστό προσθήκης τους εμφανίζουν καλύτερη ποιότητα γλουτένης, άρα καλύτερη ποιότητα αλεύρου. Στην πράξη όμως εκτός από την ενίσχυση των αλεύρων με γλουτένη, γίνεται και προσθήκη βελτιωτικών (τα οποία συνήθως επηρεάζουν την συμπεριφορά της γλουτένης) ώστε το τελικό αλεύρι να έχει την επιθυμητή ποιότητα.

Ο δείκτης ποιότητας του αλεύρου μετά την προσθήκη των ξηρών γλουτενών σε διαφορετικά ποσοστά φαίνεται στον Πίνακα 11.

Η μέγιστη τιμή δείκτη ποιότητας διαπιστώθηκε όταν το άλευρο εμπλουτίστηκε με την γλουτένη Sedamyl σε ποσοστό 10% (82,00) ενώ η χαμηλότερη τιμή στο αλεύρι με την προσθήκη της εμπορικής ξηρής γλουτένης Amillina σε ποσοστό 2% (76,01).

Παρατηρείται αύξηση του δείκτη ποιότητας με την προσθήκη των τριών ξηρών γλουτενών όσο αυξάνεται το ποσοστό παρατηρείται ολοένα και μεγαλύτερος δείκτης ποιότητας (Gluten Index).

Πίνακας 11: Δείκτης γλουτένης του αλεύρου μετά την προσθήκη τριών ειδών ξηρών γλουτενών σε διαφορετικά ποσοστά

Είδη Γλουτένης	Ποσοστό προσθήκης (%)				
	2	4	6	8	10
Sedamyl	76,82 (0,352)	79,61 (1,671)	80,93 (0,731)	81,25 (0,286)	82,00 (0,570)
Amillina	76,01 (0,337)	77,48 (0,325)	78,11 (1,182)	79,90 (0,760)	80,81 (0,381)
Kroner	76,19 (1,040)	78,00 (0,461)	78,93 (0,552)	80,21 (0,510)	81,05 (0,541)

Δείκτης ποιότητας γλουτένης του αλεύρου (χωρίς την προσθήκη γλουτένης) : 73,94
(0,445)

Οι τιμές του πίνακα είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων. Οι τυπικές αποκλίσεις φαίνονται στις παρενθέσεις

Από την μέτρηση του δείκτη ποιότητας (Gluten Index) που διεξήχθη στο μαλακό αλεύρι σίτου το είδος καθώς και το ποσοστό προσθήκης ξηρής γλουτένης οδήγησαν σε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ο δείκτης ποιότητας (GI) επηρεάστηκε από το είδος της γλουτένης ($p < 0.05$) και το ποσοστό που προστέθηκαν στο αλεύρι ($p < 0.05$) (Πίνακας 12, Σχήμα 15, 16).

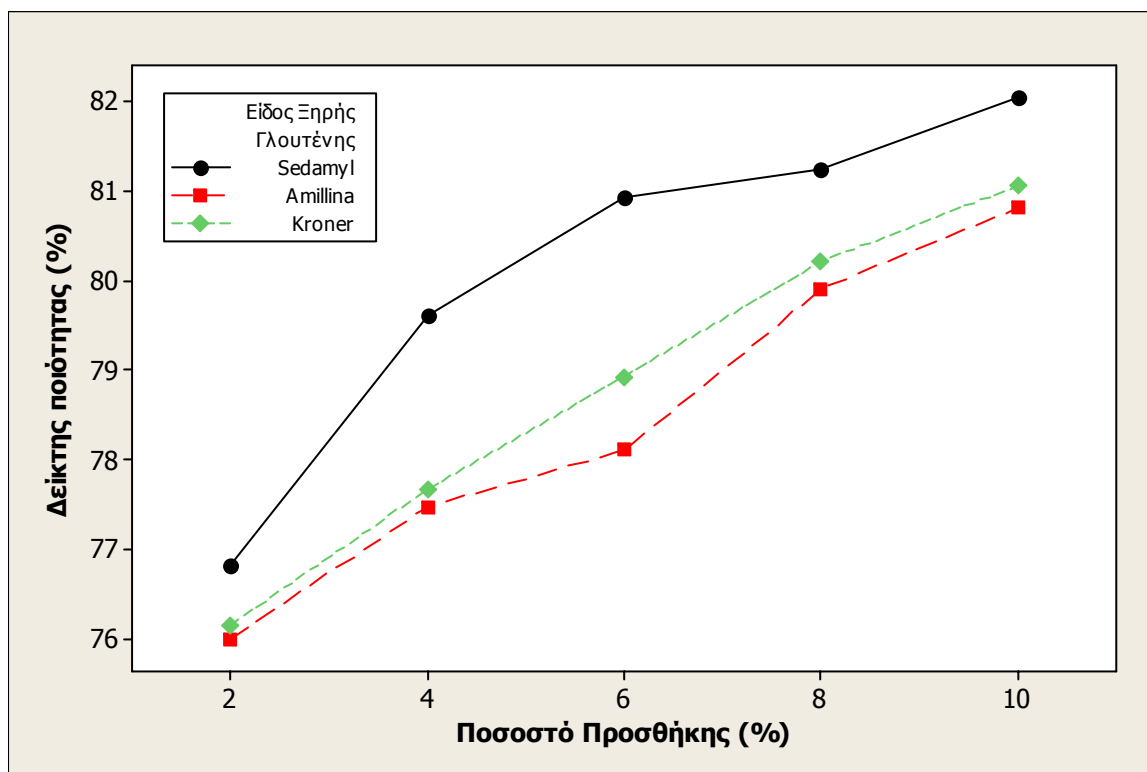
Πίνακας 12. Ανάλυση Διακύμανσης για τον δείκτη ποιότητας της γλουτένης

Παράγοντας	DF	F	P*
Ποσοστό γλουτένης	4	59,55	0,000
Είδος γλουτένης	2	20,36	0,000
Ποσοστό* Είδος γλουτένης	8	0,96	0,486
Σφάλμα	30		
Σύνολο	44		

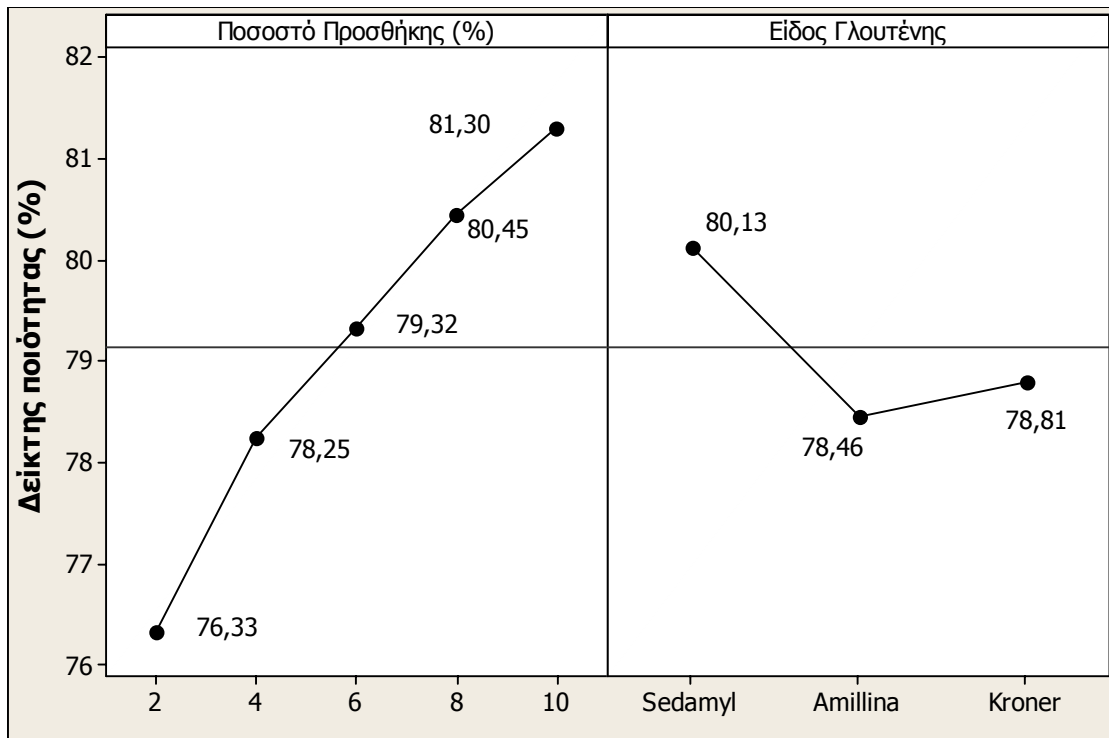
* $P < 0.05$ δείχνει στατιστικά σημαντικές διαφορές

Όλα τα αποτελέσματα είναι οι μέσες τιμές τριών επαναλήψεων. Το ποσοστό και το είδος της γλουτένης που προστίθεται προκαλεί μεταβολή στην τιμή του δείκτη ποιότητας της γλουτένης γιατί όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 12 η πιθανότητα p είναι μικρότερη από 0,05 ($p < 0,05$). Οι υπάρχουσες διαφορές των μέσων τιμών του δείκτη ποιότητας γλουτένης στα διάφορα επίπεδα του είδους και του ποσοστού εντοπίζονται με βάση τον έλεγχο του Tukey (βλ. παράρτημα Β). Συμπεραίνεται ότι το ποσοστό προσθήκης είναι ο παράγοντας που επηρεάζει περισσότερο τον δείκτη ποιότητας ($F=59,55$) ενώ το είδος λιγότερο ($F=20,36$).

Έτσι προκύπτει ότι σε ποσοστό 10% στο 1ο είδος της γλουτένης (Sedamyl) ο δείκτης ποιότητας είναι σαφώς μεγαλύτερος. Ενώ δεν διαπιστώνεται αλληλεπίδραση μεταξύ των επιπέδων του ποσοστού και του είδους της γλουτένης ($p>0,05$) (Πίνακας 11, 12 Σχήμα 15, 16).



Σχήμα 15: Μεταβολές στον δείκτη ποιότητας γλουτένης (%) του αλεύρου με διαφορετικό είδος και ποσοστό ξηρής γλουτένης



Σχήμα 16: Επίδραση του ποσοστού προσθήκης και του είδους ξηρής γλουτένης στον δείκτη ποιότητας γλουτένης(Gluten Index) του αλεύρου

Στο σχήμα 15 & 16 τον πίνακα 11 & 12 φαίνεται ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό προσθήκης αυξάνεται και ο δείκτης ποιότητας. Σε ποσοστό 10% εμφανίζεται ο μεγαλύτερος δείκτης ποιότητας της γλουτένης. Για τα ποσοστά 8 και 10% δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές του δείκτη ποιότητας αυτών. Μπορεί επίσης να παρατηρηθεί ότι η γλουτένη Sedamyl παρουσίασε τη μεγαλύτερη μέση τιμή του δείκτη ποιότητας σε σχέση με τα άλλα δύο είδη γλουτένης. Τέλος για την γλουτένη Amillina και την γλουτένη Kroner δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές του δείκτη ποιότητας που εμφάνισαν(βλ. παράρτημα Β).

5.3 Αποτελέσματα τιμής καθίζησης (Zeleny Test)

5.3.1 Τιμή καθίζησης

Από τον Πίνακα 13 συμπεραίνεται ότι με την προσθήκη των γλουτενών και την αύξηση του ποσοστού των γλουτενών βελτιώνεται η ποιότητα του αλεύρου αφού η τιμή καθίζησης είναι υψηλή και παρατηρείται αύξηση σε όλες τις φάσεις.

Με το τεστ αυτό εκτιμάται η αρτοποιητική ικανότητα του αλεύρου, η οποία είναι συνάρτηση της ποσότητας και της ποιότητας της γλουτένης (Ρουσοπούλου, 2001).

Η τιμή καθίζησης του αλεύρου μετά την προσθήκη διαφορετικών ειδών ξηρών γλουτενών και σε διαφορετικά ποσοστά φαίνεται στον Πίνακα 13.

Η μέγιστη μέση τιμή καθίζησης διαπιστώθηκε όταν το άλευρο εμπλουτίστηκε με την γλουτένη Sedamyl σε ποσοστό 10% (55,33 ml) ενώ η χαμηλότερη μέση τιμή όταν εμπλουτίστηκε με την γλουτένη Amillina σε ποσοστό 2% (34,33 ml). Παρατηρείται αύξηση της τιμής καθίζησης με την προσθήκη των παραπάνω ξηρών γλουτενών όσο αυξάνεται το ποσοστό παρατηρείται συνεχώς και μεγαλύτερη τιμή του δείκτη καθίζησης (Πίνακας 13, Σχήμα 17, 18).

Η τιμή καθιζήσεως κυμαίνεται από 8 για άλευρα με πολύ χαμηλή πρωτεΐνη αδύνατη γλουτένη, μέχρι 78 για άλευρα με υψηλή πρωτεΐνη και δυνατή γλουτένη (Ρουσοπούλου, 2001).

Πίνακας 13: Τιμή καθίζησης του αλεύρου μετά την προσθήκη τριών ειδών ξηρών γλουτενών σε διαφορετικά ποσοστά

Είδη Γλουτένης	Ποσοστό προσθήκης (%)				
	2	4	6	8	10
Sedamyl	35,00 (1,000)	40,00 (1,000)	45,00 (1,000)	50,33 (0,577)	55,33 (0,577)
Amillina	34,33 (0,577)	39,33 (0,577)	44,33 (0,577)	49,00 (1,000)	53,33 (1,000)
Kroner	35,33 (0,577)	39,67 (0,577)	44,67 (1,154)	49,67 (0,577)	54,33 (1,154)

Τιμή καθίζησης αλεύρου (χωρίς την προσθήκη γλουτένης) : 32,67 (0,577)
Οι τιμές του πίνακα είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων. Οι τυπικές αποκλίσεις φαίνονται στις παρενθέσεις

Από την μέτρηση τιμής καθίζησης που διεξήχθη το είδος ξηρής γλουτένης και το ποσοστό προσθήκης οδήγησαν σε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η

τιμή του τεστ επηρεάστηκε από το ποσοστό που προστέθηκε ($p < 0.05$) και το είδος της γλουτένης ($p < 0.05$) (Πίνακας 13, 14, Σχήμα 17, 18).

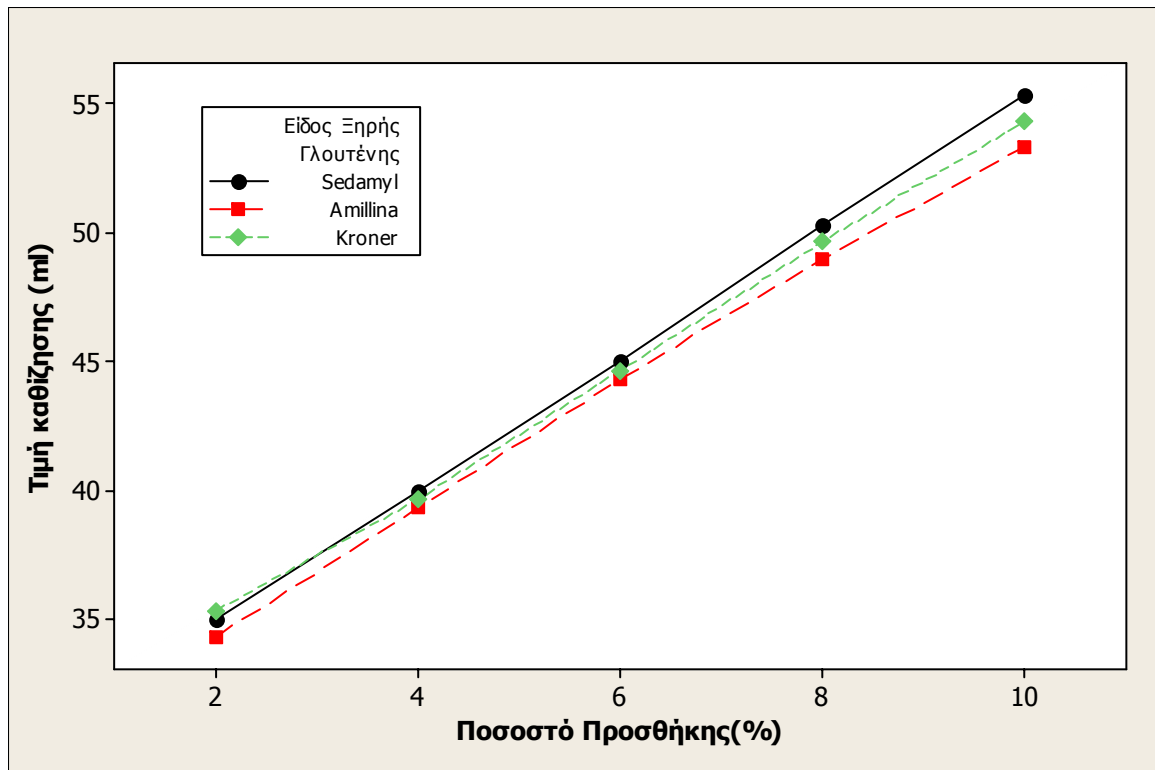
Πίνακας 13. Ανάλυσης Διακύμανσης για την τιμή του τεστ καθίζσεως

Παράγοντας	DF	F	P*
Ποσοστό γλουτένης	4	691,53	0,000
Είδος γλουτένης	2	5,60	0,009
Ποσοστό* Είδος γλουτένης	8	0,46	0,876
Σφάλμα	30		
Σύνολο	44		

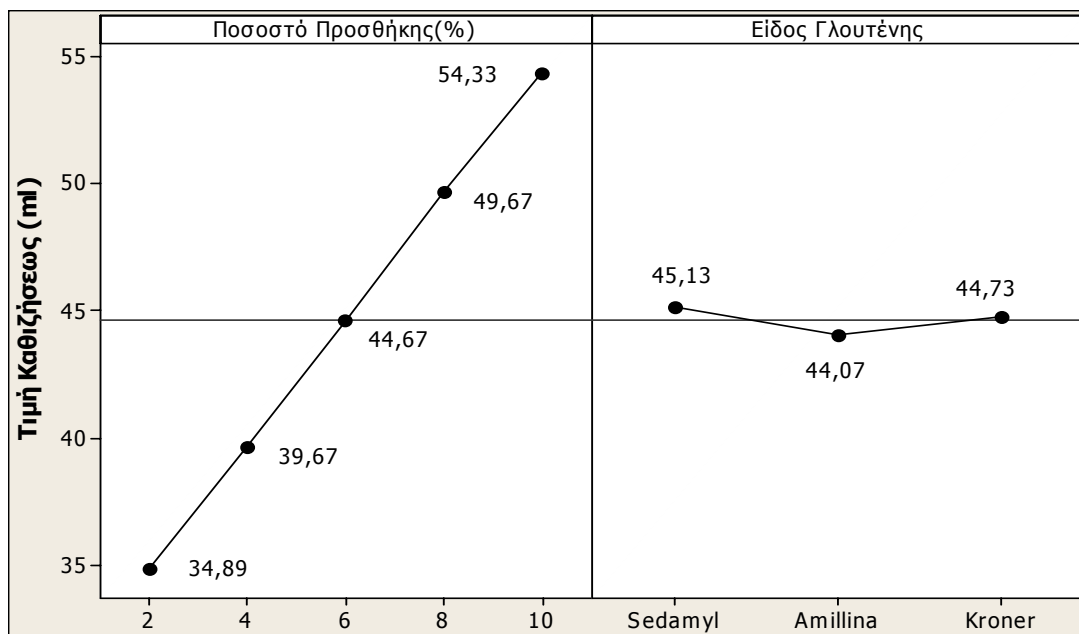
* $P < 0.05$ δείχνει στατιστικά σημαντικές διαφορές

Όλα τα αποτελέσματα είναι οι μέσες τιμές τριών επαναλήψεων. Οι υπάρχουσες διαφορές των μέσων τιμών της τιμής καθίζησης στα διάφορα επίπεδα του είδους και του ποσοστού εντοπίζονται με βάση τον έλεγχο του Tukey (βλ. Παράρτημα Β). Συμπεραίνεται ότι το ποσοστό προσθήκης είναι ο παράγοντας που επηρεάζει περισσότερο την τιμή καθίζησης ($F=691,53$) αντί του είδους ($F=5,60$).

Έτσι προκύπτει ότι σε ποσοστό 10% και στο 1ο είδος της γλουτένης (Sedamyl) η τιμή καθίζησης είναι σαφώς μεγαλύτερη. Ενώ δεν διαπιστώνεται αλληλεπίδραση μεταξύ των επιπέδων του ποσοστού και του είδους της γλουτένης ($p > 0,05$) (Πίνακας 13,14, Σχήμα 17,18).



Σχήμα 17: Μεταβολές στην τιμή καθίζησης (ml) του αλεύρου με διαφορετικό είδος και ποσοστό προσθήκης ξηρής γλουτένης



Σχήμα 18: Επίδραση του ποσοστού προσθήκης(%) και του είδους της ξηρής γλουτένης στην τιμή καθίζησης (ml) του αλεύρου

Από το σχήμα 17 & 18 τον πίνακα 13 & 14 φαίνεται ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό προσθήκης ξηρής γλουτένης στο αλεύρι αυξάνεται και η τιμή καθίζησης. Η μεγαλύτερη τιμή καθίζησης εμφανίζεται σε ποσοστό 10%. Μπορεί επίσης να παρατηρηθεί ότι η Sedamyl παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μέση τιμή καθίζησης σε σχέση με τις άλλες δύο ξηρές γλουτένες. Από τον έλεγχο Tukey οι διαφορές των μέσων όρων των τριών ειδών γλουτένης δεν ήταν αρκετά εμφανείς με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η εκτίμηση της καλύτερης ξηρής γλουτένης.

6 Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματος παρατηρείται ότι με την προσθήκη ξηρής γλουτένης σε αλεύρι μαλακού σταριού προκύπτει αλεύρι πιο δυνατό με καλύτερη ποιότητα υγρής γλουτένης.

Αυτό γίνεται φανερό από όλες τις μεθόδους που τέθηκαν σε εφαρμογή, την φαρινογραφία, τον προσδιορισμό υγρής γλουτένης, του δείκτη γλουτένης και της τιμής καθίζησης.

Έτσι από την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων της πειραματικής διαδικασίας

- Η Sedamyl φαίνεται να είναι καλύτερη ποιοτικά από τα άλλα δύο είδη ξηρών γλουτενών που χρησιμοποιήθηκαν . Έδωσε τις μεγαλύτερες τιμές στην απορρόφηση, στη σταθερότητα, στο ποσοστό υγρής γλουτένης, στον δείκτη ποιότητας καθώς και στην τιμή καθίζησης.
- Η Sedamyl έδωσε επίσης τη μικρότερη φαρινογραφική πτώση.
- Η Amillina και η Kronef έδωσαν ικανοποιητικά αποτελέσματα και είχαν σχεδόν την ίδια επίδραση στο αλεύρι που προστέθηκαν.
- Το ποσοστό προσθήκης 10% ξηρής γλουτένης σε αλεύρι μαλακού σταριού παρουσίασε α) τις μεγαλύτερες τιμές στην απορρόφηση, στη σταθερότητα, στον προσδιορισμό της υγρής γλουτένης, στο δείκτη ποιότητας γλουτένης, β) τη μεγαλύτερη τιμή καθίζησης και γ) την μικρότερη τιμή φαρινογραφικής πτώσης. Άρα με την προσθήκη ξηρής γλουτένης σε αυτό το ποσοστό προκύπτει αλεύρι με δυνατή και καλής ποιότητας γλουτένη.
- Στη μέτρηση του δείκτη ποιότητας της γλουτένης στα ποσοστά 8% και 10% δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τιμών του δείκτη.
- Παρατηρήθηκε μεγάλη αύξηση της σταθερότητας του αλεύρου και μείωση της τιμής της φαρινογραφικής πτώσης με την προσθήκη της Sedamyl σε ποσοστό 6% σε σχέση με τις υπόλοιπες δύο ξηρές γλουτένες που εμφάνισαν τις ίδιες τιμές σε μεγαλύτερα ποσοστά προσθήκης. Αυτό σημαίνει ότι η Sedamyl υπερέχει των άλλων δύο ξηρών γλουτενών. Μπορεί δηλαδή να χρησιμοποιηθεί σε μικρότερο ποσοστό και να

επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα ενώ στις άλλες δύο απαιτείται προσθήκη μεγαλύτερου ποσοστού για το ίδιο αποτέλεσμα. Από οικονομικής άποψης είναι η πλέον συμφέρουσα.

7 Βιβλιογραφία

Ξένη βιβλιογραφία

- Bloksma A.H. (1974). Rheology of wheat flour doughs. *Cereal Science Today* 19, 285.
- Clodualdo C. Maningat D., Sukh Bassi D., and Hesser J.M. (1994). Wheat gluten in food and non food systems. *Aib technical bulletin*, 16 (6), 358-370.
- D' Appolonia B.L. and Kunerth W.H. (1984). *The Farinograph Handbook*. Third Edition, Revised and expanded. Physical Testing Methods Committee of the American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, USA.
- D' Appolonia B.L. (1996). How flour affects bread quality. *Lallemand Baking Update Flour Quality*, 1, 12.
- Day L., Augustin M.A., Batey I.L. and Wrigley C.W. (2006). Wheat-gluten uses and industry needs. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 82-90.
- Grace G., (1989). Preparation of vital wheat gluten. In *Proceeding of the World Congress on Vegetable Proteins*, ADCS, 21, 114.
- Hosney R.C. (1986). *Principles of Cereal*, American Association of Cereal Chemists, Inc., USA.
- International Association for Cereal Science and Technology (ICC). ICC Draft Standard No. 155. AACC First Approval Method 38-112.
- International Association for Cereal Science and Technology (ICC). ICC Standard No. 115/1.
- International Association for Cereal Science and Technology (ICC). ICC Standard No. 116/1.
- Lorenz K.J. and Kulp K. (1991) *Handbook of Cereal Science and Technology*, Marcel Dekker.
- Macrae, R., Robinson, R.K. and Sadler, M.J., (1993). Pastry Products. In *Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*, Academic Press, London, 5, 3464.
- Matz S.A. (1989). *Bakery Technology*, Elsevier Science Publishers Ltd.

- Pomeranz Y. (1988). Wheat: Chemistry and Technology, Vol I, II, A.A.C.C., USA.
- Shuey W. C. (1975). Practical Instruments for Rheological Measurements on Wheat Products. Cereal Chemistry, 52 (3), 43.
- Stear C.A. (1990). Handbook of Breadmaking Technology, Elsevier.

Ελληνική βιβλιογραφία

- Κεφαλάς, Π.Σ. (2003). Τεχνολογία και έλεγχος ποιότητας σιτηρών, Α.Τ.Ε.Ι.Θ.
- 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.

Τεχνικά φυλλάδια των κάτωθι εταιρειών

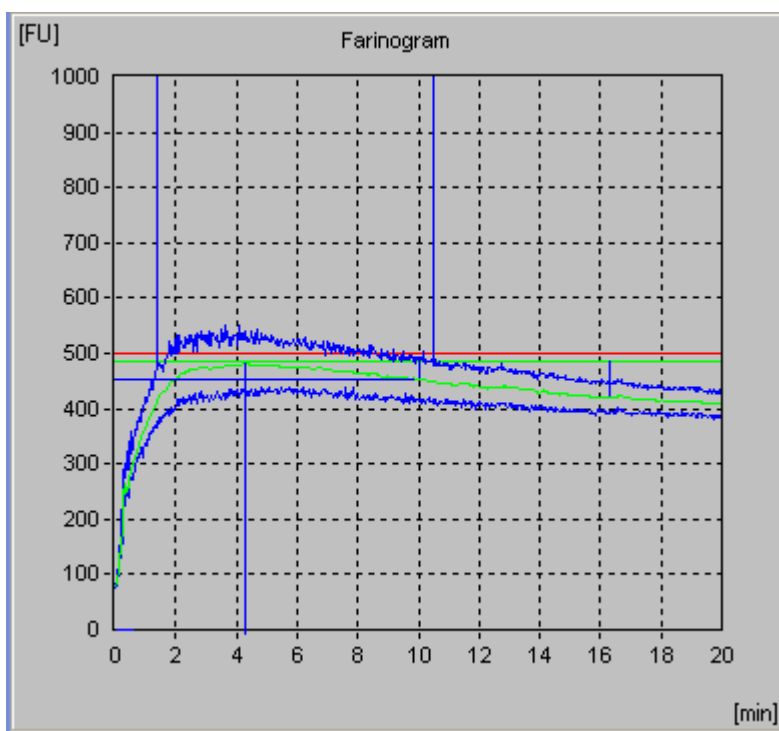
- Brabender OHG, Duisburg, (1986). Farinograph-Resistograph. Instruction Manual. Γερμανία.

8 Παραρτήματα

8.1 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Στο παράρτημα αυτό απεικονίζονται όλα τα φαρινογράφημα που έχουν γίνει ώστε να υπολογιστούν η Σταθερότητα, η Απορρόφηση νερού και η Φαρινογραφική πτώση των αλεύρων.

Αξιολόγηση του: Αλεύρι 1^η Μέτρηση



Γράφημα 1 : Φαρινογράφημα του αλεύρου χωρίς την προσθήκη ξηρών γλουτενών (1^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι 1^η Μέτρηση

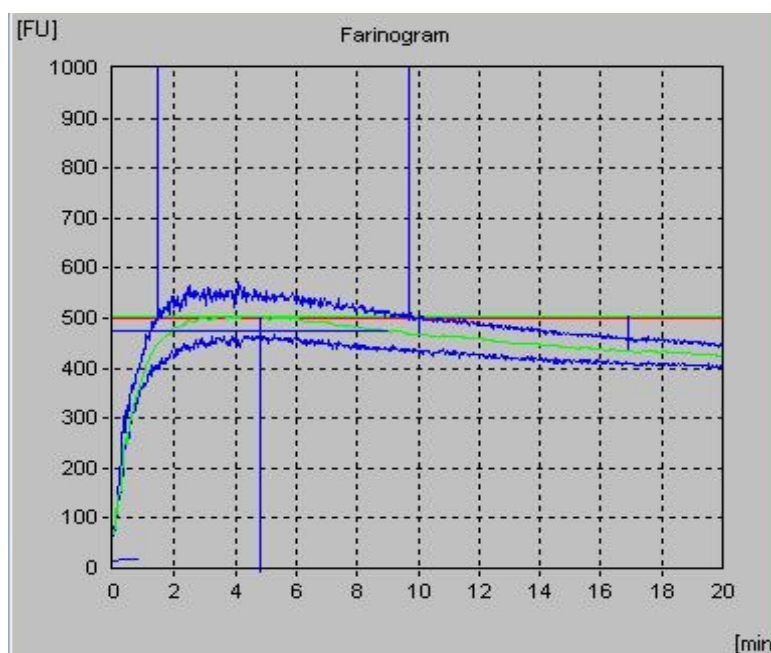
Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	484 FU με απορρόφηση νερού 62,8%
Απορρόφηση νερού:	62,4% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	62,4% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	4,3 min
Σταθερότητα:	9,1 min

Βαθμοί εξασθένησης: 32FU

Βαθμοί εξασθένησης (ICC): 64 FU

Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:99

Αξιολόγηση του: Αλεύρι 2^η Μέτρηση



Γράφημα 2 : Φαρινογράφημα του αλεύρου χωρίς την προσθήκη ξηρών γλουτενών (2^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι 2^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου: 14%

Συνοχή: 504 FU με απορρόφηση νερού 62,8%

Απορρόφηση νερού: 62,9% (διορθωμένη για 500FU)

Απορρόφηση νερού: 62,9% (για υγρασία 14%)

Χρόνος ανάπτυξης: 4,9 min

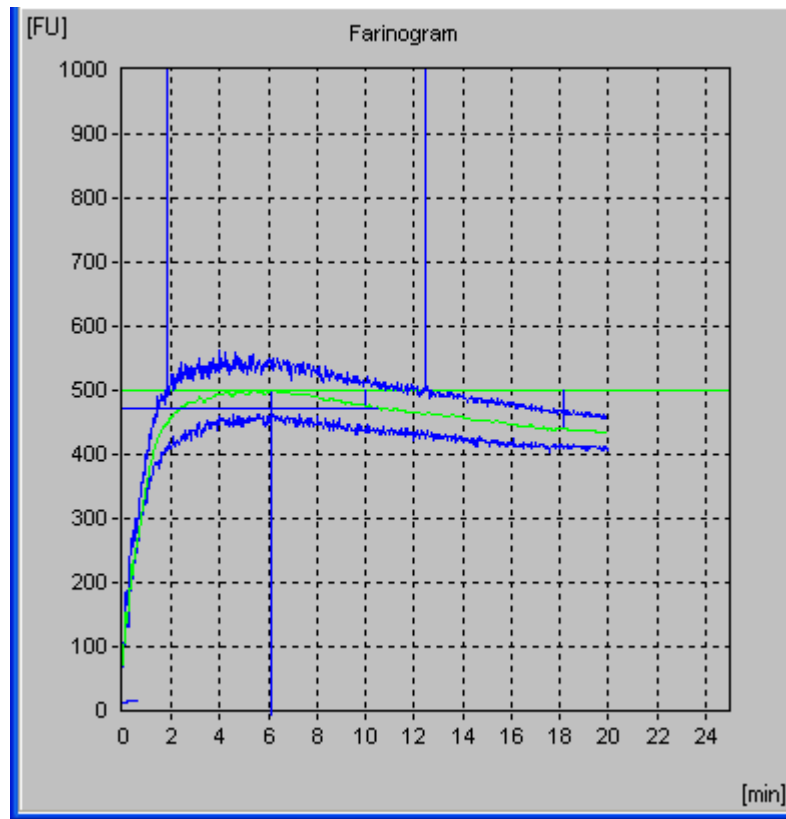
Σταθερότητα: 8,3 min

Βαθμοί εξασθένησης : 36FU

Βαθμοί εξασθένησης (ICC): 70 FU

Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:91

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +2%Kroner 1^η Μέτρηση



Γράφημα 3 : Φαρινογράφημα του αλεύρι με ποσοστό προσθήκης 2% της Kroner (1^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +2%Kroner 1^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύριου: 14%

Συνοχή: 501 FU με απορρόφηση νερού 64,4%

Απορρόφηση νερού: 64,4% (διορθωμένη για 500FU)

Απορρόφηση νερού: 64,4% (για υγρασία 14%)

Χρόνος ανάπτυξης: 6,2 min

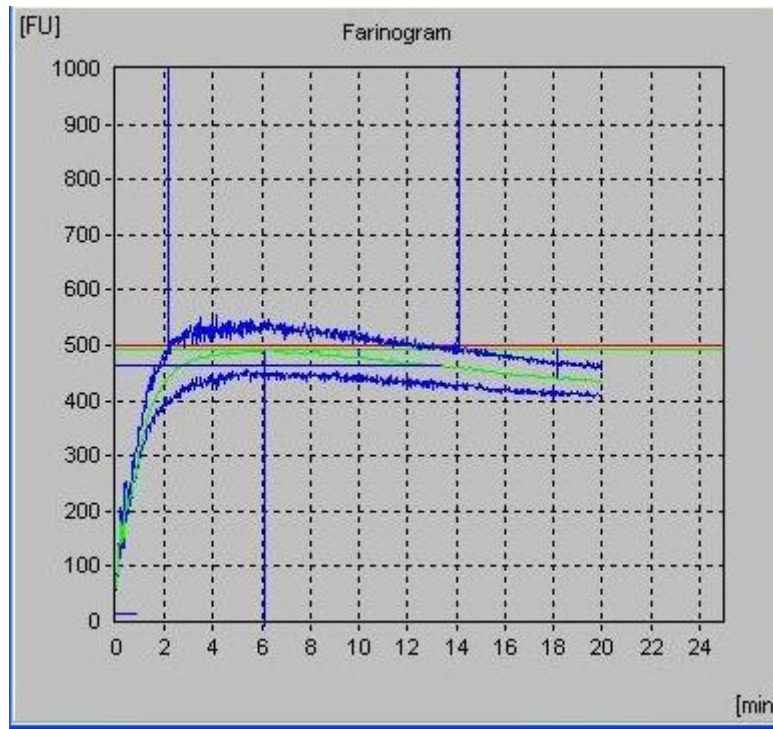
Σταθερότητα: 10,7 min

Βαθμοί εξασθένησης: 26 FU

Βαθμοί εξασθένησης (ICC): 61 FU

Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας: 106

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +2% Kroner 2^η Μέτρηση

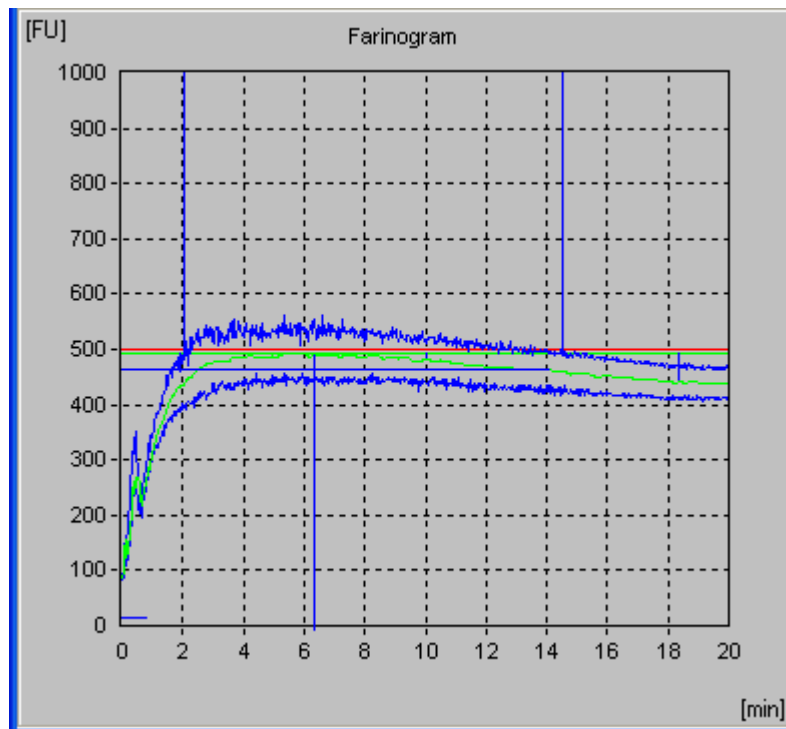


Γράφημα 4 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 2% της Kroner (2^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +2% Kroner 2^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	492 FU με απορρόφηση νερού 64,6%
Απορρόφηση νερού:	64,4 (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	64,4% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	6,2 min
Σταθερότητα:	12,0 min
Βαθμοί εξασθένησης:	15 FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	53 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	135

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +2% Sedamyl 2^η Μέτρηση

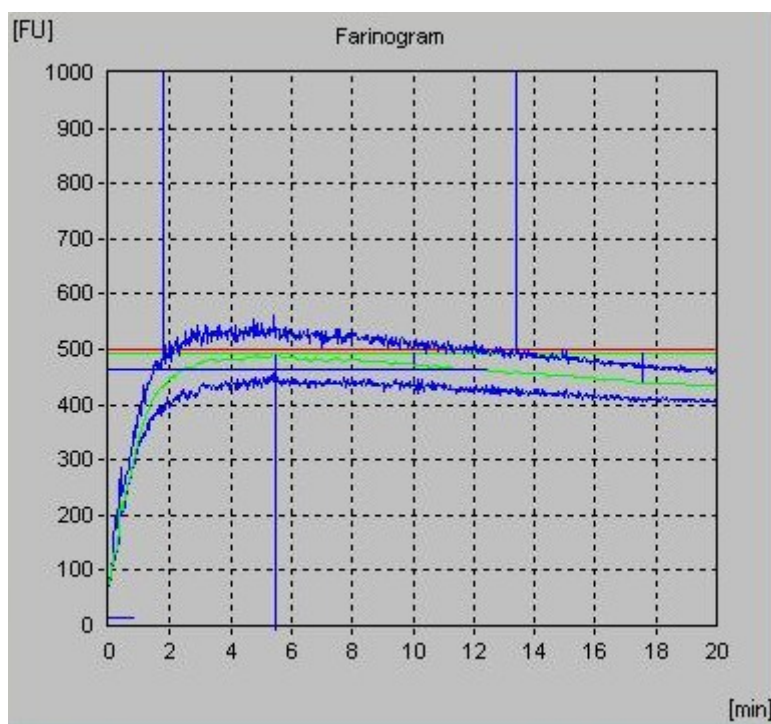


Γράφημα 5 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 2% της Sedamyl (2^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +2% Sedamyl 2^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	492 FU με απορρόφηση νερού 64,8%
Απορρόφηση νερού:	64,6 (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	64,6% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	6,4 min
Σταθερότητα:	12,5 min
Βαθμοί εξασθένησης:	11 FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	51 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	141

Αξιολόγηση του: Αλεύρι+2% Sedamyl 1^η Μέτρηση

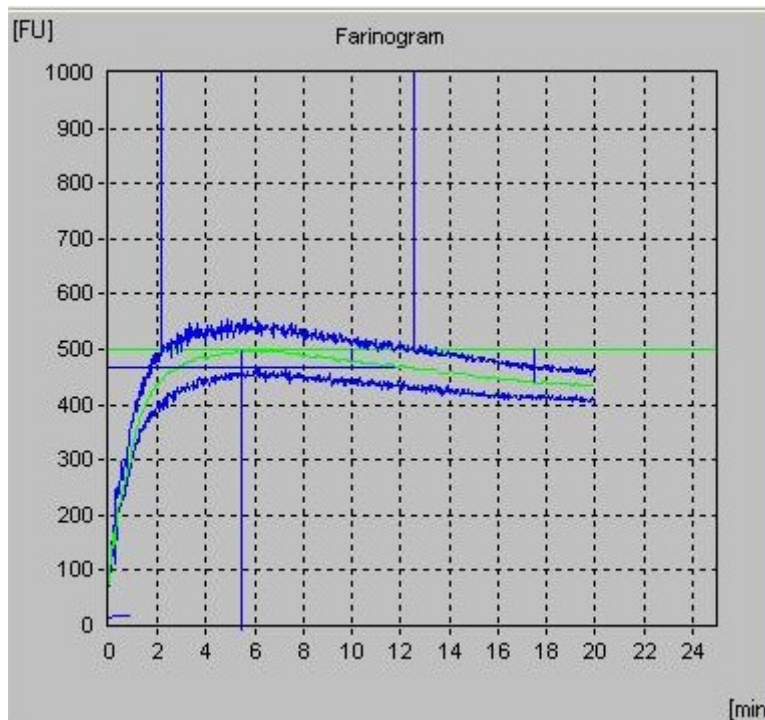


Γράφημα 6 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 2% της Sedamyl (1^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +2% Sedamyl 1^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	493 FU με απορρόφηση νερού 65,0%
Απορρόφηση νερού:	64,8% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	64,8% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	5,5 min
Σταθερότητα:	11,6 min
Βαθμοί εξασθένησης:	21 FU
Βαθμοί εξασθένησης ζ (ICC):	53 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	125

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +2% Amillina 1^η Μέτρηση

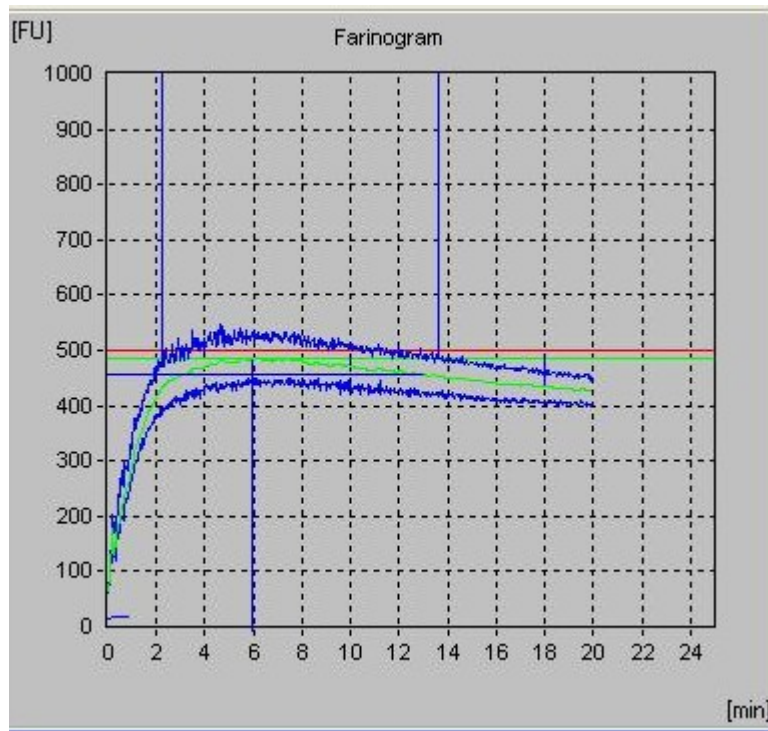


Γράφημα 7 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 2% της Amillina (1^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +2% Amillina 1^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	499 FU με απορρόφηση νερού 64,3%
Απορρόφηση νερού:	64,3% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	64,3% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	5,5 min
Σταθερότητα:	10,4min
Βαθμοί εξασθένησης :	22 FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	59 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	118

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +2% Amillina 2^η Μέτρηση

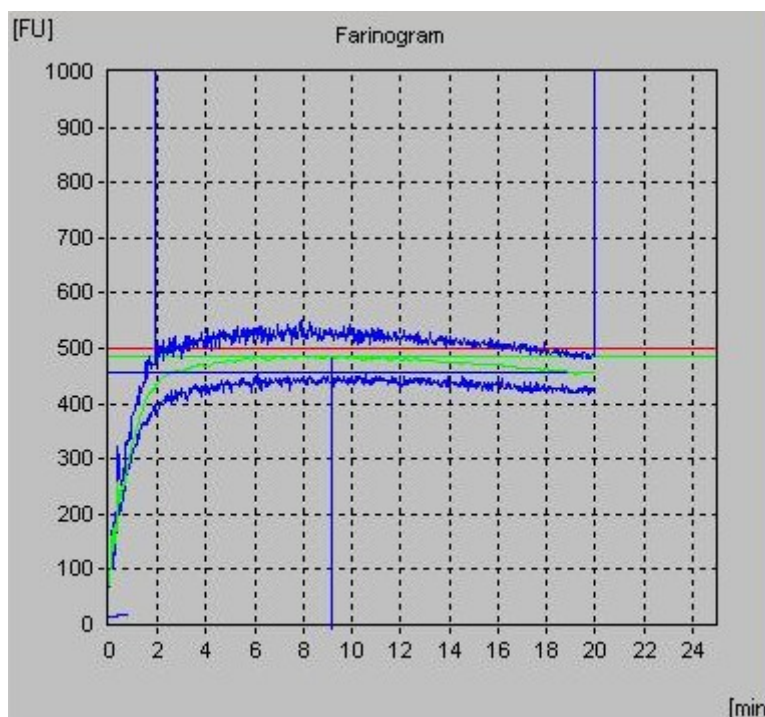


Γράφημα 8 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 2% της Amillina (2^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +2% Amillina 2^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	486 FU με απορρόφηση νερού 64,3%
Απορρόφηση νερού:	64,0% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	64,0% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	6,0 min
Σταθερότητα:	11,4min
Βαθμοί εξασθένησης:	15 FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	53 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	131

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +4% Sedamyl 1^η Μέτρηση



Γράφημα 9 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 4% της Sedamyl (1^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +4% Sedamyl 1^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου: 14%

Συνοχή: 487 FU με απορρόφηση νερού 66,8%

Απορρόφηση νερού: 66,5% (διορθωμένη για 500FU)

Απορρόφηση νερού: 66,5% (για υγρασία 14%)

Χρόνος ανάπτυξης: 9,2 min

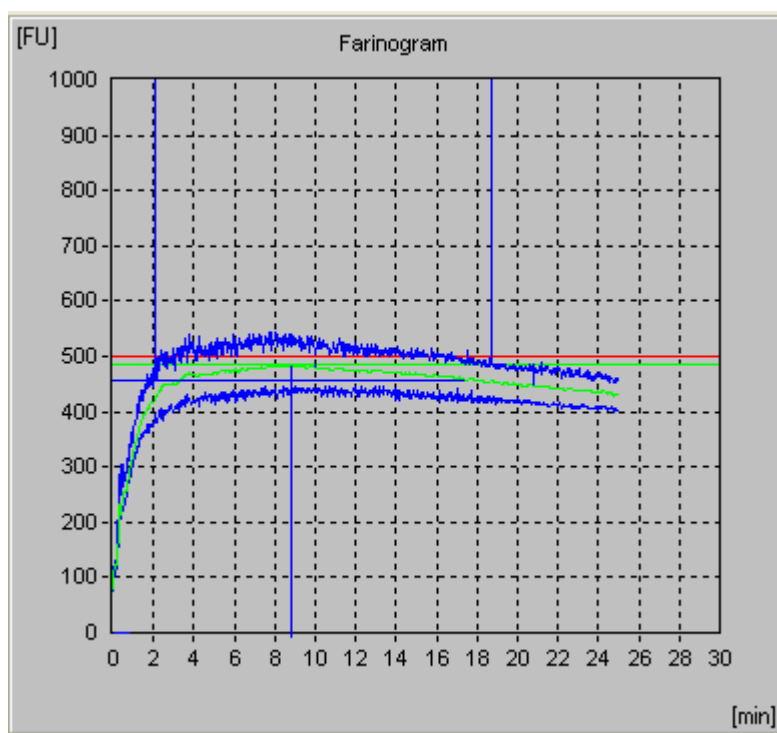
Σταθερότητα: 18,0 min

Βαθμοί εξασθένησης: 6 FU

Βαθμοί εξασθένησης (ICC): 38 FU

Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας: 189

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +4% Sedamyl 2^η Μέτρηση

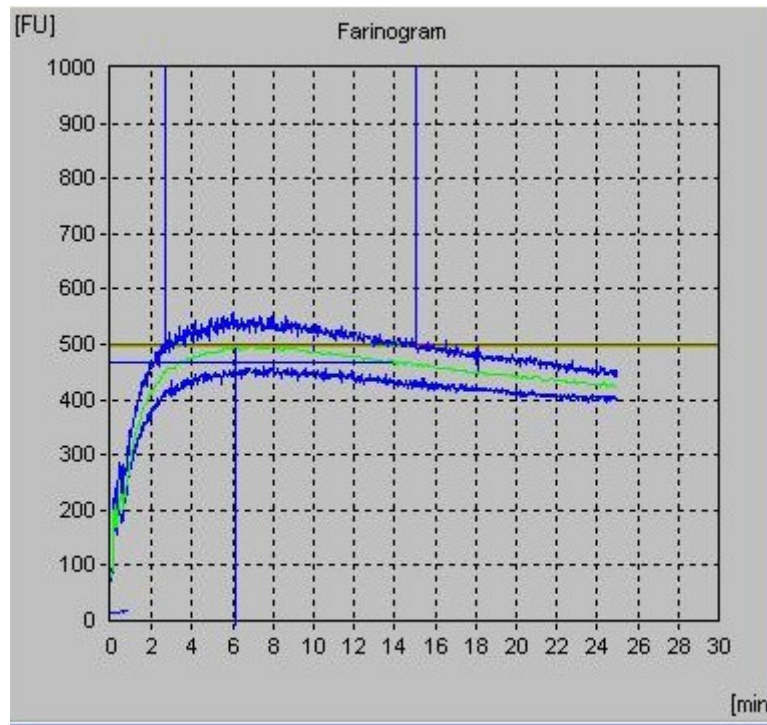


Γράφημα 10 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 4% της Sedamyl (2^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +4% Sedamyl 2^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	486 FU με απορρόφηση νερού 66,5%
Απορρόφηση νερού:	66,2% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	66,2% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	8,8 min
Σταθερότητα:	16,6 min
Βαθμοί εξασθένησης:	7 FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	39 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	174

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +4% Amillina 1^η Μέτρηση

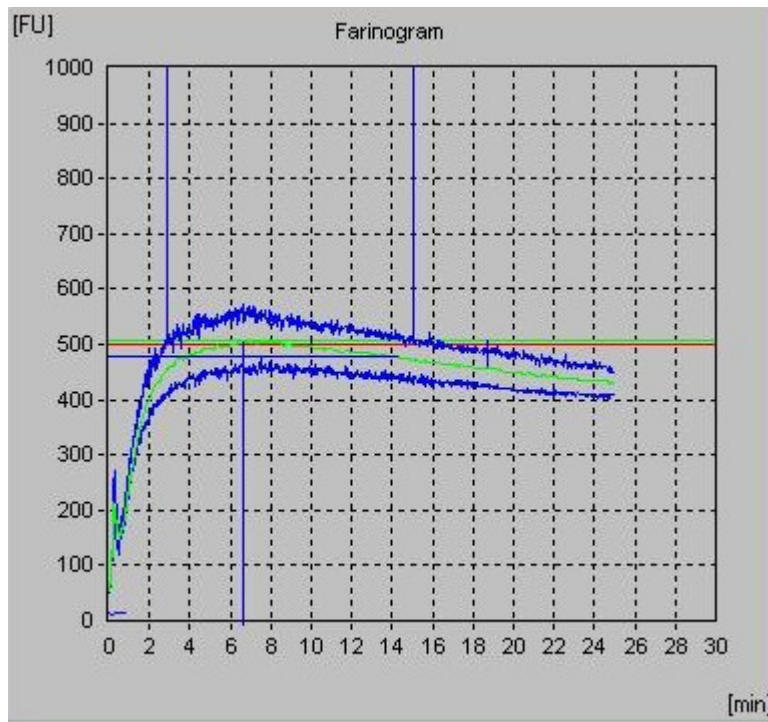


Γράφημα 11 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 4% της Amillina (1^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +4% Amillina 1^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	498 FU με απορρόφηση νερού 65,8%
Απορρόφηση νερού:	65,8% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	65,8% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	6,2 min
Σταθερότητα:	12,4 min
Βαθμοί εξασθένησης:	11 FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	50 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	140

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +4% Amillina 2^η Μέτρηση

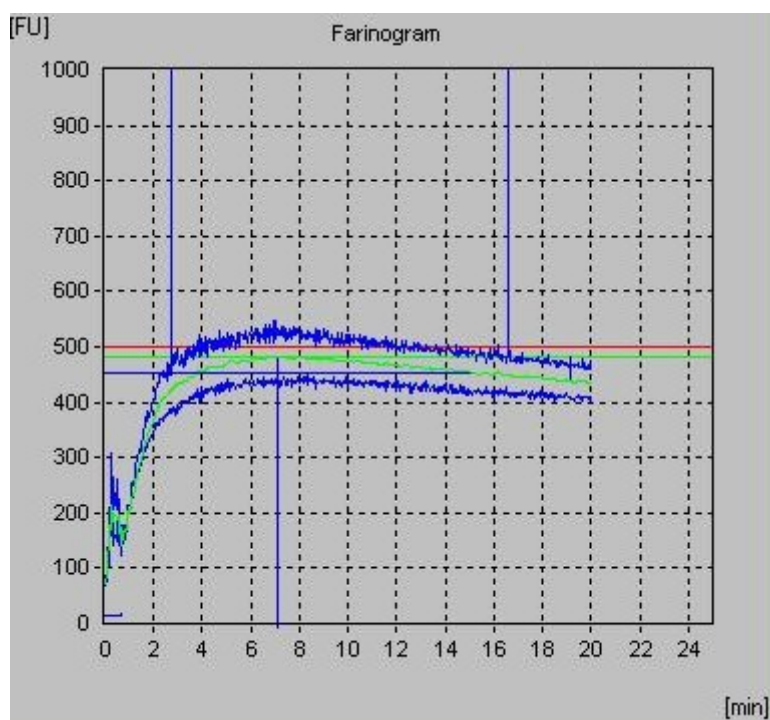


Γράφημα 12 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 4% της Amillina (2^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +4% Amillina 2^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	508 FU με απορρόφηση νερού 65,8%
Απορρόφηση νερού:	66,0% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	66,0% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	6,7 min
Σταθερότητα:	12,2 min
Βαθμοί εξασθένησης:	12 FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	51 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	143

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +4% Kroner 1^η Μέτρηση

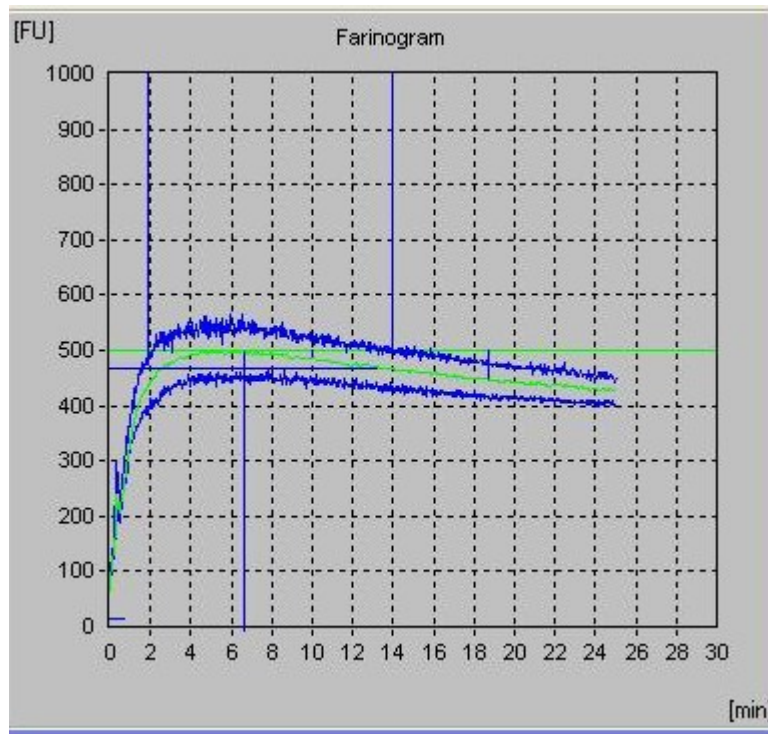


Γράφημα 13 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 4% της Kroner (1^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +4% Kroner 1^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	483 FU με απορρόφηση νερού 65,9%
Απορρόφηση νερού:	65,5% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	65,5% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	7,2 min
Σταθερότητα:	13,9 min
Βαθμοί εξασθένησης:	6 FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	45 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	151

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +4% Kroner 2^η Μέτρηση

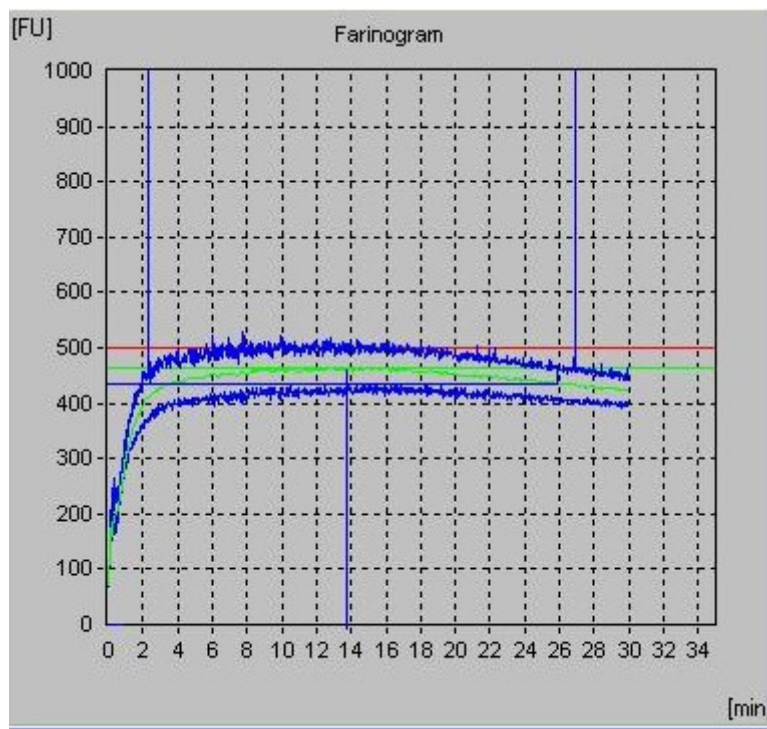


Γράφημα 14 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 24% της Kroner (2^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +4% Kroner 2^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	499 FU με απορρόφηση νερού 65,5%
Απορρόφηση νερού:	65,5% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	65,5% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	6,7 min
Σταθερότητα:	12,1 min
Βαθμοί εξασθένησης:	14 FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	53 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	133

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +6% Sedamyl 1^η Μέτρηση

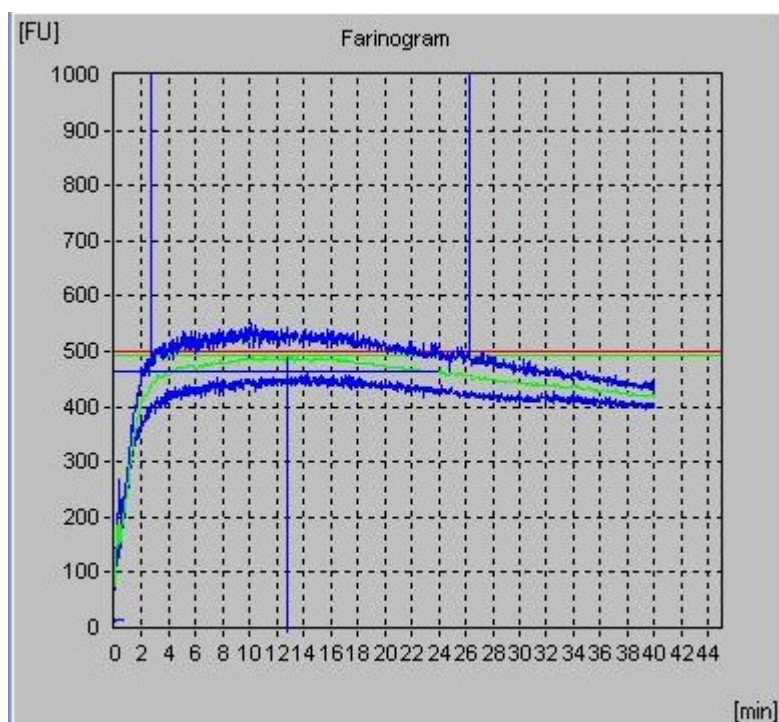


Γράφημα 15 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 6% της Sedamyl (1^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +6% Sedamyl 1^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	465 FU με απορρόφηση νερού 68,5%
Απορρόφηση νερού:	67,6% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	67,6% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	13,8 min
Σταθερότητα:	24,6 min
Βαθμοί εξασθένησης:	3 FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	29 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	260

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +6% Sedamyl 2^η Μέτρηση

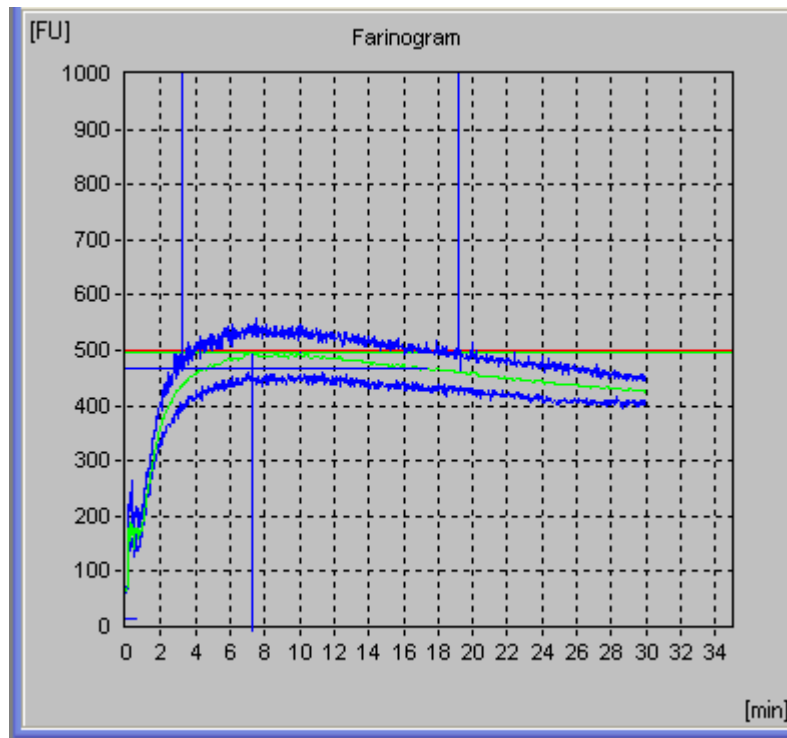


Γράφημα 16 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 6% της Sedamyl (2^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +6% Sedamyl 2^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	492 FU με απορρόφηση νερού 67,6%
Απορρόφηση νερού:	67,4% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	67,4% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	12,9 min
Σταθερότητα:	23,6 min
Βαθμοί εξασθένησης:	6 FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	33 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	240

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +6% Amillina 1^η Μέτρηση

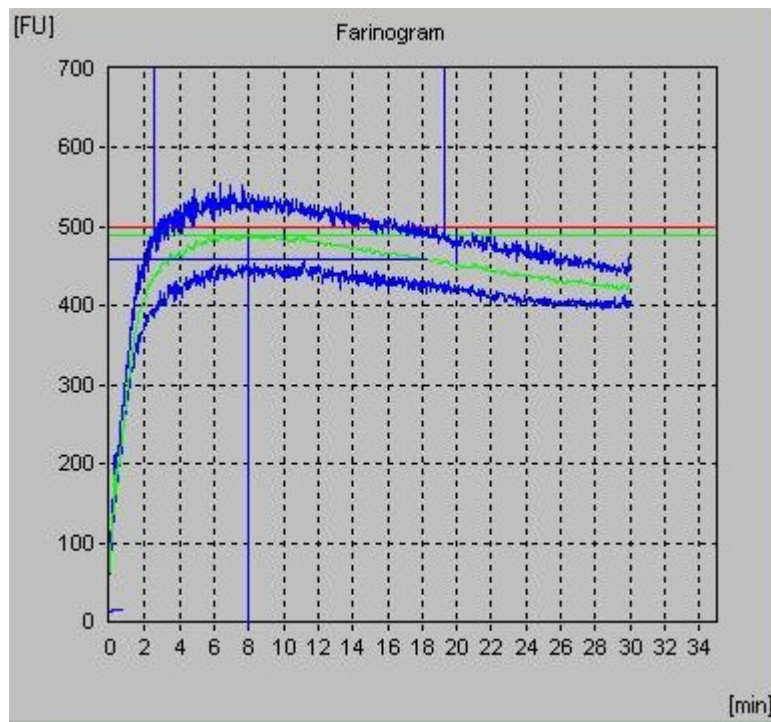


Γράφημα 17 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 6% της Amillina (1^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +6% Amillina 1^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	495 FU με απορρόφηση νερού 67,3%
Απορρόφηση νερού:	67,2% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	67,2% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	7,3 min
Σταθερότητα:	15,9 min
Βαθμοί εξασθένησης:	1 FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	34 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	175

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +6% Amillina 2^η Μέτρηση



Γράφημα 18 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 6% της Amillina (2^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +6% Amillina 2^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου: 14%

Συνοχή: 490 FU με απορρόφηση νερού 67,2%

Απορρόφηση νερού: 66,9% (διορθωμένη για 500FU)

Απορρόφηση νερού: 66,9% (για υγρασία 14%)

Χρόνος ανάπτυξης: 8,0 min

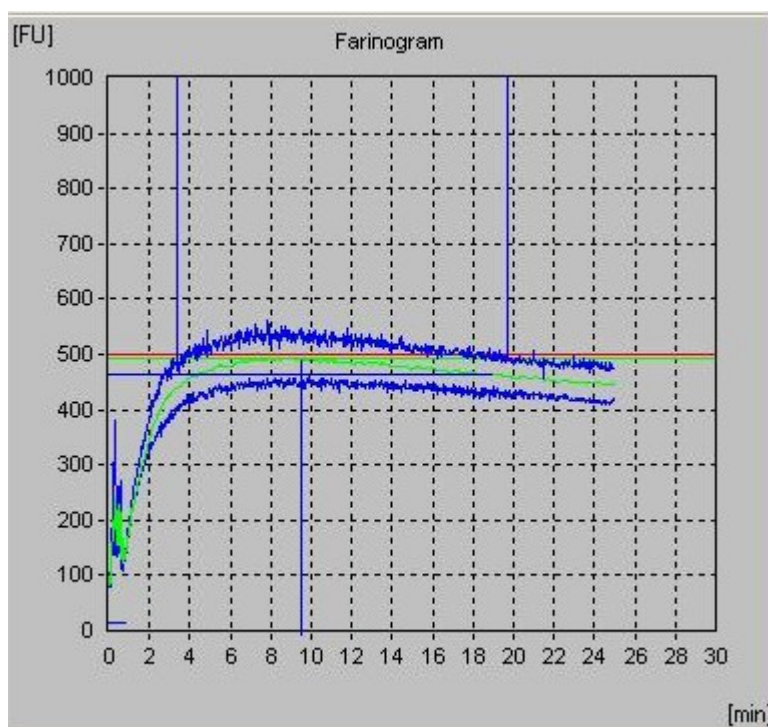
Σταθερότητα: 16,7 min

Βαθμοί εξασθένησης: 7 FU

Βαθμοί εξασθένησης (ICC): 38 FU

Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας: 183

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +6% Kroner 1^η Μέτρηση

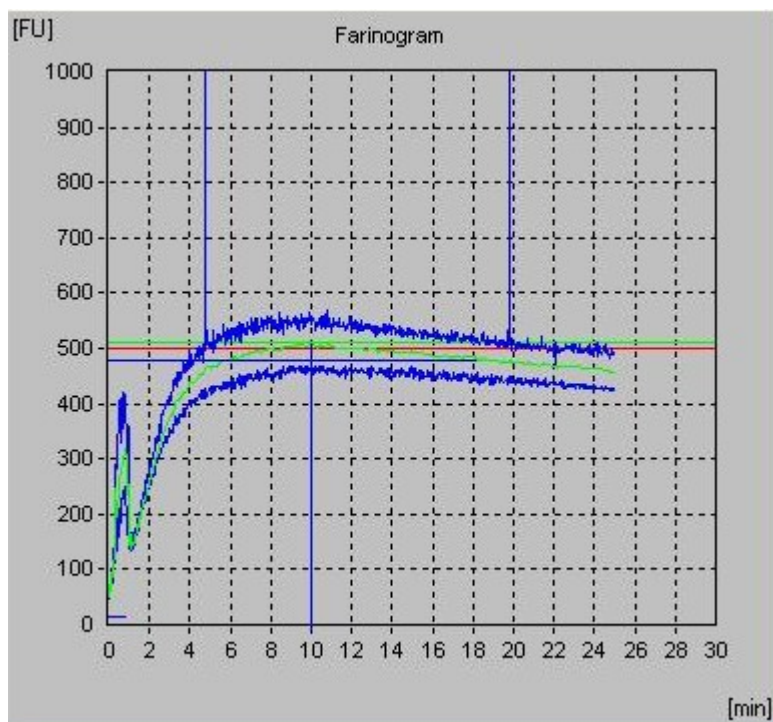


Γράφημα 19 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 6% της Kroner (1^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +6% Kroner 1^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	494FU με απορρόφηση νερού 67,0%
Απορρόφηση νερού:	66,9% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	66,9% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	9,5 min
Σταθερότητα:	16,3 min
Βαθμοί εξασθένησης:	2 FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	40 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	190

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +6% Kroner 2^η Μέτρηση



Γράφημα 20 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 6% της Kroner (2^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +6% Kroner 2^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου: 14%

Συνοχή: 510FU με απορρόφηση νερού 66,9%

Απορρόφηση νερού: 67,2% (διορθωμένη για 500FU)

Απορρόφηση νερού: 67,2% (για υγρασία 14%)

Χρόνος ανάπτυξης: 10,0 min

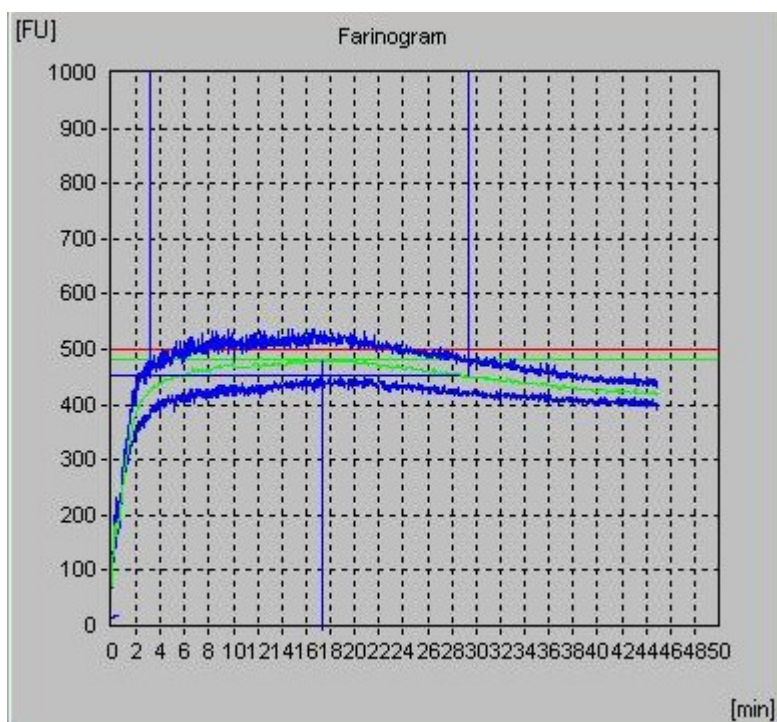
Σταθερότητα: 15,1 min

Βαθμοί εξασθένησης: 0 FU

Βαθμοί εξασθένησης (ICC): 42 FU

Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας: 182

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +8% Sedamyl 1^η Μέτρηση



Γράφημα 21: Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 8% της Sedamyl (1^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +8% Sedamyl 1^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου: 14%

Συνοχή: 482FU με απορρόφηση νερού 69,6%

Απορρόφηση νερού: 69,1% (διορθωμένη για 500FU)

Απορρόφηση νερού: 69,1% (για υγρασία 14%)

Χρόνος ανάπτυξης: 17,3 min

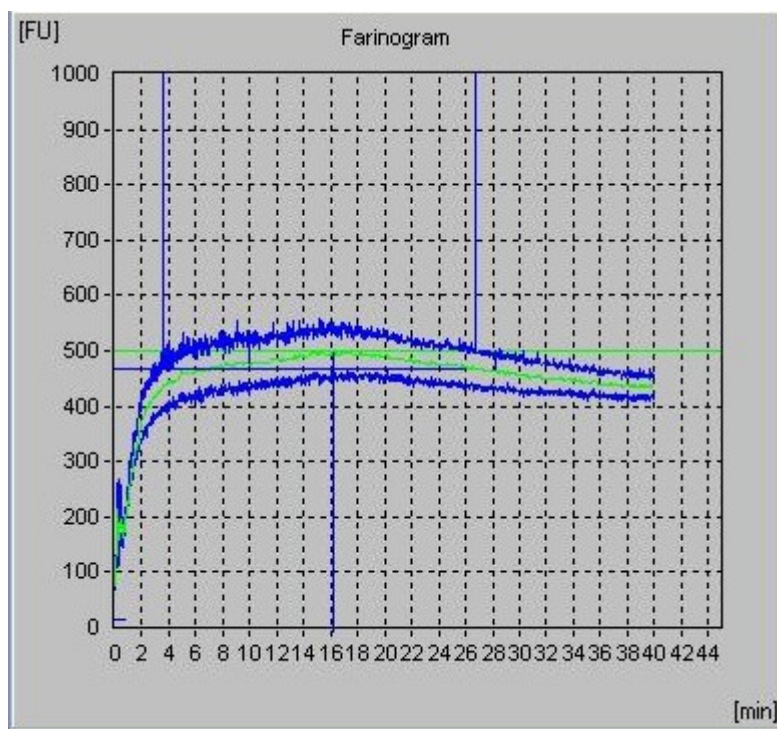
Σταθερότητα: 26,3 min

Βαθμοί εξασθένησης: 9 FU

Βαθμοί εξασθένησης (ICC): 31 FU

Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας: 288

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +8% Sedamyl 2^η Μέτρηση



Γράφημα 22 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 8% της Sedamyl (2^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +8% Sedamyl 2^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου: 14%

Συνοχή: 499FU με απορρόφηση νερού 69,1%

Απορρόφηση νερού: 69,1% (διορθωμένη για 500FU)

Απορρόφηση νερού: 69,1% (για υγρασία 14%)

Χρόνος ανάπτυξης: 16,2 min

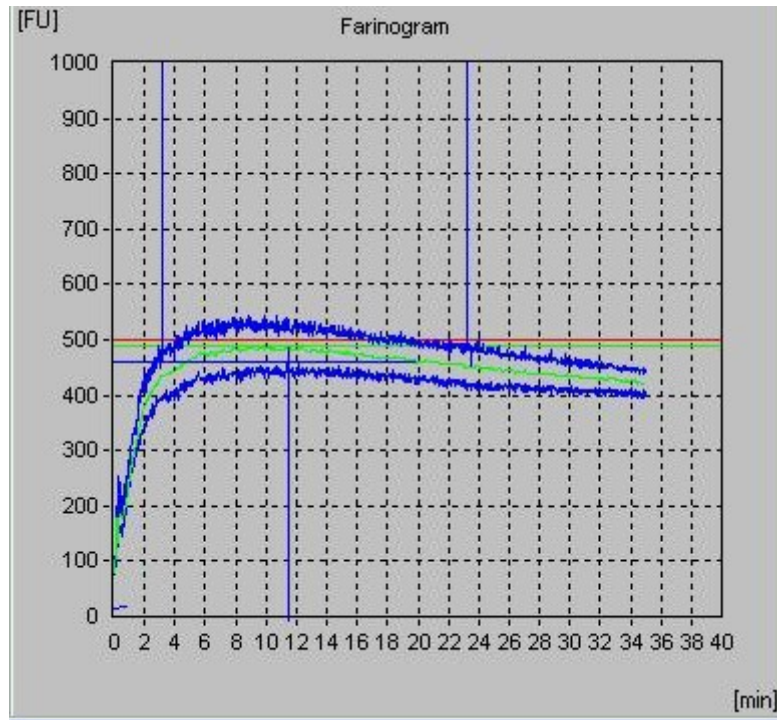
Σταθερότητα: 23,1 min

Βαθμοί εξασθένησης: 24 FU

Βαθμοί εξασθένησης (ICC): 37 FU

Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας: 261

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +8% Amillina 1^η Μέτρηση

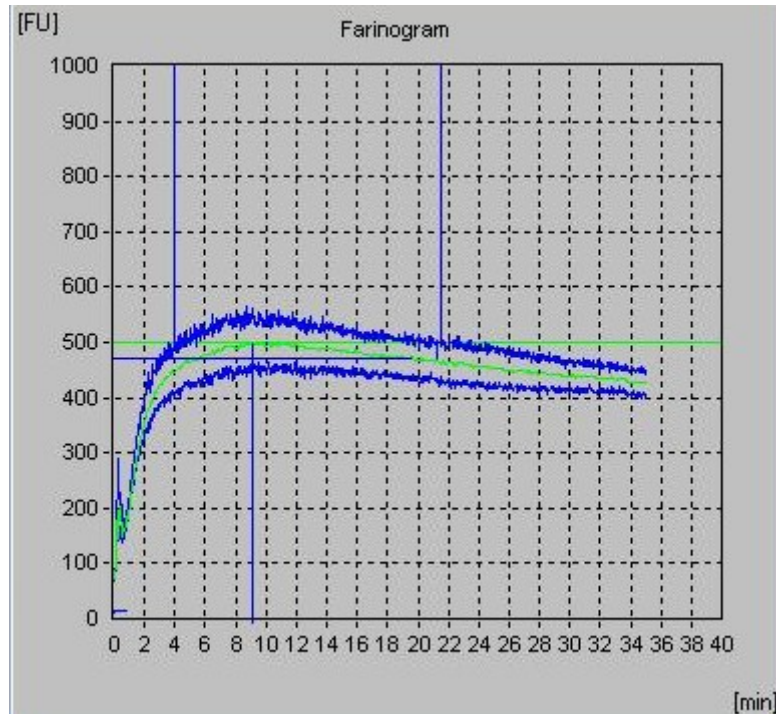


Γράφημα 23 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 8% της Amillina (1^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +8% Amillina 1^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	489FU με απορρόφηση νερού 68,4%
Απορρόφηση νερού:	68,1% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	68,1% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	11,5 min
Σταθερότητα:	20,0 min
Βαθμοί εξασθένησης:	5FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	38 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	199

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +8% Amillina 2^η Μέτρηση

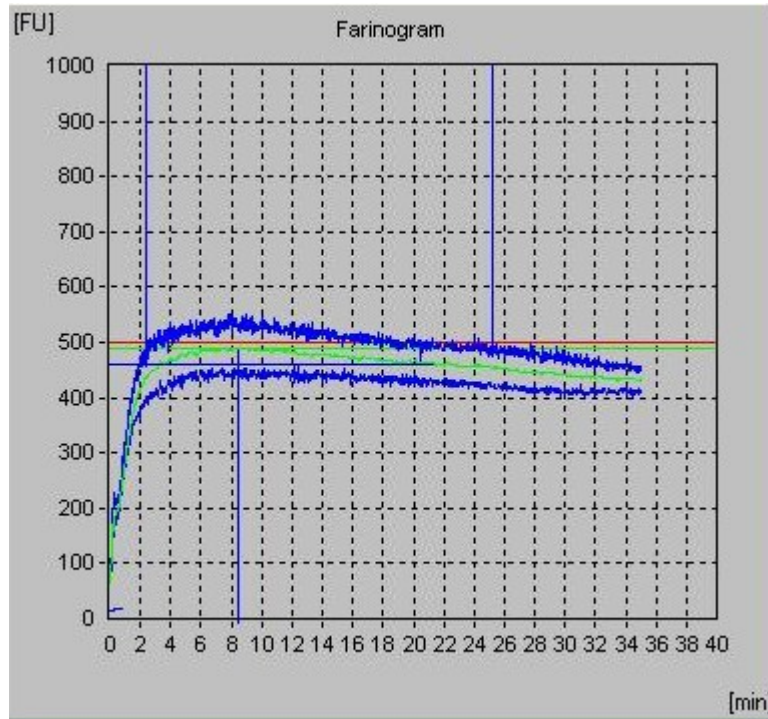


Γράφημα 24 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 8% της Amillina (2^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +8% Amillina 2^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	501FU με απορρόφηση νερού 68,1%
Απορρόφηση νερού:	68,1% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	68,1% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	9,2 min
Σταθερότητα:	17,6 min
Βαθμοί εξασθένησης:	8FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	35 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	197

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +8% Kroner 1^η Μέτρηση

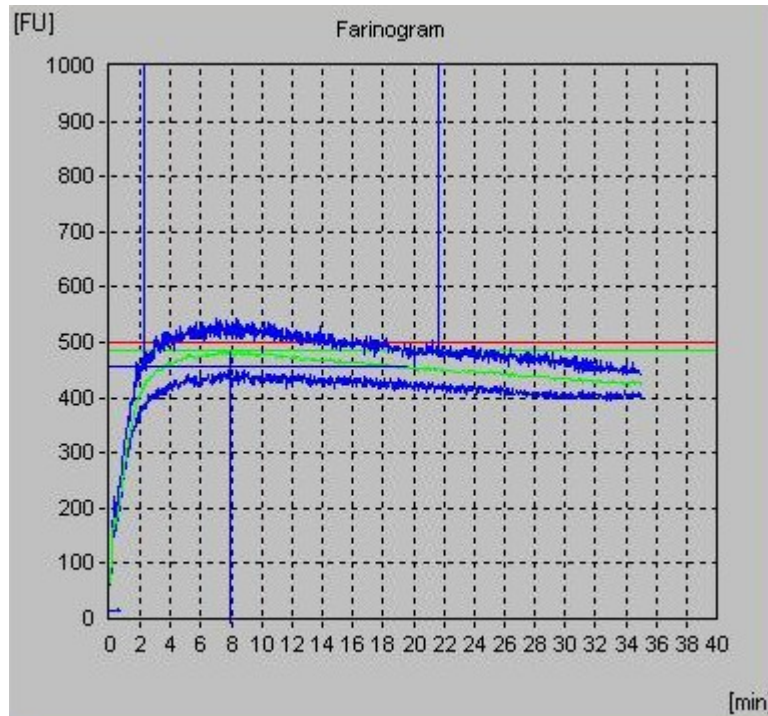


Γράφημα 25 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 8% της Kroner (1^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +8% Kroner 1^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	490FU με απορρόφηση νερού 69,0%
Απορρόφηση νερού:	68,8% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	68,8% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	8,5 min
Σταθερότητα:	22,9 min
Βαθμοί εξασθένησης:	4FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	26 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	210

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +8% Kroner 2^η Μέτρηση

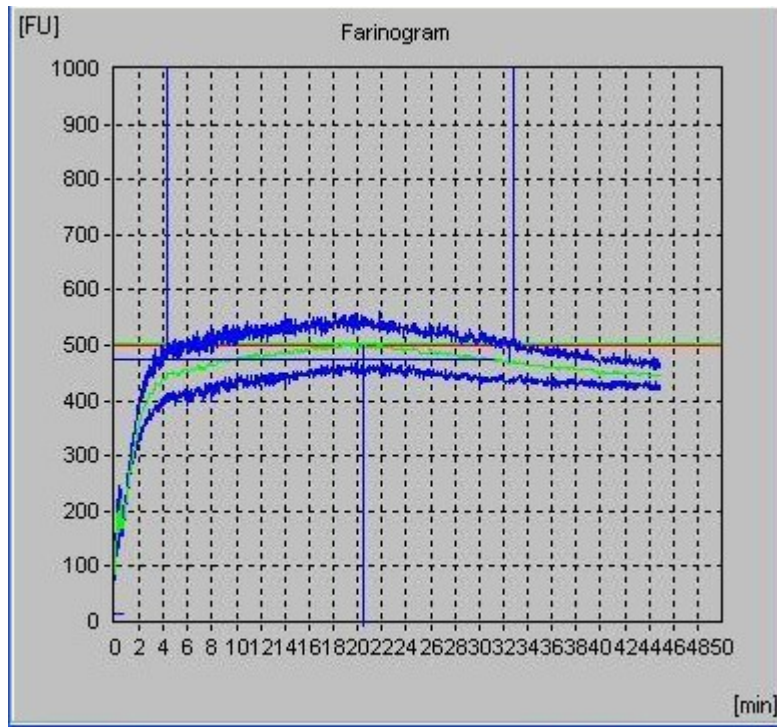


Γράφημα 26 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 8% της Kroner (2^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +8% Kroner 2^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	484FU με απορρόφηση νερού 69,8%
Απορρόφηση νερού:	68,4% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	68,4% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	8,0 min
Σταθερότητα:	19,3 min
Βαθμοί εξασθένησης:	6FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	32 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	196

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +10% Sedamyl 1^η Μέτρηση

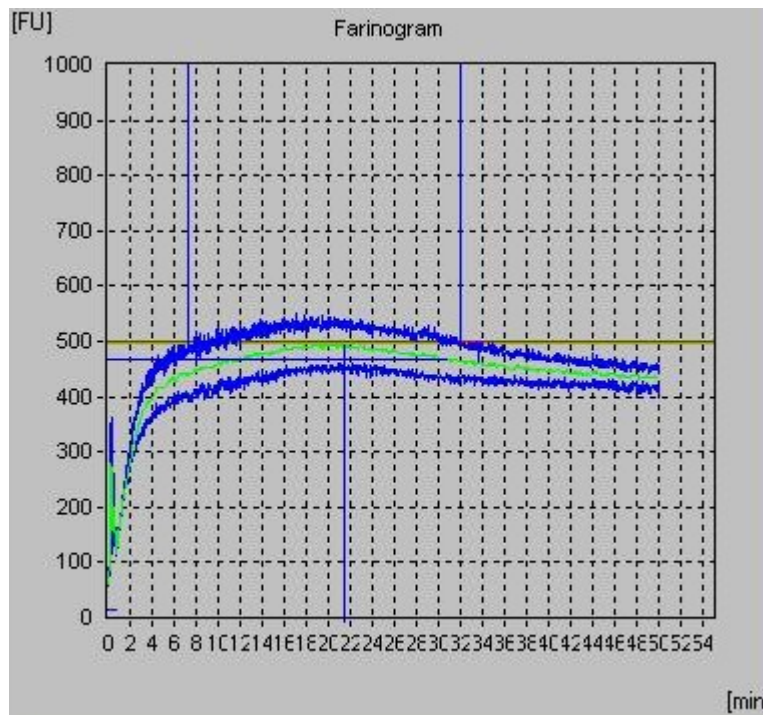


Γράφημα 27 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 10% της Sedamyl (1^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +10% Sedamyl 1^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	503FU με απορρόφηση νερού 70,6%
Απορρόφηση νερού:	70,7% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	70,7% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	20,5 min
Σταθερότητα:	28,6 min
Βαθμοί εξασθένησης:	4FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	35 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	314

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +10% Sedamyl 2^η Μέτρηση



Γράφημα 28 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 10% της Sedamyl (2^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +10% Sedamyl 2^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου: 14%

Συνοχή: 496FU με απορρόφηση νερού 70,9%

Απορρόφηση νερού: 70,8% (διορθωμένη για 500FU)

Απορρόφηση νερού: 70,8% (για υγρασία 14%)

Χρόνος ανάπτυξης: 21,5 min

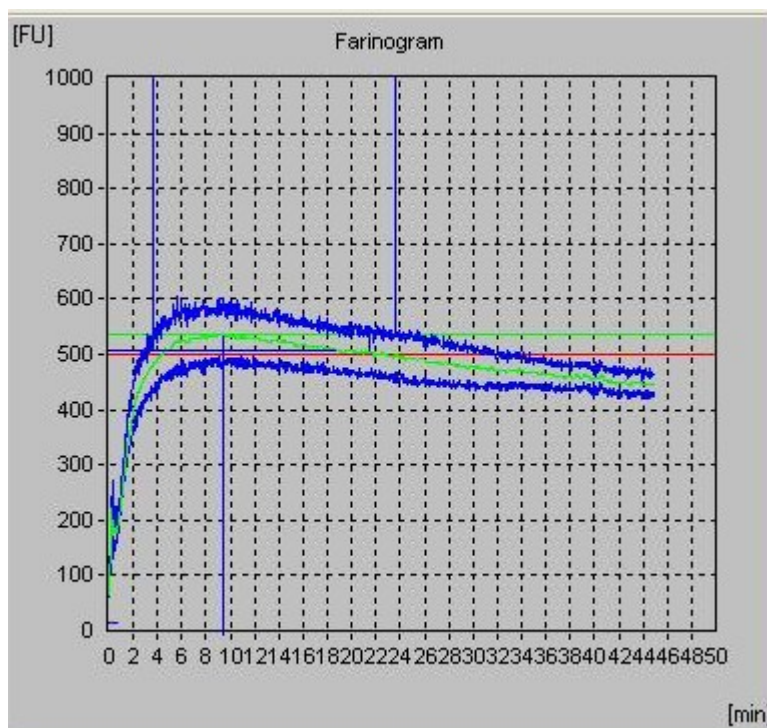
Σταθερότητα: 24,8 min

Βαθμοί εξασθένησης: 4FU

Βαθμοί εξασθένησης (ICC): 35 FU

Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας: 309

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +10% Amillina 1^η Μέτρηση



Γράφημα 29 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 10% της Amillina (1^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +10% Amillina 1^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου: 14%

Συνοχή: 538FU με απορρόφηση νερού 69,6%

Απορρόφηση νερού: 70,5% (διορθωμένη για 500FU)

Απορρόφηση νερού: 70,5% (για υγρασία 14%)

Χρόνος ανάπτυξης: 9,5 min

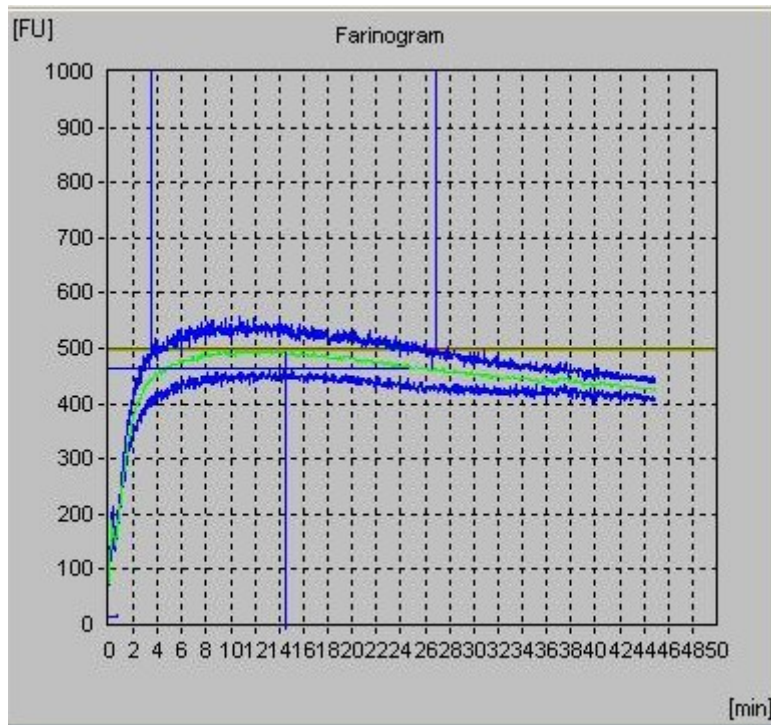
Σταθερότητα: 20,0 min

Βαθμοί εξασθένησης: 2FU

Βαθμοί εξασθένησης (ICC): 35 FU

Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας: 188

Αξιολόγηση του: Αλεύρι 10% Amillina 2^η Μέτρηση

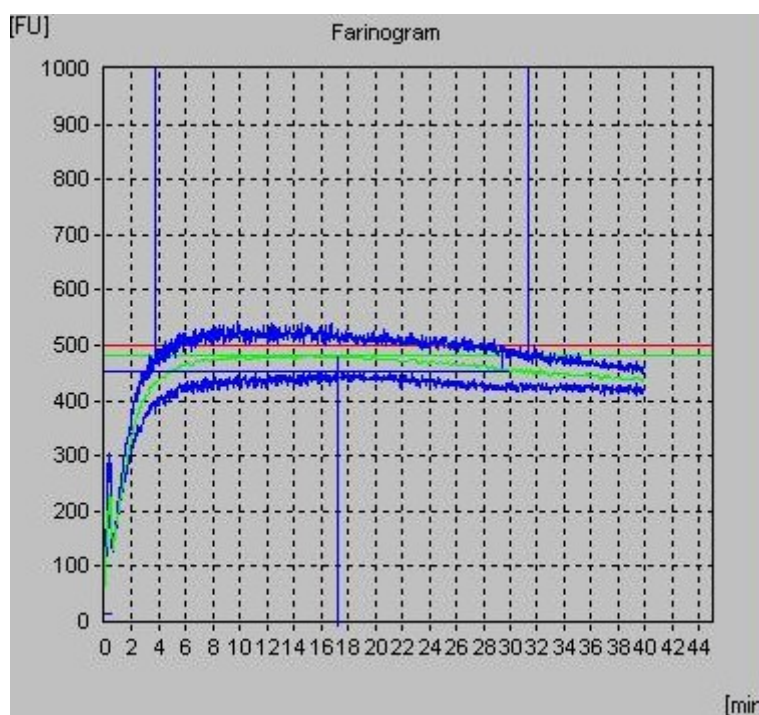


Γράφημα 30 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 10% της Amillina (2^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι 10% Amillina 2^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	495FU με απορρόφηση νερού 70,5%
Απορρόφηση νερού:	70,4% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	70,4% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	14,5 min
Σταθερότητα:	23,5 min
Βαθμοί εξασθένησης:	5FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	34 FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	248

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +10% Kroner 1^η Μέτρηση

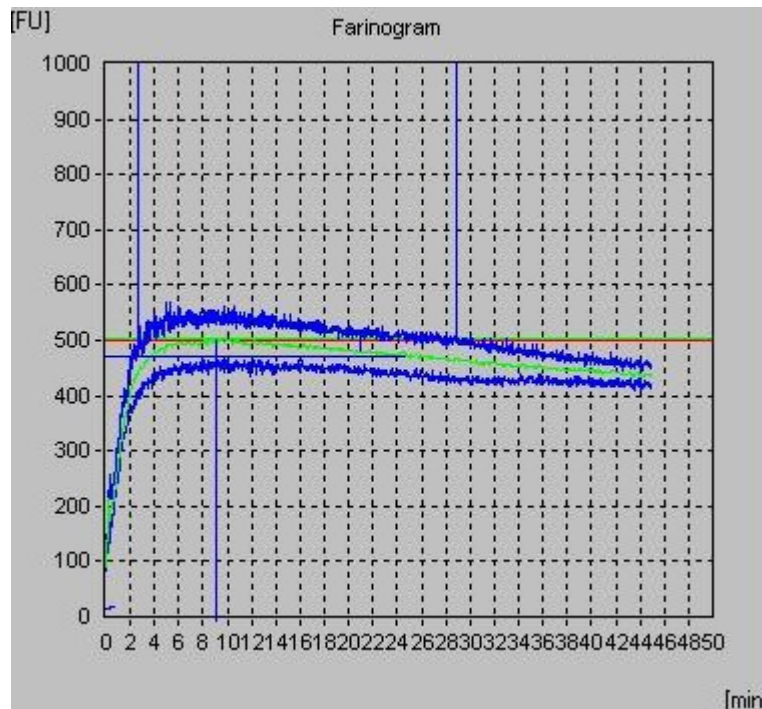


Γράφημα 31 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 10% της Kroner (1^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +10% Kroner 1^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	483FU με απορρόφηση νερού 69%
Απορρόφηση νερού:	68,6% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	68,6% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	19,3 min
Σταθερότητα:	27,6 min
Βαθμοί εξασθένησης:	2FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	26FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	299

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +10% Kroner 2^η Μέτρηση



Γράφημα 32 : Φαρινογράφημα του αλεύρου με ποσοστό προσθήκης 2% της Kroner (2^η μέτρηση)

Αξιολόγηση του: Αλεύρι +10% Kroner 2^η Μέτρηση

Υγρασία Αλεύρου:	14%
Συνοχή:	502FU με απορρόφηση νερού 69,5%
Απορρόφηση νερού:	69,6% (διορθωμένη για 500FU)
Απορρόφηση νερού:	69,6% (για υγρασία 14%)
Χρόνος ανάπτυξης:	9,0 min
Σταθερότητα:	26,3 min
Βαθμοί εξασθένησης:	2FU
Βαθμοί εξασθένησης (ICC):	22FU
Φαρινογραφικός αριθμός ποιότητας:	248

8.2 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

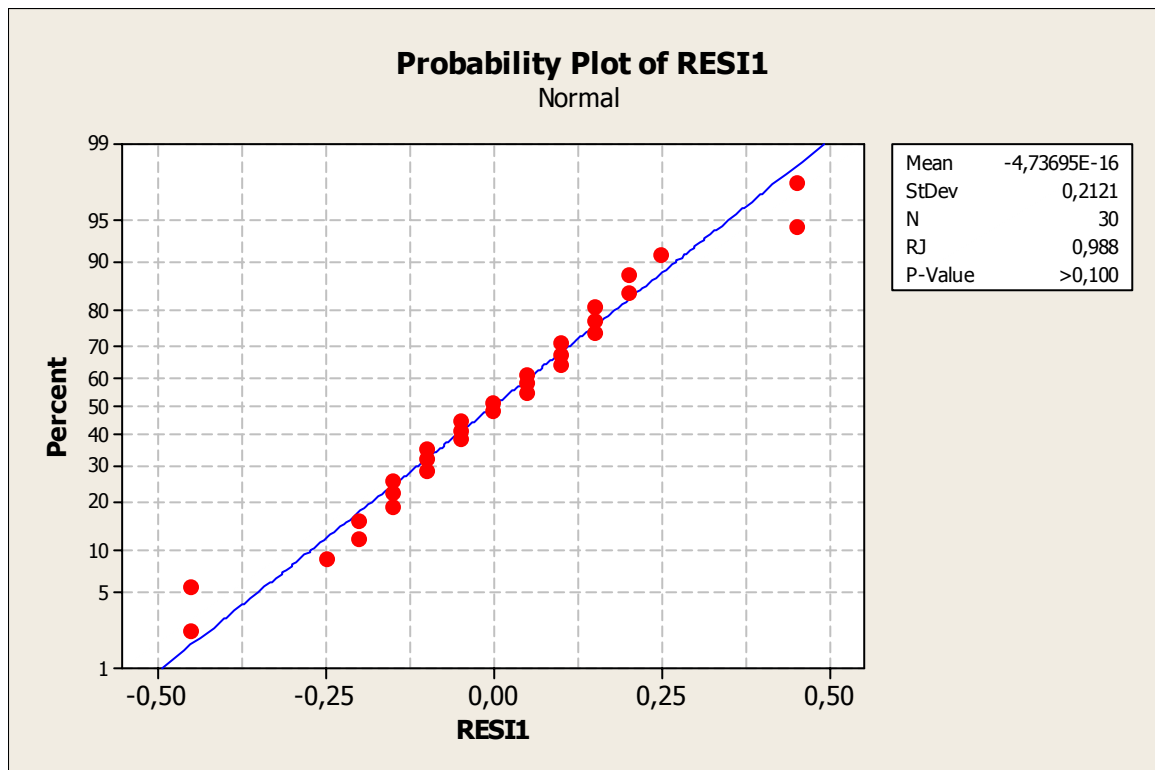
Στο παράρτημα Β απεικονίζονται τα αποτελέσματα του στατιστικού ελέγχου.

Απορρόφηση

➤ Γράφημα 33 Έλεγχος κανονικότητας

Η₀: Το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή

Η_α: Το δείγμα δεν ακολουθεί κανονική κατανομή

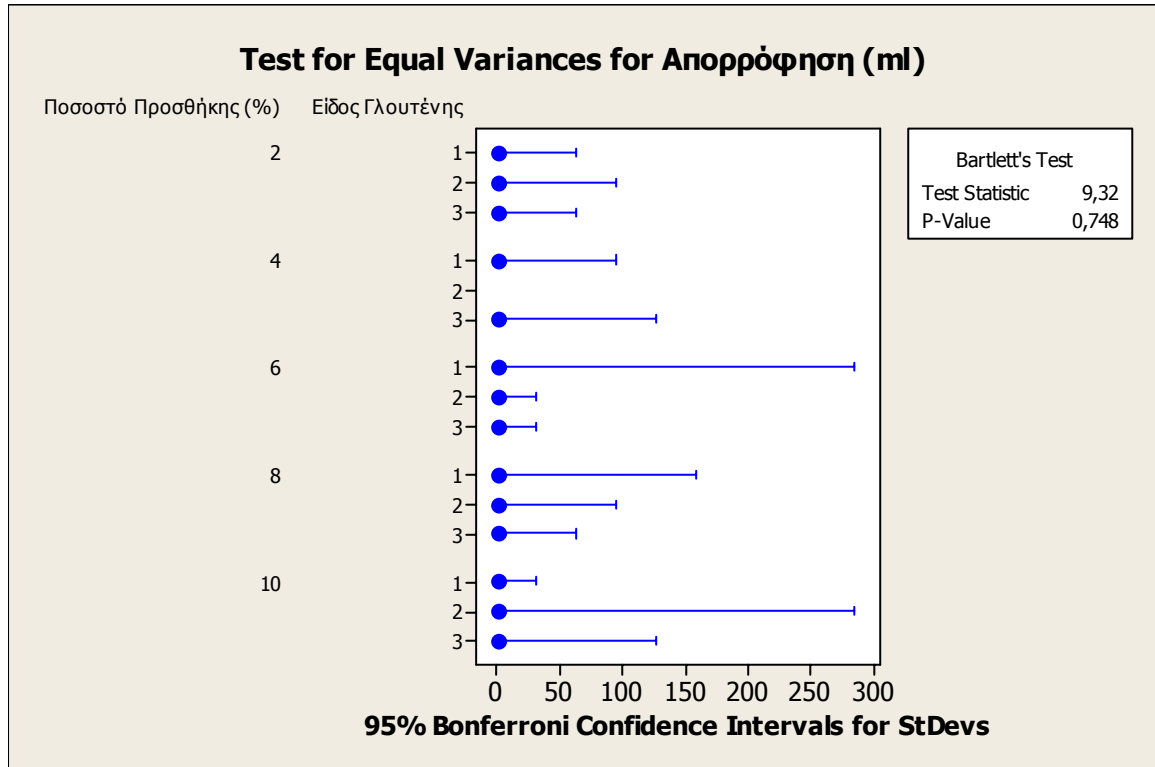


Παρατηρώ ότι $P > 0,05$ άρα ισχύει η μηδενική υπόθεση Η₀, δηλαδή το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή.

➤ Γράφημα 34 Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων

Ho: Το δείγμα ακολουθεί ομοιογένεια των διακυμάνσεων

Ha: Το δείγμα δεν ακολουθεί ομοιογένεια των διακυμάνσεων



Παρατηρώ ότι $P > 0,05$ άρα ισχύει η μηδενική υπόθεση Ho, δηλαδή το δείγμα ακολουθεί ομοιογένεια των διακυμάνσεων.

➤ **Ανάλυση της διακύμανσης δύο παραγόντων**

Source	DF	SS	MS	F	P
Ποσοστό Προσθήκης (%)	4	116,825	29,2062	335,70	0,000
Είδος Γλουτινής	2	3,505	1,7523	20,14	0,000
Interaction	8	1,095	0,1369	1,57	0,214
Error	15	1,305	0,0870		
Total	29	122,730			

S = 0,2950 R-Sq = 98,94% R-Sq(adj) = 97,94%

Ποσοστό Προσθήκης (%)	Mean	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
2	64,5500	(*-)
4	66,0500	(-*)
6	67,4167	(*-)
8	68,8333	(*-)
10	70,1333	(*-)

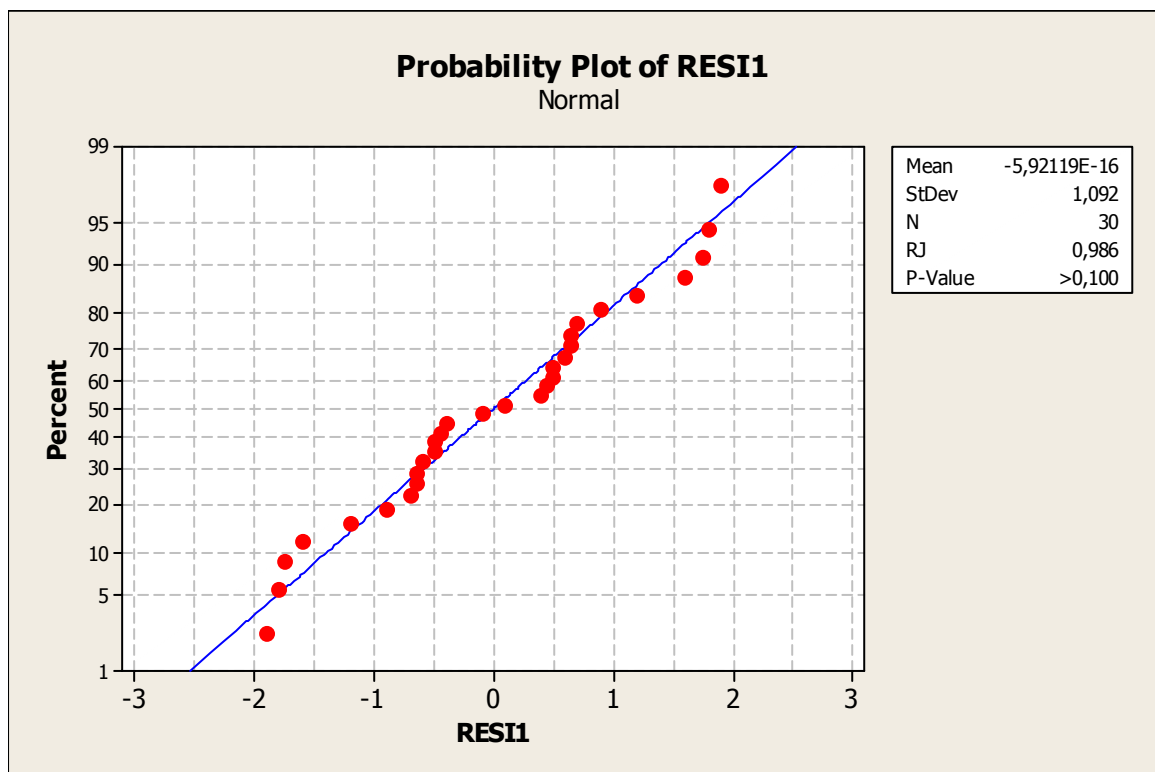
Είδος	Mean	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1	67,88	(-----*-----)
2	67,16	(-----*-----)
3	67,15	(-----*-----)

Σταθερότητα

➤ Γράφημα 35 Έλεγχος κανονικότητας

Ho: Το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή

Ha: Το δείγμα δεν ακολουθεί κανονική κατανομή

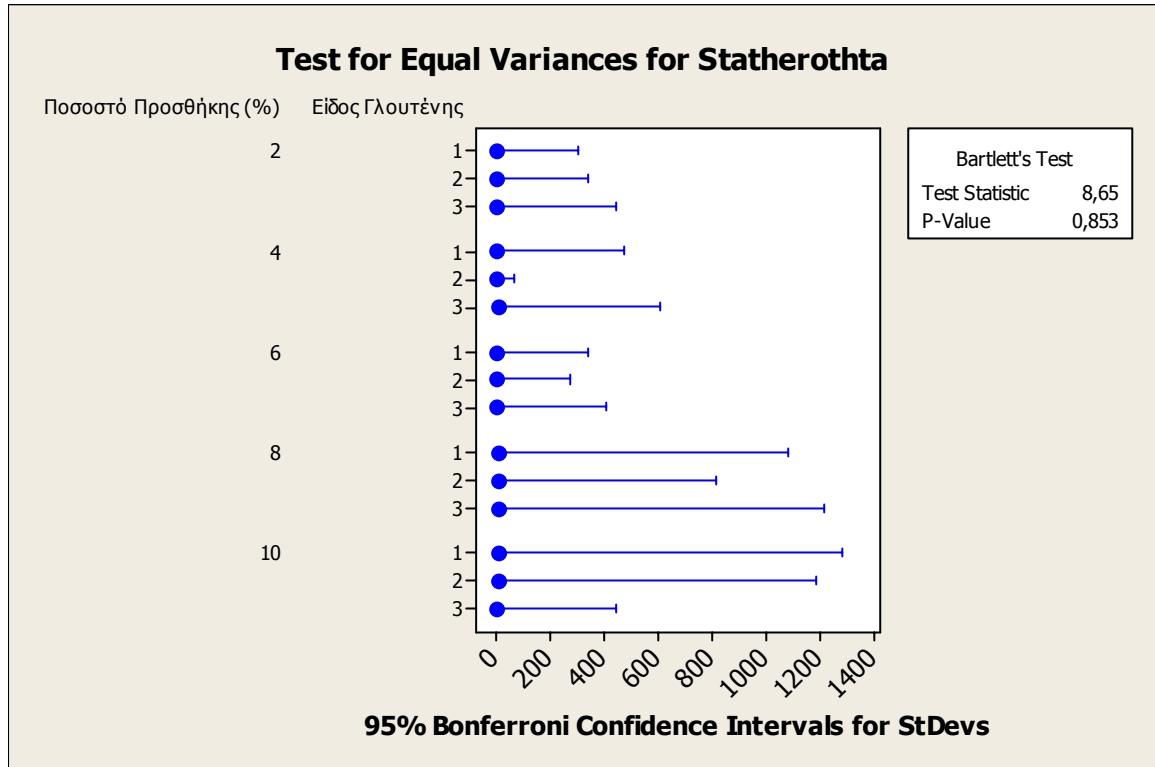


Παρατηρώ ότι $P > 0,05$ άρα ισχύει η μηδενική υπόθεση Ho, δηλαδή το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή.

➤ Γράφημα 36 Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων

Ho: Το δείγμα ακολουθεί ομοιογένεια των διακυμάνσεων

Ha: Το δείγμα δεν ακολουθεί ομοιογένεια των διακυμάνσεων

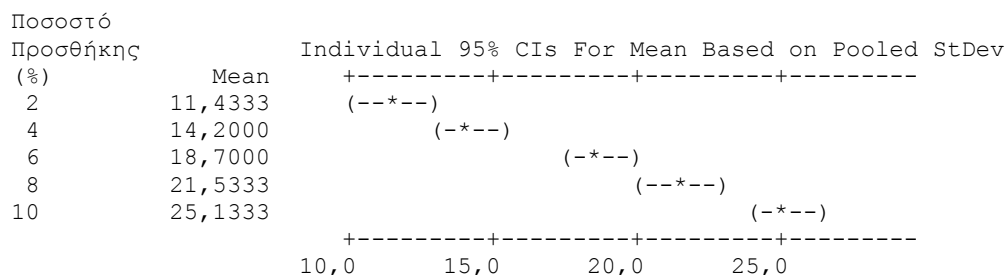


Παρατηρώ ότι $P > 0,05$ άρα ισχύει η μηδενική υπόθεση Ho, δηλαδή το δείγμα ακολουθεί ομοιογένεια των διακυμάνσεων

➤ **Ανάλυση της διακύμανσης δύο παραγόντων**

Source	DF	SS	MS	F	P
Ποσοστό Προσθήκης (%)	4	727,320	181,830	78,87	0,000
Είδος Γλουτένης	2	128,054	64,027	27,77	0,000
Interaction	8	60,226	7,528	3,27	0,023
Error	15	34,580	2,305		
Total	29	950,180			

S = 1,518 R-Sq = 96,36% R-Sq(adj) = 92,96%



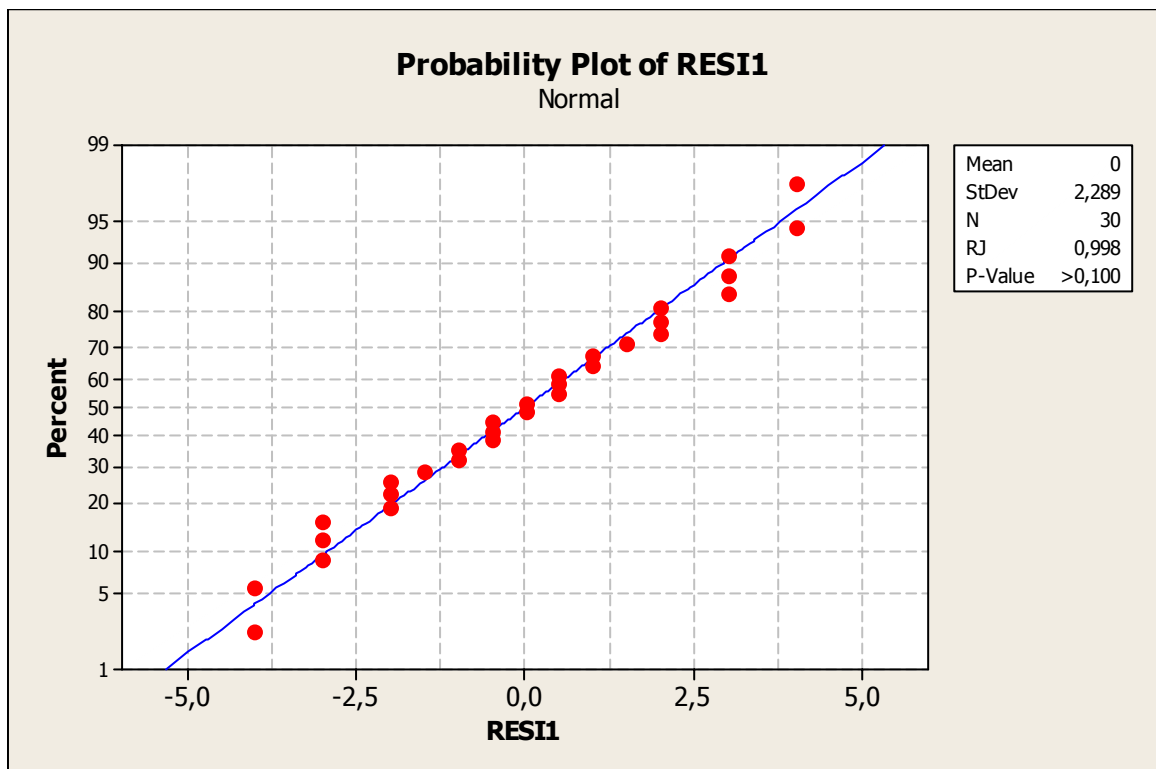
		Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev	
Είδος	Mean	-----+-----+-----+-----+-----	
Γλουτένης	20,97		
1	20,97	(-----*-----)	
2	16,01	(-----*-----)	
3	17,62	(-----*-----)	
		-----+-----+-----+-----+-----	
		16,0	18,0
		20,0	22,0

Σταθερότητα

➤ Γράφημα 37 Έλεγχος κανονικότητας

Ho: Το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή

Ha: Το δείγμα δεν ακολουθεί κανονική κατανομή

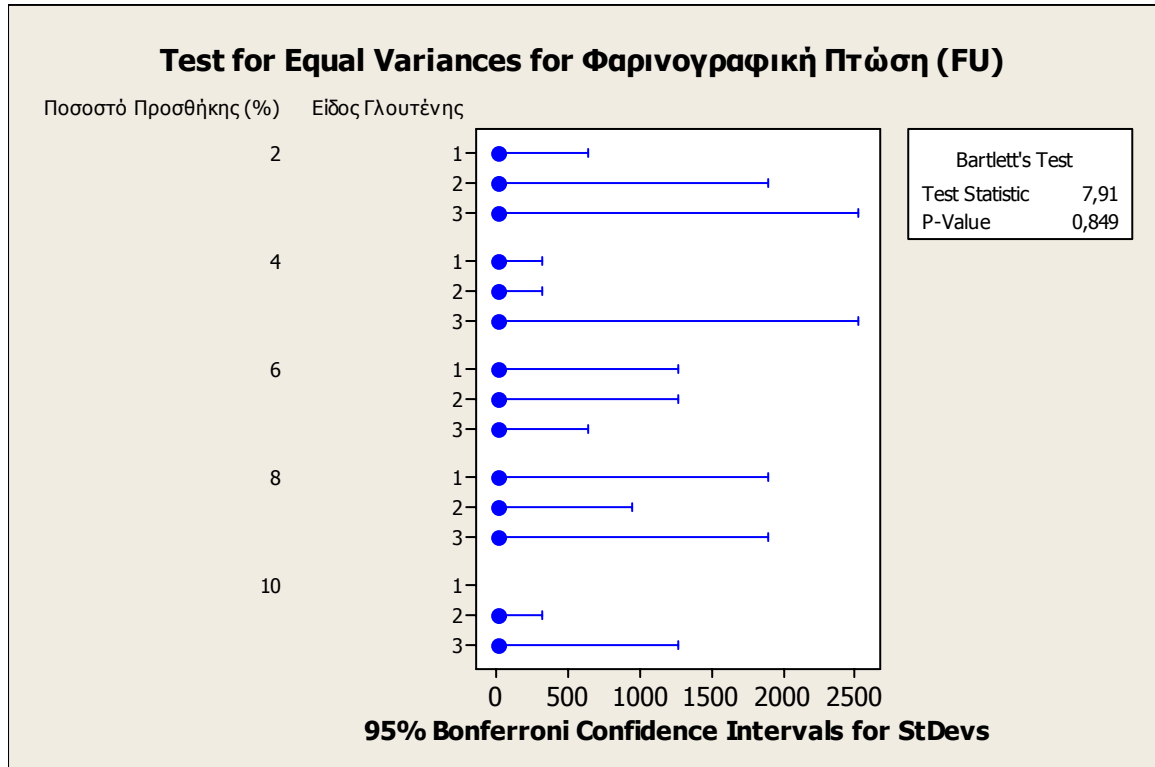


Παρατηρώ ότι $P > 0,05$ άρα ισχύει η μηδενική υπόθεση Ho, δηλαδή το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή

➤ Γράφημα 38 Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων

Ho: Το δείγμα ακολουθεί ομοιογένεια των διακυμάνσεων

Ha: Το δείγμα δεν ακολουθεί ομοιογένεια των διακυμάνσεων

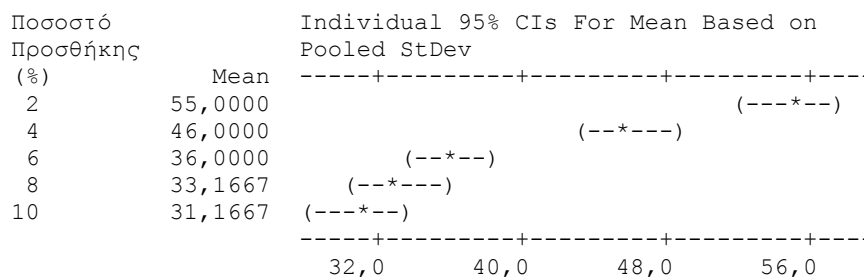


Παρατηρώ ότι $P > 0,05$ άρα ισχύει η μηδενική υπόθεση Ho, δηλαδή το δείγμα ακολουθεί ομοιογένεια των διακυμάνσεων

➤ **Ανάλυση της διακύμανσης δύο παραγόντων**

Source	DF	SS	MS	F	P
Ποσοστό Προσθήκης (%)	4	2408,20	602,050	59,41	0,000
Είδος Γλουτένης	2	106,87	53,433	5,27	0,018
Interaction	8	404,80	50,600	4,99	0,004
Error	15	152,00	10,133		
Total	29	3071,87			

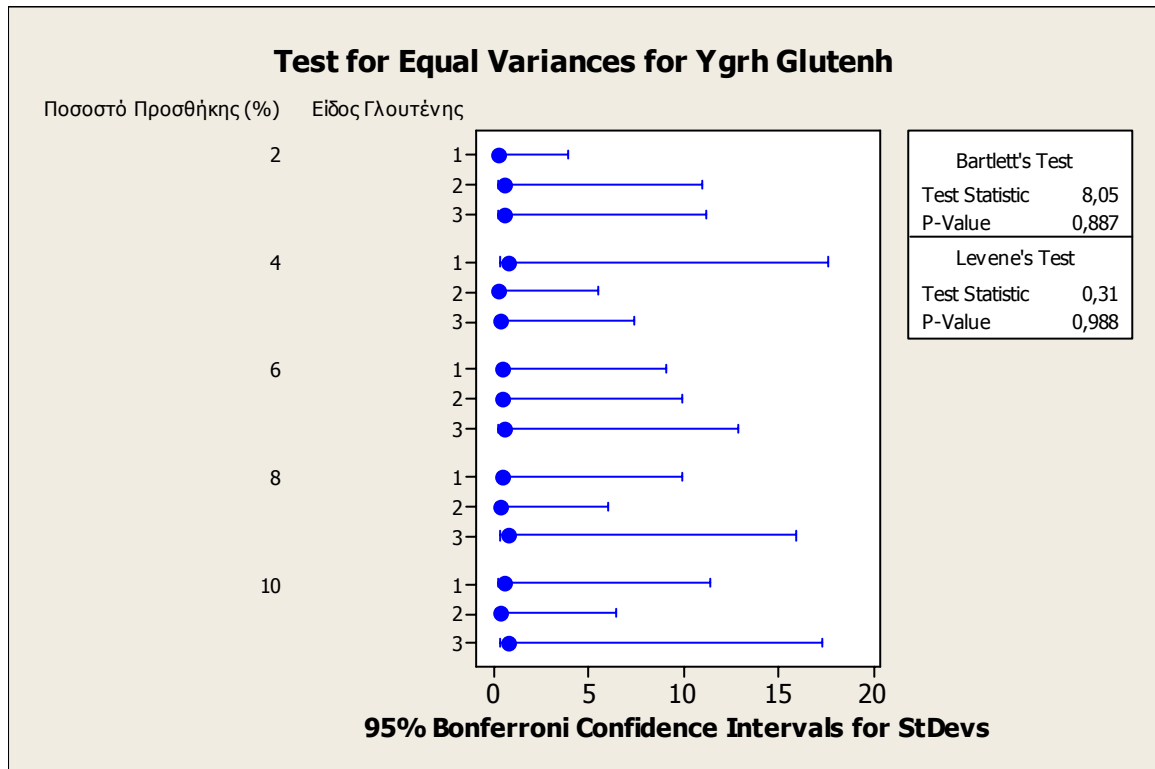
S = 3,183 R-Sq = 95,05% R-Sq(adj) = 90,43%



➤ Γράφημα 40 Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων

Ho: Το δείγμα ακολουθεί ομοιογένεια των διακυμάνσεων

Ha: Το δείγμα δεν ακολουθεί ομοιογένεια των διακυμάνσεων



Παρατηρώ ότι $P > 0,05$ άρα ισχύει η μηδενική υπόθεση Ho, δηλαδή το δείγμα ακολουθεί ομοιογένεια των διακυμάνσεων

➤ **Ανάλυση της διακύμανσης δύο παραγόντων**

Source	DF	SS	MS	F	P
Ποσοστό Προσθήκης (%)	4	922,842	230,711	1119,75	0,000
Είδος Γλουτένης	2	3,129	1,564	7,59	0,002
Interaction	8	1,094	0,137	0,66	0,719
Error	30	6,181	0,206		
Total	44	933,246			

S = 0,4539 R-Sq = 99,34% R-Sq(adj) = 99,03%

Ποσοστό Προσθήκης (%)	Mean	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
2	42,6711	(*)
4	45,7056	(*)
6	48,9811	(*)
8	52,2533	(*)
10	55,4067	(*)

-----+-----+-----+-----+
45,5 49,0 52,5 56,0

Είδος	Mean	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
Γλουτένης		
1	49,3760	(-----*-----)
2	48,8013	(-----*-----)
3	48,8333	(-----*-----)

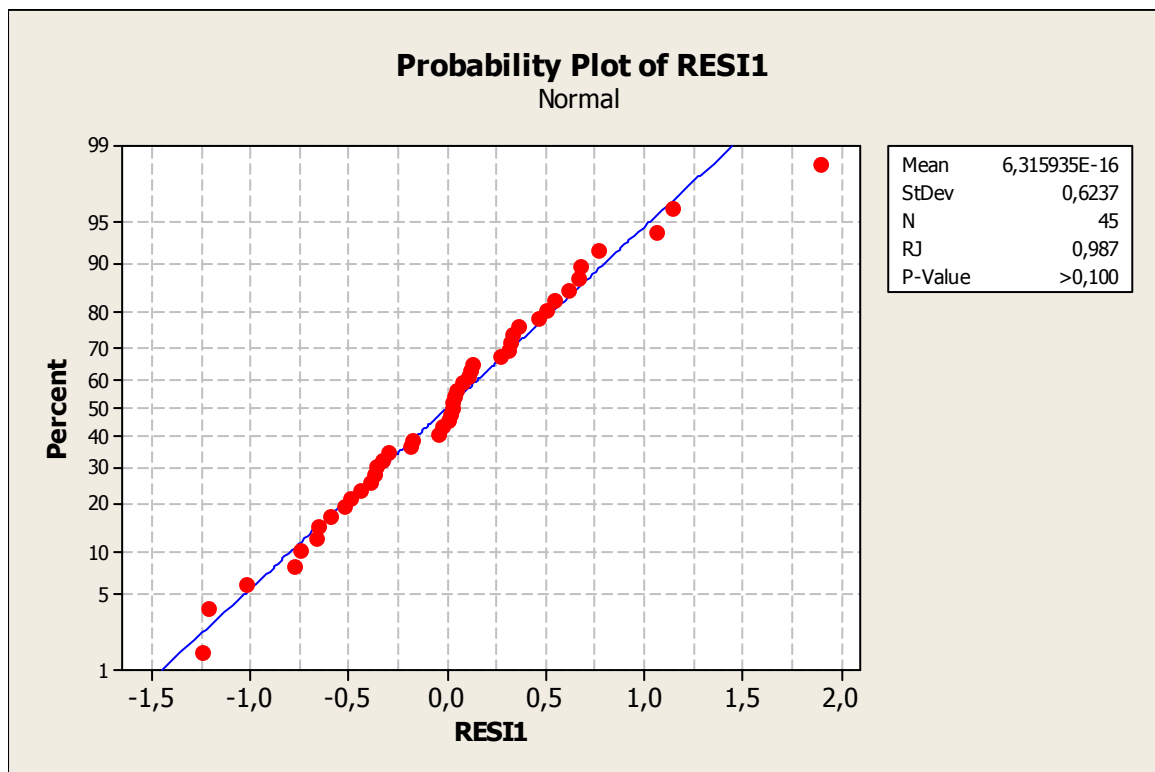
-----+-----+-----+-----+-----
48,60 48,90 49,20 49,50

Δείκτης Ποιότητας Γλουτένης (Gluten Index)

➤ Γράφημα 41 Έλεγχος κανονικότητας

Ho: Το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή

Ha: Το δείγμα δεν ακολουθεί κανονική κατανομή

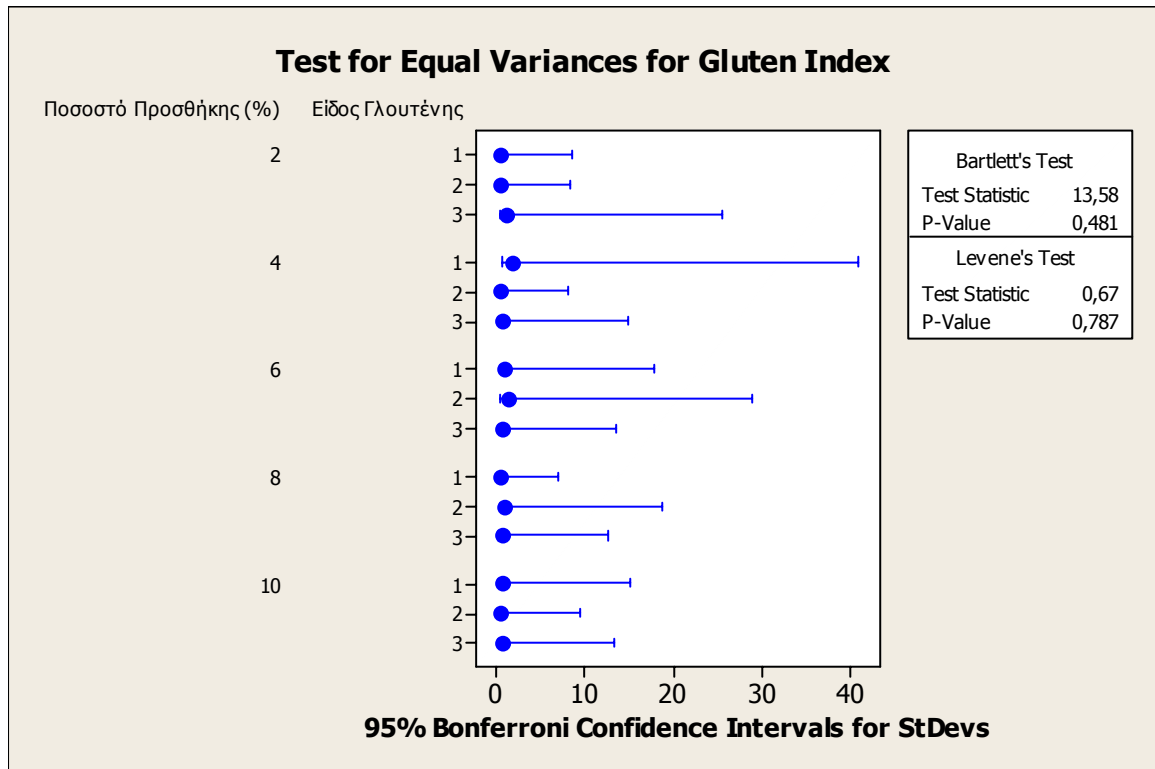


Παρατηρώ ότι $P > 0,05$ άρα ισχύει η μηδενική υπόθεση Ho, δηλαδή το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή.

➤ Γράφημα 42 Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων

Ho: Το δείγμα ακολουθεί ομοιογένεια των διακυμάνσεων

Ha: Το δείγμα δεν ακολουθεί ομοιογένεια των διακυμάνσεων

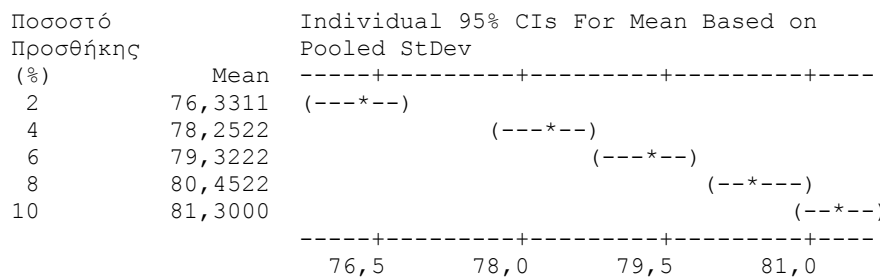


Παρατηρώ ότι $P > 0,05$ άρα ισχύει η μηδενική υπόθεση Ho, δηλαδή το δείγμα ακολουθεί ομοιογένεια των διακυμάνσεων

➤ **Ανάλυση της διακύμανσης δύο παραγόντων**

Source	DF	SS	MS	F	P
Ποσοστό Προσθήκης (%)	4	135,885	33,9714	59,55	0,000
Είδος Γλουτένης	2	23,235	11,6173	20,36	0,000
Interaction	8	4,371	0,5464	0,96	0,486
Error	30	17,115	0,5705		
Total	44	180,606			

S = 0,7553 R-Sq = 90,52% R-Sq(adj) = 86,10%



Είδος		Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev	
Γλυντένης	Mean		
1	80,1280	(-----*-----)	
2	78,4607	(-----*-----)	
3	78,8060	(-----*-----)	

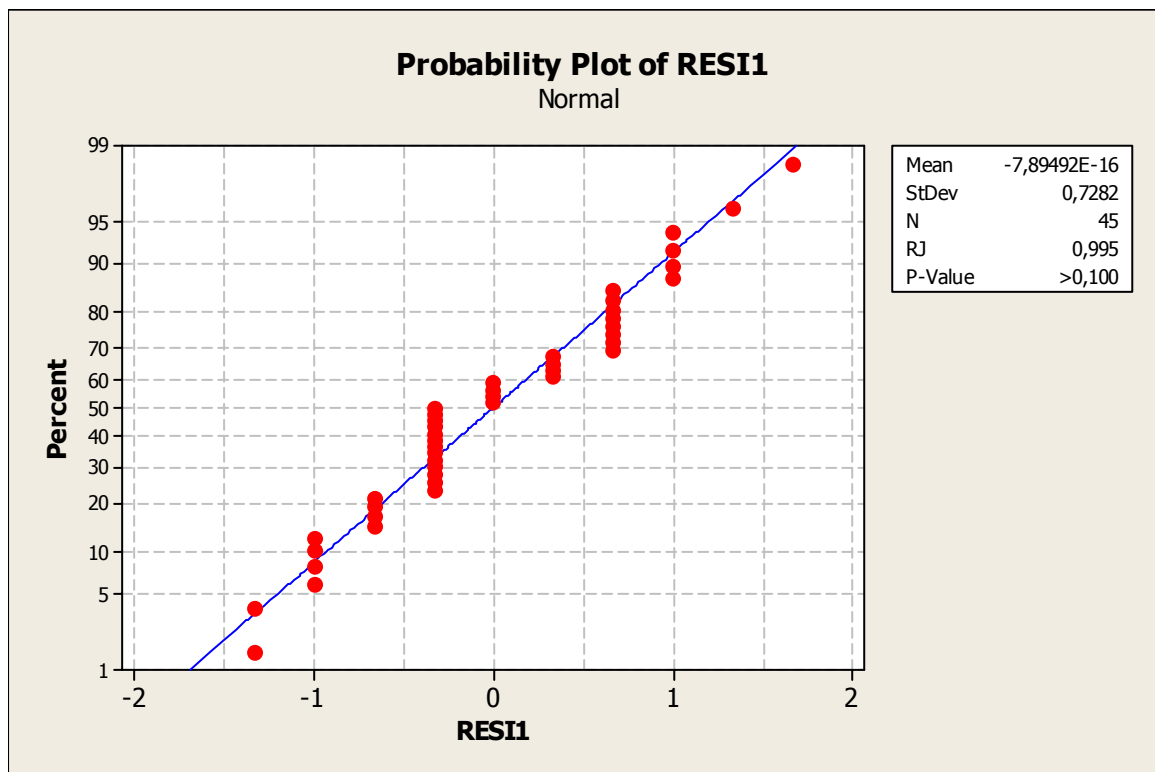
78,40 79,10 79,80 80,50

Τιμή Καθίζησης

➤ Γράφημα 43 Έλεγχος κανονικότητας

Ho: Το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή

Ha: Το δείγμα δεν ακολουθεί κανονική κατανομή

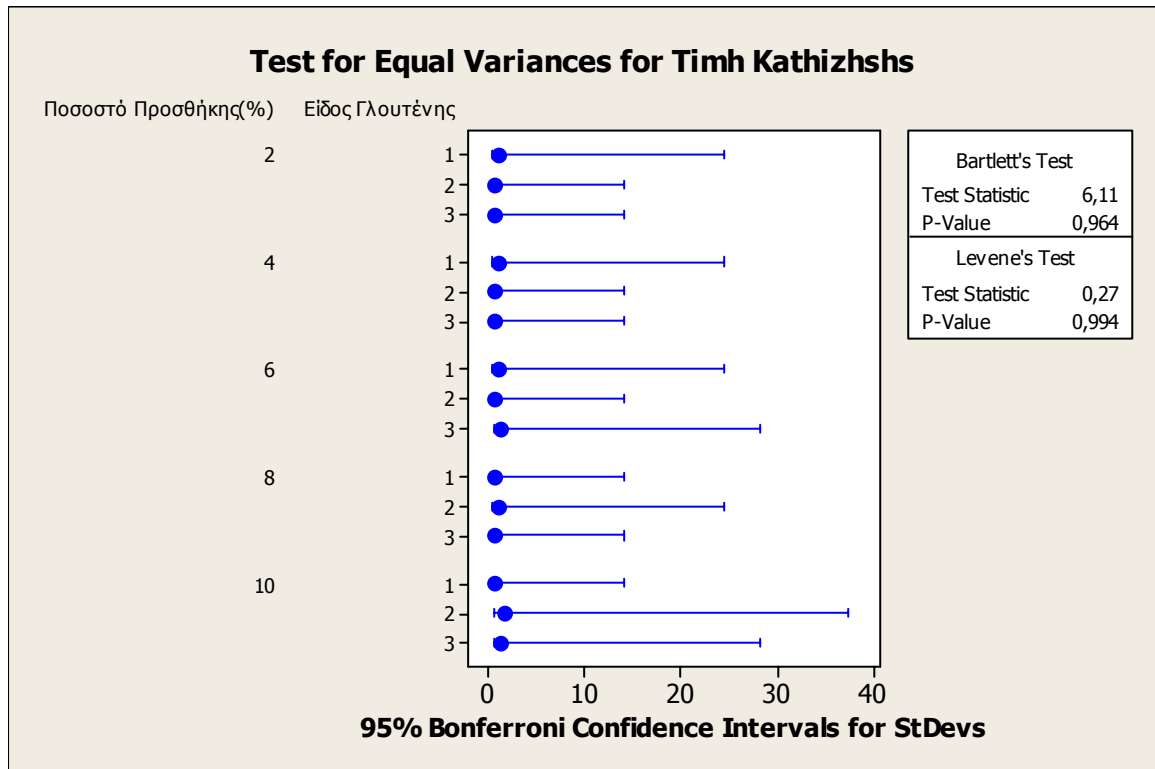


Παρατηρώ ότι $P > 0,05$ άρα ισχύει η μηδενική υπόθεση H_0 , δηλαδή το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή.

➤ Γράφημα 44 Έλεγχος ομοιογένειας των διακυμάνσεων

Ho: Το δείγμα ακολουθεί ομοιογένεια των διακυμάνσεων

Ha: Το δείγμα δεν ακολουθεί ομοιογένεια των διακυμάνσεων



Παρατηρώ ότι $P > 0,05$ άρα ισχύει η μηδενική υπόθεση Ho, δηλαδή το δείγμα ακολουθεί ομοιογένεια των διακυμάνσεων

➤ **Ανάλυση της διακύμανσης δύο παραγόντων**

Source	DF	SS	MS	F	P
Ποσοστό Προσθήκης (%)	4	2151,42	537,856	691,53	0,000
Είδος Γλουτένης	2	8,71	4,356	5,60	0,009
Interaction	8	2,84	0,356	0,46	0,876
Error	30	23,33	0,778		
Total	44	2186,31			

S = 0,8819 R-Sq = 98,93% R-Sq(adj) = 98,43%

