



Σχολή Επιστημών Τροφίμων
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η επίδραση της ποιότητας του σκληρού σίτου στην παραγωγή αλεύρου.
Εφαρμογή σε τοπικό μύλο.**

English Title

**The effect of the quality of durum wheat on the production of durum
wheat flour. Implementation of production in a local mill.**



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/NAME OF STUDENT

Γεώργιος Μελάς
Georgios Melas

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/NAME OF THE SUPERVISOR

Τριάντη Μυρτώ
Trianti Myrto

ΑΙΓΑΛΕΩ/AIGALEO 2024

Έγινε δεκτή

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη πτυχιακή εργασία με τίτλο «**Η επίδραση της ποιότητας του σκληρού σίτου στην παραγωγή αλεύρου. Εφαρμογή σε τοπικό αλευρόμυλο**» που παρουσιάσθηκε από τον **Μελά Γεώργιο** και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΟΣ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΜΥΡΤΩ ΤΡΙΑΝΤΗ	ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΥΠΟΤΡΟΦΟΣ	
2	ΑΝΔΡΙΑΝΑ ΛΑΖΟΥ	ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
3	ΔΗΜΗΤΡΑ ΜΑΡΓΑΡΗ	ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ	

Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστικός συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Μελάς Γεώργιος

Ευχαριστίες

Θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω την καθηγήτρια μου κυρία Τριάντη Μυρτώ για την καθοδήγηση της και την βοήθεια της ώστε να ολοκληρώσω την πτυχιακή μου εργασία. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υποστήριξη σε όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

Περίληψη

Με την παρούσα πτυχιακή γίνεται προσπάθεια να ελεγχθεί η ποιότητα του σκληρού σίτου ο οποίος αλέθεται σε έναν τοπικό αλευρόμυλο στην Αργολίδα. Το προϊόν της άλεσης του σκληρού σιταριού είναι κυρίως το σιμιγδάλι, το οποίο χρησιμοποιείται για την παρασκευή ζυμαρικών. Ωστόσο από την άλεση του σκληρού σίτου προκύπτει και το κίτρινο άλευρο (τύπου Μ) που προορίζεται για αρτοποιία.

Αρχικά παρουσιάζεται η βιβλιογραφική έρευνα που πραγματοποιήθηκε και αφορά την δομή του σίτου, την χημική του σύσταση καθώς και την διαδικασία άλεσης στον μύλο από την παραλαβή της πρώτης ύλης έως και την παραγωγή του τελικού προϊόντος. Επίσης γίνεται αναφορά στον ποιοτικό έλεγχο του αλεύρου και των σίτου και στις κυριότερες δοκιμές και προσδιορισμούς που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε ένα εργαστήριο.

Στην συνέχεια ακολουθεί το πειραματικό τμήμα με τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα από τους ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν. Για τον πειραματικό προσδιορισμό χρησιμοποιήθηκαν τρία δείγματα σκληρού σίτου και το αλεύρι που προέρχεται από τα δείγματα αυτά. Πρέπει να σημειωθεί πως ο τοπικός μύλος παράγει και διαθέτει στην τοπική αγορά αποκλειστικά αλεύρι (τύπου Μ). Πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός υγρασίας τόσο με την επίσημη μέθοδο όσο και με τον θερμοζυγό Brabender στα δείγματα αλεύρου και σίτου. Ακολούθησε προσδιορισμός της περιεκτικότητας της υγρής γλουτένης τόσο του σίτου όσο και του αλεύρου, ενώ μετρήθηκαν και οι αριθμοί πτώσης των δειγμάτων. Το πειραματικό μέρος ολοκληρώθηκε με τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων των ζυμαριών με την χρήση του φαρινογράφου.

Ύστερα από όλες τις δοκιμές προέκυψε πως τα δύο δείγματα έχουν υψηλή περιεκτικότητα γλουτένης και μεγάλο αριθμό πτώσεως. Ενώ σύμφωνα με τα φαρινογραφήματα βγαίνει το συμπέρασμα πως τα δύο άλευρα είναι κατάλληλα για αρτοποιία ενώ το τρίτο δείγμα είναι κατάλληλο για την παραγωγή αρτοσκευασμάτων που δεν απαιτούν μεγάλο όγκο.

Λέξεις – Κλειδιά: Αλεύρι, Σιτάρι, Αλευρόμυλος, Γλουτένη

Abstract

With this thesis, an attempt is made to check the quality of the wheat used and the flour produced in a local flour mill in Argolis. The product of durum wheat milling is mainly semolina, which is used to make pasta. However, the grinding of durum wheat also results in the yellow flour (type M) intended for baking.

Firstly, is presented the bibliographic research that was carried out and concerns the structure of the wheat and the content of macroelements as well as the process in the flour mill from the reception of the raw material to the production of the flour. Finally, referring to the quality control of flours and grains and the tests and determinations that can be carried out in a laboratory.

Then follows the experimental section with the results and conclusions from the tests carried out. Three wheat samples and the flour derived from these samples were used for the experimental determination. It should be noted that the local mill produces and markets exclusively flour (type M). Moisture was determined by both the official method and the Brabender thermobalance on the flour and wheat samples. This was followed by a determination of the liquid gluten content of both wheat and flour, while the numbers of drops were also measured. Finally, the properties of the pasta were determined using the farinograph.

After all the tests it turned out that the two samples have a high gluten content and a high fall number. While according to the farinograms, the conclusion follows that the two flours are suitable for baking, while the third sample is suitable for the production of pastries that do not require a large volume.

Περιεχόμενα

Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright	iii
Ευχαριστίες.....	iv
Περίληψη.....	v
Abstract	vi
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 2. Σίτος και άλευρα σίτου.....	2
2.1 Σίτος.....	2
2.2 Πρωτεΐνες στο σιτάρι	5
2.3 Γλουτένη.....	6
2.4 Άμυλο	6
2.5 Ζελατινοποίηση του αμύλου.....	7
2.6 Τέφρα	8
2.7 Τύποι αλεύρων.....	8
2.7.1 Αλεύρι τύπου 70% (T70).....	9
2.7.2 Αλεύρι τύπου 85%.....	9
2.7.3 Αλεύρι τύπου 90%.....	9
2.7.4 Αλεύρι κατηγορίας Π.....	9
2.7.5 Αλεύρι κατηγορίας Μ.....	10
2.7.6 Αλεύρι κατηγορίας Κ.....	10
2.8 Σιμιγδάλι.....	10
2.9 Ένζυμα σίτου και αλεύρου	10
2.10 Πρόσθετα αλεύρων	12
2.11 Άρτος	14
Κεφάλαιο 3. Διαδικασία στον μύλο	17
3.1 Γενική διαδικασία στον αλευρόμυλο.....	17
3.2 Παραλαβή και αποθήκευση.....	17
3.3 Κοντισιονάρισμα	18
3.4 Καθαρισμός – πλύσιμο σιταριού	20
3.5 Άλεση σιταριού	25
3.6 Κυλινδρομηχανές	25
3.7 Κόσκινα (πλανσιφτερ)	27
.....	28
3.8 Λειτουργιά μύλου	29

3.9 Ιστορική αναδρομή άλεσης.....	30
Κεφάλαιο 4. Ποιοτικός έλεγχος σιτηρών και αλεύρων.....	33
4.1 Σιτηρά και άλευρα.....	33
4.2 Δειγματοληψία σιταριού και προϊόντων του	33
4.2.1 Δειγματοληψία δημητριακών από σάκους.....	34
4.2.2 Δειγματοληψία δημητριακών από οχήματα και δοχεία αποθηκεύσεως (δειγματοληψία από προϊόντα χυδόν).....	34
4.2.3 Δειγματοληψία αλεύρου.....	35
4.3 Περιστροφικός μύλος Brabender.....	36
4.4 Προσδιορισμός υγρασίας.....	36
4.5 προσδιορισμός αριθμού πτώσεως (FALLING NUMBER).....	38
4.6 Ρεολογικές μετρήσεις ζυμαριών	39
4.6.1 Φαρινογράφος	39
4.6.3 Αλβεογράφος	41
.....	43
4.6.4 Εξτενσιογράφος.....	43
Κεφάλαιο 5. Πειραματικό μέρος.....	46
5.1 Στόχοι και αντικείμενο έρευνας	46
5.2 Δείγματα.....	46
5.3 Δημιουργία αλέσματος	47
5.4 Προσδιορισμός υγρασίας.....	48
5.4.1 Διαδικασία προσδιορισμού υγρασίας με την μέθοδο AACC 44-15.02.....	48
5.4.2 Προσδιορισμός υγρασίας με την συσκευή Brabender	50
5.4.3 Αποτελέσματα και σχολιασμός αποτελεσμάτων.....	51
5.5 Προσδιορισμός περιεκτικότητας γλουτένης.....	52
5.5.1 Αποτελέσματα και σχολιασμός αποτελεσμάτων.....	55
5.6 Μέτρηση αριθμού πτώσεως (Falling number).....	56
5.6.1 Αποτελέσματα και χειρισμός αποτελεσμάτων	59
5.7 Προσδιορισμός ιδιοτήτων ζυμαριών με φαρινογράφο.....	61
5.7.1 Αποτελέσματα και χειρισμός αποτελεσμάτων	64
Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα	75
Βιβλιογραφία.....	77

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1 Κόκκος και ενδοσπέρμιο σκληρού σιταριού.....	2
Εικόνα 2 Κόκκος και ενδοσπέρμιο μαλακού σιταριού	3
Εικόνα 3 Καλλιέργεια σιταριού	4
Εικόνα 4 Ανατομία σιταριού	4
Εικόνα 5 Αμυλόζη	7
Εικόνα 6 Αμυλοπηκτίνη.....	7
Εικόνα 7 Φορηγό ξεφορτώνει σιτάρι (dreamstime.com).....	17
Εικόνα 8 Μεταλλικά σιλό με σιτάρι (https://www.foodengineeringmag.com/).....	18
Εικόνα 9 Διαχωριστήρας με κόσκινα (https://www.alapala.com/).....	21
Εικόνα 10 Μαγνητικός διαχωριστήρας με περιστρεφόμενο τύμπανο (https://www.indpro.com/).....	22
Εικόνα 11 Κυλινδρομηχανές (https://www.buhlergroup.com/)	25
Εικόνα 12 Δομή κυλινδρομηχανών (http://www.wheatmaizemilling.com/).....	26
Εικόνα 14 Σχέδιο αυλακώσεων κυλίνδρων.....	26
Εικόνα 13 κυλινδρομηχανή (έτος κατασκευής 1960)	27
Εικόνα 15 Πλανσίφτερ (https://www.buhlergroup.com/)	27
Εικόνα 16 Πλανσίφτερ.....	28
Εικόνα 17 Δομή πλανσίφτερ (https://sedioglu.com/).....	28
Εικόνα 18 Πλυντήριο και στεγνωτήριο	29
Εικόνα 19 κύλινδρομηχανές και πλανσιφτερ	30
Εικόνα 20 Μυλόπετρα Νεολιθικής εποχής (https://www.museumbreadhistory.gr/)	30
Εικόνα 21 Ειδώλιο, γυναίκα που φουρνίζει (5ος αιώνας π.Χ.) (https://www.museumbreadhistory.gr/).....	31
Εικόνα 22 Quern (https://www.museumbreadhistory.gr/).....	31
Εικόνα 23 Ανεμόμυλοι.....	31
Εικόνα 24 Ντιζελομηχανή (https://loulismuseum.gr/)	31
Εικόνα 25 Σέσουλα	33
Εικόνα 26 Δειγματολήπτης Ζώνης	33
Εικόνα 27 Περιστροφικός μύλος Brabender.....	36
Εικόνα 28 Δομή περιστροφικού μύλου Brabender (https://www.directindustry.com/).....	36
Εικόνα 29 Θερμοζυγός Brabender	36
Εικόνα 30 Κλίβανος ξηρανσης τροφίμων.....	37
Εικόνα 31 Συσκευή Falling Number.....	38
Εικόνα 32 Προσδιορισμός αριθμού πτώσεως (https://www.producer.com/).....	39
Εικόνα 33 Φαρινογράφος	39
Εικόνα 34 Μορφή φαρινογραφήματος.....	41
Εικόνα 35 Σχηματισμός φυσαλίδας στον αλβεογράφο	42
Εικόνα 36 Μορφή αλβεογραφήματος	43
Εικόνα 37 Εξετενσιογράφος και τέντωμα ζυμαριού στον εξτενσιογράφο (https://www.ireks-kompendium.com/en/).....	44
Εικόνα 38 Μορφή εξτενσιογραφήματος.....	44
Εικόνα 39 Κόφτης σιταριού.....	47
Εικόνα 40 Δείγματα αλεύρου και αλέσματος.....	48
Εικόνα 41 Γυάλινος ξηραντήρας	49
Εικόνα 42 Εργαστηριακός κλίβανος.....	49
Εικόνα 43 Εργαστηριακή λαβίδα	49
Εικόνα 44 Αναλυτικός ζυγός.....	49
Εικόνα 45 Φιαλίδια με πώμα	49
Εικόνα 46 Θερμοζυγός Brabender	51
Εικόνα 47 Φωτεινή κλίμακα θερμοζυγού	51
Εικόνα 48 Εργαστηριακός ζυγός	53
Εικόνα 49 Γουδί και γουδοχέρι	53

Εικόνα 50 ογκομετρικός κύλινδρος.....	53
Εικόνα 51 Ποτήρι ζέσεως	53
Εικόνα 52 Σχηματισμός ζυμαριού	53
Εικόνα 53 Υγρή γλουτένη	54
Εικόνα 54 Δοκιμαστικός σωλήνας για την μετρηση αριθμού πτώσεως.....	57
Εικόνα 55 Ογκομετρικό σιφώνιο.....	57
Εικόνα 56 Συσκευή αριθμού πτώσεως	57
Εικόνα 57 Τυπικό Φαρινογράφημα	61

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 1 Χημική σύσταση σίτου και των τμημάτων του	5
Πίνακας 2 Δείγματα.....	47
Πίνακας 3 Ποσοστό υαλωδών και αλευρωδών κόκκων στο δείγμα 2	47
Πίνακας 4 Υγρασία Δείγμα 1	51
Πίνακας 5 Υγρασία Δείγμα 2	51
Πίνακας 6 Υγρασία Δείγμα 3	52
Πίνακας 7 Γλουτένη Δείγμα 1.....	55
Πίνακας 8 Γλουτένη Δείγμα 2.....	55
Πίνακας 9 Γλουτένη Δείγμα 3.....	55
Πίνακας 10 τιμές και συμπεράσματα Αριθμου Πτώσεως	59
Πίνακας 11 Αριθμός πτώσης δείγμα 1	60
Πίνακας 12 Αριθμός πτώσης δείγμα 2	60
Πίνακας 13 αριθμός πτώσης δείγμα 3	60
Πίνακας 14 παράμετροι φαρινογραφήματος.....	62
Πίνακας 15 Τιμές παραμέτρων φαρινογραφήματος του δείγματος 1	67
Πίνακας 16 Τιμές παραμέτρων του φαρινογραφήματος του δείγματος 2	70
Πίνακας 17 Τιμές παραμέτρων του φαρινογραφήματος του δείγματος 3	73
Πίνακας 18 Μέσες τιμές των παραμέτρων των φαρινογραφήματων και των τριών δειγμάτων	74

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Ο σίτος αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους και ευρύτερα καλλιεργούμενους δημητριακούς καρπούς παγκοσμίως. Η καλλιέργεια του σίτου ξεκινάει από την αρχαιότητα. Στην Ελλάδα σύμφωνα με την faostat (Food and Agriculture Organization of the United Nations) η ημερήσια κατανάλωση σίτου ανά άτομο είναι περίπου 340g.

Το αλεύρι πρόκειται για το βασικό προϊόν άλεσης του σίτου. Η διαδικασία της άλεσης κατά την οποία μετατρέπεται ο σίτος σε αλεύρι είναι μια σύνθετη διαδικασία. Συγκεκριμένα περιλαμβάνει την διάσπαση του κόκκου και την απομάκρυνση των εξωτερικών στιβάδων, ώστε να απομονωθεί το ενδοσπέρμιο, του οποίου μειώνεται το μέγεθός του σε μικρότερα σωματίδια. Η δημοτικότητα του αλεύρου σίτου οφείλεται στο δίκτυο γλουτένης που αναπτύσσεται κατά την ενυδάτωση του, το οποίο προσδίδει στο ζυμάρι ελαστικότητα και συνεκτικότητα.

Ο ποιοτικός έλεγχος τόσο του σίτου όσο και του αλευριού είναι απαραίτητος ώστε να τηρούνται οι νομοθετικές απαιτήσεις και να καλύπτονται οι ανάγκες των καταναλωτών. Με τον ποιοτικό έλεγχο αξιολογούνται διάφοροι παράμετροι (περιεκτικότητα υγρασίας, περιεκτικότητα και ποιότητα γλουτένης) και το αλεύρι κατατάσσεται σε κατηγορίες ανάλογος με την μετέπειτα χρήση του.

Κεφάλαιο 2. Σίτος και άλευρα σίτου

2.1 Σίτος

Ο σίτος (*Triticum spp*) ανήκει στην οικογένεια των Αγρωστωδών (*Gramineae*) η Ποωδών (*Poaceae*). Τα δυο πιο βασικά είδη σίτου είναι ο μαλακός σίτος (*Triticum aestivum*), από το οποίο προέρχεται το μαλακό αλεύρι, λευκού χρώματος το οποίο χρησιμοποιείται στα περισσότερα προϊόντα αρτοποιίας, και σκληρός σίτος (*Triticum durum*) με την άλεση του οποίου παράγεται το σκληρό, κίτρινο, αλεύρι καθώς και το σιμιγδάλι που αποτελούν τις πρώτες ύλες του χωριάτικου ψωμιού και των ζυμαρικών. (Nevo, 2011). Η διαφορά του σκληρού και του μαλακού σίτου μπορεί να φανεί με το σπάσιμο των κόκκων και την παρατήρηση του εσωτερικού τους. Στον μαλακό σίτο παρατηρείται διαφορά στην υφή μεταξύ του εξωτερικού και του εσωτερικού του κόκκου. Ο κόκκος εξωτερικά είναι σκληρός ενώ αντίθετα το κέντρο του είναι αλευρώδες. Αντίθετα το εσωτερικού του σκληρού σιταριού είναι κρυσταλλικό. (Λουκάς, 2021)



Εικόνα 1 Κόκκος και ενδοσπέρμιο σκληρού σιταριού



Εικόνα 2 Κόκκος και ενδοσπέρμιο μαλακού σιταριού

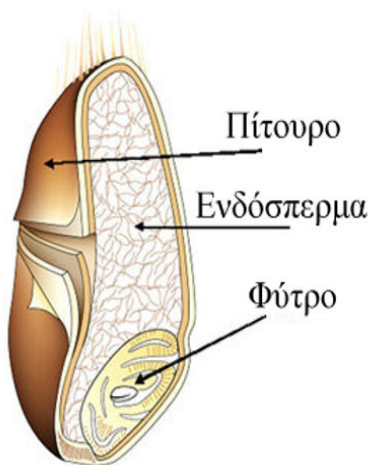
Ο σίτος καλλιεργείται σε χώρες της εύκρατης ζώνης. Συγκεκριμένα σε χώρες με εύκρατο κλίμα, που χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες ο σίτος σπέρνεται φθινόπωρο. Η συγκομιδή του φθινοπωρινού σίτου πραγματοποιείται την άνοιξη ενώ σε χώρες με ηπειρωτικά κλίματα, δηλαδή χώρες που παρατηρούνται χειμώνες με αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες και με αρκετές χιονοπτώσεις είναι ανοιξιάτικης σποράς. Ο ανοιξιάτικος σίτος έχει μικρότερο «καλλιεργητικό κύκλο» καθώς θερίζεται το φθινόπωρο. (ΜΠΙΛΑΛΗΣ κ.ά., 2019)

Ο σίτος είναι το πρώτο σε καλλιέργεια και κατανάλωση δημητριακό με τεράστια εμπορική και οικονομική σημασία. Η ιστορία του σίτου φαίνεται να ξεκινά στα 10000-15000 π.Χ. Το σιτάρι θεωρείται το πρώτο σε σημασία καλλιεργούμενο φυτό στον κόσμο, λόγω της μεγάλης του παραγωγής. Συγκεκριμένα σύμφωνα με την **statista** (<https://www.statista.com/>) η παραγωγή του σίτου παγκοσμίως την τελευταία δεκαετία ξεπερνά τους 700 εκατομμύρια τόνους. Τα πρωτεία στην καλλιέργεια του σίτου βαστούν η Κίνα και η Ινδία, ενώ ακολουθούν οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η Ρωσία οι ΗΠΑ και το Πακιστάν. Στην ΕΕ οι χώρες με την υψηλότερη παραγωγή σύμφωνα με την διεθνή οργάνωση τροφίμων και γεωργίας (FAO- <https://www.fao.org/home/en>) είναι η Γαλλία, η Γερμανία, η Πολωνία, η Ισπανία και η Ιταλία. (ΜΠΙΛΑΛΗΣ κ.ά., 2019)



Εικόνα 3 Καλλιέργεια σιταριού

Το σιτάρι ανατομικά αποτελείται από τρεις βασικές περιοχές. Συγκεκριμένα το πίτυρο, το ενδοσπέρμιο και το φύτρο, το μεγαλύτερο μέρος του κόκκου καταλαμβάνεται από το ενδοσπέρμιο αποτελώντας το 80-85% του κόκκου. Πρόκειται για το εσωτερικό μέρος του κόκκου από το οποίο προέρχεται και το αλεύρι. Το ενδοσπέρμιο είναι πλούσιο σε άμυλο και πρωτεΐνες. Το εξωτερικό περίβλημα, που ονομάζεται πίτυρο, αποτελεί το 15% περίπου του κόκκου. Τα περιβλήματα είναι πλούσια σε ακατέργαστες ίνες και σε ανόργανα στοιχεία, κυρίως κάλιο, φώσφορο, θείο, μαγνήσιο και ασβέστιο. Το έμβρυο, που ονομάζεται και φύτρο, είναι ένα μικρό τμήμα στο κάτω μέρος του κόκκου και αποτελεί περίπου το 2-3% του κόκκου. Με τις κατάλληλες συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας στο έμβρυο πραγματοποιούνται βιοχημικές αντιδράσεις από τις οποίες αναπτύσσονται νέοι ιστοί. Το έμβρυο είναι δηλαδή το σημείο του κόκκου από το οποίο θα προέλθει το νέο φυτό. (Ηυί, 2006)



Εικόνα 4 Ανατομία σιταριού

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η χημική σύσταση τόσο ολόκληρου του καρπού όσο και των επιμέρους βασικών τμημάτων του:

Πίνακας 1 Χημική σύσταση σίτου και των τμημάτων του

	Συνολικό Βάρος (%)	Άμυλο	Πρωτεΐνες	Λίπη	Τέφρα
Ενδοσπέρμιο	80-85%	70-85%	8-13%	1-1,6%	0,3-0,8%
Πίτυρο	12-15%	0%	7-8%	1-5%	6-10%
Φύτρο	3-5%	20%	35-50%	15%	4,5-6%
Καρπός	100%	60-70%	10-14%	1,5-2,5%	1,5-2%

2.2 Πρωτεΐνες στο σιτάρι

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω οι πρωτεΐνες αποτελούν το 8-14% του συνολικού βάρους του κόκκου του σίτου. Η συνολική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στο σιτάρι εξαρτάται από τον γονότυπο του σίτου καθώς και από τις συνθήκες καλλιέργειας (κλίμα, έδαφος)

Ο Osborne σε έρευνα του, μεταξύ του 1886 και 1928 ταξινόμησε τις πρωτεΐνες σε τέσσερεις κλάσεις με βάση την διαλυτότητα τους. Συγκεκριμένα οι αλβουμίνες, οι οποίες είναι διαλυτές στο νερό. Οι γλοβουλίνες που είναι αδιάλυτες στο καθαρό νερό αλλά διαλυτές σε αραιά διαλύματα άλατος. Σε υδατικά διαλύματα αλκοόλης είναι διαλυτές οι προλαμίνες. Αδιάλυτες τόσο στο νερό όσο και σε διαλύματα άλατος και αλκοόλης είναι οι γλουτελίνες οι οποίες διαλύονται μόνο σε αραιά διαλύματα οξέων και βάσεων. (Shewry κ.ά., 2003)

Οι αλβουμίνες και οι γλοβουμίνες επηρεάζουν την σκληρότητα του σίτου ενώ περιέχουν τα περισσότερα ένζυμα που υπάρχουν στον σίτο. Οι πρωτεΐνες αυτές εμφανίζονται κυρίως στο πίτυρο και καλύπτουν περίπου το 25% της συνολικής πρωτεΐνης του κόκκου. Αντίθετα οι γλουτελίνες και οι

προλαμίνες βρίσκονται κατά κύριο λόγο στο ενδοσπέρμιο του σπόρου και αποτελούν τις αποθηκευτικές πρωτεΐνες του σιταριού. Συγκεκριμένα οι γλουτενίνες και οι γλοιαδίνες αποτελούν τις σημαντικότερες πρωτεΐνες του σιταριού λόγω του τεράστιου τεχνολογικού ενδιαφέροντος.

(Macritchie, 1992)

2.3 Γλουτένη

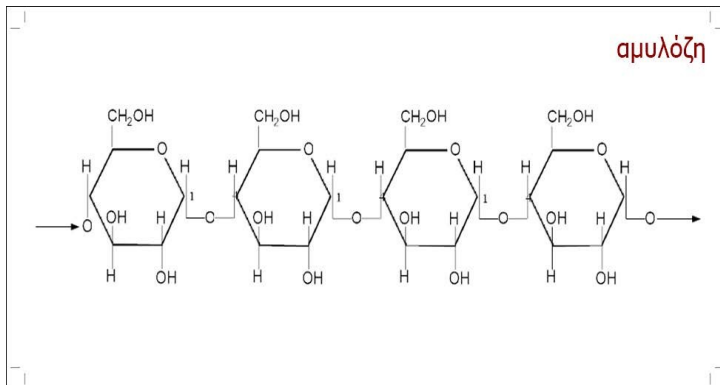
Η γλουτένη αποτελεί την κύρια αποθηκευτική πρωτεΐνη του σίτου. Πρόκειται για μια από τις σημαντικότερες από τεχνολογικής άποψης πρωτεΐνη, καθώς καθορίζει την αρτοποιητική ικανότητα των αλεύρων σίτου, πράγμα που συμβαίνει διότι η περιεκτικότητα και η ποιότητα της γλουτένης επηρεάζουν πολλά χαρακτηριστικά του αλεύρου και του ζυμαριού, όπως είναι η απορρόφηση νερού, η ελαστικότητα και η συνεκτικότητα του ζυμαριού. Πρακτικά η γλουτένη μπορεί να ορισθεί ως η ελαστική μάζα που παραμένει ύστερα από έκπλυση του ζυμαριού. Με αυτόν τον τρόπο αφαιρούνται από την μάζα του ζυμαριού τόσο το άμυλο όσο και τα υπόλοιπα υδατοδιαλυτά συστατικά. (Biesiekierski, 2017)

Η γλουτένη αποτελείται κυρίως από γλοιαδίνες και γλουτενίνες οι οποίες δημιουργούν το πλέγμα της γλουτένης. Οι γλοιαδίνες είναι διαλυτές σε διαλύματα νερού-αλκοόλης σε αντίθεση με τις γλουτενίνες οι οποίες είναι αδιάλυτες. Το πλέγμα της γλουτένης μπορεί να δημιουργηθεί μόνο έπειτα από την ανάμιξη του αλεύρου με νερό, επομένως χωρίς την ύπαρξη νερού δεν υφίσταται γλουτένη. Οι λειτουργίες των δύο πρωτεϊνών είναι αποκλίνουσες. Συγκεκριμένα οι γλουτενίνες χαρακτηρίζονται από συνεκτικότητα και ελαστικότητα και είναι υπεύθυνες για την δύναμη και την ελαστικότητα του ζυμαριού. Αντίθετα οι γλοιαδίνες δεν είναι τόσο ελαστικές και συνεκτικές όσο οι γλουτενίνες αλλά συνεισφέρουν κυρίως στο ιξώδες και την συνεκτικότητα του ζυμαριού. Η κατάλληλη αναλογία των δύο πρωτεϊνών για αρτοποιήση είναι (γλοιαδίνη : γλουτένη) = 2:1 (Wieser, 2007a)

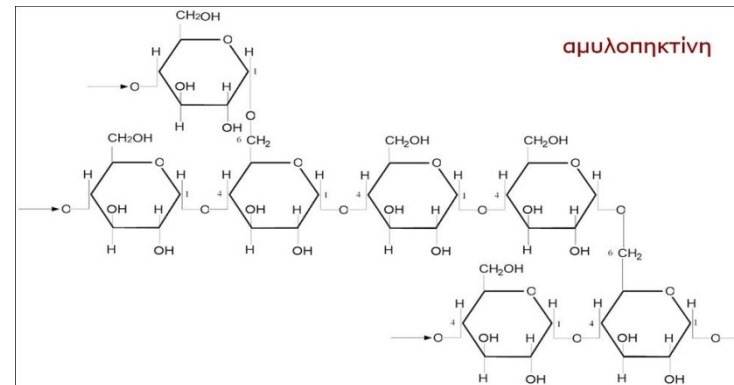
2.4 Άμυλο

Το άμυλο είναι ο κύριος πολυσακχαρίτης φυτικής προέλευσης, και πρόκειται για μία από τις βασικές πηγές ενέργειας στη ανθρώπινη διατροφή. Η κύριες πηγές αμύλου είναι τα δημητριακά (αραβόσιτος, σιτάρι, ρύζι), τα όσπρια καθώς και η πατάτα. (Roby, 2008).

Το άμυλο αποτελείται από χιλιάδες μόρια γλυκόζης, που ενώνονται με γλυκοζιτικούς δεσμούς. Δυο είδη πολυμερών συνθέτουν ουσιαστικά το άμυλο, η αμυλόζη και η αμυλοπηκτίνη, τα οποία είναι οργανωμένα σε αμυλόκοκκους. Γενικά οι αμυλόζη βρίσκεται στο εσωτερικό του κόκκου και αποτελεί το 10-20% του βάρους του, ενώ η αμυλοπηκτίνη βρίσκεται εξωτερικά αποτελώντας το 80-90%. Η αμυλόζη πρόκειται για ευθύγραμμο πολυμερές όπου οι γλυκόζες ενώνονται με α -(1-4) ενώ οι αμυλοπηκτίνες είναι διακλαδιζόμενες αλυσίδες με πλευρικές αλυσίδες 20-30 μονομερών. Στις αμυλοπηκτίνες τα μονομερή ενώνονται με α -(1-4) και α -(1-6), στις διακλαδώσεις, γλυκοζιτικούς δεσμούς. (Karim, 2000) (Robyt, 2008). Οι αμυλόκοκκοι είναι αδιάλυτοι και ενυδατώνονται ελαφρώς στο κρύο νερό (Μανταλα, 2002)



Εικόνα 5 Αμυλόζη



Εικόνα 6 Αμυλοπηκτίνη

Η υδρόλυση του αμύλου μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με ισχυρό οξύ είτε με ένζυμο (α -αμυλάση, β -αμυλάση). (Kolusheva & Marinova, 2007)

2.5 Ζελατινοποίηση του αμύλου

Στην ζελατινοποίηση συμβαίνουν αλλαγές στην δομή των αμυλόκοκκων καθώς θερμαίνονται σε νερό, μιας συγκεκριμένης θερμοκρασίας και άνω, η θερμοκρασία αυτή ονομάζεται θερμοκρασία ζελατινοποίησης. (Whistler κ.ά., 2012)

Οι αλλαγές αυτές περιλαμβάνουν:

- Διόγκωση των αμυλόκοκκων σε πολλαπλάσιο μέγεθος
- Αύξηση συνεκτικότητας
- Σχηματισμός πολτώδους διαλύματος

- Εξαφάνιση της κρυσταλλικότητας (Miles κ.ά., 1985) (Μανταλα, 2002)

Κατά την θέρμανση διακρίνονται τρία στάδια μεταβολής των αμυλόκοκκων. Συγκεκριμένα:

1. Με την θέρμανση τα μόρια νερού, εισχωρούν ανάμεσα στις αλυσίδες της αμυλόζης και της αμυλοπηκτίνης, σπάζοντας τους δεσμούς που συνδέουν τις αλυσίδες, σταθεροποιώντας έτσι τα επίπεδα ενυδάτωσης γύρω από τους διαχωρισμένους κόκκους.
2. Μεγαλύτερες ποσότητες νερού απορροφώνται από τους αμυλόκοκκους προκαλώντας αύξηση του αρχικού μεγέθους. Οι διογκωμένοι αμυλόκοκκοι περιέχουν αμυλοπηκτίνη, ενώ η αμυλόζη διαχέεται έξω από τους αμυλόκοκκους, κατά την διάρκεια της ζελατινοποίησης και έπειτα, δημιουργώντας έτσι μια συνεχή φάση.
3. Αν συνεχιστεί η θέρμανση σε συνδυασμό με μηχανικές δυνάμεις (ανακάτεμα) μπορεί να προκληθεί πλήρης διάρρηξη των αμυλόκοκκων με αποτέλεσμα να παραχθεί ένα ιξώδες πήγμα. (Whistler κ.ά., 2012) (Miles κ.ά., 1985)

2.6 Τέφρα

Η τέφρα πρόκειται για το ανόργανο υπόλειμμα που παραμένει έπειτα από την ανάφλεξη της οργανικής ύλης ενός τροφίμου. (Nielsen, 2010). Συνήθως η τέφρα στα σιτηρά κυμαίνεται από 1,25-2,00%. Βέβαια η ποσότητα εξαρτάται από τον τύπο του σίτου και από τον τόπο καλλιέργειας. Επίσης μπορεί να διαφέρει από έτος σε έτος και από περιοχή σε περιοχή. Η περιεκτικότητα σε τέφρα στο κόκκο του σίτου αυξάνεται από εσωτερικά προς τα έξω. (Khan, 2016)

2.7 Τύποι αλεύρων

Σύμφωνα με τον κώδικα τροφίμων και ποτών (ΚΤΠ, άρθρο 106, 2009) στην Ελλάδα επιτρέπεται η παραγωγή αλεύρων τύπου 85%, τύπου 70%, τύπου 90%, κατηγορίας Μ, κατηγορίας Π και κατηγορίας Κ.

Το ποσοστό αναφέρεται στην απόδοση της άλεσης, δηλαδή στο αλεύρι τύπου 85%, από 100 κιλά σιτάρι λαμβάνουμε 85 κιλά αλεύρου. Όσο μικρότερο είναι το ποσοστό, τόσο λευκότερο είναι το αλεύρι, καθώς είναι απαλλαγμένο από πίτυρα, επειδή τα πίτυρα περιέχουν την μεγαλύτερη συγκέντρωση τέφρας του καρπού όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό, τόσο μεγαλύτερα είναι και τα

αποδεκτά όρια της τέφρας. (Κατσαμάκης, 2014) Έτσι διάφοροι τύποι αλεύρων έχουν διαφορετικές προδιαγραφές στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους. (Πρωτονοταρίου, 2017)

2.7.1 Αλεύρι τύπου 70% (T70)

Λόγω της υψηλής απόδοσης άλεσης (από 100 κιλά σιτάρι παράγονται 70 κιλά αλεύρι) πρόκειται για λευκό άλευρο σχεδόν απαλλαγμένο από πίτυρα. Χρησιμοποιείται συνήθως για την παραγωγή λευκών άρτων. Σύμφωνα με το άρθρο 106 (2009) του κώδικα τροφίμων και ποτών ανώτερο όριο υγρασίας είναι 13,5%, και ανώτατο όριο τέφρας 0,5%, αν πρόκειται για εγχώριο σίτο, αν ο σίτος είναι αλλοδαπής προέλευσης το ανώτατο όριο είναι 0,53%. Οι λιπαρές ουσίες πρέπει να είναι λιγότερο από 1,1%, ενώ το κατώτατο όριο υγρής γλουτένης είναι 26% για εγχώριο σίτο ενώ για αλλοδαπό 28%. Η συγκέντρωση τετραχλωράνθρακα (CCl₄) πρέπει να είναι μικρότερη από 0,015%.

2.7.2 Αλεύρι τύπου 85%

Σύμφωνα με την νομοθεσία η υγρασία του αλεύρου πρέπει να είναι κάτω από 14%. Η υγρή γλουτένη έχει κατώτερο όριο 25%. Η συγκέντρωση της τέφρας στο αλεύρι πρέπει να είναι μεταξύ 0.85% έως 0.90% και στα πίτυρα 4.00% έως 5.00%. Το ανώτατο όριο σε λιπαρές ουσίες είναι 1.80% και το ανώτερο όριο υπολειμμάτων τετραχλωράνθρακα είναι 0,30% (106-iss1.pdf,2009)

2.7.3 Αλεύρι τύπου 90%

Τα άλευρα τύπου 90% προέρχονται συνήθως από μαλακό σίτο. Χρησιμοποιείται για την παρασκευή μαύρων, πιτυρούχων ψωμιών, τα οποία είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά. Για την καλοκαιρινή περίοδο το ανώτατο όριο υγρασίας, σύμφωνα με τον ΚΤΠ είναι 14.0%, ενώ για την χειμερινή περίοδο είναι 14,5%. Το ποσοστό της υγρής γλουτένης πρέπει να είναι άνω του 25%, και να είναι καλής ποιότητας. Η τέφρα πρέπει να έχει κατώτατο όριο 1,25% και ανώτατο όριο 1,35%. Η συγκέντρωση του τετραχλωράνθρακα πρέπει να είναι μικρότερη από 0,03%. (106-iss1.pdf,2009)

2.7.4 Αλεύρι κατηγορίας Π

Το αλεύρι κατηγορίας Π χαρακτηρίζεται και ως αλεύρι πολυτελείας. Βασική του χρήση είναι στην ζαχαροπλαστική και στην Παρασκευή κρουασάν. Σύμφωνα με την νομοθεσία το ανώτερο όριο υγρασίας είναι 13,5% στην καλοκαιρινή περίοδο (15/06 – 15/09) ενώ την χειμερινή περίοδο το όριο είναι 14%. Αν το αλεύρι προέρχεται από εγχώριο σίτο το ποσοστό της τέφρας θα πρέπει να είναι

κατώτερο του 0,45% ενώ αν ο σίτος είναι αλλοδαπής προέλευσης το όριο της τέφρας είναι 0,50%. Η γλουτένη πρέπει να είναι καλής ποιότητας και τουλάχιστον 28%. Επίσης η συγκέντρωση τετραχλωράνθρακα πρέπει να είναι μικρότερη από 0,015%. (106-iss1.pdf,2009)

2.7.5 Αλεύρι κατηγορίας M

Πρόκειται για άλευρα κίτρινου χρώματος τα οποία προέρχονται από σκληρό σίτο. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την παρασκευή «χωριάτικου ψωμιού». (Πρωτονοταρίου, 2017) Ο κώδικας τροφίμων και ποτών έχει θεσπίσει ανώτατο όριο τέφρας, στο αλεύρι κατηγορίας M, 0,90%. Η υγρασία την καλοκαιρινή περίοδο πρέπει να είναι κάτω από 14% ενώ την χειμερινή περίοδο ανώτερο όριο είναι 14,5%. Η γλουτένη πρέπει να είναι καλής ποιότητας και τουλάχιστον 25%. Τέλος το υπόλειμμα τετραχλωράνθρακα πρέπει να είναι μικρότερο από 0,03%. (106-iss1.pdf,2009)

2.7.6 Αλεύρι κατηγορίας K

Παράγεται κυρίως από μαλακό σίτο στον οποίο αλέθεται σχεδόν ολόκληρος ο κόκκος. Έτσι το τελικό προϊόν έχει ανοικτό καφέ χρώμα. Σύμφωνα με την νομοθεσία ανώτερο όριο τέφρας στο αλεύρι είναι 1,40%. Η υγρασία πρέπει να είναι μικρότερη του 14% την καλοκαιρινή περίοδο και χαμηλότερη του 14,5% την χειμερινή περίοδο. Η γλουτένη πρέπει να είναι υψηλότερη από 25% και να είναι καλής ποιότητας. Το υπόλειμμα σε τετραχλωράνθρακα πρέπει να είναι μικρότερο από 0,03%. (106-iss1.pdf,2009)

2.8 Σιμιγδάλι

Το σιμιγδάλι πρόκειται για θραύσματα των ενδοσπερμίων των κόκκων του σκληρού σίτου. Ένα καλής ποιότητας σιμιγδάλι πρέπει να είναι απαλλαγμένο από στίγματα πιτύρου και να έχει φωτεινό κίτρινο χρώμα. Βάση της νομοθεσίας το ανώτερο τέφρας στο σιμιγδάλι είναι 0,92%. Η υγρασία του πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 13,5% έως 14,5%. Το σιμιγδάλι αποτελεί την βασική πρώτη ύλη στην παραγωγή ζυμαρικών. (El-Bouziri, 1988)

2.9 Ένζυμα σίτου και αλεύρου

Γενικά τα ένζυμα πρόκειται για πρωτεϊνικά μόρια, που λειτουργούν ως βιολογικοί καταλύτες ορισμένων βιοχημικών αντιδράσεων, έτσι με την παρουσία τους αυξάνεται η ταχύτητα της αντίδρα-

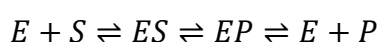
σης. Η καταλυτική δράση των ενζύμων χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό εξειδίκευσης, τα ένζυμα δηλαδή καταλύουν συνήθως μια μόνο αντίδραση ή παραπάνω από μια παρόμοιες όμως αντιδράσεις. Η εξειδίκευση του ενζύμου οφείλεται στην ακριβή αλληλεπίδραση του αντιδρώντος, που ονομάζεται και υπόστρωμα, με το ένζυμο. Η ακρίβεια αυτή οφείλεται στην πολύπλοκη τριτοταγή δομή της ενζυμικής πρωτεΐνης. (Tytoczko κ.ά., 2019)

Τα ένζυμα αποτελούνται συνήθως από το πρωτεϊνικό τμήμα, που χαρακτηρίζεται ως αποένζυμο, και τον συμπαράγοντα που μπορεί να είναι ένα ανόργανο ιόν ή ένα οργανικό μόριο, το οποίο ονομάζεται συνένζυμο. Το σύνολο δηλαδή το αποένζυμο μαζί με τον συμπαράγοντα ονομάζεται ολοένζυμο. Το ενεργό κέντρο του ενζύμου καταλαμβάνει ένα μικρό μέρος του ενζύμου και περιλαμβάνει το καταλυτικό κέντρο και το κέντρο προσανατολισμού. Το ενεργό κέντρο οφείλεται για την εξειδίκευση του ενζύμου. (Κουσίσης, 2013)

Γενικά για να πραγματοποιηθεί μια αντίδραση πρέπει να ξεπεραστεί το ενεργειακό φράγμα που διαχωρίζει τα αντιδρώντα με τα προϊόντα. Το ενεργειακό φράγμα ονομάζεται ενέργεια ενεργοποίησης. Τα ένζυμα συνδέονται με το υπόστρωμα σχηματίζοντας σύμπλοκο ενζύμου-υποστρώματος, η σύνδεση αυτή δημιουργεί μια καινούργια πορεία αντίδρασης της οποίας το ενεργειακό φράγμα μεταξύ αντιδρώντων και προϊόντων είναι χαμηλότερο.

Έτσι περισσότερα μόρια «υπερπηδούν» το ενεργειακό φράγμα με αποτέλεσμα ο σχηματισμός προϊόντος να είναι γρηγορότερος. Έπειτα το ένζυμο απελευθερώνει το προϊόν. Το ένζυμο δεν συμμετέχει στην αντίδραση έτσι δεν καταναλώνεται, ούτε καταστρέφεται με αποτέλεσμα να μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί.

Το μοντέλο μίας απλής ενδημικής αντίδρασης είναι το εξής



Όπου E το ένζυμο, P το προϊόν, S το υπόστρωμα, ES το σύμπλοκο ενζύμου-υποστρώματος, EP το σύμπλοκο ενζύμου-προϊόντος (Χαrlanteri & Ξαπλαντέρη, 2016)

Στο σιτο περιέχονται πολλά ένζυμα κάποια εκ των οποίων έχουν μεγάλη τεχνολογική σημασία. Το κυριότερο ένζυμο που εντοπίζεται στους κόκκους του σίτου είναι η α -αμυλάση που βρίσκεται κυρίως στο περικάρπιο του κόκκου. Οι αμυλάσες είναι ένζυμα που καταλύουν την υδρόλυση των γλυκοζιτικών δεσμών των πολυσακχαριτών, δηλαδή την διάσπαση των πολυσακχαριτών, όπως είναι το άμυλο σε απλούστερα σάκχαρα. Η α -αμυλάση δρα διασπώντας τους α -1,4- και α -1,6- γλυκοζιτικούς δεσμούς. Το βέλτιστο pH δράσης της α -αμυλάσης είναι 4,5 ενώ απενεργοποιείται σε pH 3,3-4, επίσης μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα θερμοανθεκτικό ένζυμο καθώς απενεργοποιείται σε θερμοκρασία υψηλότερη των 70°C

Ένα άλλο ένζυμο το οποίο υπάρχει στο σίτο είναι οι πρωτεάσες. Οι πρωτεάσες εντοπίζονται κυρίως στο ενδοσπέρμιο και το φύτρο του σίτου. Ένα υγιές σιτάρι πρέπει να περιέχει μικρές ποσότητες πρωτεασών.

Οι πρωτεάσες είναι ένζυμα τα οποία αποικοδομούν τις πρωτεΐνες, καθώς καταλύουν την αντίδραση της υδρόλυσης των πεπτιδικών δεσμών των πρωτεϊνών. Τα πρωτεολυτικά ένζυμα της γλουτένης έχουν βέλτιστο pH δράσης μεταξύ 3 και 4. Σε τιμές PH άνω του 4 η δράση του ενζύμου πέφτει απότομα και έπειτα απενεργοποιείται. Οι πρωτεάσες είναι θερμοευαίσθητα ένζυμα και έτσι σε υψηλές θερμοκρασίες αδρανοποιούνται.

2.10 Πρόσθετα αλεύρων

Ο ΚΤΠ στο άρθρο 34 αναφέρεται στα πρόσθετα των αλεύρων κατηγοριοποιώντας τα και θέτοντας ανώτερα όρια για αυτά.

Τα πρόσθετα αλεύρων μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες. Συγκεκριμένα διακρίνονται σε «βελτιωτικά αλεύρων», διογκωτικά αλεύρων και ένζυμα.

Τα βελτιωτικά αλεύρων χρησιμοποιούνται ώστε να αποκτήσει το αλεύρι κατάλληλες τεχνολογικές ιδιότητες βελτιώνοντας την παραγωγή του και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τελικών προϊόντων. Τα διογκωτικά από την άλλη χρησιμοποιούνται ώστε να επιτευχθεί η χημική διόγκωση των αλεύρων κυρίως αυτών που προορίζονται για την παραγωγή προϊόντων ζαχαροπλαστικής.

Τα βελτιωτικά αλεύρων που χρησιμοποιούνται είναι το L-ασκορβικό οξύ (E300) με ανώτατο όριο 0,3 ‰, το κιτρικό οξύ (E330) και το τρυγικό οξύ (E334) σε συγκέντρωσή κάτω από 1 ‰ επίσης επιτρέπεται η χρήση της λεκιθίνης (E322) σε ποσοστά μικρότερα από 2 ‰. Όλες οι παραπάνω ουσίες αριθμούνται στο σύστημα E για τα πρόσθετα από το 300 έως το 399 καθώς αποτελούν αντιοξειδωτικά ή ρυθμιστές οξύτητας.

Η δράση των βελτιωτικών θεωρείται πως οφείλεται στην οξείδωση των πρωτεϊνών της γλουτένης και τον σχηματισμό δεσμών μεταξύ των πρωτεϊνικών μορίων ή ενδομοριακά. Αποτέλεσμα της οξειδώσεως είναι ένα ζυμάρι που θα είναι πιο σφιχτό και ελαστικό. Εκτός από την οξείδωση των πρωτεϊνικών μορίων τα βελτιωτικά οξειδώνουν και τα καρτενοειδή τα οποία ευθύνονται για το κιτρινωπό χρώμα του αλεύρου, λειτουργώντας έτσι και ως λευκαντικά.

(Lindsay, 2007) (Σφλώμος & Βαρζάκας, 2017)

Στην περίπτωση που έχουμε ένα πολύ «δυνατό» αλεύρι και θέλουμε να το αδυνατίσουμε χρησιμοποιούμε αναγωγικά μέσα. Ο ΚΤΠ επιτρέπει την χρήση της κυστεΐνης (E920). Η αντίδραση

ση της αναγωγής σπάει τους δισουλφιδικούς δεσμούς σπάζοντας τις πρωτεΐνες, καθιστώντας το ζυμάρι ασθενέστερο. (Λάζος & Λάζου, 2016)

Τα διογκωτικά χρησιμοποιούνται σε αλεύρια που προορίζονται για την παραγωγή προϊόντων ζαχαροπλαστικής (κέικ, μπισκότα, διάφορα άλλα γλυκά) και συνεισφέρουν στην χημική διόγκωση των αλεύρων. Ο ΚΤΠ επιτρέπει την χρησιμοποίηση χημικών ουσιών βασικού χαρακτήρα που παρέχουν CO_2 ή NH_3 . Τέτοιες ουσίες είναι το όξινο ανθρακικό νάτριο (NaHCO_3), το όξινο ανθρακικό αμμώνιο (NH_4HCO_3) και το ουδέτερο ανθρακικό αμμώνιο ($[\text{NH}_4]_2\text{CO}_3$). Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν μίγματα διογκωτικών ουσιών, τα οποία έχουν την εμπορική ονομασία “baking powders”. Συγκεκριμένα τα baking powders είναι μίγματα σε σκόνη, που αποτελούνται από όξινο ανθρακικό νάτριο και από χημικές ουσίες όξινου χαρακτήρα. Οι όξινες ουσίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι: το τρυγικό οξύ (E344), το όξινο τρυγικό κάλιο (E336) και φωσφορικά άλατα (E339-E341, E343 και E450-E452) (ΚΤΠ)

Στο αλεύρι επιτρέπεται η προσθήκη ενζύμων. Συγκεκριμένα ο ΚΤΠ (άρθρο 34) αναφέρεται στην επιτρεπόμενη προσθήκη πρωτεολυτικών ενζύμων καθώς και α-αμυλάσης. Τα πρωτεολυτικά ένζυμα προστίθενται κυρίως σε άλευρα που προορίζονται για μπισκότα κράκερ κτλ, δηλαδή προϊόντα τα οποία δεν απαιτούν ισχυρό δίκτυο γλουτένης. Η α-αμυλάση προστίθεται σε περίπτωση μεγάλων τιμών falling number. Το ένζυμο πρόκειται να υδρολύσει τους α-1,4-γλυκοζιτικούς δεσμούς βελτιώνοντας έτσι την παραγωγή ψωμιού καθώς αυτό θα χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερο όγκο και καλύτερη ποιότητα ψίχας και κόρας. (Kim κ.ά., 2006)

Τέλος επιτρέπεται στο αλεύρι η προσθήκη ουσιών τα οποία δεν θεωρούνται πρόσθετα βοηθούν όμως στην βελτίωση των ιδιοτήτων. Πολλές φορές στο αλεύρι συμπληρώνεται γλουτένη, για την παραγωγή ειδικών αλεύρων. Επιπλέον εδώ και σχεδόν δύο αιώνες προστίθεται βυνάλευρο για την παραγωγή καλύτερων προϊόντων αρτοποιίας. Η βύνη πρόκειται για κόκκους δημητριακών, στην συγκεκριμένη περίπτωση κόκκους σιταριού, οι οποίοι με την παραμονή τους σε συγκεκριμένες συνθήκες είναι φυτρωμένοι. Το βυνάλευρο περιέχει σημαντική ποσότητα α-αμυλάσης καθώς και ανάγοντα σάκχαρα. Έτσι ο παραγόμενος άρτος έχει καλύτερη υφή, μεγαλύτερο όγκο και καλύτερο χρώμα κόρας. (Nechita κ.ά., 2009)

2.11 Άρτος

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (άρθρο 111,2014) ο άρτος (αν δεν έχει άλλη ένδειξη) αποδίδεται σε προϊόν που παρασκευάζεται με ψήσιμο σε ειδικούς κλιβάνους και σε καθορισμένες συνθήκες. Η μάζα του αποτελείται από αλεύρι σίτου, νερό, ζύμη και μικρή ποσότητα άλατος.(111-iss2.pdf, 2014)

Το ψωμί είναι ένα από τα τρόφιμα τα οποία καταναλώνονται παγκοσμίως και καθημερινά από τον περισσότερο πληθυσμό. Ενδεικτικό στοιχείο είναι μια έρευνα στις ΗΠΑ όπου αναφέρει πως τα έσοδα από τις πωλήσεις ψωμιού το 2023 πρόκειται να φτάσουν τα 25 δισεκατομμύρια δολάρια. (statistica.com) . Επίσης σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ το ψωμί έχει την πρώτη θέση στην δαπάνη των νοικοκυριών.

Παραδοσιακά ο άρτος βασίζεται στο αλεύρι που προέρχεται από σίτο, αν και πλέον χρησιμοποιούνται και άλλοι τύποι αλεύρων για την παρασκευή ψωμιού, σε αυτή την περίπτωση σύμφωνα με το άρθρο 111 του 2014 του ΚΤΠ, ο άρτος αυτός πρέπει να φέρει την ονομασία των δημητριακών αυτών, πχ «άρτος αραβόσιτου» (111-iss2.pdf, χ.χ.). Το αλεύρι σίτου θεωρείται το καταλληλότερο για την αρτοποιία λόγω του μοναδικού πρωτεϊνικού πλέγματος που με την ενυδάτωση δίνει την γλουτένη. Λόγω της γλουτένης το ζυμάρι χαρακτηρίζεται από συνεκτικότητα και ελαστικότητα, ενώ έχει την ικανότητα κατά την ζύμωση να παγιδεύει αέρια πράγμα που στο ψήσιμο αυξάνει τον όγκο του ψωμιού συμβάλλοντας στην γεύση και την υφή του άρτου. (S. Cauvain, 2015)

Η διαδικασία της αρτοποιίας χωρίζεται σε τρία βασικά στάδια:

1. Ανάμιξη συστατικών
 2. Ωρίμανση του ζυμαριού
 3. Κλιβανισμός του ώριμου ζυμαριού
1. Κατά την *ανάμιξη* αναμιγνύονται τα υλικά εντός του αναμικτήρα, δηλαδή το βασικό υλικό που είναι το αλεύρι με το νερό, την μαγιά, μια μικρή ποσότητα αλατιού και ζάχαρης και ίσως και λίπους. Κατά την ανάμιξη του νερού με το αλεύρι δημιουργείται το τρισδιάστατο πλέγμα της γλουτένης, στην οποία ενσωματώνονται επίσης η μαγιά και το άμυλο.

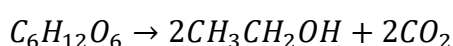
Αλεύρι: Η ποιότητα του αλευριού είναι μια από τις βασικές παραμέτρους που θα επηρεάσουν και την ποιότητα του άρτου. Η χημική σύσταση του αλεύρου και κυρίως η ποσότητα σε πρωτεΐνη και άμυλο επηρεάζουν πολλές ποιοτικές παραμέτρους στο ψωμί. Αρχικά η ποσότητα των πρωτεϊνών της γλουτένης, δηλαδή της γλοιαδίνης και της γλουτενίνης , επηρεάζουν την αρτοποιητική ικανότητα του αλεύρου. Μάλιστα η αρτοποιητική ικανότητα του αλεύρου φαίνεται να επηρεάζεται με

γραμμικό τρόπο από την ποσότητα των πρωτεϊνών της γλουτένης. (Goesaert κ.ά., 2005). Από την άλλη μεριά το άμυλο έχει την δυνατότητα να απορροφά μεγάλες ποσότητες νερού και επίσης είναι η «τροφή» των ζυμομυκήτων στην διάρκεια της ωρίμανσης.

Νερό: το νερό το οποίο χρησιμοποιείται για την Παρασκευή ψωμιού πρέπει να είναι πόσιμο (ΚΤΠ, άρθρο 111,2004). Το νερό χρησιμεύει για τον σχηματισμό και την διάλυση των συστατικών που προστίθενται στον αναμικτήρα. Επίσης ενυδατώνουν το αλεύρο και έτσι σχηματίζεται η γλουτένη. Η ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται για την αρτοποιήση είναι άλλος ένας παράγοντας που επηρεάζει την ποιότητα. Γενικά με ελλείψεις προσθήκη νερού η ζύμη δεν πλάθεται σωστά δίνοντας άρτο με μικρό όγκο. Αντίθετα η προσθήκη περισσοτέρου νερού θα προκαλέσει ξανά προβλήματα καθώς η ζύμη θα είναι πολύ μαλακή. (S. P. Cauvain, 2012)

Αλάτι: το αλάτι αν και προστίθεται σε μικρές ποσότητες παίζει σημαντικό ρόλο στην παρασκευή ψωμιού καλής ποιότητας. Η ποσότητα άλατος που προστίθεται συνήθως δεν ξεπερνά το 2% του βάρους του αλεύρου. Το αλάτι βελτιώνει τα οργανοληπτικά στοιχεία του ψωμιού δίνοντας πιο έντονη γεύση και οσμή στον άρτο. Επίσης το αλάτι χρησιμοποιείται διότι ρυθμίζει και ελέγχει την ζύμωση. Χωρίς την προσθήκη άλατος η δράση των ζυμομυκήτων θα ήταν μεγαλύτερη, με αποτέλεσμα να διασπούν περισσότερα σάκχαρα. Ως εκ τούτου κατά τον κλιβανισμό η ποσότητα σακχάρων θα ήταν μικρή δίνοντας έτσι κακό χρώμα στον άρτο. (Luchian & Canja, 2010) Επιπλέον σημαντικός είναι και ο ρόλος του αλατιού στον όγκο του ψωμιού. Η προσθήκη άλατος ενισχύει το δίκτυο της γλουτένης καθιστώντας το ικανό να συγκρατεί καλύτερα τον αέρα, αυξάνοντας έτσι τον όγκο. Τέλος το αλάτι ως υγροσκοπική ένωση μειώνει την ενεργότητα νερού, λειτουργώντας επομένως ως «συντηρητικό» και παρατείνοντας την διάρκεια ζωής του ψωμιού. (Anvramenko κ.ά., 2018)

Μαγιά: η μαγιά πρόκειται για ένα εμπορικό παρασκεύασμα που αποτελείται από ακινητοποιημένα κύτταρα του ζυμομύκητα *Saccharomyces cerevisiae*. Ο ζυμομύκητας μόλις ενεργοποιηθεί πραγματοποιεί αλκοολική ζύμωση, κάτω από αναερόβιες συνθήκες. Δηλαδή διασπά την γλυκόζη σε διοξείδιο του άνθρακα και αιθανόλη σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση. (Σπηλιώτης & Μπατρίνου, 2014)



Για την ενεργοποίηση του ζυμομύκητα απαιτείται κατάλληλη θερμοκρασία, που θεωρείται πως είναι 25-30°C, υγρασία καθώς και σάκχαρα για τροφή.

Τα αέρια που παράγονται οδηγούν σε διόγκωση του ζυμαριού, ενώ η αλκοόλη εξατμίζεται μετέ-

πειτα κατά τον κλιβανισμό. (Ali κ.ά., 2012)

- II. Στο στάδιο της *ωρίμανσης* το ζυμάρι αφήνεται σε κατάλληλες συνθήκες ώστε ο ζυμομύκητας να πραγματοποιήσει την ζύμωση. Χρησιμοποιείται θερμοκρασία 30-35°C και υψηλή υγρασία. Με αυτόν τον τρόπο ο ζυμομύκητας παράγει αέρια, τα οποία συγκρατούνται από το δίκτυο γλουτένης, με την μορφή φυσαλίδων, σχηματίζοντας κυψελοτή δομή στο εσωτερικό της ζύμης. Με αυτό τον τρόπο διογκώνεται η ζύμη. (Belderok κ.ά., 2000)
- III. Το στάδιο του κλιβανισμού πρόκειται για το στάδιο όπου το ζυμάρι μετατρέπεται σε μια μάζα με ψίχα και κρούστα. Στην περίοδο του κλιβανισμού παρατηρούνται πολλές φυσικές χημικές και βιολογικές μεταβολές καθώς σχηματίζεται κρούστα με σκούρο καφετί χρώμα λόγω της αντίδρασης Maillard, αυξάνεται ο όγκος καθώς πραγματοποιείται διαστολή των φυσαλίδων, εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας θανατώνονται οι ζύμες και αδρανοποιούνται τα ένζυμα, οι πρωτεΐνες πήζουν ενώ το άμυλο ζελατινοποιείται. Τέλος με εξάτμιση αποβάλλετε νερό από τον άρτο. Ο κλιβανισμός πραγματοποιείται σε θερμοκρασία 220-250°C για 25 με 30 λεπτά περίπου. Γενικά σκοπός είναι το κέντρο του ψωμιού να φτάσει τους 92-96 °C. (Therdthai & Zhou, 2003)

Κεφάλαιο 3. Διαδικασία στον μύλο

3.1 Γενική διαδικασία στον αλευρόμυλο

Η διαδικασία της μετατροπής του σίτου σε αλεύρι αποτελείται ουσιαστικά από τρία βασικά στάδια. Τα στάδια αυτά είναι ο καθαρισμός του σιταριού, η προετοιμασία του σιταριού και η άλεση του σιταριού. (Fowler, 2013)

Σκοπός της άλεσης είναι η παραγωγή αλευριού. Το αλεύρι προέρχεται από το ενδοσπέρμιο του σίτου. Έτσι η άλεση πρόκειται για μια περίπλοκη διαδικασία στην οποία ουσιαστικά το ενδοσπέρμιο του καρπού διαχωρίζεται από το πίτυρο και το φύτρο. Έπειτα με συνεχή σπασίματα ελαττώνεται το μέγεθος, έως την παραγωγή επιθυμητού τελικού προϊόντος. (Ηυί, 2006).

3.2 Παραλαβή και αποθήκευση

Η διαδικασία της άλεσης ξεκινάει με την παραλαβή του σίτου. Η μεταφορά του σίτου στους μύλους μπορεί να γίνει με διάφορα μέσα μεταφοράς, όπως πλοία, τρένα και κυρίως φορτηγά. Συνήθως στους μύλους γίνεται δειγματοληψία έτσι ώστε να διαπιστωθεί η καταλληλότητα και να παρθεί η απόφαση αν το φορτίο θα γίνει τελικά δεκτό.

Στο δείγμα σιταριού ελέγχονται:

- Χρώμα
- Σύνθεση
- Φαινομενική πυκνότητα
- Οσμή και άρωμα
- Σπασμένοι κόκκοι
- Αλευρώδεις και ανώριμοι κόκκοι
- Ξένες ύλες
- Περιεκτικότητα σε υγρασία



Εικόνα 7 Φορτηγό ξεφορτώνει σιτάρι (dreamstime.com)

Το σιτάρι στις βιομηχανίες αποθηκεύεται σε μεταλλικά σιλό.



Εικόνα 8 Μεταλλικά σιλό με σιτάρι (<https://www.foodengineeringmag.com/>)

3.3 Κοντισιονάρισμα

Η διαδικασία του κοντισιοναρίσματος είναι ένα χρήσιμο στάδιο, το οποίο βοηθάει την διαδικασία της άλεσης. Ουσιαστικά η διαδικασία αποτελείται από την προσθήκη μιας ορισμένης ποσότητας υγρασίας στους κόκκους και έπειτα την παραμονή των κόκκων στις συνθήκες αυτές για ορισμένο χρόνο. Σκοπός του σταδίου αυτού είναι να επιτευχτεί η βέλτιστη απόδοση άλεσης, δηλαδή να παραχθεί όσο περισσότερο λευκό αλεύρι γίνεται και η επιμόλυνση από πίτουρα να είναι όσο τον δυνατόν μικρότερη. (*Conditioning Wheat for Milling*, 1960)

Έπειτα από το κοντισιονάρισμα πρέπει το ενδοσπέρμιο του καρπού να είναι μαλακό και εύθρυπτο ώστε να αλέθεται εύκολα. Αντίθετα το πίτουρο πρέπει να είναι σκληρό και ανθεκτικό, ώστε να είναι ευκολότερος ο διαχωρισμός, του ενδοσπέρμιου με το πίτουρο κατά την άλεση. (Butcher & Stenvert, 1973)

Αναλόγως με την θερμοκρασία του κοντισιοναρίσματος, υπάρχουν διάφορες τεχνικές για την διαδικασία. Συγκεκριμένα:

- Ψυχρό κοντισιονάρισμα: όπου προστίθεται υγρασία στον καρπό χωρίς την χρήση επιπλέον θερμότητας

- Θερμό κοντισιονάρισμα : προστίθεται υγρασία στο κόκκο με ταυτόχρονη χρήση θερμότητας, οι θερμοκρασίες που χρησιμοποιούνται δεν υπερβαίνουν τους 46°C
- Καυτό κοντισιονάρισμα: η υγρασία ρυθμίζεται σε θερμοκρασίες κόκκων άνω των 46°C

Ο σκληρός σίτος απαιτεί υψηλότερες υγρασίες για την άλεση. Έτσι έπειτα από το κοντισιονάρισμα η υγρασία του σίτου, πρέπει να είναι 15,5-17% για τα σκληρά σιτάρια και 14-15,5% για τα μαλακά σιτάρια. Αν η υγρασία είναι χαμηλότερη από την ιδανική υπάρχει ο κίνδυνος το άλευρο να περιέχει πίτυρο καθώς κατά την άλεση το πίτυρο θα τεμαχίζεται περνώντας έτσι στο προϊόν. Αντίθετα αν η υγρασία είναι υψηλότερη από την ιδανική δημιουργούνται προβλήματα στην κοσκίνιση του αλεύρου μειώνοντας έτσι την απόδοση. (Chakraverty κ.ά., 2003)

Στο ψυχρό Κοντισιονάρισμα το βρεγμένο σιτάρι αφήνεται στις ειδικές κυψέλες παραμονής από 7 έως 70 ώρες αν το σιτάρι είναι πολύ σκληρό.

Γενικά το σιτάρι μπορεί να απορροφήσει έως και 3% υγρασία με μία διαβροχή. Αν χρειάζεται επιπλέον υγρασία επαναλαμβάνεται η διαβροχή και η «ξεκούραση» του σιταριού στις ειδικές κυψέλες ώστε να αναρροφήσει την υγρασία που χρειάζεται. (ΤΣΙΑΡΑΣ, χ.χ.)

Ένα συμβατικό σύστημα ψυχρού κοντισιοναρίσματος αποτελείται από έναν βιδωτό μεταφορέα, όπου το σιτάρι εισέρχεται από το ένα άκρο. Εφαρμόζεται ψεκασμός νερού ώστε το σιτάρι να διαβραχεί. Η ποσότητα νερού ρυθμίζεται χειροκίνητα και υπολογίζεται με τον τύπο:

$$(water\ addition) = \frac{W(M_2 - M_1)}{100 - M_2} \text{ (Chakraverty κ.ά., 2003)}$$

Όπου:

- η προσθήκη νερού (water addition) μετράται σε L/h
- W: ρυθμός ροής σιταριού (kg/h)
- M₁: αρχική επί τις % υγρασία του σιταριού
- M₂: τελική επί τις % υγρασία του σιταριού

Αντίθετα ένα κοντισιονέρ θερμού κοντισιοναρίσματος αποτελείται από πέντε οριζόντια τμήματα. Το σιτάρι περνάει πρώτα από το τμήμα θέρμανσης. Το τμήμα θέρμανσης πρόκειται για ένα πλέγμα σωλήνων όπου κυκλοφορεί θερμό νερό ή θερμό ρεύμα αέρα. Στο τμήμα θέρμανσης το σιτάρι αποκτά την επιθυμητή θερμοκρασία κοντισιοναρίσματος κρατώντας την υγρασία του σιταριού σταθερή.

Έπειτα το θερμό σιτάρι περνάει στο τμήμα σταθερής θερμοκρασίας όπου διατηρεί την θερμοκρασία που απέκτησε στο πρώτο τμήμα. Σε αυτό το τμήμα η υγρασία του σιταριού παραμένει σταθερή.

Το τρίτο τμήμα του κοντίσιονερ είναι το τμήμα ψύξης-ξήρανσης. Σε αυτό το τμήμα διέρχεται ρεύμα ατμοσφαιρικού αέρα. Η κατανομή υγρασίας είναι άνιση, καθώς ο φλοιός έχει χαμηλότερη υγρασία από το εσωτερικό του κόκκοι.

Ύστερα οι κόκκοι ξανά περνούν από ένα τμήμα θέρμανσης. Το σιτάρι αναθερμαίνεται σε θερμοκρασία χαμηλότερη από την αρχή όμως. Με την θέρμανση πραγματοποιείται διάχυση της υγρασίας από το εσωτερικό του κόκκου στο εξωτερικό, ώστε να γίνει ομοιόμορφη κατανομή.

Τέλος το τελευταίο τμήμα είναι πάλι ένα τμήμα ψύξης-ξήρανσης ίδιο με το τρίτο τμήμα. Όταν εξέλθει το σιτάρι πρέπει να έχει την απαιτούμενη για άλεση υγρασία.

Μετά το κοντισιονάρισμα το σιτάρι μεταφέρεται στις κυψέλες ανάπαυσης όπου και παραμένει για ορισμένες ώρες ώστε η υγρασία να κατανεμηθεί ομοιόμορφα. (ΤΣΙΑΡΑΣ, χ.χ.)

3.4 Καθαρισμός – πλύσιμο σιταριού

Ο σίτος όταν παραλαμβάνεται στον μύλο από τον αγρό περιλαμβάνει μαζί με τους κόκκους και ξένα σώματα, τέτοια ξένα σώματα είναι συνήθως χώμα και σκόνες, άχυρα πέτρες. Επίσης το σιτάρι μπορεί να περιέχει κόκκους άλλων δημητριακών καθώς και σπασμένους η βεβλημένους κόκκους. Οι βεβλημένοι κόκκοι είναι ανεπιθύμητοι για άλεση καθώς μπορεί να έχουν καταστραφεί βιολογικά, δηλαδή να έχουν προσβληθεί από έντομα ή ασθένεια. Πράγμα που μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Απαραίτητο είναι επιπλέον πριν από την άλεση να έχουν αφαιρεθεί από το σύνολο οι μικροί σπόροι και τα σκύβαλα. Επίσης πολλές φορές υπάρχει η πιθανότητα μαζί με τους κόκκους να υπάρχουν πέτρες από τον αγρό η ακόμα και μεταλλικά αντικείμενα. Αυτά τα ξένα σώματα δεν αλέθονται εύκολα και μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στα μηχανήματα αν περάσουν τα κύλινδρα. (Inamdar & Suresh, 2014)

Επιπλέον το πλύσιμο και ο καθαρισμός του σιταριού είναι απαραίτητος καθώς μπορεί να μειώσει την περιεκτικότητα των μυκοτοξινών στο σιτάρι και επομένως και στα τελικά προϊόντα. (Tibola κ.ά., 2016)

Επομένως ο καθαρισμός του σίτου είναι απαραίτητος για την διασφάλιση της ασφάλειας των καταναλωτών καθώς και για την διατήρηση της ποιότητας των τελικών προϊόντων.

Παραδοσιακά ο σίτος καλής ποιότητας διαχωριζόταν από τις ξένες προσμίξεις με την χρήση χειρο-

κίνητων κοσκίνων. Σήμερα με την χρήση της τεχνολογίας έχουν εφευρεθεί και αναβαθμιστεί πολλά μηχανήματα για γρηγορότερο και αποτελεσματικότερο καθαρισμό. (Fowler, 2013)

Οι μηχανές καθαρισμού βασίζονται στις διαφορετικές ιδιότητες του σίτου με τα ξένα – ανεπιθύμητα σώματα. Ο καθαρισμός του σίτου μπορεί να χωριστεί σε προκαθορισμό και καθαρισμό.

Ο προκαθορισμός έχει στόχο να αφαιρέσει την μεγαλύτερη μάζα ξένων σωματιδίων από το φορτίο. Αφαιρούνται επομένως τα μεταλλικά αντικείμενα, το χώμα, τα «χονδρά» ξένα σωματίδια καθώς και οι μολυσμένοι σπόροι σίτου. Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στον προκαθορισμό είναι η ζυγαριά, ένας μαγνήτης και διαχωριστήρες (Inamdar & Suresh, 2014)

Διαχωριστήρες-Κόσκινα : χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό του σίτου από ξένες προσμίξεις. Ο διαχωρισμός βασίζεται στην διαφορά μεγέθους των κόκκων σιταριού από τα άλλα υλικά που μπορεί να περιέχονται στην μάζα του σίτου. (Khan, 2016)

Πρόκειται ουσιαστικά για έναν μηχανισμό που αποτελείται από δύο κοσκίνα τα οποία έχουν ορισμένη κλίση. Τα δύο κόσκινα είναι τοποθετημένα παράλληλα. Το σιτάρι εισέρχεται από το ψηλότερο σημείο. Το πάνω κόσκινο έχει μέγεθος οπών λίγο μεγαλύτερο από το μέγεθος των κόκκων σιταριού. Έτσι χρησιμοποιείται να απομακρύνει τα αντικείμενα που είναι μεγαλύτερα από τους κόκκους, όπως μεγαλύτεροι σπόροι, άχυρα και φύλλα, πέτρες κτλ. Οι κόκκοι σιταριού περνούν από το κόσκινο ενώ αντίθετα τα υπόλοιπα υλικά παραμένουν στο κόσκινο και οδηγούνται στην έξοδο. Οι κόκκοι που πέρασαν το πρώτο κόσκινο «πέφτουν» στο δεύτερο, το οποίο έχει μικρότερες οπές από το μέσο μέγεθος των κόκκων σιταριών, έτσι χρησιμοποιείται να απομακρύνει τις λεπτές προσμίξεις, όπως χώμα και σκόνη, σπασμένοι και μικροί κόκκοι, καθώς αυτά περνάνε από το κόσκινο σε αντίθεση με το σιτάρι που δεν μπορεί να περάσει το σιτάρι.



Εικόνα 9 Διαχωριστήρας με κόσκινα (<https://www.alapala.com/>)

Έτσι από μία έξοδο απομακρύνονται οι χονδρές προσμίξεις οι οποίες απομονώθηκαν από την πρώτη κοσκίνηση από μια άλλη το κοσκινισμένο σιτάρι το οποίο έμεινε στο δεύτερο (λεπτό) κόσκινο και από μία τρίτη οι λεπτές προσμίξεις οι οποίες πέρασαν το δεύτερο κόσκινο. (Khan, 2016)

Μαγνήτης – μαγνητικοί διαχωριστήρες: Συχνά μέσα στην μάζα του σίτου μπορεί να υπάρχουν κομμάτια μετάλλου, τα μεταλλικά αντικείμενα πρέπει να αφαιρεθούν από το σιτάρι, καθώς μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες ζημιές στα μηχανήματα κατά την άλεση. Τα μεταλλικά αντικείμενα απομονώνονται από το σίτο με την χρήση μαγνητών. Πλέον στους μύλους χρησιμοποιούνται δύο είδη μαγνητικών διαχωριστήρων.

Ο πιο απλώς μαγνητικός διαχωριστήρας (μόνιμοι μαγνήτες), αποτελείται από μια σειρά μαγνητών, οι οποίοι έτσι σχηματίζουν μία μαγνητική επιφάνεια. Πάνω από τους μαγνήτες είναι τοποθετημένη μια πλάκα στην οποία γλιστρά το σιτάρι. Ο ρυθμός ροής του σιταριού πρέπει να είναι σχετικά χαμηλός, ώστε ο μαγνήτης να προλαβαίνει να συλλαμβάνει τα μεταλλικά αντικείμενα. Η επιφάνεια όπου περνάει το σιτάρι και κολλάνε τα μεταλλικά αντικείμενα πρέπει να καθαρίζεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Το δεύτερο είδος μαγνητικού διαχωριστήρα ονομάζεται ηλεκτρομαγνήτης. Το σύστημα αποτελείται από ένα περιστρεφόμενο τύμπανο. Στο μισό τύμπανο υπάρχει ένας σταθερός μαγνήτης, έτσι στο μισό τύμπανο υπάρχει μαγνητικό πεδίο. Το σιτάρι πέφτει στο περιστρεφόμενο τύμπανο από την πλευρά του μαγνήτη. Έτσι τα τυχόν μεταλλικά αντικείμενα που περιέχονται στην μάζα του σίτου κολανε στο τύμπανο και περιστρέφονται κολλημένα στο τύμπανο έως το σημείο που δεν υπάρχει μαγνητικό πεδίο. Επομένως στο σύστημα του ηλεκτρομαγνήτη υπάρχουν δύο έξοδοι, μία για το σιτάρι απαλλαγμένο από τα μεταλλικά αντικείμενα και μια για τα μεταλλικά αντικείμενα. (ΤΣΙΑ-ΡΑΣ, χ.χ.)



Εικόνα 10 Μαγνητικός διαχωριστήρας με περιστρεφόμενο τύμπανο (<https://www.indpro.com/>)

Ο καθορισμός εστιάζει περαιτέρω στην αφαίρεση των ξένων υλικών, των ξένων σπόρων και των καταστραμμένων σπόρων. Επίσης αφαιρείται η σκόνη που υπάρχει στους σπόρους με την χρήση αέρα κυρίως. Έχει ήδη γίνει ο προκαθορισμός, άρα η μάζα του σιταριού είναι απαλλαγμένη από μεταλλικά αντικείμενα και από μεγάλα και πολύ μικρά ξένα σωματίδια. Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στον πρώτο καθορισμό είναι με σειρά ένας μαγνήτης, ένας διαχωριστήρας που διαχωρίζει τα υλικά με βάση το ειδικό τους βάρος και στο τέλος του σταδίου αυτού πραγματοποιείται επιπλέον ταξινόμηση κατά σχήμα. (Inamdar & Suresh, 2014)

Διαχωριστήρας με βάση το ειδικό βάρος: πολλές φορές ο διαχωρισμός με βάση το μέγεθος δεν καθαρίζει εντελώς την μάζα του σίτου από ξένες προσμίξεις καθώς πολλά υλικά μπορεί να έχουν παρόμοιο μέγεθος με τους κόκκους σιταριού, όπως για παράδειγμα κομμάτια γυαλιού, μικρές πέτρες, άλλοι σπόροι και σκόνη. Έτσι χρησιμοποιείται η φυσική ιδιότητα του ειδικού βάρους για τον διαχωρισμό των υλικών αυτών.

Στο παρελθόν χρησιμοποιούταν νερό. Έτσι το σιτάρι επέπλεε ενώ τα υπόλοιπα υλικά βυθίζονταν. Σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως αέρας για τον διαχωρισμό καθώς δεν είναι τόσο κοστοβόρο όσο το νερό και σίγουρα είναι πιο φιλικό προς το περιβάλλον.

Υπάρχουν δύο τεχνολογίες διαχωριστήρων που διαχωρίζουν τα «ελαφρότερα» με τα «βαρύτερα» υλικά, χρησιμοποιώντας τον αέρα. Συγκεκριμένα το ένα είδος αεροδιαχωριστήρα ονομάζεται αναρροφητήρας ενώ η άλλη τεχνολογία πνευματικοί διαχωριστήρες.

Στον αναρροφητήρα ο σίτος εισέρχεται και με την βοήθεια ενός κυλινδρικού τροφοδότη και απλώνεται σε όλο το κανάλι, με την μορφή λεπτού στρώματος, από όπου το ρεύμα αέρα περνά. Τα αντικείμενα χαμηλής πυκνότητας, όπως άχυρα, σκόνες και σπασμένοι κόκκοι παρασύρονται με το ρεύμα αέρα και ανυψώνονται. (Λουκάς, 2021) Όταν ο αέρας εισέλθει στον αναρροφητήρα χάνει σιγά σιγά την ταχύτητα του ώστε να διαχωριστούν οι σκόνες και τα υπόλοιπα αντικείμενα που αιωρούνταν από τον αέρα. Αντίθετα οι κόκκοι, επειδή είναι βαρύτεροι δεν ανυψώνονται από τα ρεύματα αέρα και έτσι πέφτουν, πραγματοποιώντας τον διαχωρισμό.

Έτσι από μία έξοδο εξέρχεται το καθαρό σιτάρι, από άλλη έξοδο οι ακαθαρσίες χαμηλής πυκνότητας, ενώ ο αέρας απαλλαγμένος από τις σκόνες μπορεί να ανακυκλωθεί.

Η αρχή λειτουργίας και οι φυσικές ιδιότητες στις οποίες βασίζεται ο πνευματικός διαχωριστήρας είναι ίδιες με αυτές του αναρροφητήρα. Έτσι τα ελαφριά αντικείμενα ανυψώνονται από το ρεύμα

αέρα. Στο ανώτερο μέρος της στήλης υπάρχει μια κεκλιμένη επιφάνεια πάνω στην οποία «χτυπούν» τα αντικείμενα και εκτρέπονται σε ένα δοχείο απορρίψεως. Αντίθετα οι σπόροι λόγω του μεγαλύτερου βάρους τους κινούνται αντίθετα με το ρευστό αέρα και έτσι απομακρύνονται από άλλη έξοδο.

Στο δεύτερο καθάρισμα αφαιρούνται τα φύτρα του σίτου και τυχόν ακαθαρσίες που έχουν παραμείνει κολλημένες στους κόκκους από τα προηγούμενα στάδια. Επίσης προστίθεται υγρασία στον κόκκο. Το δεύτερο καθάρισμα περιλαμβάνει πέρασμα από το πλυντήριο και έπειτα από το στεγνωτήριο και από την βούρτσα.

Το **πλυντήριο και το στεγνωτήριο** δεν χρησιμοποιούνται πλέον από όλους τους αλευρόμυλους, λόγω του καθημερινού κόστους και για περιβαλλοντικούς λόγους, καθώς καταναλώνουν μεγάλη ποσότητα νερού. Πλεονέκτημα του πλυντηρίου είναι πως μπορεί να απομακρύνει την σκόνη, τα υπολείμματα φυτοφαρμάκων καθώς και τα εξωτερικά τμήματα των κόκκων σίτου, που είναι ανεπιθύμητα για την άλεση. (Zheng & Chen, 2016)

Το πλυντήριο αποτελείται ουσιαστικά από μία μεταλλική σκάφη, η οποία γεμίζει με νερό δημιουργώντας έτσι ένα κανάλι. Μέσα στην σκάφη περιέχονται δύο παράλληλοι κοχλίες, ο ένας κοχλίας που είναι μεγαλύτερος οδηγεί το σιτάρι προς τα εμπρός, δηλαδή προς το στεγνωτήριο. Ο δεύτερος κοχλίας οδηγεί τις πέτρες και γενικά τις ακαθαρσίες προς τον κάδο συλλογής τους. Επομένως οι δύο κοχλίες έχουν αντίθετη φορά περιστροφής.

Ο σίτος προωθείται προς τα εμπρός μέσα στο κανάλι που είναι γεμάτο νερό, το οποίο ανανεώνεται συχνά, και έτσι διαβρέχεται και πλένεται. Λόγω του ειδικού του βάρους το σιτάρι επιπλέει σε αντίθεση με τις ακαθαρσίες που είναι βαρύτερες οι οποίες μένουν στον πυθμένα. Οι υπόλοιπες ακαθαρσίες απομακρύνονται από τον μικρό κοχλία. Ο σίτος έπειτα οδηγείται στο στεγνωτήριο.

Το στεγνωτήριο αποτελείται από ένα κύλινδρο (ένα τύμπανο) κατασκευασμένο από διατρητή λαμαρίνα, ο κύλινδρος αυτός περικλείεται από έναν άλλο κύλινδρο, χωρίς τρύπες, το οποίο συγκρατεί τα βρώμικα νερά. Εντός του τυμπάνου υπάρχει ένας άξονας με πτερύγια. Ο άξονας με τα πτερύγια περιστρέφεται με 500 περίπου στροφές το λεπτό.

Στο κάτω μέρος του κυλίνδρου περιέχεται νερό. Έτσι τα πτερύγια με την κίνηση τους βοηθούν στην απόσπαση ακαθαρσιών.

Έπειτα τα πτερύγια εκσφενδονίζουν τους κόκκους σιταριού πάνω στην διατρητή λαμαρίνα και το οδηγούν προς την έξοδο. Το σιτάρι στεγνώνει λόγω των συνεχών προσκρούσεων και τριβών πάνω στην διάτρητη λαμαρίνα. Επίσης η περιστροφή των πτερυγίων δημιουργεί ρεύματα αέρα εντός του τυμπάνου, γεγονός που συντελεί στην αφαίρεση υγρασίας από τους κόκκους του σίτου. Επί-

σης η προσκρούσεις και η τριβή πάνω στην λαμαρίνα αφαιρούν ακαθαρσίες και πραγματοποιούν αποφλοίωση στους κόκκους. (ΤΣΙΑΡΑΣ, χ.χ.)

3.5 Άλεση σιταριού

Εφόσον ο σίτος έχει υποβληθεί στην διαδικασία του κοντισιοναρίσματος και του καθαρισμού είναι έτοιμο να αλεσθεί για να παραχθεί το τελικό προϊόν. Σκοπός είναι να διαχωριστεί το ενδοσπέρμιο του καρπού, από το οποίο προέρχεται και το αλεύρι, από τον υπόλοιπό κόκκο και έπειτα να επεξεργαστεί τόσο ώστε να φτάσει στο επιθυμητό μέγεθος, απαλλαγμένο από πίτουρα.

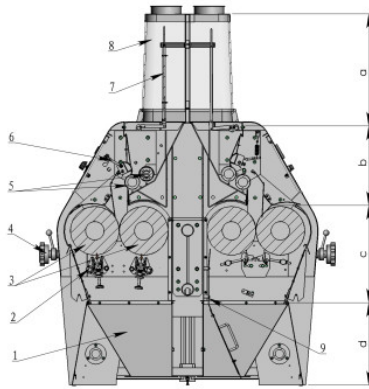
Η διαδικασία της άλεσης απαιτεί πολλά μηχανήματα τα οποία συνεργάζονται μεταξύ τους για να προκύψει το τελικό προϊόν. Τα μηχανήματα αυτά είναι οι κυλινδρομηχανές (κύλινδρα) και τα πλανσιφτερ (κόσκινα).

3.6 Κυλινδρομηχανές

Η κυλινδρομήχανη προκαλεί τα σπασίματα στους κόκκους σίτου καθώς και στα ενδιάμεσα προϊόντα. Μια κυλινδρομήχανη αποτελείται από δύο ανεξάρτητα διαμερίσματα, κάθετα χωρισμένα μεταξύ τους. Η κάθε πλευρά έχει διαφορετικό σύστημα τροφοδοσίας και διαφορετικές εξόδους του τελικού προϊόντος.



Εικόνα 11 Κυλινδρομηχανές (<https://www.buhlergroup.com/>)



- | | | |
|--|----------------------------|----------------------|
| 1. hopper | 2. brush | 3. grinding roll |
| 4. hand wheel | 5. feed roll | 6. servo feed device |
| 7. netted buoy | 8. view tube | |
| 9. passage negative pressure air aspiration device | | |
| a. material inlet area | b. material feed area | |
| c. grinding zone | d. material discharge area | |

Structure of grinding machine

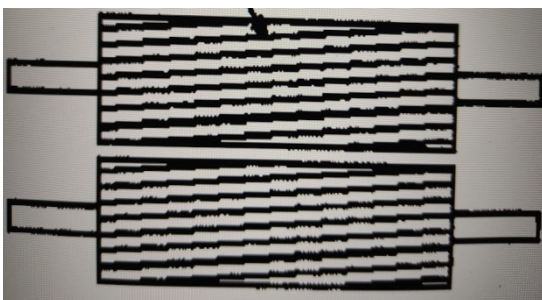
Κάθε διαμέρισμα περιέχει ένα ζευγάρι παράλληλων κυλίνδρων τοποθετημένο σε οριζόντιο επίπεδο. Οι κύλινδροι είναι κατασκευασμένοι συνήθως από χυτοσίδηρο (μαντέμι) ή χάλυβα και έχουν επικάλυψη από κράμα σιδήρου για λόγους ανθεκτικότητας και σκληρότητας. Συνήθως έχουν μήκος 1m και η διάμετρος τους είναι 250mm.(Campbell, 2007)

Εικόνα 12 Δομή κυλινδρομηχανών
(<http://www.wheatmaizemilling.com/>)

Οι δύο κύλινδροι κινούνται με αντίθετη φορά, ώστε να πραγματοποιούν το σπάσιμο των κόκκων. Επίσης οι δύο κύλινδροι περιστρέφονται και με διαφορετικές ταχύτητες. Ο πάνω κύλινδρος έχει ταχύτητα μεγαλύτερη από τον κάτω. Έτσι ο πάνω κύλινδρος περιστρέφεται με 500-550 στροφές ανά λεπτό ενώ ο κάτω με 200-220 στροφές ανά λεπτό. Ο πάνω κύλινδρος παίρνει την κίνηση μέσω ιμάντα από μία κεντρική μηχανή και την μεταδίδει στον κάτω κύλινδρο μέσω συστήματος γραναζιών. (Sarkar, 2003)

Τα κύλινδρα έχουν την δυνατότητα να πλησιάζουν ή να απομακρύνονται με την βοήθεια υδραυλικού συστήματος, ανάλογα με την τροφοδοσία σιταριού. Έτσι αποφεύγονται προβλήματα στην άλεση. Επίσης με τον μηχανισμό αυτό αποφεύγεται η επαφή των δύο κυλίνδρων πράγμα το οποίο μπορεί να προκαλέσει ζημιές στις χαρακώσεις τους, λόγω της τριβής μετάλλου με μέταλλο. Επιπλέον για την αποφυγή υλικών ζημιών υπάρχει ένας μηχανισμός με ελατήρια. Έτσι αν κατά τον καθαρισμό του σίτου δεν έχει απομακρυνθεί κάποιο αντικείμενο το οποίο δεν αλέθετε τα κύλινδρα, λόγω του ελατηρίου αυτού ανοίγουν αφήνοντας το να περάσει. (Chakraverty κ.ά., 2003)

Υπάρχουν δυο είδη κυλίνδρων, οι κύλινδροι οι οποίοι σπάνε τον καρπό έχουν χαραξίες στην επιφάνεια τους. Έτσι λόγω των αυλακώσεων ανοίγει ο κόκκος του σίτου διαχωρίζοντας πίτυρο με ενδοσπέρμιο. Το πίτυρο μένει θεωρητικά άθικτο οπότε είναι σε μεγάλα σωματίδια, αντίθετα το ενδοσπέρμιο σπάει σε μικρότερα κομμάτια, πράγμα το οποίο βοηθά την μετέπειτα κοσκίνιση και την απαί-



Εικόνα 13 Σχέδιο αυλακώσεων κυλίνδρων

τηση για όσο το δυνατόν καθαρότερο αλεύρι στο τέλος της άλεσης. Έπειτα όταν πια το ενδοσπέρμιο έχει διαχωριστεί από το πίτυρο και τους φλοιούς χρησιμοποιούνται λεία κύλινδρα ή κύλινδρα με λιγότερες και πιο αραιές αυλακώσεις. (Campbell κ.ά., 2007)

Στο πάνω μέρος των κυλινδρομηχανών υπάρχει ένας φαρδύς γυάλινος σωλήνας, ο οποίος επιτρέπει στον μυλωνά να δει την τροφοδοσία του σιταριού και να την ρυθμίσει ανάλογα. Το σιτάρι η τα ημιτελή προϊόντα αφού περάσουν τον σωλήνα αυτό εισέρχονται στην κυλινδρομηχανή, για να φτάσουν στα κύλινδρα περνούν πρώτα από τα «κύλινδρα τροφοδοσίας», τα οποία οδηγούν το σιτάρι ενδιάμεσα από τα κύλινδρα. Πρόκειται για κύλινδρα ίδιου μήκους με τα κύλινδρα σπασίματος και λείανσης όμως μικρότερης διαμέτρου. Επίσης έχουν τραχεία επιφάνεια και περιστρέφονται με πολύ μικρότερο ρυθμό. Τα κύλινδρα τροφοδοσίας απλώνουν το σιτάρι σε όλο το μήκος των κυλίνδρων ώστε να μην υπάρξουν προβλήματα λόγω τριβής μεταξύ των μετάλλων των κυλίνδρων. Επίσης στο κάτω μέρος των κυλίνδρων υπάρχει βούρτσα η οποία καθαρίζει τις αυλακώσεις από την σκόνη που δημιουργείται.



Εικόνα 14 κυλινδρομηχανή (έτος κατασκευής 1960)

3.7 Κόσκινα (πλανσίφτερ)



Εικόνα 15 Πλανσίφτερ (<https://www.buhlergroup.com/>)

Το προς άλεση υλικό εφόσον κάνει το πέρασμά του από τα κύλινδρα οδηγείται στα πλανσίφτερ για κοσκίνηση. Το πλανσίφτερ αποτελείται από κόσκινα ορθογώνιου σχήματος που ονομάζονται τελάρα. Τα ορθογώνια αυτά κόσκινα τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο ώστε να δημιουργήσουν ένα διαμέρισμα του πλανσίφτερ. Συνήθως τοποθετούνται σε κάθετο άξονα 8-20 κόσκινα (τελάρα). Το πλανσίφτερ αποτελείται από 4 ή 6 ή 8 διαμερίσματα τα οποία βρίσκο-

νται εντός δύο μεγάλων κουτιών. Το προϊόν άλεσης της κάθε κυλινδρομηχανής οδηγείται σε διαφορετικό διαμέρισμα των πλανσίφτερ.

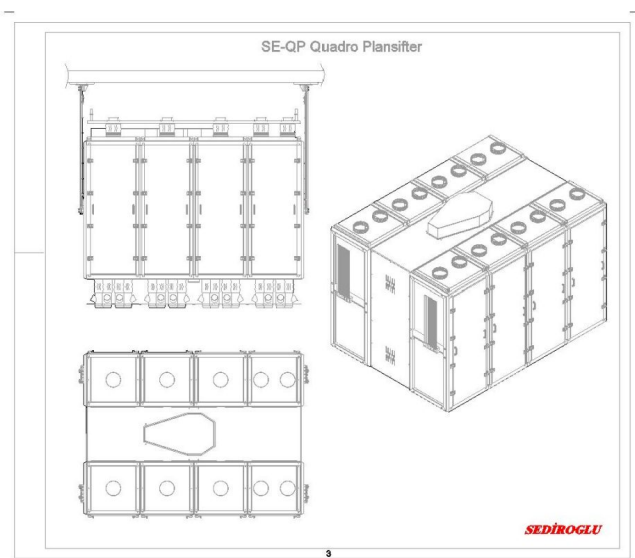
Τα κόσκινα χρησιμοποιούν σύστημα απόφραξης καθώς οι σπές τους φράζονται συχνά. Συχνά χρησιμοποιούνται ελαστικές σφαίρες οι οποίες αναπηδούν συνέχεια στα κόσκινα και έτσι δεν επιτρέπουν την φραγή τους. Άλλα πλανσίφτερ πάλι χρησιμοποιούν βούρτσες οι οποίες κινούνται πάνω σε ράγες τρίβοντας έτσι την σήτα του κόσκινου και καθαρίζοντας την.

Τα δύο αυτά κουτιά είναι αναρτημένα στην οροφή με την βοήθεια δοκών, συνήθως από καλάμι, λόγω της ευκαμψίας τους, της αντοχής τους στην ταλάντωση και στην δύναμη τους. Επιπλέον τα δύο κουτιά ενώνονται μεταξύ τους. Στο κέντρο υπάρχει ένας κάθετος μεταλλικός άξονας με αντίβαρα. Ο άξονας παίρνει κίνηση από ιμάντα και έτσι το πλανσίφτερ πραγματοποιεί μια περιστροφική κίνηση με



Εικόνα 16 Πλανσίφτερ

ακτίνα 7,5 εκατοστά περίπου και ρυθμό 200-250 στροφές ανά λεπτό.



Εικόνα 17 Δομή πλανσίφτερ (<https://sedioglu.com/>)

3.8 Λειτουργιά μύλου

Ο μύλος προμηθεύεται σιτάρι τόσο από την ευρύτερη περιοχή της Πελοποννήσου όσο και από την Θεσσαλία. Ο μύλος χρησιμοποιεί μόνο σκληρό σιτάρι και παράγει κίτρινο αλεύρι (τύπου Μ). Ο σίτος αποθηκεύεται σε δύο σιλό. Η διαδικασία για την παραγωγή αλευριού ξεκινά με τον καθαρισμό και το πλύσιμο του σιταριού. Το σιτάρι από το σιλό μεταφέρεται εντός της εγκατάστασης. Αρχικά περνά από τον αποφλοιωτήρα. Ο αποφλοιωτήρας πρόκειται για ένα τύμπανο κατασκευασμένο από διατρητή λαμαρίνα. Το σιτάρι περνώντας εντός του τυμπάνου αυτού με υψηλή ταχύτητα χτυπά και τρίβεται στην λαμαρίνα αυτή. Έτσι με την τριβή απαλλάσσεται από το φύτρο και από σκόνες που είναι κολλημένες πάνω στους κόκκους σίτου. Με ρεύμα αέρα διαχωρίζονται οι κόκκοι σιταριού με την σκόνη και τα φύτρα τα οποία συλλέγονται. Ο σίτος έπειτα περνά στο πλυντήριο. Συγκεκριμένα εισέρχεται σε μια σκάφη η οποία περιέχει νερό. Η σκάφη αυτή περιέχει επίσης έναν κοχλία που ωθεί το σιτάρι εμπρός προς το στεγνωτήριο. Τα ελαφριά σώματα επιπλέουν και απομακρύνονται.



Εικόνα 18 Πλυντήριο και στεγνωτήριο

Αφού περάσει το πλυντήριο το σιτάρι οδηγείται στο στεγνωτήριο το οποίο επικοινωνεί με το πλυντήριο. Το πλυντήριο αποτελείται από έναν οριζόντιο άξονα ο οποίος έχει κατά μήκος του κάθετα πτερύγια. Ο άξονας αυτός περικλείεται από διατρητή λαμαρίνα. Ο άξονας περιστρέφεται με ταχύτητα 500 στροφές ανά λεπτό. Με αυτόν τον τρόπο εκσφενδονίζει το σιτάρι πάνω στην λαμαρίνα, έτσι απομακρύνονται οι ακαθαρσίες και η περίσσεια υγρασίας. Στην άκρη του στεγνωτηρίου βρίσκεται η έξοδος για το σιτάρι το οποίο συλλέγεται και αποθηκεύεται σε σάκους για 3-10 ώρες.



Εικόνα 19 κύλινδρομηχανές και πλανσιφτερ

Ακολουθεί η άλεση το καθαρό και με υγρασία σιτάρι περνά από ένα μηχάνημα παρόμοιο με τον αποφλοιωτήρα. Έπειτα περνά από τα κύλινδρα κ οπύ διαχωρίζεται πίτουρό με ενδοσπέρμιο. Με αναβatóριο οδηγείται στο πλανσίφτερ και έπειτα ξανά σε άλλο ζεύγος κυλίνδρων. Ο μύλος διαθέτει δύο κύλινδρα, δηλαδή 4 ζεύγη κυλίνδρων και έχει δυναμικότητα παραγωγής 500kg/h.

3.9 Ιστορική αναδρομή άλεσης

Η άλεση θεωρείται η παλαιότερη διαδικασία επεξεργασίας τροφίμων, καθώς υπάρχουν αποδείξεις πως οι άνθρωποι άλεθαν τα σκληρά δημητριακά εδώ και 8000 χρόνια. (Carpelli κ.ά.,



Εικόνα 20 Μυλόπετρα Νεολιθικής εποχής
(<https://www.museumbreadhistory.gr/>)

2020)

Στην αρχή πρωτόγονοι πολιτισμοί χρησιμοποιούσαν για την διάσπαση ένα είδους γουδιού με γου-



Εικόνα 21 Ειδώλιο, γυναίκα που φουρνίζει (5ος αιώνας π.Χ.)(<https://www.museumbreadhistory.gr/>)

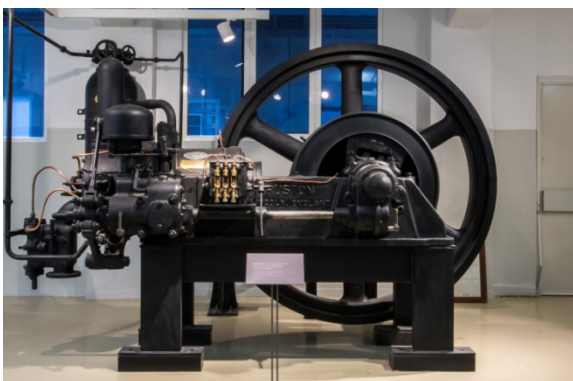
δοχέρι, το οποίο με τα συνεχή χτυπήματα έσπαζε τους κόκκους των δημητριακών διαχωρίζοντας το ενδοσπέρμιο από το πίτυρο. Μετέπειτα τοιχογραφίες στην Αίγυπτο καθώς και ευρήματα στον ελλαδικό χώρο αποδεικνύουν πως υπήρχε γνώση για την άλεση με την χρήση δύο πετρών, καθώς και για την Παρασκευή ψωμιού.

Έπειτα γύρω στο 800 π.Χ. ξεκίνησαν να εφαρμόζονται οι μυλόπετρες, και συγκεκριμένα το quern. Το quern πρόκειται για δύο οριζόντιες κυκλικές πέτρες η μία τοποθετημένη πάνω στην άλλη με την πάνω πέτρα να μπορεί να περιστρέφεται ενώ η κάτω παραμένει σταθερή. Μεταξύ των δύο πετρών υπάρχει μικρό κενό. Οι πέτρες περιστρέφονταν με το χέρι και αργότερα όταν για λόγους απόδοσης οι πέτρες έγιναν μεγαλύτερες, χρησιμοποιήθηκαν ζώα για την περιστροφή τους. (Roberts, 1991)



Εικόνα 22 Quern (<https://www.museumbreadhistory.gr/>)

Με το πέρασμα των χρόνων και την ανάπτυξη της τεχνολογίας η διαδικασία της άλεσης μηχανοποιήθηκε. Πρώτα με την χρήση ανέμου και νερού, αναλόγως της τοποθεσίας του μύλου και έπειτα με την χρήση πετρελαιομηχανών.



Εικόνα 24 Ντιζελομηχανή (<https://loulismuseum.gr/>)



Εικόνα 23 Ανεμόμυλοι

Με την βιομηχανική επανάσταση άλλαξε και ο τρόπος άλεσης των σιτηρών. Πλέον ο σίτος δεν αλεθόταν σε πετρόμυλους αλλά σε κυλινδρόμυλους και βέβαια ο εξοπλισμός έχει αναβαθμιστεί πολύ στην σύγχρονη εποχή με σκοπό την εξασφάλιση καλύτερης ποιότητας προϊόντων και μεγαλύτερη απόδοση άλεσης. (Λουκάς, 2021)

Κεφάλαιο 4. Ποιοτικός έλεγχος σιτηρών και αλεύρων

4.1 Σιτηρά και άλευρα

Σύμφωνα με τον Juran ένα προϊόν θεωρείται ποιοτικό όταν ικανοποιεί τους πελάτες καθώς τα χαρακτηριστικά του προϊόντος ανταποκρίνονται στις ανάγκες των καταναλωτών. (Juran & Godfrey, 1999).

Έτσι και στην προκειμένη περίπτωση ο σίτος πρέπει να ικανοποιεί τις ανάγκες των μυλωνάδων ώστε μετέπειτα το παραγόμενο αλεύρι να μπορεί να αποδώσει στην επεξεργασία για την Παρασκευή των τελικών προϊόντων που θα καλύπτουν τις απαιτήσεις των καταναλωτών. Επίσης πρέπει το προϊόν να εναρμονίζεται με την νομοθεσία. Για αυτούς τους λόγους πραγματοποιείται ποιοτικός έλεγχος στα αλεύρα ώστε να διαπιστωθεί η καταλληλότητά τους. Παρακάτω θα αναφερθούν κάποιες από τις δοκιμές στις οποίες υπόκειται, σε ένα εξειδικευμένο εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου, ο σίτος και τα άλευρα.

4.2 Δειγματοληψία σιταριού και προϊόντων του

Σύμφωνα με την ΕΕ για το σίτο η ελάχιστη ποσότητα δείγματος σιταριού είναι 1 kg.

Η δειγματοληψία απαιτεί τον κατάλληλο εξοπλισμό και την κατάλληλη προετοιμασία και σχεδιασμό. Τα όργανα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι η απλή σέσουλα, ο δειγματολήπτης ζώνης και ο δειγματολήπτης Nobbe.

1. **Σέσουλα δειγματοληψίας:** κατασκευάζεται από πλαστικό (PP) ή μέταλλο (ανοξείδωτο χάλυβα) ώστε να είναι εύκαμπτη. Έχει σκληρή λαβή και ο συνήθης όγκος δείγματος είναι 50-800 g



Εικόνα 25 Σέσουλα



Εικόνα 26 Δειγματολήπτης Ζώνης

2. **Δειγματολήπτης ζώνης:** πρόκειται για ένα μεταλλικό όργανο δειγματοληψίας μήκους από 50 έως 250 cm. Ουσια-

στικά ο κορμός του έχει ανοίγματα στα όποια εισέρχεται το δείγμα. Χρησιμοποιείται για την δειγματοληψία σε χύμα προϊόντα, σε προϊόντα που βρίσκονται μέσα σε μεγάλους σάκους και σε προϊόντα που είναι αποθηκευμένα σε σιλό. Η χρήση του είναι σχετικά εύκολη καθώς πραγματοποιούνται εγκάρσια δειγματοληψία εισάγοντας το κατάλληλο μήκος δειγματολήπτη στο υλικό. Πλεονέκτημα του δειγματολήπτη είναι πως μπορεί κανείς να λάβει ταυτόχρονα δείγματα από διαφορετικά βάθη, ελέγχοντας έτσι εύκολα την ομοιογένεια των δειγμάτων.

3. Δειγματολήπτης Nobbe: χρησιμοποιείται για οριζόντια δειγματοληψία. Πρόκειται για έναν μυτερό σωλήνα με ένα ωοειδές άνοιγμα, μικρού σχετικά μήκους. Χρησιμοποιείται για την δειγματοληψία σε σάκους. (Λάζου & Λάζος, 2020)

Έπειτα από την δειγματοληψία τα δείγματα τοποθετούνται σε περιέκτες έως την ανάλυση τους. Συνήθως χρησιμοποιούνται πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών (με ή χωρίς ετικέτα) ή πλαστικές φιάλες διαφόρων μεγεθών. (Δειγματοληψία: Μη συσκευασμένοι σπόροι και σπέρματα - SAMANCTA, χ.χ.)

4.2.1 Δειγματοληψία δημητριακών από σάκους

Συμφωνά με τον αριθμό των σάκων η ΕΕ έχει θέσει ελάχιστα όρια για τον αριθμό των δειγμάτων. Έτσι:

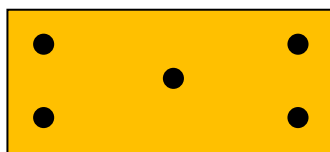
- Για 1-20 σάκους: πρέπει να λαμβάνετε δείγμα από όλα τα σακιά, από τρία διαφορετικά σημεία (πάνω και κάτω μέρος και μέση)
- Για 21-1000 σάκους: πραγματοποιείται δειγματοληψία από το 6% των σάκων της παρτίδας, σε τρία σημεία (πάνω και κάτω μέρος και μέση)
- Για περισσότερους από 1000 σάκους: πραγματοποιείται δειγματοληψία από το 3% των σάκων της παρτίδας σε τρία σημεία (πάνω και κάτω μέρος και μέση). (Λάζου & Λάζος, 2020) (ΤΣΙΑ-ΡΑΣ, 1996)

4.2.2 Δειγματοληψία δημητριακών από οχήματα και δοχεία αποθηκεύσεως (δειγματοληψία από προϊόντα χυδών)

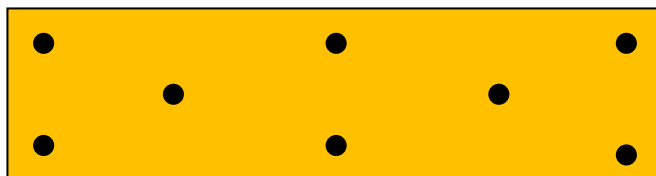
Τα προϊόντα χυδών μεταφέρονται χωρίς συσκευασία, έτσι λαμβάνεται δείγμα από 3 η περισσότε-

ρα σημεία του φορτίου, ανάλογα με το μέγεθος του φορτίου. Συγκεκριμένα:

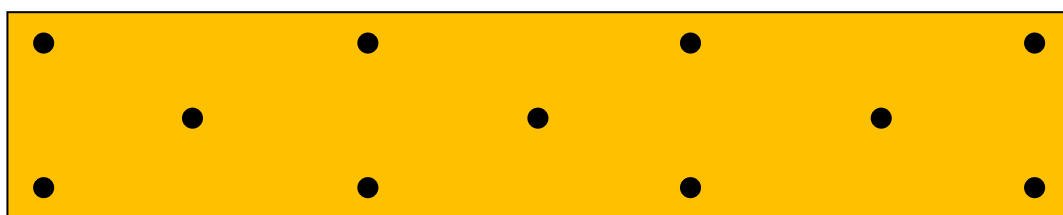
- Για φόρτια έως 15 τόνους: πραγματοποιείται δειγματοληψία από 5 σημεία.



- Για φορτία 15-30 τόνους: πραγματοποιείται δειγματοληψία από 8 σημεία.



- Για φορτία 30-50 τόνους: πραγματοποιείται δειγματοληψία από 11 σημεία. (Μέθοδοι δειγματοληψίας για διάφορους τύπους εμπορευμάτων - SAMANCTA, χ.χ.) (Λάζου & Λάζος, 2020)



Το συνολικό δείγμα λαμβάνεται από την ανάμιξη των επιμέρους δειγμάτων.

4.2.3 Δειγματοληψία αλεύρου

Σύμφωνα με τον κώδικα τροφίμων και ποτών η ελάχιστη ποσότητα δείγματος για την εξέταση αλεύρου είναι 250g. Τα δοχεία στα οποία θα τοποθετηθεί το δείγμα πρέπει να είναι ευρύστομα, καθαρά και ξηρά, επαρκούς μεγέθους και να σφραγίζονται ώστε να διασφαλίζουν το δείγμα.

Η δειγματοληψία αλεύρου από σάκους γίνεται ανάλογα με τον αρχικό αριθμό σάκων. Συγκεκριμένα:

- Μέχρι 5 σάκους εξετάζονται όλοι
- Μέχρι 20 σάκους εξετάζονται οι 7
- Μέχρι 50 σάκους εξετάζονται οι 8
- Μέχρι 100 σάκους εξετάζονται οι 10
- Μέχρι 500 σάκους εξετάζονται οι 20

- Για άνω των 500 σάκων εξετάζονται το 5% αυτών.

Για την σωστή δειγματοληψία λαμβάνουμε δείγμα από το πάνω και κάτω μέρος καθώς και από την μέση του σάκου. (107-iss1.pdf, χ.χ.)

4.3 Περιτροφικός μύλος Brabender



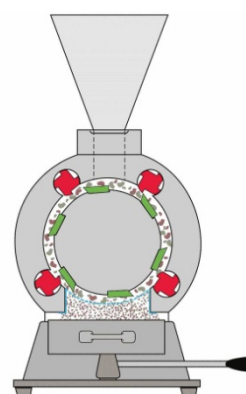
Εικόνα 27 Περιτροφικός μύλος Brabender

Πρόκειται για ένα είδος σφυρόμυλου. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή αλέσματος από ένα δείγμα σίτου. Είναι απαραίτητος στο εργαστήριο καθώς για τα πειράματα και τις δοκιμές του σιτάρι απαιτείται άλεσμα.

Στο άνω μέρος του περιστροφικού μύλου Brabender υπάρχει η χοάνη τροφοδοσίας, ενώ στο κάτω μέρος του ένα μεταλλικό κόσκινο και το δοχείο του αλέσματος.

Ο περιστροφικός μύλος στο εσωτερικό του περιέχει έναν περιστροφέα ο οποίος στην επιφάνεια του έχει έξι μαχαίρια. Επίσης στην εσωτερική επιφάνεια του θαλάμου υ-

πάρχουν τέσσερα ακόμα. Όταν λειτουργεί ο μύλος ο περιστροφέας περιστρέφεται με 700 στροφές ανά λεπτό έτσι τα μαχαίρια του περνάνε σε πολύ κοντινή απόσταση από τα ακίνητα μαχαίρια του θαλάμου, αλευροποιώντας το σιτάρι. Όταν τα σωματίδια αποκτήσουν το κατάλληλο μέγεθος περνούν το κόσκινο και «πέφτουν» στο δοχείο με το άλεσμα. (Nasir, 2005)



Εικόνα 28 Δομή περιστροφικού μύλου Brabender (<https://www.directindustry.com/>)

4.4 Προσδιορισμός υγρασίας

Η υγρασία είναι μια σημαντική παράμετρος που πρέπει να ελέγχεται τόσο στο αλεύρι όσο και στο σιτο που πρόκειται να αλεσθεί. Σύμφωνα με τον κώδικα τροφίμων και ποτών (άρθρο 100, παράγραφος 8) το ανώτατο επιτρεπτό όριο υγρασίας για



Εικόνα 29 Θερμοζυγός Brabender

το αλεύρι είναι 13,5% για την καλοκαιρινή περίοδο, δηλαδή από 15 Ιουνίου έως και 15 Σεπτεμβρίου, και 14% για την χειμερινή περίοδο, από 16 Σεπτεμβρίου έως 14 Ιουνίου του επόμενου χρόνου (F23657_ *odigos alevromyloi.pdf*, χ.χ.) επίσης για καλύτερη απόδοση στην άλεση η υγρασία του σίτου πρέπει να είναι 15,5-17% για τα σκληρά σιτάρια και 14-15,5% για τα μαλακά σιτάρια.

Η υγρασία μπορεί να μετρηθεί με πολλούς τρόπους. Μια γρήγορη σχετικά μέθοδος για τον προσδιορισμό της υγρασίας είναι με τον θερμοζυγό Brabender. Ο θερμοζυγός Brabender πρόκειται για έναν κλίβανο που έχει ενσωματωμένη ζυγαριά, έτσι μπορεί να δώσει το ποσοστό της υγρασίας του δείγματος χωρίς να πρέπει να μετακινηθεί το δείγμα. Πλεονέκτημα αποτελεί πως η συσκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση 10 δειγμάτων ταυτόχρονα. Η ξήρανση πραγματοποιείται στους 130°C και διαρκεί 1 ώρα.

Συγκεκριμένα στα ειδικά μεταλλικά τριβλία ζυγίζουμε 10g δείγματος, τα οποία έπειτα τοποθετούνται στην συσκευή Brabender που έχει θερμοκρασία 130°C οπότε παραμένουν για 1 ώρα. Έπειτα το δείγμα ζυγίζεται αυτόματα και η % περιεκτικότητα υγρασία αναγράφεται στην φωτεινή κλίμακα. (ΤΣΙΑΡΑΣ, 1996)

Η επίσημη μέθοδος προσδιορισμού της υγρασίας αποτελεί μια πιο ακριβή μέθοδο. Συγκεκριμένα πραγματοποιείται ξήρανση σε κλίβανο. Πριν και μετά την ξήρανση τα δείγματα ζυγίζονται σε αναλυτικό ζυγό. Από την απώλεια βάρους υπολογίζεται η της % περιεκτικότητα σε υγρασία. Συγκεκριμένα η υγρασία υπολογίζεται:

Έχουμε:

1. $M_{(\text{φιαλιδίου})}$
2. $M_{(\text{φιαλιδίου} + \text{νωπό τροφ})}$
3. $M_{(\text{φιαλιδίου} + \text{ξηρό τροφ})}$

Οπότε προκύπτει:

- $M_{(\text{νωπού τροφ})} = M_{(\text{φιαλιδίου} + \text{νωπό τροφ})} - M_{(\text{φιαλιδίου})}$
- $M_{(\text{υγρασίας})} = M_{(\text{φιαλιδίου} + \text{νωπό τροφ})} - M_{(\text{φιαλιδίου} + \text{ξηρό τροφ})}$

Η επί % υγρασία υπολογίζεται από απλή μέθοδο των τριών. Έτσι έχουμε:

$$X = \frac{M_{\text{υγρ}}}{M_{(\text{νωπου τροφ})}} \times 100 \text{ (Bradley, 2010)}$$



Εικόνα 30 Κλίβανος ξηρανσης τροφίμων

4.5 προσδιορισμός αριθμού πτώσεως (FALLING NUMBER)

Ο αριθμός πτώσεως πρόκειται για μια ισοδοελαστική μέτρηση που πραγματοποιείται τόσο στο σιτο όσο και στο αλεύρι. Βασίζεται στην ταχεία ζελατινοποίηση ενός μείγματος αλεύρου ή αλέσματος με νερού με την χρήση υψηλών θερμοκρασιών. Με τον αριθμό πτώσεως εξετάζεται η δραστικότητα του ενζύμου α -αμυλάση και επομένως η αποικοδόμηση του αμύλου στα δημητριακά και τα προϊόντα τους. (Mares & Mrva, 2008)

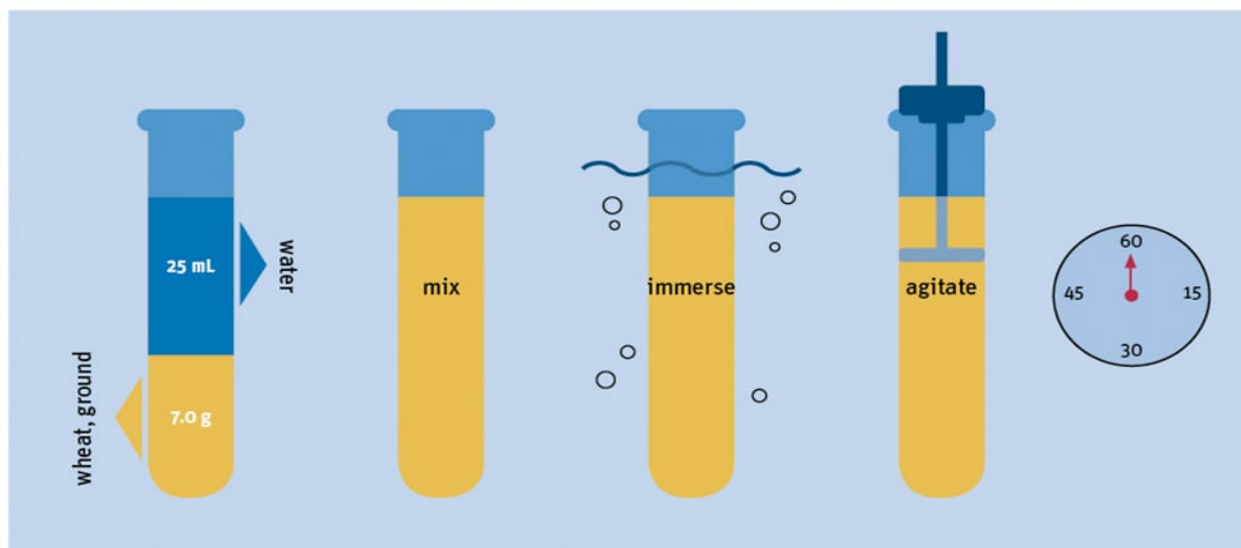
Για την μέτρηση του falling number χρησιμοποιείται ειδικός εξοπλισμός, η ίδια η συσκευή falling number καθώς και συγκεκριμένοι δοκιμαστικοί σωλήνες. Η μηχανή του αριθμού πτώσεως αποτελείται από ένα υδατόλουτρό, που περιέχει νερό σε θερμοκρασία πλησίον του βρασμού, από έναν κινητήρα που θα δώσει κίνηση σε ένα έμβολο καθώς και από ένα χρονόμετρο.

Εντός του δοκιμαστικού σωλήνα προστίθεται 7,0 g αλεύρου ή αλέσματος και 25 ml αποσταγμένου νερού. Ο δοκιμαστικός σωλήνας σφραγίζεται και ανακινείται με σκοπό να πραγματοποιηθεί η ανάμιξη νερού με άλευρο. Έπειτα τοποθετείται ένα έμβολο στο σωλήνα το οποίο συνδέεται στην συσκευή του falling number.

Ύστερα από 5 sec το έμβολο ξεκινά να κινείται «πάνω- κάτω» αναδεύοντας το περιεχόμενο του δοκιμαστικού σωλήνα για 55 sec. Στο τέλος αυτό το έμβολο απελευθερώνεται από την κορυφή και μετράται ο χρόνος έως το έμβολο να φτάσει στον πυθμένα. Ο χρόνος αυτός (μαζί με τα 60 sec της ανάδευσης) εκφρασμένος σε δευτερόλεπτα αποτελούν τον αριθμό πτώσεως (FN). (Hu κ.ά., 2022)



Εικόνα 31 Συσκευή Falling Number



Source: Canadian Grain Commission | CANADIAN GRAIN COMMISSION/RAELENE HOLTH GRAPHIC

Εικόνα 32 Προσδιορισμός αριθμού πτώσεως (<https://www.producer.com/>)

Ο αριθμός πτώσης είναι ανάλογος του ιξώδους και αντιστρόφως ανάλογος της αμυλασικής δράσης. Έτσι μεγάλος αριθμός πτώσης, δηλαδή $FN > 300s$, αποδεικνύει μικρή ενζυμική δράση στο σιτάρι. Ενώ αντίθετα μικρή τιμή FN αντιστοιχεί σε μεγάλη αμυλασική δράση. (Codină κ.ά., 2012)

4.6 Ρεολογικές μετρήσεις ζυμαριών

Η ρεολογία και οι ρεολογικές μετρήσεις των ζυμαριών θεωρούνται βασικό εργαλείο για την αξιολόγηση της ποιότητας των αλεύρων. Η ρεολογία μελετά την παραμόρφωση και την ροή της ύλης όταν σε αυτή εφαρμόζεται κάποια καταπόνηση. (Amjid κ.ά., 2013)

Στα εργαστήρια ποιότητας δημητριακών χρησιμοποιούνται εμπειρικές μέθοδοι δοκιμής, μέθοδοι δοκιμής δηλαδή που χρησιμοποιούν εμπειρικές μονάδες για την μέτρηση τους και όχι μονάδες του SI. Για τις δοκιμές αυτές έχουν αναπτυχθεί ειδικές συσκευές. Τέτοιες συσκευές είναι ο φαρινογράφος, με τον οποίο βγάζουμε συμπεράσματα για την συμπεριφορά της ζύμης κατά την διάρκεια της ανάμιξης και του ζυμώματος. Ο εξτενσιογράφος και ο αλβεογράφος παρέχουν πληροφορίες για τις ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού.. (Hadnađjević κ.ά., 2011)

4.6.1 Φαρινογράφος

Ο Φαρινογράφος πρόκειται για ένα από τα βασικά όργανα σε ένα εργαστήριο ελέγχου ποιότητας αλεύρων, η χρησιμότητά του είναι



Εικόνα 33 Φαρινογράφος

παγκοσμίως αναγνωρισμένη. Ουσιαστικά τα αποτελέσματα του φαρινογράφου είναι μια «μέθοδος επικοινωνίας» μεταξύ των μύλων και των αρτοποιιών.

Ο Φαρινογράφος καταγράφει την μηχανική αντοχή της ζύμης στην ανάμιξη καθώς και την ικανότητα απορρόφησης νερού του αλεύρου, έτσι μπορεί κανείς να προβλέψει την συμπεριφορά ενός αλεύρου κατά την παραγωγή ψωμιού. Το όργανο αποτελείται από το δοχείο ανάμιξης, το οποίο μπορεί να είναι χωρητικότητας 50g ή 300g, από ένα ζευγάρι σιγμοειδών βραχιόνων, από έναν θερμοστάτη καθώς η δοκιμή στον φαρινογράφο πρέπει να πραγματοποιείται σε σταθερή θερμοκρασία 30°C., από το καταγραφικό από έναν αποσβεστήρα ταλαντώσεων, μια ειδική προχοίδα και ένα δυναμόμετρο

Κατά την δοκιμή του φαρινογράφου αναμιγνύονται ανάλογος το δοχείο ανάμιξης 50g ή 300g αλεύρου, με υγρασία 14%, με μια ποσότητα αποσταγμένου νερού, ικανή να προσφέρει μια συγκεκριμένη συνεκτικότητα 500BU (Brabender units). Κατά την διάρκεια της ανάμιξης μετράται από το δυναμόμετρο η δύναμη που απαιτούν οι δύο βραχίονες να περιστραφούν με σταθερή ταχύτητα. Η αντίσταση του ζυμαριού στην ανάμιξη καταγράφεται σε ένα διάγραμμα συνάρτηση του χρόνου που ονομάζεται φαρινογράφημα. Από την μελέτη ενός φαρινογραφήματος μπορεί κανείς να εκτιμήσει ορισμένες παραμέτρους. (D'Appolonia & Kunerth, 1984)

Αρχικά το βασικότερο χαρακτηριστικό που μετράτε με τον φαρινογραφο είναι η απορρόφηση νερού. Η **απορρόφηση νερού (water absorption)** πρόκειται για την ποσότητα νερού, εκφρασμένη σε ποσοστό (%), που απαιτείται ώστε το φαρινογράφημα να έχει μέγιστη συνεκτικότητα 500BU (± 20 BU). Η απορρόφηση νερού μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους αρτοποιούς ως το ποσό νερού που απαιτείται για την άριστη επεξεργασία του αλεύρου. Με βάση την απορρόφηση νερού μπορούμε να κατατάξουμε τα αλεύρια. Γενικά μικρή απορρόφηση νερού και συγκεκριμένα >55% είναι δείγμα κακής ποιότητας αλευριού και αδύναμου αλεύρου. Αλεύρι με απορρόφηση νερού 55-60% θεωρείται αλεύρι μέτριας δύναμης. Δυνατό θεωρείται ένα άλευρο με απορρόφηση νερού 60-63% ενώ αν το ποσοστό είναι μεγαλύτερο από 63% το αλεύρι χαρακτηρίζεται ως πολύ δυνατό

Μια άλλη παράμετρος που υπολογίζεται από το φαρινογράφημα είναι ο **χρόνος άφιξης (arrival time)**. Ο χρόνος άφιξης εκφράζεται σε λεπτά και πρόκειται για τον χρόνο που απαιτείται ώστε η καμπύλη να λάβει για πρώτη φορά την τιμή 500 BU.

Από την άλλη ο **χρόνος αναχώρησης (departure time)** πρόκειται για τον χρόνο εκφρασμένο σε λεπτά που απαιτείται ώστε η καμπύλη του φαρινογραφήματος να είναι κάτω από την τιμή 500 BU.

Από τον χρόνο αναχώρησης και έπειτα το ζυμάρι αρχίζει να χάνει την συνεκτικότητα του.

Αφαιρώντας τον χρόνο αναχώρησης με τον χρόνο άφιξης λαμβάνουμε την **σταθερότητα (stability)**. Η σταθερότητα δίνει πληροφορίες για τον χρόνο ανάμιξης που πρέπει να εφαρμόζεται ώστε να μην υπάρξει κατάρρευση του ζυμαριού. Επίσης η σταθερότητα θεωρείται μια καλή ένδειξη της δύναμης του αλεύρου. Έτσι αν έχουμε μεγάλη σταθερότητα, $stability > 10$, το αλεύρι είναι πολύ δυνατό. Αντίθετα μικρή τιμή σταθερότητας, $stability < 3$, δείχνει αδύναμο αλεύρι. Ενδιάμεσες τιμές αποδεικνύουν άλευρο μέσης δύναμης.

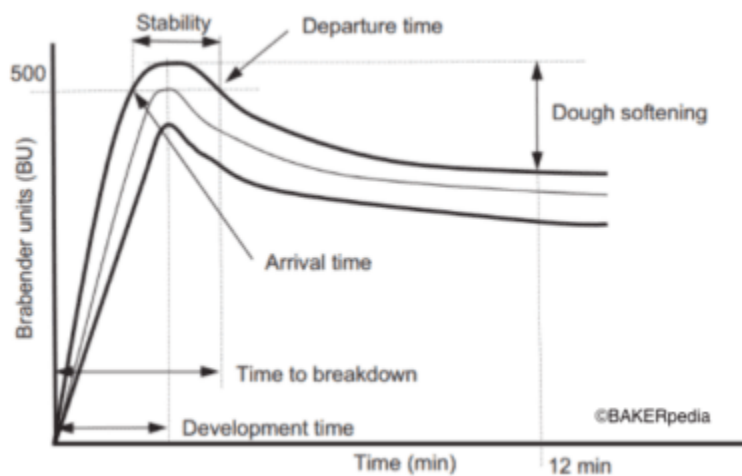
Ο χρόνος έως να καταγραφεί το μέγιστο στο φαρινογράφημα ονομάζεται **χρόνος ανάπτυξης (development time)** και εκφράζεται σε λεπτά. Ο χρόνος αυτός χρησιμοποιείται από τους αρτοποιούς, καθώς θεωρείται ο βέλτιστος χρόνος ανάμιξης. Οι μυλωνάδες από την άλλη μεριά βγάζουν συμπεράσματα για την δύναμη του αλεύρου. Αλεύρι με Χρόνο ανάπτυξης $< 2,5$ min θεωρείται αδύναμο ενώ αλεύρι με χρόνο ανάπτυξης > 14 min πολύ δυνατό.

Άλλη μια παράμετρος που καταδεικνύει την σταθερότητα του ζυμαριού είναι ο **δείκτης αντοχής στην ανάμιξη (MTI)** πρόκειται για την διαφορά της τιμής των μονάδων BU από το μέγιστο και 5 λεπτά ύστερα από τον χρόνο ανάπτυξης. $MTI > 100$ δείχνει αδύναμο η κακής ποιότητας αλεύρι ενώ $MTI < 10$ αποδεικνύει καλής ποιότητας και δυνατό αλεύρι. (Bock & Don, 2022)

4.6.3 Αλβεογράφος

Ο αλβεογράφος επινοήθηκε από τον Marcel Chopin το 1920. Ο αλβεογράφος πρόκειται για ένα εμπειρικό όργανο με το οποίο μπορούν σχετικά εύκολα να βγουν συμπεράσματα για την δύναμη του αλεύρου και την καταλληλότητα του για διαφορές χρήσεις.

Το όργανο αποτελείται από ένα ζυμωτήριο, μια προχοίδα, το τμήμα σχηματισμού φυσαλίδας, και από ένα μανόμετρο συνδεδεμένο με καταγραφικό μηχάνημα. Το όργανο διαθέτει επίσης θερμοστάτη ώστε να διατηρείται η θερμοκρασία σταθερή στους 25°C με την βοήθεια κυκλοφορίας νερού.



Εικόνα 34 Μορφή φαρινογραφήματος

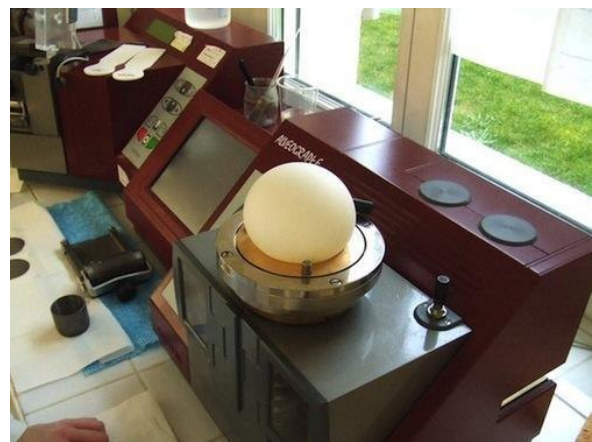
(Dubois κ.ά., 2016)

Κατά την δοκιμή στον αλβεογράφο παρασκευάζεται στο ζυμωτήριο ζυμάρι με την ανάμιξη 250g αλεύρου και διαλύματος νερού με αλάτι περιεκτικότητας 2,5% σε ανάλογη ποσότητα με την υγρασία του αλεύρου. Ο συνολικός χρόνος ανάμιξης στο ζυμωτήριο είναι 7 λεπτά. Έπειτα από μια μικρή έξοδο στο πλευρό του ζυμωτηρίου εξωθείται η ζύμη και κόβονται πέντε παρόμοια τεμάχια. Τα τεμάχια αυτά διαμορφώνονται σε πέντε λεπτούς δίσκους με την βοήθεια ειδικού εξοπλισμού.

Ύστερα οι δίσκοι αφήνονται στον θάλαμο ανάπαυσης σε σταθερή θερμοκρασία 25°C για 20 λεπτά. Τέλος μετά το πέρας του χρονικού διαστήματος των 20 λεπτών ο δίσκος καταλήγει στο τμήμα σχηματισμού φυσαλίδας όπου εμφυσείται αέρας κάτω από τον δίσκο με αποτέλεσμα τον σχηματισμό μιας φούσκας. Ο αλβεογράφος μετρά και καταγράφει την πίεση εντός της φούσκας έως την στιγμή που θα «σπάσει», σχηματίζοντας ένα διάγραμμα που ονομάζεται αλβεογράφημα. Από τους πέντε δίσκους δημιουργούνται πέντε διαγράμματα και ακόμα ένα που αντιπροσωπεύει την μέση τιμή των υπολοίπων. (Agyare κ.ά., 2005)

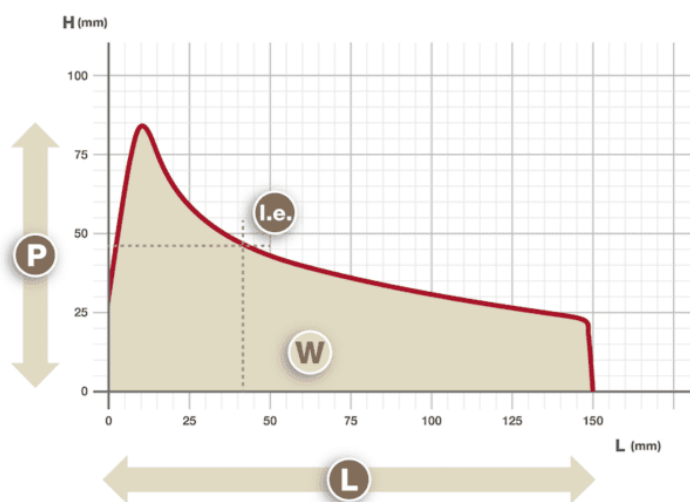
Από το αλβεογράφημα μπορούν να υπολογιστούν πολλοί παράμετροι. Συγκεκριμένα:

- Μέγιστη υπερπίεση (P): πρόκειται για την δύναμη που απαιτείται για την διόγκωση και έπειτα για την διάσπαση της φούσκας. Πρακτικά δίνει πληροφορίες για την αντοχή του ζυμαριού. Υπολογίζεται από το μέγιστο ύψος (H) του αλβεογραφήματος, μετρημένο σε mm και πολλαπλασιασμένο με τον συντελεστή 1,1 ($P = H \times 1.1$)
- Τιμή L: ονομάζεται διαφορετικά μέση τετμημένη έως την ρήξη. Πρόκειται για το οριζόντιο μήκος της καμπύλης του αλβεογραφήματος, εκφρασμένο σε mm, από την έναρξη δηλαδή του φουσκώματος έως την ρήξη της φυσαλίδας, όταν δηλαδή παρατηρείται απότομη πτώση πίεσης. η μέση τετμημένη ως την ρήξη μετράται σε mm και είναι μέτρο για την εκτατότητα του ζυμαριού.
- Δείκτης διόγκωσης (G): ορίζεται ως ο όγκος του αέρα (μετρημένο σε ml) που απαιτείται για την ρήξη της φούσκας. Ο δείκτης διόγκωσης πρόκειται επίσης για μέτρο εκτασιμότητας της ζύμης. Το G μπορεί να υπολογισθεί από την τιμή L με την χρήση του τύπου $G = 2.22 \times \sqrt{L}$



Εικόνα 35 Σχηματισμός φυσαλίδας στον αλβεογράφο

- Ενέργεια παραμόρφωσης (W): αντιπροσωπεύει την ενέργεια που απαιτείται για την διόγκωση του ζυμαριού έως την στιγμή της ρήξης. Το W πρακτικά υπολογίζεται από το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη του αλβεογραφήματος και μετράται σε $10^{-4}J$. Η ενέργεια παραμόρφωσης θεωρείται δείκτης της δύναμης και της αντοχής του αλεύρου. Χρησιμοποιείται στην αλευροβιομηχανία για τον διαχωρισμό των αλεύρων σε ποικιλίες για διαφορετική χρήση ανάλογος της δύναμης τους. Το W εξαρτάται επίσης από την ποσότητα και την ποιότητα της γλουτένης, άρα μπορεί να θεωρηθεί και ένας δείκτης ισχύος της γλουτένης.
- Δείκτης διαμορφώσεως (P/L): είναι ο λόγος μεταξύ της μέγιστης υπερπίεσης (P) και της τεταμένης έως την ρήξη (L). Η αναλογία είναι ένα ισοζύγιο μεταξύ της δύναμης και της εκτασιμότητας του ζυμαριού. Από το P/L μπορεί να προβλεφθεί το σχήμα του αλβεογραφήματος. Γενικά ισχύει πως το υψηλό P/L υποδηλώνει μια ανθεκτική και μη εκτάσιμη ζύμη, ενώ το χαμηλό P/L υποδηλώνει μια αδύναμη και διογκώσιμη ζύμη. (Jødal & Larsen, 2021)



Εικόνα 36 Μορφή αλβεογραφήματος

4.6.4 Εξτενσιογράφος

Ο Εξτενσιογράφος είναι ένα όργανο το οποίο λειτουργεί συμπληρωματικά με τον φαρινογράφο, παρέχοντας επιπλέον πληροφορίες για τις ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού. Συγκεκριμένα με τον εξτενσιογράφο λαμβάνουμε πληροφορίες για την εκτατότητα και την αντοχή του ζυμαριού στην επιμήκυνση. Κατά αυτόν τον τρόπο απορρέουν συμπεράσματα για την ποσότητα αλλά και για την ποιότητα της γλουτένης.

Για την μέτρηση στον εξτενσιογράφο πρώτα παρασκευάζεται ζύμη στο ζυμωτήριο του φαρινογράφου. Η ανάμιξη διαρκεί 5 λεπτά. Η σύσταση του ζυμαριού είναι 300 g αλεύρου (υγρασίας 14%), αλάτι 2% με βάση το βάρος του αλεύρου (επομένως 6g) και νερό με σκοπό η ζύμη να έχει συνεκτικότητα 500FU.

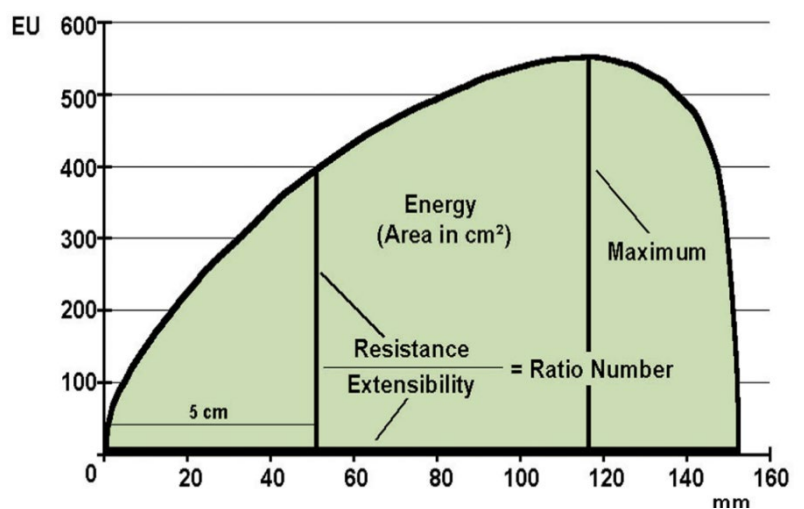


Εικόνα 37 Εξτενσιογράφος και τέντωμα ζυμαριού στον εξτενσιογράφο (<https://www.ireks-kompendum.com/en/>)

Έπειτα το ζυμάρι χωρίζεται σε δύο τμήματα, 150g το καθένα και με την χρήση δύο ειδικών τμημάτων του εξτενσιογράφου, μορφοποιείται πρώτα σε σφαιρικό σχήμα και αμέσως μετά κυλινδροποιείται. Στην συνέχεια τα κυλινδρικά ζυμάρια περνούν στον θάλαμο ωρίμανσης για 45 min. Ο εξτενσιογράφος είναι εξοπλισμένος με τρεις θαλάμους ωρίμανσης, οι οποίοι έχουν σταθερή θερμοκρασία 30°C και σταθερή υγρα-

σία. Αφού περάσει ο χρόνος ωρίμανσης το κυλινδρικό τεμάχιο ζυμαριού τοποθετείται ανάμεσα σε ειδικούς σφικτήρες και η συσκευή τίθεται σε λειτουργία. Ένα άγκιστρο το οποίο περνά από το μέσο του κυλινδρικού τεμαχίου τεντώνει το ζυμάρι έως ότου το ζυμάρι κοπεί. Το άγκιστρο κινείται με σταθερή ταχύτητα. Με την χρήση καταγραφικού μηχανισμού καταγράφονται η αντίσταση του ζυμαριού, σε αυθαίρετες μονάδες (EU), και η εκτατότητα σε mm σχηματίζοντας ένα διάγραμμα, που ονομάζεται Εξτενσιογράφημα. Λόγω της σταθερής ταχύτητας του αγκίστρου η εκτατότητα είναι ανάλογη του χρόνου. Η ίδια διαδικασία πραγματοποιείται κ για το δεύτερο τεμάχιο ζυμαριού. Έτσι προκύπτουν δύο εξτενσιογραφήματα για χρόνο ωρίμανσης 45 λεπτά. Θεωρητικά τα δύο αυτά διαγράμματα πρέπει να συμπίπτουν.

Ύστερα τα δύο δείγματα ξανά πλάθονται περνάνε πάλι από το τμήμα μορφοποίησης ώστε να αποκτήσουν κυλινδρικό σχήμα και μετά ωριμάζουν στους θαλάμους ωρίμανσης για επιπλέον 45 λεπτά. Έπειτα επαναλαμβάνεται η



Εικόνα 38 Μορφή εξτενσιογραφήματος

διαδικασία του τεντώματος, καταλήγοντας σε ένα διάγραμμα αυτή την φορά για χρόνο ανάπαυσης 90 λεπτά. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μια τελευταία φορά. Έτσι καταλήγουμε σε τρία διαγράμματα για χρόνους ανάπαυσης 45min, 90min και 135 min. (Bennett & Corrock, 1956)

Από την μελέτη του εξτενσιογραφήματος μπορούν να βγουν συμπεράσματα για ορισμένες παραμέτρους οι οποίες είναι χρήσιμες για τους αρτοποιούς και τους μιλωνάδες καθώς δείχνουν να έχουν άμεση σχέση με την διόγκωση του καρβελιού καθώς και με την ποιότητα της ψίχας. (Μίς & Dziki, 2013) Συγκεκριμένα:

- Εκτατότητα (EXT): μετράται σε mm, στον άξονα χ'χ, και πρόκειται για την ολική απόσταση τεντώματός.
- Αντίσταση (R): σε ένα εξτενσιογράφημα μετράται τόσο η μέγιστη αντίσταση (R_{max}), που πρόκειται για την τιμή στο άξονα γ'γ όταν η καμπύλη παρουσιάσει μέγιστο . επίσης μετράται η αντίσταση όταν το ζυμάρι έχει επεκταθεί κατά 50 mm (R_{50}). Η αντίσταση εφόσον αντιπροσωπεύει τιμές στο άξονα γ'γ μετράται στις αυθαίρετες μονάδες εξτενσιογράφου (EU).
- Αναλογία αντιστάσεως προς εκτατότητα (R/E): η αναλογία χρησιμοποιείται ευρέως από τους επαγγελματίες για την ερμηνεία των ιδιοτήτων του αλευριού και την καταλληλότητα του για διάφορες χρήσεις. (Muller κ.ά., 1961)
- Το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη το οποίο αντιπροσωπεύει την δύναμη του αλεύρου.

Κεφάλαιο 5. Πειραματικό μέρος

5.1 Στόχοι και αντικείμενο έρευνας

Σκοπός της εργασίας είναι να μελετηθεί η επίδραση της ποιότητας του σκληρού σιταριού, ως πρώτη ύλη, στην παραγωγή αλευριού. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν δείγματα σίτου και αλεύρου προερχόμενο από το σιτάρι αυτό. Τα δείγματα προέρχονται από ένα τοπικό αλευρόμυλο, που βρίσκεται στο Λυγουρίο Αργολίδος. Τα δείγματα αυτά ελέγχθηκαν και αναλύθηκαν στο εργαστήριο δημητριακών.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση με σκοπό να κατανοηθεί η δομή του κόκκου του σιταριού, η σωστή δειγματοληψία από μια μεγάλη μάζα σίτου και αλευριού, οι διάφοροι τύποι αλεύρων, η λειτουργία ενός αλευρόμυλου καθώς και οι διάφοροι ποιοτικοί έλεγχοι που πραγματοποιούνται στο αλεύρι και το σιτάρι σε ένα εργαστήριο. Έπειτα καταλήξαμε στους ελέγχους που θεωρήθηκαν απαραίτητοι να πραγματοποιηθούν για τον έλεγχο της ποιότητας τόσο της πρώτης ύλης όσο και του τελικού προϊόντος. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκαν: μέτρηση της υγρασίας σε όλα τα δείγματα σίτου και αλεύρου, προσδιορισμός της γλουτένης του σίτου και του αλεύρου, μέτρηση του αριθμού πτώσεως της πρώτης ύλης και του τελικού προϊόντος καθώς και δοκιμή του αλεύρου στον φαρινογραφο.

Παρακάτω θα παρουσιαστούν οι πειραματικές πορείες και τα κεφάλαια των πειραμάτων και τέλος θα αναλυθούν κ θα σχολιαστούν τα αποτελέσματα από όλες τις μετρήσεις.

5.2 Δείγματα

Για την πειραματική πορεία χρησιμοποιήθηκαν τρία δείγματα σίτου καθώς και τα άλευρα που προέρχονται από το αντίστοιχο σίτο. Τα δείγμα ονομάστηκαν δείγμα 1, δείγμα 2 και δείγμα 3.

Στον παρακάτω πίνακα θα αναφερθούν τα δείγματα, οι ημερομηνίες κατά τις οποίες το δείγμα έφτασε στο εργαστήριο καθώς και ο τόπος καλλιέργειας του αντίστοιχου σιταριού.

Πίνακας 2 Δείγματα

Δείγμα	Ημερομηνία άφιξης στο εργαστήριο	Τόπος καλλιέργειας
Δείγμα 1	20/03	Αρκαδία
Δείγμα 2	02/05	Θεσσαλία
Δείγμα 3	15/05	Αρκαδία

Στο σιτάρι του δείγματος 2 πραγματοποιήθηκε τομή των κόκκων με ειδικό κόφτη, ώστε να βρεθεί πιο το ποσοστό των αλευρωδών και υαλωδών κόκκων στην μάζα του. Η δοκιμή αυτή πραγματοποιήθηκε λόγω της διαφοράς χρώματος με τα υπόλοιπα δείγματα.

Συγκεκριμένα ο κόφτης (seed cutter) που χρησιμοποιήθηκε στο εργαστήριο είναι 100 θέσεων. Σε κάθε θέση τοποθετείται και ένας κόκκος και έπειτα κόβονται στην μέση. Πλέον μπορούν εύκολα να αριθμηθούν οι κόκκοι με αλευρώδες εσωτερικό και αυτοί με υαλώδες ενδοσπέρμιο. Στο δείγμα (2) μετρήθηκαν 81 κόκκοι με αλευρώδες εσωτερικό και 19 με υαλώδες. Επομένως το σιτάρι αυτό παραπέμπει κυρίως σε μαλακό σιτάρι.



Εικόνα 39 Κόφτης σιταριού

Πίνακας 3 Ποσοστό υαλωδών και αλευρωδών κόκκων στο δείγμα 2

ΔΕΙΓΜΑ 2

Υαλώδες εσωτερικό	19%
Αλευρώδες εσωτερικό	81%

5.3 Δημιουργία αλέσματος

Όλοι οι έλεγχοι και οι αναλύσεις στο σιτο δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν στους κόκκους του, για αυτό είναι απαραίτητη η παραγωγή αλέσματος ώστε να πραγματοποιηθούν οι παραπάνω δοκιμές. Για την παραγωγή αλέσματος χρησιμοποιήθηκε ο περιστροφικός μύλος Brabender, ο οποίος περιγράφηκε παραπάνω.

Όπως φαίνεται και στην παρακάτω φωτογραφία το άλεσμα διαφέρει ως προς το χρώμα με το αλεύρι, το αλεύρι έχει λευκό χρώμα ενώ το άλεσμα καφετί. Με τον όρο άλεσμα αναφερόμαστε στον κονιορτοποιημένο κόκκο του σίτου, δηλαδή μια σκόνη που εμπεριέχει όλα τα τμήματα του (πίτυρο, ενδοσπέρμιο και φύτρο). Αντίθετα στο αλεύρι το μεγαλύτερο μέρος αποτελείται από το ενδοσπέρμιο του κόκκου.



Εικόνα 40 Δείγματα αλεύρου και αλέσματος

5.4 Προσδιορισμός υγρασίας

Για τον προσδιορισμό της υγρασίας χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι. Προκειμένου να βρεθεί η ακριβής περιεκτικότητα σε υγρασία, καθώς αποτελεί βασικό και αρχικό στάδιο της ανάλυσης του σίτου και του αλευριού, διότι η έκφραση της υγρασίας χρησιμοποιείται στις υπόλοιπες μετρήσεις που πραγματοποιούνται στο εργαστήριο. Συγκεκριμένα οι δύο μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- I. Προσδιορισμός περιεκτικότητας υγρασίας με την πρότυπη μέθοδο ξήρανσης, βασισμένη στο πρωτόκολλο ISO (ISO 712).
- II. Προσδιορισμός περιεκτικότητας υγρασίας με συσκευή Brabender.

5.4.1 Διαδικασία προσδιορισμού υγρασίας με την μέθοδο AACC 44-15.02

Πρόκειται για την πλέον επίσημη μέθοδο προσδιορισμού της περιεκτικότητας υγρασίας των δημητριακών, βασισμένη στο πρωτόκολλο ISO. (DATA, 1976)

Υλικά και εξοπλισμός

1. Δείγματα των αλεύρων καθώς και άλεσμα από τα δείγματα των σιτηρών
2. Αναλυτικός ζυγός με ακρίβεια της τάξης των 0,001g
3. Εργαστηριακός κλίβανος με ικανότητα να διατηρεί την θερμοκρασία στους $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$
4. Κάψες αλουμινίου είτε γυάλινα φιαλίδια με πώμα
5. Εργαστηριακή λαβίδα
6. Γυάλινος ξηραντήρας



Εικόνα 43 Εργαστηριακή λαβίδα



Εικόνα 42 Εργαστηριακός κλίβανος



Εικόνα 41 Γυάλινος ξηραντήρας



Εικόνα 45 Φιαλίδια με πώμα



Εικόνα 44 Αναλυτικός ζυγός

Πειραματική πορεία

- Αρχικά τοποθετούνται οι κάψες αλουμίνιου είτε τα γυάλινα φιαλίδια (ξεχωριστά με το πώμα) στον κλίβανο σε θερμοκρασία άνω των 100°C για 30 min. Έπειτα με την χρήση της εργαστηριακής λαβίδας αφαιρούνται τα σκεύη από τον κλίβανο και τοποθετούνται στον γυάλινο ξηραντήρα για χρονικό διάστημα περίπου 20 min ώστε να αποκτήσουν θερμοκρασία δω-ματίου.
- Με την χρήση της λαβίδας ζυγίζουμε τα άδεια σκεύη και καταγράφουμε τις μάζες τους με ακρίβεια τουλάχιστον δυο δεκαδικών ψηφίων.
- Προσθέτουμε στις κάψες ή στα φιαλίδια περίπου 2g δείγματος και επαναλαμβάνουμε την ζύγιση και καταγράφουμε τις μάζες με ακρίβεια τουλάχιστον δυο δεκαδικών ψηφίων, ζυγίζεται δηλαδή η κάψα μαζί με το δείγμα.
- Χρησιμοποιώντας την λαβίδα τοποθετούνται οι κάψες στον κλίβανο, ο οποίος έχει ήδη προθερμανθεί. Τα δείγματα αφήνονται στον κλίβανο σε θερμοκρασία 130°C για 2 ώρες.
- Με το πέρας των δύο ωρών εξάγονται τα δείγματα από τον κλίβανο και τοποθετούνται στον γυάλινο ξηραντήρα για 30 λεπτά ώστε να ψυχθούν.
- Επαναλαμβάνεται η ζύγιση με τις κάψες που περιέχουν το ξηρό πλέον δείγμα. Σημειώνονται οι μάζες με ακρίβεια τουλάχιστον δυο δεκαδικών ψηφίων.

Χειρισμός αποτελεσμάτων

Από τις ζυγίσεις έχουν καταγράψει τρεις τιμές μάζας.

- m_1 = η μάζα του σκεύους
- m_2 = η μάζα του σκεύους μαζί με την μάζα του νωπού τροφίμου
- m_3 = η μάζα του σκεύους μαζί με την μάζα του ξηρού τροφίμου

Προκύπτουν :

- $m_{(\text{νωπού τροφίμου})} = m_2 - m_1$
- $m_{\text{υγρασίας}} = m_3 - m_2$

Με απλή μέθοδο των τριών μπορεί να προκύψει το ποσοστό υγρασίας. Συγκεκριμένα: (Nielsen, 2010)

$$\%_{\text{υγρασία}} = \frac{m_{\text{υγρασίας}}}{m_{\text{νωπού τροφίμου}}} \times 100$$

5.4.2 Προσδιορισμός υγρασίας με την συσκευή Brabender

Η συσκευή Brabender πρόκειται για ένα είδος θερμοζυγού, έναν κλίβανο δηλαδή που έχει ενσωματωμένο ζυγό. Έτσι το δείγμα ζυγίζεται αυτόματα μετά το πέρας της ξήρανσης και η επί % περιεκτικότητα σε υγρασία εμφανίζεται στην φωτεινή κλίμακα, με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου. Ο θερμοζυγός έχει χωρητικότητα έως και δέκα δειγμάτων.

Υλικά και εξοπλισμός

1. Δείγματα των αλεύρων καθώς και άλεσμα από τα δείγματα των σιτηρών
2. Συσκευή Brabender και ειδικά αλουμινένια τριβλία της συσκευής
3. Ζυγός

Πειραματική πορεία

- Ενεργοποιούμε την συσκευή Brabender και αναμένουμε έως ότου ο κλίβανος φτάσει σε θερμοκρασία 130°C
- Ζυγίζουμε 10g αλεύρου ή αλέσματος στον εργαστηριακό ζυγό, εντός των ειδικών τριβλίων.
- Εισάγουμε το τριβλίο στον κλίβανο σε θερμοκρασία 130°C οπότε και αφήνεται για 1 ώρα.

- Έπειτα από το πέρας της μιας ώρας το δείγμα ζυγίζεται αυτόματα και η περιεκτικότητα της υγρασίας εμφανίζεται στην φωτεινή κλίμακα.



Εικόνα 47 Φωτεινή κλίμακα θερμοζυγού



Εικόνα 46 Θερμοζυγός Brabender

5.4.3 Αποτελέσματα και σχολιασμός αποτελεσμάτων

Πίνακας 4 Υγρασία Δείγμα 1

ΔΕΙΓΜΑ 1		
	ΣΙΤΑΡΙ	ΑΛΕΥΡΙ
ΕΠΙΣΗΜΗ ΜΕΘΟΔΟΣ	8,5%	13,5%
ΣΥΣΚΕΥΗ BRABENDER	9,4%	14,3%

Πίνακας 5 Υγρασία Δείγμα 2

ΔΕΙΓΜΑ 2		
	ΣΙΤΑΡΙ	ΑΛΕΥΡΙ
ΕΠΙΣΗΜΗ ΜΕΘΟΔΟΣ	10,8%	14,6%
ΣΥΣΚΕΥΗ BRABENDER	11,0%	15,1%

Πίνακας 6 Υγρασία Δείγμα 3

ΔΕΙΓΜΑ 3		
	ΣΙΤΑΡΙ	ΑΛΕΥΡΙ
ΕΠΙΣΗΜΗ ΜΕΘΟΔΟΣ	8,3%	13,3%
ΣΥΣΚΕΥΗ BRABENDER	9,0%	14,9%

Παρατηρείται πως οι τιμές της συσκευής Brabender σε όλα τα δείγματα είναι υψηλότερες από αυτές της επίσημης μεθόδου.

Μελετώντας τα αποτελέσματα της επίσημης μεθόδου καταλήγουμε πως το δείγμα 1 και το δείγμα 3 είναι σύμφωνα με τα όρια του ΚΤΠ, ενώ το δείγμα 2 υπερβαίνει το ανώτατο όριο υγρασίας. Υπενθυμίζουμε πως στο άρθρο 100, παράγραφο 8 θέτονται τα όρια υγρασίας στο αλεύρι, συγκεκριμένα το ανώτερο όριο θεωρείται 13,5% για την καλοκαιρινή περίοδο (16/06 – 15/09) και 14,0% κατά την χειμερινή περίοδο (16/09 – 15/06).

5.5 Προσδιορισμός περιεκτικότητας γλουτένης

Η γλουτένη παίζει καθοριστικό ρόλο στον καθορισμό της ποιότητας του σίτου και του αλευριού καθώς προσδίδει σε αυτά ικανότητα απορρόφησης νερού δημιουργώντας ζύμη η οποία χαρακτηρίζεται από συνεκτικότητα και ελαστικότητα. (Wieser, 2007b) Η γλουτένη μπορεί να απομονωθεί από στο ζυμάρι με συνεχή έκπλυση του καθώς έτσι απομακρύνονται το άμυλο και οι υπόλοιπες υδροδιαλυτές πρωτεΐνες που περιέχονται. Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας της γλουτένης είναι απαραίτητος ώστε να κατανοηθεί η ικανότητα του αλεύρου για διάφορες χρήσεις. Γενικά Άλευρα με περιεκτικότητα γλουτένης μεγαλύτερη του 35% παράγουν άρτο με καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (εξωτερική όψη, γεύση και ελαστικότητα) καθώς και με μεγαλύτερο όγκο (Codina κ.ά., 2008).

Στο εργαστήριο η περιεκτικότητα γλουτένης προσδιορίζεται με την μέθοδο AACC 38-10.

Υλικά και εξοπλισμός

1. δείγματα των αλεύρων και άλεσμα από τα δείγματα των σιτηρών
2. γουδί και γουδοχέρι
3. ογκομετρικός κύλινδρος των 20ml
4. νερό δικτύου

5. κόσκινο no 80
6. ζυγός
7. ποτήρι ζέσεως



Εικόνα 49 Γουδί και γουδοχέρι



Εικόνα 48 Εργαστηριακός ζυγός



Εικόνα 51 Ποτήρι ζέσεως



Εικόνα 50 ογκομετρικός κύλινδρος

Πειραματική πορεία

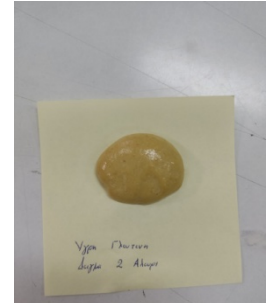
- Αρχικά ετοιμάζονται τα δείγματα αλεύρου και τα δείγματα αλέσματος σίτου.
- Με την χρήση του ζυγού, σε ένα μικρό ποτήρι ζέσεως ζυγίζονται 25 g δείγματος. Με την χρήση του ογκομετρικού κυλίνδρου ογκομετρούνται 15ml νερού.
- Το νερό και το δείγμα αναμιγνύονται στο γουδί με την χρήση του γουδοχειού ώστε να παρασκευαστεί μια συνεκτική σφαίρα ζύμης.
- Η σφαίρα του ζυμαριού αφήνεται για «ξεκούραση» επί 20 λεπτά.
- Έπειτα από το πέρας των 20 λεπτών ξεκινά η διαδικασία της έκπλυσης του ζυμαριού. Χρησιμοποιούμε μια βρύση από την οποία τρέχει συνεχώς νερό. Το κόσκινο έχει τοποθετηθεί κάτω από την βρύση ώστε να αποτρέψει να χαθούν τμήματα του ζυμαριού που πιθανόν να αποκολληθούν κατά την διαδικασία της έκπλυσης. Ουσιαστικά το ζυμάρι μαλάσσετε συνεχώς κάτω από τρεχούμενο νερό. Με αυτό



Εικόνα 52 Σχηματισμός ζυμαριού

τον τρόπο απομακρύνονται το άμυλο, τα πίτυρα που του σιταριού που πιθανόν να υπάρχουν καθώς και τα υπόλοιπα διαλυτά συστατικά. Το νερό το οποίο εξέρχεται από την έκπλυση έχει άσπρο χρώμα λόγο του περιεχόμενου αμύλου

- Η έκπλυση ολοκληρώνεται όταν το νερό το οποίο εξέρχεται από την έκπλυση είναι διαφανές. Το ζυμάρι τότε αφήνεται για μερικά λεπτά και έπειτα συμπιέζεται χειρονακτικά ώστε να απομακρυνθεί η περίσσεια νερού. Η μάζα αυτή του ζυμαριού αποτελεί την γλουτένη.
- Το ζυμάρι έπειτα ζυγίζεται στον ζυγό και καταγράφεται η μέτρηση.
- Με βάση την αναλογία υπολογίζεται το % ποσοστό της υγρής γλουτένης.
Συγκεκριμένα:



Εικόνα 53 Υγρή γλουτένη

Στα 25g αλεύρου περιέχονται (m) g γλουτένης
--

Στα 100g αλεύρου περιέχεται X γλουτένη

Άρα $X = 4m$

Όπου X: η % περιεκτικότητα υγρής γλουτένης

m: η ζύγιση έπειτα από το ξέπλυμα του ζυμαριού

Η περιεκτικότητα της γλουτένης προσδιορίστηκε τόσο στα δείγμα σίτου όσο και στα δείγματα αλεύρου. Σε κάθε ένα από τα δείγματα πραγματοποιήθηκαν τουλάχιστον δύο μετρήσεις με σκοπό τα τελικά ποσοστά περιεκτικότητας γλουτένης να διαφέρουν έως και $\pm 0,5\%$

5.5.1 Αποτελέσματα και σχολιασμός αποτελεσμάτων

Για το δείγμα 1 έχουμε:

Πίνακας 7 Γλουτένη Δείγμα 1

ΔΕΙΓΜΑ 1		
	ΣΙΤΑΡΙ	ΑΛΕΥΡΙ
1^Η ΜΕΤΡΗΣΗ	33,2%	49,6%
2^Η ΜΕΤΡΗΣΗ	33,6%	49,2%
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	33,4%	49,4%

Για το δείγμα 2 έχουμε:

Πίνακας 8 Γλουτένη Δείγμα 2

ΔΕΙΓΜΑ 2		
	ΣΙΤΑΡΙ	ΑΛΕΥΡΙ
1^Η ΜΕΤΡΗΣΗ	18%	28%
2^Η ΜΕΤΡΗΣΗ	17,6%	28,3%
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	17,8%	28,2%

Για το δείγμα 3 έχουμε

Πίνακας 9 Γλουτένη Δείγμα 3

ΔΕΙΓΜΑ 3		
	ΣΙΤΑΡΙ	ΑΛΕΥΡΙ
1^Η ΜΕΤΡΗΣΗ	34,7%	47,1%
2^Η ΜΕΤΡΗΣΗ	34,3%	47,4%
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	34,5%	47,3%

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρείται πως η περιεκτικότητα της γλουτένης του αλεύρου του Δείγματος (1) όσο και του δείγματος (3) είναι μεγαλύτερη του 35% επομένως με βάση την βιβλιογραφία πρόκειται για ιδανική περιεκτικότητα για την Παρασκευή άρτου. (Λάζου & Λάζος, 2020)

Τα καρβέλια ψωμιού που θα παραχθούν, χρησιμοποιώντας για α-ύλη αλεύρι του δείγματος 1 ή του δείγματος 3 προβλέπεται να έχουν μεγάλο όγκο. Επίσης κατά την διάρκεια της παρασκευής του ζυμαριού, τα ζυμάρια που παρασκευάζονται από αλεύρια με υψηλά ποσοστά γλουτένης χαρακτηρίζονται από περισσότερη ελαστικότητα και δύναμη. (Δημητρακοπούλου, 2019)

Αντίθετα το αλεύρι και το σιτάρι του δείγματος (2) έχει μικρότερη περιεκτικότητα σε γλουτένη. Η διαφορά αυτή μπορεί να οφείλεται στην σύσταση του όγκου του σιταριού ο οποίος αποτελείται κυρίως από κόκκους με αλευρώδη πυρήνα. Η Παρασκευή ψωμιού με αλεύρι του δείγματος 2 θα οδηγήσει πιθανόν σε άρτο κατώτερης ποιότητας σε σύγκριση με αυτό τον άλλο δυο δειγμάτων. Βασικό μειονέκτημα του καρβελιού θα είναι ο όγκος τον οποίο πρόκειται να στερείται.

5.6 Μέτρηση αριθμού πτώσεως (Falling number)

Ο αριθμός πτώσεως (FN) πρόκειται για μια γρήγορη μέθοδο για τον προσδιορισμό του βεβλαμένου αμύλου καθώς και της ενζυμικής δράσης της α-αμυλάσης. Πλέον ο αριθμός πτώσεως αντιπροσωπεύει ένα από τα πιο σημαντικά ποιοτικά χαρακτηριστικά των αλεύρων και των σιτηρών και χρησιμοποιείται παγκοσμίως ως γενικός δείκτης στο εμπόριο, από τους αγρότες, τους μυλωνάδες και τους αρτοποιούς. (Wang κ.ά., 2008)

Η μέθοδος βασίζεται στην αλλαγή του ιξώδους ενός μείγματος αλεύρου και νερού, λόγω της ζελατινοποίησης του αμύλου. Συγκεκριμένα η μέθοδος περιλαμβάνει την ανάμιξη 7g αλεύρου με 25ml νερό εντός ειδικού δοκιμαστικού σωλήνα ο οποίος έπειτα βυθίζεται στο θερμόλουτρο της συσκευής falling number και αναμινύεται από ένα έμβολο για 60 sec, στο χρονικό διάστημα αυτό εμφανίζεται ταχεία ζελατινοποίηση του αμύλου. Έπειτα από την ανάμιξη το έμβολο ελευθερώνεται για να πέσει στον πυθμένα του δοκιμαστικού σωλήνα. Ο συνολικός χρόνος ανάμιξη και «πτώσης» του αναδευτήρα αποτελεί τον αριθμό πτώσης ο οποίος εκφράζεται σε δευτερόλεπτα. Γενικά ένα βεβλαμένο αλεύρο, με υψηλή ενζυμική δραστηριότητα πρόκειται να δώσει χαμηλότερα ιξώδη, άρα και χαμηλότερες τιμές FN από ένα άθικτο αλεύρο. Οι τιμές του αριθμού πτώσεως είναι δηλαδή αντιστρόφως ανάλογες της δραστηριότητας της α-αμυλάσης. (Jukic κ.ά., 2023)

Στο εργαστήριο για την μέτρηση του αριθμού πτώσεως χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος AACC 56-81.

Υλικά και εξοπλισμός

1. Δείγματα αλεύρων και άλεσμα από τα δείγματα σιτηρών
2. Θερμόμετρο
3. Αποσταγμένο νερό
4. Ογκομετρικό σιφώνιο των 25ml και πουαρ
5. Αναλυτικός ζυγός
6. Συσκευή falling number και ειδικός δοκιμαστικός σωλήνας για την συσκευή



Εικόνα 54 Δοκιμαστικός σωλήνας για την μετρηση αριθμού πτώσεως



Εικόνα 55 Ογκομετρικό σιφώνιο



Εικόνα 56 Συσκευή αριθμού πτώσεως

Πειραματική πορεία (AACC 56-81)

- I. Προετοιμασία δειγμάτων:
 1. Ο συγκεκριμένος προσδιορισμός με την συγκεκριμένη μέθοδο μπορεί να εφαρμοστεί σε άλευρα η σιτο με υγρασία μεταξύ 8-16%. Αν η υγρασία είναι υψηλότερη τότε το άλευρο η το ά-

λεσμα πρέπει να ξηρανθεί σε ξηραντήρα με χαμηλή θερμοκρασία ($\theta < 50\text{ }^{\circ}\text{C}$). Αντίθετα αν το δείγμα έχει υγρασία μικρότερη του 8% το δείγμα πρέπει να ενυδατωθεί.

2. Με την χρήση του αναλυτικού ζυγού ζυγίζουμε 7g δείγματος
3. Χρησιμοποιώντας το σιφώνιο ογκομετρούμε 25ml αποσταγμένου νερού.

II. Προετοιμασία συσκευής:

Γεμίζουμε το υδατόλουτρο της συσκευής με νερό και τοποθετούμε το θερμόμετρο εντός αυτού. Το νερό στο υδατόλουτρο πρέπει να είναι σε θερμοκρασία βρασμού δηλαδή $\theta = 100^{\circ}\text{C}$

III. Διαδικασία προσδιορισμού αριθμού πτώσεως:

1. Αναμιγνύουμε το νερό με το αλεύρι εντός του ειδικού δοκιμαστικού σωλήνα. Σφραγίζουμε τον δοκιμαστικό σωλήνα με φελλό και ανακινούμε με το χέρι ώστε να αναμιχθεί το νερό με το αλεύρι και να σχηματισθεί ένα εναιώρημα.
2. Αφαιρούμε τον φελλό και με την χρήση του εμβόλου αφαιρείται το προσκολλημένο στα τοιχώματα άλευρο. Έπειτα ο σωλήνας σφραγίζεται και τοποθετείται εντός της συσκευής, ο σωλήνας εμβαπτίζεται ουσιαστικά στο υδατόλουτρο και το έμβολο αναδύει το μείγμα αυτόματα για χρόνο 60sec, με αποτέλεσμα να σχηματισθεί μια παχιά πάστα εντός του σωλήνα.
3. Έπειτα από το πέρας των 60 sec το έμβολο αφήνεται ελεύθερο από την κορυφή του δοκιμαστικού σωλήνα και μετράται ο χρόνος σε δευτερόλεπτα (s) έως ότου φτάσει στον πυθμένα. ο συνολικός χρόνος (ανάμιξης και πτώσεως) εμφανίζεται στην οθόνη του οργάνου και καταγράφεται.

Όπως προαναφέρθηκε ο χρόνος πτώσεως του εμβόλου είναι ανάλογος του ιξώδους, ενώ το ιξώδες έχει αντιστρόφως ανάλογη σχέση με την αμυλασική δράση. Δηλαδή μεγάλος χρόνος (μεγάλο FN) υποδηλώνει υψηλά ιξώδη από τα οποία συμπεραίνουμε χαμηλή αμυλασική δράση.

Γενικά Συμπεράσματα

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις τιμές του ΑΠ

Πίνακας 10 τιμές και συμπεράσματα Αριθμού Πτώσεως

ΑΠ=60-220	Οι χαμηλές τιμές αριθμού πτώσεως υποδηλώνουν μεγάλη αμυλασική δράση. Το αλεύρι με τόσο χαμηλούς αριθμούς πτώσεως δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αρτοποιία, καθώς θα λάβουμε άρτο κακής ποιότητας με κολλώδη ψίχα και μικρό όγκο. Άλευρα με τέτοιες τιμές ΑΠ μπορούν να αναμιχθούν με άλευρα με πολύ υψηλότερους ΑΠ σε κατάλληλες αναλογίες, ώστε να χρησιμοποιηθούν σαν α-ύλη για προϊόντα αρτοποιίας
ΑΠ=220-300	Πρόκειται για τιμές που υποδεικνύουν κανονική ενζυμική δράση. Αυτές οι τιμές ΑΠ είναι ιδανικές για αρτοποιία, καθώς θα υπάρχει κατάλληλη ποσότητα ενζύμου ώστε να υδρολυεί το άμυλο σε σάκχαρα τα οποία τροφοδοτούν τον ζυμομύκητα
ΑΠ>300	Ο υψηλός ΑΠ αποδεικνύει μικρή αμυλασική δράση. Ο άρτος που θα παρασκευαστεί χρησιμοποιούμενος ένα τέτοιο άλευρο ενδέχεται να στερείται όγκου και η ψίχα του να είναι στεγνή. Ο υψηλός ΑΠ διορθώνεται με την προσθήκη στο άλευρο αμυλασικών ενζύμων.

5.6.1 Αποτελέσματα και χειρισμός αποτελεσμάτων

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις του αριθμού πτώσεως τόσο στα δείγματα αλεύρου όσο και στα δείγματα σιταριού, αφού πρώτα είχαν αλεσθεί στον περιστροφικό μύλο για την παραγωγή αλέσματος. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν για κάθε δείγμα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 11 Αριθμός πτώσης δείγμα 1

ΔΕΙΓΜΑ 1		
	ΣΙΤΑΡΙ	ΑΛΕΥΡΙ
ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΤΩΣΕΩΣ	398 s	425 s

Πίνακας 12 Αριθμός πτώσης δείγμα 2

ΔΕΙΓΜΑ 2		
	ΣΙΤΑΡΙ	ΑΛΕΥΡΙ
ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΤΩΣΕΩΣ	391 s	420 s

Πίνακας 13 αριθμός πτώσης δείγμα 3

ΔΕΙΓΜΑ 3		
	ΣΙΤΑΡΙ	ΑΛΕΥΡΙ
ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΤΩΣΕΩΣ	360 s	401 s

Παρατηρείται πως οι τιμές του αριθμού πτώσεως και στα τρία αλεύρια είναι μεγαλύτερες από τα πρότυπα μοντέλα. Έτσι μια πρόβλεψη για τον άρτο που θα παραχθεί από τα άλευρα είναι πως θα είναι αρκετά ξερά (He κ.ά., 2019). Η υψηλή τιμή του αριθμού πτώσεως οφείλεται στην μικρή ποσότητα ενζύμου α-αμυλάση που πιθανός υπάρχει στο σίτο. Η μικρή ποσότητα ενζύμου δεν επαρκεί ώστε να διασπάσει μεγάλο μέρος του αμύλου σε απλούστερα σάκχαρα, με αποτέλεσμα να υπάρχει περίσσεια αμύλου το οποίο με την αντίδραση της ζελατινοποίησης παράγει πάστα υψηλού ιξώδους. Βέβαια η υψηλή τιμή αριθμού πτώσεως μπορεί να μην οφείλεται αποκλειστικά στην μικρή συγκέντρωση η στην απουσία ενζύμου αλλά να είναι αποτέλεσμα του αμύλου και της υψηλής αρχικής συγκέντρωσης του. (MacArthur κ.ά., 1981)

Επίσης η τιμή του αριθμού πτώσεως του σίτου και στα τρία δείγματα είναι μικρότερη από αυτό του αλευριού κατά 35 sec περίπου. Αυτό οφείλεται στον τύπο του αλεύρου, και τα τρία άλευρα είναι άλευρα τύπου 70%, δηλαδή σχεδόν απαλλαγμένα από τον φλοιό ο οποίος δεν περιέχει άμυλο. Έτσι το αλεύρι αποτελείται κυρίως από άμυλο το οποίο με την αντίδραση της ζελατινοποίησης δίνει μεγαλύτερα ιξώδη

5.7 Προσδιορισμός ιδιοτήτων ζυμαριών με φαρινογράφο

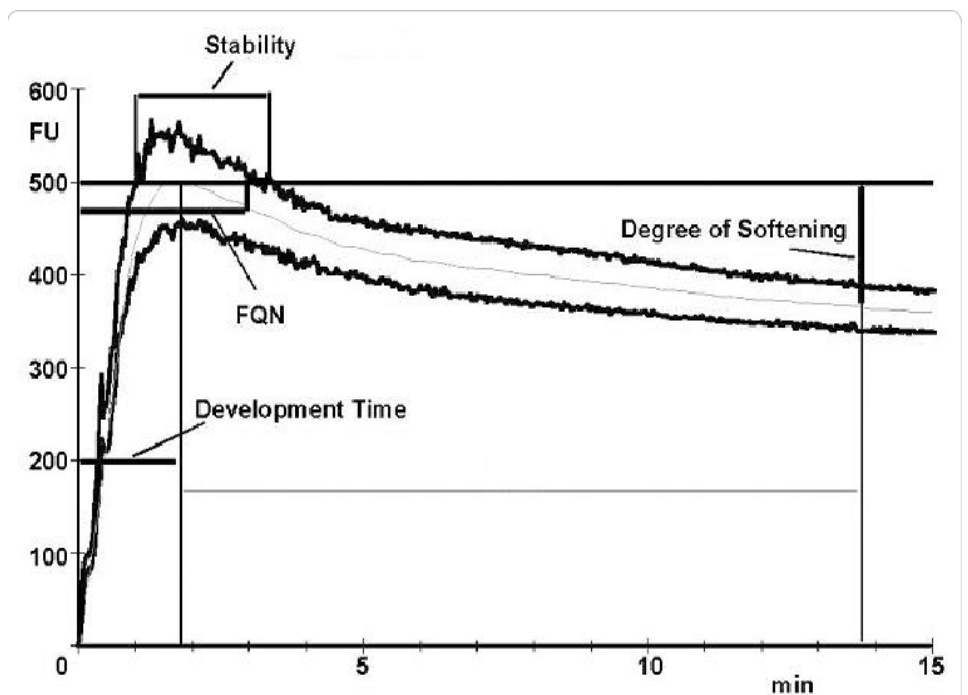
Ο φαρινογράφος είναι ένα όργανο με το οποίο εξετάζονται οι ρεολογικές ιδιότητες των ζυμαριών και κατά συνέπεια αποτελεί δείκτη ποιότητας των αλεύρων. Λόγω της ευκολίας της λειτουργίας του οργάνου σε συνδυασμό με την εύκολη εξαγωγή συμπερασμάτων τα οποία δεν απαιτούν μαθηματικές πράξεις, ο φαρινογράφος είναι ο πιο συνηθισμένος έλεγχος για την ποιότητα των αλεύρων και την κατανομή τους για διαφορές χρήσεις. Οι τιμές των διάφορων παραμέτρων που εξετάζονται στον φαρινογράφο αποτελούν έναν τρόπο επικοινωνίας μεταξύ αρτοποιού και μυλωνά.

Η αρχή λειτουργίας του οργάνου είναι απλή και βασίζεται στην δύναμη που απαιτούν οι δύο βραχίονες του ζυμωτηριού να περιστραφούν με σταθερή ταχύτητα, εντός την μάζας του ζυμαριού που έχει συγκεκριμένη σύσταση. Η δύναμη αυτή μεταβάλλεται με την πορεία της ανάμιξης ανάλογα με την ποιότητα και την φύση του εξεταζόμενου αλεύρου. Η αντίσταση αυτή του ζυμαριού στην ανάμιξη μεταφρασμένη σε αυθαίρετες φαρινογραφικές μονάδες (Farinograph Units- FU) αποτυπώνεται σε ένα διάγραμμα συναρτήσεως του χρόνου το οποίο ονομάζεται φαρινογράφημα και από το οποίο μπορούμε να προσδιορίσουμε διάφορες ιδιότητες.

Πρώτου ξεκινήσει η διαδικασία για την παραλαβή του φαρινογραφήματος, προηγείται ένας αρχικός προσδιορισμός διεξάγοντας ορισμένα προ-φαρινογραφήματα με τα οποία υπολογίζεται η βέλτιστη ποσότητα νερού που απαιτείται να προστεθεί στο αλεύρι ώστε να επιτευχθεί μέγιστη συνεκτικότητα 500FU. Έπειτα

χρησιμοποιώντας την ποσότητα του νερού που βρέθηκε στο προ φαρινογράφημα διεξάγεται κανονικά ο προσδιορισμός ο οποίος διαρκεί 20 min.

Η μορφή ενός τυπικού φαρινογραφήματος είναι η παρακάτω:



Εικόνα 57 Τυπικό Φαρινογράφημα

Παρατηρείται πως ο κατακόρυφος άξονας αποτελεί τον άξονα των αυθαίρετων μονάδων που αντιπροσωπεύουν την αντίσταση του ζυμαριού. Ο οριζόντιος άξονας είναι ο άξονας του χρόνου και αναγράφεται ο χρόνος σε λεπτά.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται όλες οι παράμετροι και οι ιδιότητες που ελέγχονται σε ένα φαρινογράφημα.

Πίνακας 14 παράμετροι φαρινογραφήματος

Παράμετρος	Περιγραφή
Απορρόφηση νερού (water absorption)	Πρόκειται για την ποσότητα του νερού που βρίσκεται στην προκαταρκτική εξέταση. Είναι η ποσότητα νερού εκφρασμένη σε ποσοστό % που απαιτείται ώστε το φαρινογράφημα να παρουσιάζει μέγιστη συνεκτικότητα 500FU. Αποτελεί παράμετρο ιδιαίτερα σημαντική για τους αρτοποιούς καθώς αποκαλύπτει την βέλτιστη ποσότητα νερού που πρέπει να προστεθεί στο αλεύρι.
Χρόνος αφίξεως (arrival time)	Πρόκειται για τον χρόνο εκφρασμένο σε λεπτά που απαιτείται ώστε η καμπύλη να φτάσει για πρώτη φορά την γραμμή των 500 FU
Χρόνος ανάπτυξης ζυμαριού (Development time)	Αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα, εκφρασμένο σε λεπτά, από την προσθήκη νερού έως την επίτευξη της μέγιστης συνεκτικότητας
Χρόνος αναχώρησης (departure time)	Είναι ο χρόνος, σε λεπτά, έως ότου η καμπύλη εγκαταλείψει την γραμμή των 500FU. Έπειτα από αυτό το σημείο πρακτικά το ζυμάρι χάνει την συνεκτικότητά του
Σταθερότητα (stability)	Η διαφορά μεταξύ του χρόνου άφιξης και του χρόνου αναχώρησης, μετρημένος σε λεπτά.
Δείκτης αντοχής στην ανάμιξη (MTI)	Είναι η διαφορά των φαρινογραφικών μονάδων μεταξύ του μέγιστου και 5 λεπτά έπειτα από τον χρόνο ανάπτυξης.

Υλικά και εξοπλισμός

1. Δείγματα αλεύρων
2. Αποσταγμένο νερό
3. Φαρινογράφος και ειδική προχοίδα του φαρινογράφου
4. Ψηφιακός ζυγός
5. Πλαστική ξύστρα

Πειραματική πορεία

I. Προετοιμασία οργάνου και δειγμάτων

1. Αρχικά προετοιμάζουμε το όργανο. Έτσι θέτουμε σε λειτουργία την αντλία νερού και τον θερμοστάτη ώστε η θερμοκρασία του δοχείου να είναι $30 \pm 0,2^\circ\text{C}$. Επίσης γεμίζουμε την προχοίδα με αποσταγμένο νερό έως το σημείο της υπερχείλισης.
2. Συμπληρώνονται στο λογισμικό του φαρινογράφου η % υγρασία του αλεύρου που θα εξετασθεί
3. Ζυγίζονται 300g αλεύρου (υγρασίας 14%). Για διαφορετικές τιμές υγρασίας υπολογίζεται το βάρος του αλεύρου, είτε από το λογισμικό του φαρινογράφου, διαφορετικά από τον τύπο
$$\frac{258}{100 - (\% \text{υγρασία αλευρου})} \times 100$$

II. Προφαρινογράφημα για τον υπολογισμό της απορρόφησης νερού.

1. Τοποθετείται το αλεύρο το οποίο ζυγίστηκε στο δοχείο του ζυμωτήρα και το όργανο τίθεται σε λειτουργία. Έπειτα από 1min ανάμιξης προστίθεται κάποια ποσότητα νερού από την προχοίδα, έτσι ώστε να μελετηθεί η συμπεριφορά και η συνοχή του αλεύρου. Εφόσον έχει προστεθεί το νερό με την πλαστική σπάτουλα ξύνονται τα τοιχώματα του δοχείου για τυχόν υπολείμματα ζυμαριού προσκολλημένα στις πλευρές του ζυμωτηρίου ώστε να ενωθούν με την υπόλοιπη μάζα του ζυμαριού.
2. Ο φαρινογράφος αφήνεται να «δουλέψει» για μερικά λεπτά έως ότου σχηματισθεί το μέγιστο. Γενικά αν το μέγιστο είναι μεγαλύτερο από 500FU απαιτείται να προστεθεί περισσότερο νερό στο ζυμάρι από αυτό που προστέθηκε αρχικά. Εμπειρικά για κάθε 20FU πρέπει να προστεθεί 0,6-0,8% περισσότερο νερό. Διαφορετικά αν η μέγιστη συνοχή είναι χαμηλότερη από 500FU το ζυμάρι απαιτεί λιγότερο νερό. Με βάση την καμπύλη, το μέγιστό της και την δεδομένη υγρασία του αλεύρου το λογισμικό κάνει την διόρθωση δίνοντας την ακριβής τιμή της απορρόφησης νερού.

III. Διαδικασία για την παραλαβή του τελικού φαρινογραφήματος.

1. Αρχικά πρέπει να έχει καθαριστεί το ζυμωτήριο, να έχει γεμιστεί ξανά η προχοίδα και να έχει ξανά ζυγιστεί το άλευρο
2. Προστίθεται το άλευρο στο δοχείο και βάζουμε σε λειτουργία την συσκευή έτσι ώστε το άλευρο να αναμιχθεί για 1 λεπτό.
3. Έπειτα προστίθεται η ποσότητα νερού από την προχοίδα που ισούται με την απορρόφηση νερού.
4. Εφόσον ξύθούν τα τοιχώματα η συσκευή αφήνεται σε λειτουργία για 20 λεπτά ώστε να παραλάβουμε το τελικό φαρινογράφημα.

5.7.1 Αποτελέσματα και χειρισμός αποτελεσμάτων

Για κάθε δείγμα αλεύρου πραγματοποιήθηκαν από δύο προσδιορισμοί στον φαρινογράφο.

Γενικά στην βιβλιογραφία ανάλογα με τις τιμές των παραμέτρων του φαρινογράφου το άλευρο χαρακτηρίζεται ως αδύναμο, δυνατό και άλευρο μέσης δύναμης. (Λάζου & Λάζος, 2020) Συγκεκριμένα:

1. Πολύ Δυνατό άλευρο:
 - Απορρόφηση νερού >63%
 - Χρόνος ανάπτυξης ζύμαριού >10 min
 - MTI <10FU
2. Δυνατό άλευρο:
 - Απορρόφηση νερού >58%
 - Χρόνος ανάπτυξης ζύμαριού: 4 έως 8 min
 - MTI: 15 έως 50 FU
3. Άλευρο μέσης δύναμης:
 - Απορρόφηση νερού: 54% έως 60%
 - Χρόνος ανάπτυξης του ζύμαριού: 2,5 έως 4 min
 - MTI: 60 έως 100 FU
4. Αδύνατο άλευρο:
 - Απορρόφηση νερού <55%
 - Χρόνος ανάπτυξης ζύμαριού <2,5 min
 - MTI >100 FU

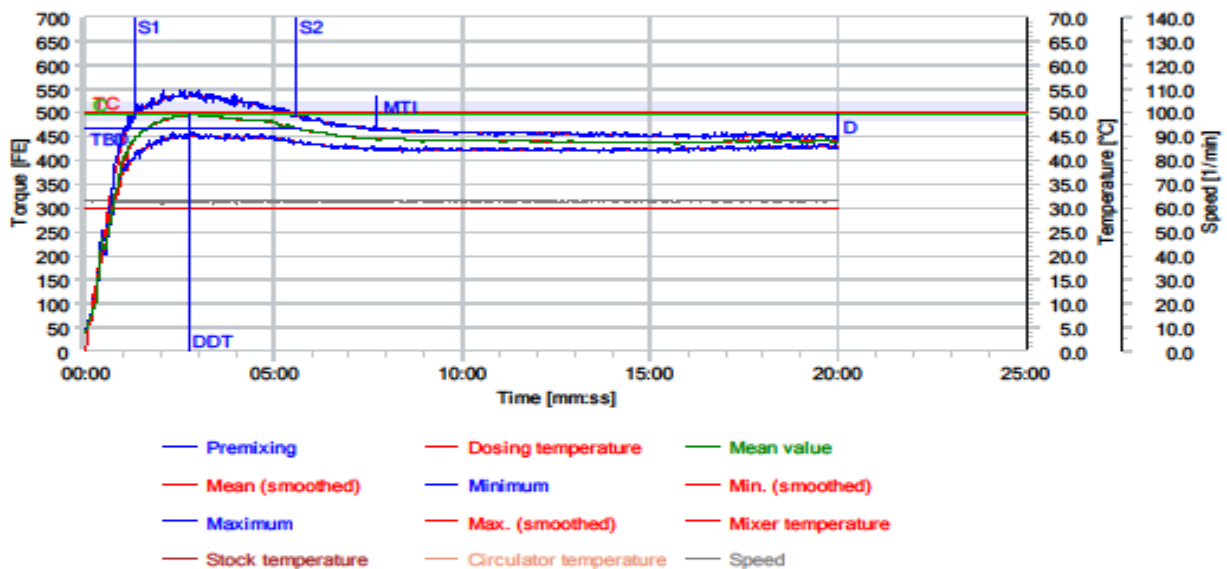
Δείγμα 1



Farinograph E-USB / FAD

Order:		Date:	5/2/2023 9:02:34 AM	
Code number:		User:	ergasthrlio	
Sample:	giorgos DW 20-03			
Method:		Speed:	63.0	1/min
Evaluation:	AACC	Measuring time:	20:00	mm:ss
Mixer:				
Sample weight:	298.3	g	Default moisture content:	14.0 %
Moisture content:	13.5	%	Default consistency:	500 FE
WA (given):	64.7	%	Min. consistency range:	480 FE
Additional liquid:	0.0	%	Max. consistency range:	520 FE
			Damping:	1.00

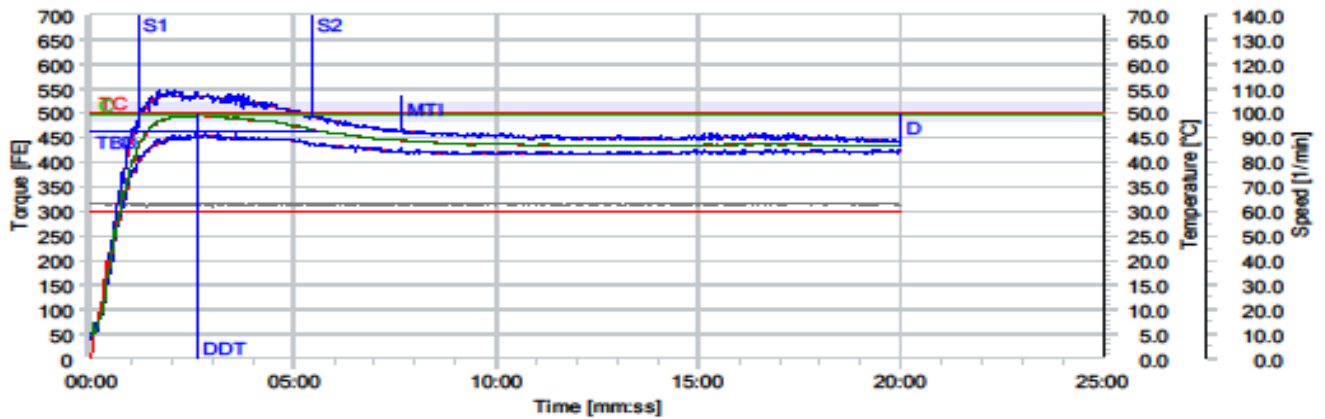
Remarks:



Evaluation:			
Point	Unit	Value	Description
T	mm:ss	20:00	Measuring time
DT	°C	NaN	Dosing temperature
DDT	mm:ss	02:44	Development time
C	FE	495	Consistency
WZ	%	64.7	Water added
WAC	%	64.6	Water absorption corr. for default consistency
WAM	%	65.1	Water absorption corr. for default moisture content
S	mm:ss	04:18	Stability
MTI	FE	71	Tolerance index (MTI)
FCN	mm	57	Farinograph quality number
D	FE	55	Drop-off
TBD	mm:ss	05:42	Time to breakdown

Order:		Date:	5/2/2023 10:12:45 AM	
Code number:		User:	ergastrilio	
Sample:	giorgos DW 20-03			
Method:		Speed:	63.0	1/min
Evaluation:	AACC	Measuring time:	20:00	mm:ss
Mixer:				
Sample weight:	298.3	g	Default moisture content:	14.0 %
Moisture content:	13.5	%	Default consistency:	500 FE
WA (given):	64.7	%	Min. consistency range:	480 FE
Additional liquid:	0.0	%	Max. consistency range:	520 FE
			Damping:	1.00

Remarks:



- Premixing
- Dosing temperature
- Mean value
- Mean (smoothed)
- Minimum
- Min. (smoothed)
- Maximum
- Max. (smoothed)
- Mixer temperature
- Stock temperature
- Circulator temperature
- Speed

Evaluation:			
Point	Unit	Value	Description
T	mm:ss	20:00	Measuring time
DT	°C	NaN	Dosing temperature
DDT	mm:ss	02:38	Development time
C	FE	494	Consistency
WZ	%	64.7	Water added
WAC	%	64.6	Water absorption corr. for default consistency
WAM	%	65.1	Water absorption corr. for default moisture content
S	mm:ss	04:16	Stability
MTI	FE	71	Tolerance index (MTI)
FCN	mm	56	Farinograph quality number
D	FE	61	Drop-off
TBD	mm:ss	05:36	Time to breakdown

Πίνακας 15 Τιμές παραμέτρων φαρινογραφήματος του δείγματος 1

ΔΕΙΓΜΑ 1		
	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ 1	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ 2
Απορρόφηση νερού	64,7%	64,7%
Χρόνος αφίξεως	1:24 min	1:20 min
Χρόνος ανάπτυξης ζυμαριού	2:44 min	2:38 min
Χρόνος αναχώρησης	5:42 min	5:36 min
Σταθερότητα	4:18 min	4:16 min
Δείκτης αντοχής στην ανάμιξη (MTI)	71 FU	71 FU

Οι τιμές των παραμέτρων των δύο προσδιορισμών για το δείγμα 1 αλευριού είναι πολύ κοντινές. Οι προσδιορισμοί επομένως χαρακτηρίζονται από υψηλή επαναληψιμότητα. Αυτό φαίνεται εξάλλου βλέποντας τα δύο φαρινογραφήματα

Το αλεύρι έχει πολύ υψηλή απορρόφηση νερού, που παραπέμπει σε δυνατό αλεύρι και αποδεικνύει την υψηλή περιεκτικότητα σε γλουτένη. Ο δείκτης αντοχής στην ανάμιξη είναι ικανοποιητικός, οι τιμές του όμως αντιπροσωπεύουν άλευρο μέσης δύναμης. Το ίδιο ισχύει και για τον χρόνο ανάπτυξης του ζυμαριού, ο οποίος βρίσκεται εντός των ορίων του αλεύρου μέσης δύναμης.

Παρόλα αυτά παρατηρώντας τα φαρινογραφήματα τόσο στην πρώτη όσο και στην δεύτερη δοκιμή φαίνεται πως η καμπύλη παραμένει σχετικά σταθερή και το ζυμάρι σε όλο το εικοσάλεπτο έχει σχετικά υψηλή συνεκτικότητα. Ο πρώτος προσδιορισμός ολοκληρώνεται με συνεκτικότητα 440 FU, η συνεκτικότητα έχει μειωθεί δηλαδή κατά 50 FU από τον χρόνο ανάπτυξης έως το τέλος της δοκιμής. Αντίστοιχα ο δεύτερος προσδιορισμός ολοκληρώνεται με συνεκτικότητα 433FU, δηλαδή σύμφωνα με το φαρινογράφημα η μείωση είναι 61 FU.

Παρόλο που η υψηλή απορρόφηση νερού είναι ιδανική για την παρασκευή άρτου, οι υπόλοιπες παράμετροι δείχνουν πως ο άρτος ο οποίος θα παραχθεί με αλεύρι δείγματος 1 ενδεχομένως να στερείται όγκου και ελαστικότητας.

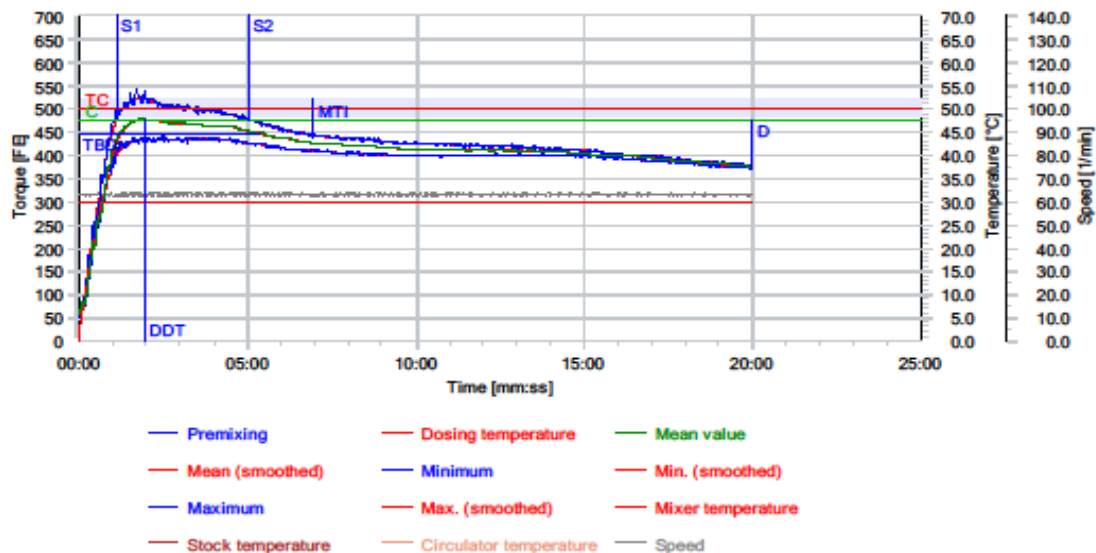
Δείγμα 2

Brabender

Farinograph E-USB / FAD

Order:		Date:	5/8/2023 10:26:24 AM	
Code number:		User:	ergasthrio	
Sample:	giorgos DW 20-03			
Method:		Speed:	63.0	1/min
Evaluation:	AACC	Measuring time:	20:00	mm:ss
Mixer:				
Sample weight:	302.1	g	Default moisture content:	14.0 %
Moisture content:	14.6	%	Default consistency:	500 FE
WA (given):	58.2	%	Min. consistency range:	480 FE
Additional liquid:	0.0	%	Max. consistency range:	520 FE
			Damping:	1.00

Remarks:



Evaluation:			
Point	Unit	Value	Description
T	mm:ss	20:00	Measuring time
DT	°C	NaN	Dosing temperature
DDT	mm:ss	01:58	Development time
C	FE	476	Consistency
WZ	%	58.2	Water added
WAC	%	57.6	Water absorption corr. for default consistency
WAM	%	58.6	Water absorption corr. for default moisture content
S	mm:ss	03:54	Stability
MTI	FE	79	Tolerance index (MTI)
FGN	mm	54	Farinograph quality number
D	FE	100	Drop-off
TBD	mm:ss	05:24	Time to breakdown

Test: F:\PDF\GIORGOS\giorgos deigma 2-5.fax

2.1.0 1/1

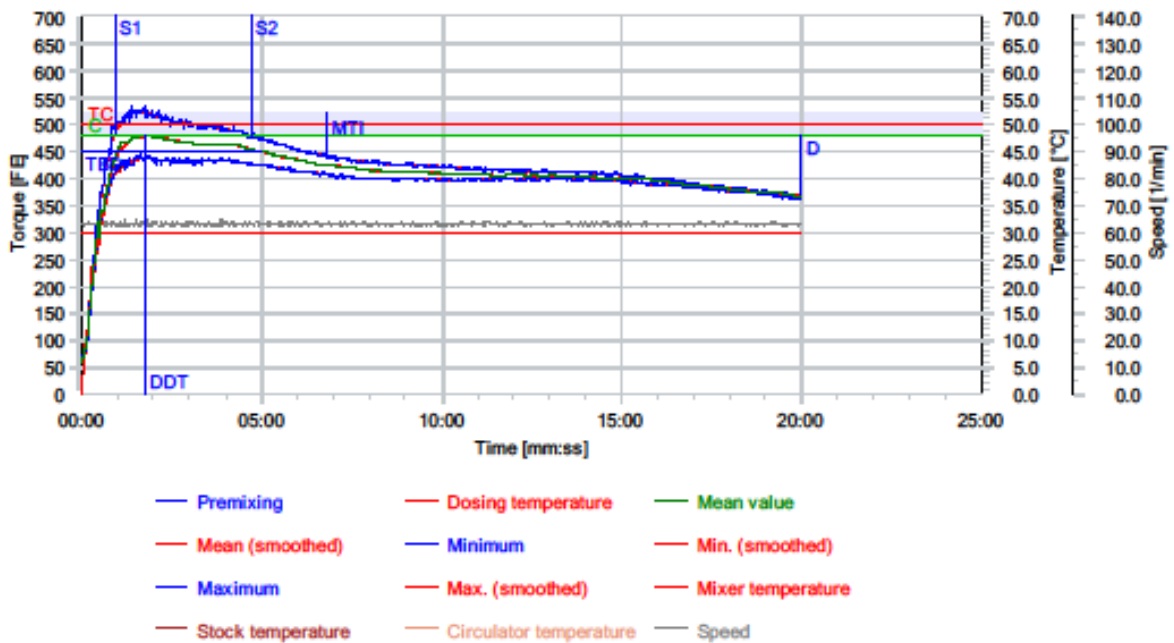
Order: Code number: Date: 5/8/2023 11:04:53 AM User: ergasthio

Sample: giorgos DW 20-03

Method: AACC Speed: 63.0 1/min
 Evaluation: AACC Measuring time: 20:00 mm:ss
 Mixer:

Sample weight: 302.1 g Default moisture content: 14.0 %
 Moisture content: 14.6 % Default consistency: 500 FE
 WA (given): 58.2 % Min. consistency range: 480 FE
 Additional liquid: 0.0 % Max. consistency range: 520 FE
 Damping: 1.00

Remarks:



Evaluation:			
Point	Unit	Value	Description
T	mm:ss	20:00	Measuring time
DT	°C	NaN	Dosing temperature
DDT	mm:ss	01:48	Development time
C	FE	478	Consistency
WZ	%	58.2	Water added
WAC	%	57.7	Water absorption corr. for default consistency
WAM	%	58.7	Water absorption corr. for default moisture content
S	mm:ss	03:48	Stability
MTI	FE	80	Tolerance index (MTI)
FQN	mm	50	Farinograph quality number
D	FE	110	Drop-off
TBD	mm:ss	05:00	Time to breakdown

Πίνακας 16 Τιμές παραμέτρων του φαρινογραφήματος του δείγματος 2

ΔΕΙΓΜΑ 2		
	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ 1	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ 2
Απορρόφηση νερού	58,2%	58,2%
Χρόνος αφίξεως	1:30 min	1:12 min
Χρόνος ανάπτυξης ζυμαριού	1:58 min	1:48 min
Χρόνος αναχώρησης	5:24 min	5:00 min
Σταθερότητα	3:54 min	3:48 min
Δείκτης αντοχής στην ανάμιξη (MTI)	79 FU	80

Οι τιμές των παραμέτρων των δυο δοκιμών για το δείγμα 2 είναι ξανά κοντινές. Επομένως ο προσδιορισμός χαρακτηρίζεται από μεγάλη επαναληψιμότητα.

Το επίπεδο απορρόφησης νερού (58,2%) υποδηλώνει πως το αλεύρο μπορεί να απορροφήσει μέτρια ποσότητα νερού. Έτσι βάση της απορρόφησης νερού μπορεί να θεωρηθεί ένα αλεύρο μέσης δύναμης. Η σταθερότητα, είναι μικρότερη από 4 λεπτά, φανερώνει πως το αλεύρι δεν διατηρεί την μέγιστη συνοχή του για μεγάλο χρονικό διάστημα, πράγμα που επιβεβαιώνει πως το δείγμα 2 αλεύρου δεν είναι κάποιο δυνατό αλεύρο. Ο χρόνος ανάπτυξης του ζυμαριού είναι επίσης μικρός, μικρότερος από 2,5 λεπτά, ο μικρός χρόνος ανάπτυξης φανερώνει πως η ζύμη φτάνει στην μέγιστη συνεκτικότητα γρήγορα, πράγμα το οποίο πιθανότητα οφείλεται στο αδύναμο δίκτυο γλουτένης. Ο δείκτης αντοχής στην ανάμιξη έχει τιμή που αντιστοιχεί σε αλεύρο μέσης δύναμης. Συγκεκριμένα η τιμές MTI του δείγματος (79 κ 80) είναι σχετικά υψηλές και δείχνουν πως η ζύμη δεν έχει μεγάλη αντοχή στην παρατεταμένη ανάμιξη.

Γενικά από τις τιμές όλων των παραμέτρων αποδεικνύεται πως το αλεύρο είναι ένα αλεύρο μέσης δύναμης. Τέτοια αλεύρα δεν είναι τα καταλληλότερα για την Παρασκευή ψωμιού λόγω του μικρής σταθερότητας και αντοχής στην ανάμιξη. Οι παράμετροι αυτοί υποδηλώνουν πως η ζύμη μπορεί να μην αντέξει την παρατεταμένη ανάμιξη και πιθανότατα να προκύψει ψωμί με μικρό όγκο. Αντίθετα το αλεύρι αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή αρτοσκευασμάτων που δεν απαιτούν μεγάλη ανάπτυξη γλουτένης όπως μπισκότα και κέικ.

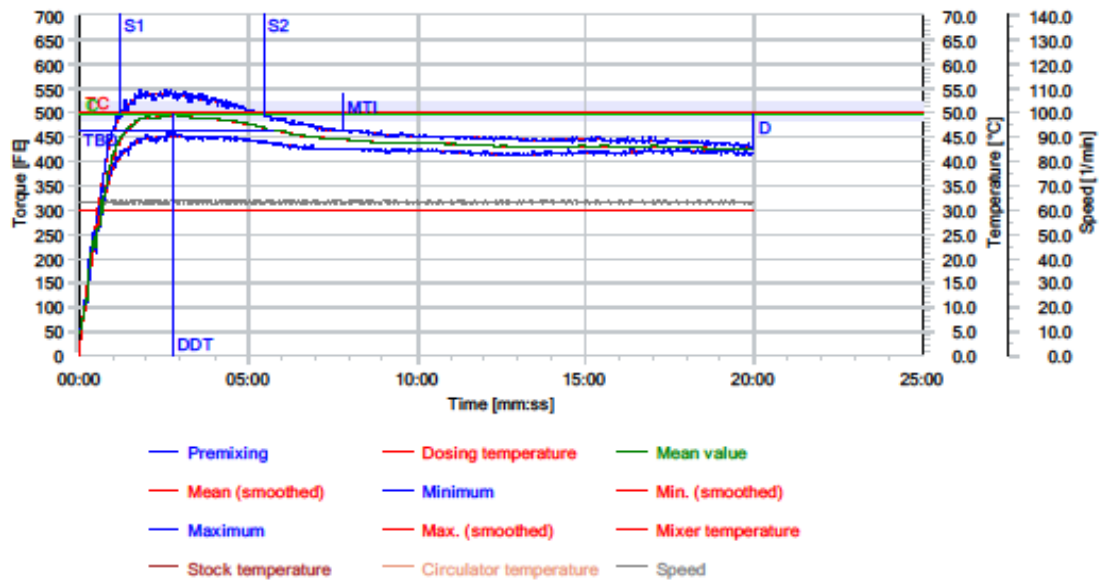
ΔΕΙΓΜΑ 3



Farinograph E-USB / FAD

Order:		Date:	5/29/2023 8:03:08 AM	
Code number:		User:	ergasthio	
Sample:	giorgos DW 20-03			
Method:		Speed:	63.0	1/min
Evaluation:	AACC	Measuring time:	20:00	mm:ss
Mixer:				
Sample weight:	297.6	g	Default moisture content:	14.0 %
Moisture content:	13.3	%	Default consistency:	500 FE
WA (given):	62.7	%	Min. consistency range:	480 FE
Additional liquid:	0.0	%	Max. consistency range:	520 FE
			Damping:	1.00

Remarks:



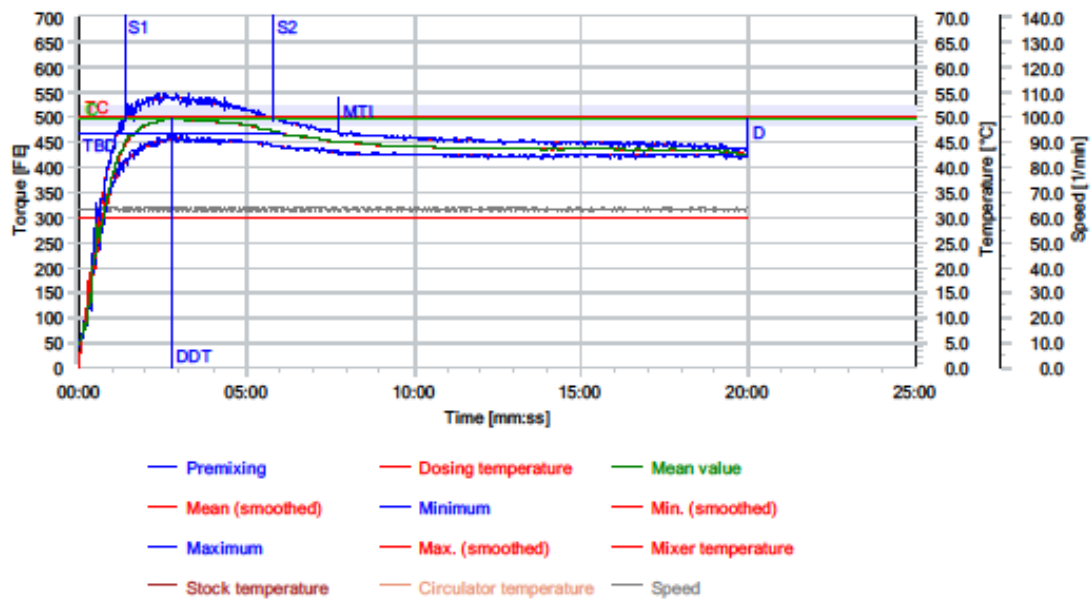
Evaluation:			
Point	Unit	Value	Description
T	mm:ss	20:00	Measuring time
DT	°C	NaN	Dosing temperature
DDT	mm:ss	02:48	Development time
C	FE	494	Consistency
WZ	%	62.7	Water added
WAC	%	62.6	Water absorption corr. for default consistency
WAM	%	61.9	Water absorption corr. for default moisture content
S	mm:ss	04:16	Stability
MTI	FE	74	Tolerance index (MTI)
FQN	mm	57	Farinograph quality number
D	FE	70	Drop-off
TBD	mm:ss	05:42	Time to breakdown

Test: F:\PDF GIORGOS\deigma 4 giorgos.fax

2.1.0 1/1

Order:		Date:	5/29/2023 9:11:27 AM	
Code number:		User:	ergasthrio	
Sample:	giorgos DW 20-03			
Method:		Speed:	63.0	1/min
Evaluation:	AACC	Measuring time:	20:00	mm:ss
Mixer:				
Sample weight:	297.6	g	Default moisture content:	14.0 %
Moisture content:	13.3	%	Default consistency:	500 FE
WA (given):	62.7	%	Min. consistency range:	480 FE
Additional liquid:	0.0	%	Max. consistency range:	520 FE
			Damping:	1.00

Remarks:



Evaluation:			
Point	Unit	Value	Description
T	mm:ss	20:00	Measuring time
DT	°C	NaN	Dosing temperature
DDT	mm:ss	02:46	Development time
C	FE	496	Consistency
WZ	%	62.7	Water added
WAC	%	62.6	Water absorption corr. for default consistency
WAM	%	61.9	Water absorption corr. for default moisture content
S	mm:ss	04:28	Stability
MTI	FE	68	Tolerance index (MTI)
FQN	mm	61	Farinograph quality number
D	FE	69	Drop-off
TBD	mm:ss	06:06	Time to breakdown

Πίνακας 17 Τιμές παραμέτρων του φαρινογράφηματος του δείγματος 3

ΔΕΙΓΜΑ 3		
	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ 1	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ 2
Απορρόφηση νερού	62,7%	62,7%
Χρόνος αφίξεως	1:26 min	1:38 min
Χρόνος ανάπτυξης ζυμαριού	2:48 min	2:46 min
Χρόνος αναχώρησης	5:42 min	6:06 min
Σταθερότητα	4:16 min	4:28 min
Δείκτης αντοχής στην ανάμιξη (MTI)	74 FU	68 FU

Οι δυο προσδιορισμοί χαρακτηρίζονται από επαναληψιμότητα καθώς οι τιμές των παραμέτρων τους είναι κοντινές και στους δυο προσδιορισμούς.

Το επίπεδο απορρόφησης νερού (62,7%) υποδεικνύει πως το αλεύρι μπορεί να απορροφήσει σημαντική ποσότητα νερού. Η μεγάλη απορρόφηση νερού είναι ενδεικτική της υψηλής περιεκτικότητας γλουτένης και είναι σημαντική παράμετρος για την αρτοποιία. Η σταθερότητα η οποία είναι μεγαλύτερη από 4 λεπτά υποδηλώνει πως το άλευρο είναι μέση δύναμης. Αυτό το επιβεβαιώνει εξάλλου και ο χρόνος ανάπτυξης ο οποίος είναι εντός των ορίων των χρόνων του «μοντέλου» αλεύρου μέσης δύναμης.

Τέλος παρόλο που οι δείκτες αντοχής στην ανάμιξη διαφέρουν κατά 12 μονάδες οι τιμές και των δύο προσδιορισμών φανερώνουν πως η ζύμη έχει μέτρια αντοχή στην ανάμιξη. Γενικά από όλες τις παραμέτρους συμπαιρευόμε πως το αλεύρι είναι κατάλληλο για αρτοποιία, αν αναμειχτεί για κατάλληλο χρονικό διάστημα. Επίσης παρατηρώντας το φαρινογράφημα παρατηρεί κανείς πως κατά το εικοσάλεπτο της δοκιμής η συνεκτικότητα δεν μειώνεται υπερβολικά.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας συνολικός πίνακας με τις μέσες τιμές των παραμέτρων του φαρινογράφηματος και των τριών δειγμάτων:

Πίνακας 18 Μέσες τιμές των παραμέτρων των φαινογραφημάτων και των τριών δειγμάτων

	ΔΕΙΓΜΑ 1	ΔΕΙΓΜΑ 2	ΔΕΙΓΜΑ 3
Απορρόφηση νερού	64,7%	58,2%	62,7%
Χρόνος αφίξεως	1:22 min	1:21 min	1:32 min
Χρόνος ανάπτυξης ζυμαριού	2:41 min	1:53 min	2:47 min
Χρόνος αναχώρησης	5:39 min	5:12 min	5:54 min
Σταθερότητα	4:17 min	3:51 min	4:22 min
Δείκτης αντοχής στην ανάμιξη	71 FU	80 FU	71 FU

Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα

- Η άλεση είναι μια περίπλοκη διαδικασία όπου ο κόκκος του σίτου περνάει από πολλά μηχανήματα έως να καταλήξει στο τελικό προϊόν, το αλεύρι.
- Η περιεκτικότητα της γλουτένης επηρεάζει κατά κύριο λόγο τις ρεολογικές ιδιότητες του αλεύρου και επομένως την ποιότητα του.
- Όπως είναι αναμενόμενο η ποιότητα της πρώτης ύλης (σιτάρι) καθορίζει την ποιότητα του τελικού προϊόντος (αλεύρι). Αυτό μπορεί να φανεί στις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν που οι τιμές υγρασίας, περιεκτικότητας γλουτένης και αριθμού πτώσεως του σίτου έχουν μια συσχέτιση με αυτές του αντίστοιχου αλεύρου.
- Ύστερα από τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν μπορούμε να αποφανθούμε για την κατάλληλη χρήση του κάθε αλεύρου, σίγουρα σε αυτό θα βοηθούσε μια εργαστηριακή αρτοποιία για επιβεβαίωση
- Συγκεκριμένα:

ΔΕΙΓΜΑ 1: πρόκειται για ένα άλευρο μέσης δύναμης, με υψηλή περιεκτικότητα σε γλουτένη. Η περιεκτικότητά σε γλουτένη αντικατοπτρίζεται στην απορρόφηση νερού του φαρινογράφου η οποία είναι πολύ υψηλή. Η υψηλή περιεκτικότητα σε γλουτένη δεν αντικατοπτρίζεται στην σταθερότητα και τον χρόνο ανάπτυξης τα οποία αναμενόταν να είναι υψηλότερα . Τέλος ο αριθμός πτώσεως στο δείγμα 1 είναι πολύ υψηλός, πράγμα που δείχνει μικρή αμυλασική δράση. Το αλεύρι αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρτο, ο άρτος όμως θα χαρακτηρίζεται από στεγνή ψίχα(λόγω του υψηλού FN). Αυτό μπορεί να διορθωθεί με την προσθήκη αμυλασικών ενζύμων στο αλεύρι. Για επιβεβαίωση της δύναμης του αλεύρου και για ασφαλέστερα αποτελέσματα θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί επιπλέον δοκιμή με χρήση εξτενσιογράφου. Επίσης η ποιότητα του άρτου θα μπορούσε να αποδειχθεί με πειραματική αρτοποιία.

ΔΕΙΓΜΑ 2: το αλεύρι αυτό παράχθηκε από σιτάρι το οποίο παραπέμπει σε μαλακό καθώς κατά την δειγματοληψία 100 κόκκων οι 81 είχαν αλευρώδες εσωτερικό. Η περιεκτικότητα της γλουτένης είναι μικρότερη σε σχέση με τα άλλα δείγματα. Σύμφωνα με την απορρόφηση νερού που βρέθηκε στον φαρινογραφο μπορεί να χαρακτηριστεί σαν άλευρο μέσης δύναμης. Οι τιμές των παραμέτρων του φαρινογράφου σε συνδυασμό με την υψηλή τιμή αριθμού πτώσεώς μας δείχνουν πως το αλεύρι αυτό δεν είναι το καταλληλότερό για την παρασκευή άρτου καθώς θα προκύψει ξερός άρ-

τος μικρού όγκου. Αντίθετα το αλεύρι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παρασκευή άλλων αρτοσκευασμάτων στα οποία ο μεγάλος όγκος δεν είναι χαρακτηριστικό τους, δεν απαιτούν δηλαδή μεγάλη ανάπτυξη του δικτύου της γλουτένης.

ΔΕΙΓΜΑ 3: λόγω της υψηλής περιεκτικότητας του σε γλουτένη καθώς και λόγω της υψηλής απορρόφησης σε νερό το αλεύρι μπορεί να θεωρηθεί ως δυνατό. Παρόλα αυτά επειδή οι υπόλοιπες παράμετροί είναι εκτός των ορίων θα χαρακτηριστεί ως ένα άλευρο μέσης δύναμης.

Τα δείγμα 3 έχει πολλά κοινά χαρακτηριστικά με το δείγμα 1, όπως υψηλό αριθμό πτώσεως, μεγάλη περιεκτικότητα σε γλουτένη ακόμα και τα φαρινογραφήματα και οι παράμετροι του είναι παρόμοια. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στον κοινό τόπο καλλιέργειας του σιταριού. Όπως αναφέρθηκε και για το δείγμα 1 το αλεύρι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αρτοποιήση.

- Λουκάς, Φ. (2021). Διαφορές ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, τον τρόπο άλεσης και τα τελικά προϊόντα ανάμεσα στο μαλακό (*Triticum aestivum*) και το σκληρό σιτάρι (*Triticum durum*).
<https://doi.org/10.26265/polynoe-294>
- Μανταλα, Ι. (2002). Βελτιστοποίηση της ποιότητας αμυλούχων προϊόντων με μελέτη των ρεολογικών τους ιδιοτήτων και της μικροδομής τους. <http://hdl.handle.net/10442/hedi/21955>
- Μέθοδοι δειγματοληψίας για διάφορους τύπους εμπορευμάτων—SAMANCTA. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 8 Ιούλιος 2023, από
https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/EL/GeneralProcedures/SamplingMethods_EL.htm#Solids
- ΜΠΙΛΑΛΗΣ, Δ., ΠΑΠΑΣΤΥΛΙΑΝΟΥ, Π.-Θ., & ΤΡΑΥΛΟΣ, Η. (2019). ΓΕΩΡΓΙΑ ΦΥΤΑ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ. ΠΕ-ΔΙΟ.
- Πρωτονοταρίου, Σ. Β. (2017). Ανάπτυξη διεργασιών άλεσης δημητριακών καρπών με χρήση πεπιεσμένου αέρα. Εφαρμογή και ποιοτική αξιολόγηση σε προϊόντα αρτοποιίας.
<http://dspace.aua.gr/xmlui/handle/10329/6550>
- Σπηλιώτης, & Μπατρίνου. (2014). Βιομηχανική Μικροβιολογία. ΔΙΣΙΓΜΑ ΕΚΔΟΣΕΙΣ.
- Σφλώμος, Κ., & Βαρζάκας, Θ. (2017). ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ. ΝΟΤΑ.
- ΤΣΙΑΡΑΣ, Ν. (χ.χ.). ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΙΤΗΡΩΝ. ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ-ΣΤΕΤΡΟΔ 1996.
- ΤΣΙΑΡΑΣ, Ν. (1996). ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ Φ/Π.
- Agyare, K. K., Addo, K., Xiong, Y. L., & Akoh, C. C. (2005). Effect of structured lipid on alveograph characteristics, baking and textural qualities of soft wheat flour. *Journal of Cereal Science*, 42(3), 309–316.
- Ali, A., Shehzad, A., Khan, M. R., Shabbir, M. A., & Amjid, M. R. (2012). Yeast, its types and role in fermentation during bread making process-A. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 22(3), 171–179.
- Amjid, M. R., Shehzad, A., Hussain, S., Shabbir, M. A., Khan, M. R., & Shoaib, M. (2013). A comprehensive review on wheat flour dough rheology. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 23(2), 105–123.
- Avramenko, N. A., Tyler, R. T., Scanlon, M. G., Hucl, P., & Nickerson, M. T. (2018). The chemistry of bread making: The role of salt to ensure optimal functionality of its constituents. *Food Reviews Interna-*

tional, 34(3), 204–225. <https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1261296>

Belderok, B., Mesdag, J., & Donner, D. A. (2000). *Bread-making quality of wheat: A Century of Breeding in Europe*. Springer Science & Business Media.

Bennett, R., & Coppock, J. B. M. (1956). Flour testing. I.—A comparison of the brabender extensograph, chopin alveograph and simon extensometer methods of testing bread flours with particular reference to the effect of various forms of flour treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 7(12), 754–764. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740071205>

Biesiekierski, J. R. (2017). What is gluten? *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 32(S1), 78–81. <https://doi.org/10.1111/jgh.13703>

Bradley, R. L. (2010). Moisture and total solids analysis. *Food analysis*, 4, 85–103.

Butcher, J., & Stenvert, N. L. (1973). Conditioning studies on Australian wheat. I. The effect of conditioning on milling behaviour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24(9), 1055–1066.

Campbell, G. M. (2007). Roller milling of wheat. *Handbook of powder technology*, 12, 383–419.

Campbell, G. M., Fang, C., & Muhamad, I. I. (2007). On Predicting Roller Milling Performance VI: Effect of Kernel Hardness and Shape on the Particle Size Distribution from First Break Milling of Wheat. *Food and Bioproducts Processing*, 85(1), 7–23. <https://doi.org/10.1205/fbp06005>

Cappelli, A., Oliva, N., & Cini, E. (2020). Stone milling versus roller milling: A systematic review of the effects on wheat flour quality, dough rheology, and bread characteristics. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.008>

Cauvain, S. (2015). *Technology of Breadmaking*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14687-4>

Cauvain, S. P. (2012). *Breadmaking: Improving quality*. Elsevier. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=Nn5wAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=water+in+bread+making&ots=gCOAy8IX6T&sig=mxwewArd3CILAJ8yPdLopCFShOE>

Chakraverty, A., Mujumdar, A. S., & Ramaswamy, H. S. (2003). *Handbook of postharvest technology: Cereals, fruits, vegetables, tea, and spices* (τ. 93). CRC press.

- Codina, G. G., Bordej, D., & Paslaru, V. (2008). The effects of different doses of gluten on rheological behaviour of dough and bread quality. *Romanian Biotechnological Letters*, 13(6), 37–42.
- Codină, G. G., Mironeasa, S., & Mironeasa, C. (2012). Variability and relationship among Mixolab and Falling Number evaluation based on influence of fungal α -amylase addition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(10), 2162–2170. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5603>
- Conditioning Wheat for Milling: A Survey of the Literature*. (1960). Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture.
- D'Appolonia, B. L., & Kunerth, W. H. (1984). The farinograph handbook. (*No Title*).
<https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282271699085568>
- DATA, F. (1976). Analysis Methods. *Chemistry*, 53, 977–988.
- Dubois, M., Dubat, A., & Launay, B. (2016). *AlveoConsistograph Handbook*. Elsevier.
<https://books.google.com/books?hl=el&lr=&id=zdtKDAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=alveograph+handbook&ots=Uov56wdedO&sig=mdxJYV9C3JkBeWSu1gBvc7D-Hco>
- El-Bouziri, M. (1988). *Farina milling: Development of a flow sheet and a speck counting method*.
<https://krex.k-state.edu/bitstream/handle/2097/22529/LD2668T4GRSC1988E43.pdf?sequence=1>
- F23657_odigos alevromyloi.pdf*. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 18 Σεπτέμβριος 2023, από
https://www.efet.gr/files/F23657_odigos%20alevromyloi.pdf
- Fowler, M. (2013). *Innovations in wheat cleaning: Improving process efficiencies*.
- Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K., & Delcour, J. A. (2005). Wheat flour constituents: How they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1), 12–30. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.011>
- Hadna\djev, T. D., Pojić, M., Hadna\djev, M., & Torbica, A. (2011). The role of empirical rheology in flour quality control. *Wide spectra of quality control*, 335–360.
- He, Y., Lin, Y.-L., Chen, C., Tsai, M.-H., & Lin, A. H.-M. (2019). Impacts of Starch and the Interactions Between Starch and Other Macromolecules on Wheat Falling Number. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(3), 641–654. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12430>

- Hu, Y., Sjoberg, S. M., Chen, C. (James), Hauvermale, A. L., Morris, C. F., Delwiche, S. R., Cannon, A. E., Steber, C. M., & Zhang, Z. (2022). As the number falls, alternatives to the Hagberg–Perten falling number method: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(3), 2105–2117. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12959>
- Hui, Y. H. (2006). *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering*. CRC Press.
- Inamdar, A. A., & Suresh, D. S. (2014). Application of color sorter in wheat milling. *International Food Research Journal*, 21(6), 2083.
- Jødal, A.-S. S., & Larsen, K. L. (2021). Investigation of the relationships between the alveograph parameters. *Scientific Reports*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84959-3>
- Jukić, M., Šumanovac, F., Nakov, G., Šimić, G., Komlenić, D. K., Ivanova, N., & Lukinac, J. (2023). Application of the Falling Number Method in the Evaluation of the α -Amylase Activity of Malt Flour. *Applied Sciences*, 13(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/app13053218>
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (Επιμ.). (1999). *Juran's quality handbook* (5th ed). McGraw Hill.
- Karim, A. (2000). Methods for the study of starch retrogradation. *Food Chemistry*, 71(1), 9–36. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00130-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00130-8)
- Khan, K. (2016). *Wheat: Chemistry and Technology*. Elsevier.
- Kim, J. H., Maeda, T., & Morita, N. (2006). Effect of fungal α -amylase on the dough properties and bread quality of wheat flour substituted with polished flours. *Food Research International*, 39(1), 117–126. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.06.008>
- Kolusheva, T., & Marinova, A. (2007). A STUDY OF THE OPTIMAL CONDITIONS FOR STARCH HYDROLYSIS THROUGH THERMOSTABLE α -AMYLASE.
- Lindsay, R. C. (2007). Food additives. Στο *Fennema's food chemistry* (σσ. 701–762). CRC Press. https://www.academia.edu/download/36996955/Fennemas_Food_Chemistry__Fourth_Edition.pdf#page=702
- Luchian, M. I., & Canja, C. M. (2010). Effect of Salt on Gas Production in Bread Dough. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry • Wood Industry • Agricultural Food Engineering*, 167–

170.

MacArthur, L. A., D'Appolonia, B. L., & Banasik, O. J. (1981). The Falling Number test-what is it and how does it work? *Farm Research*; 38: 5; Mar/Apr 1981.

https://library.ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/4408/farm_38_5_6.pdf

Macritchie, F. (1992). Physicochemical Properties of Wheat Proteins in Relation to Functionality. Στο J. E. Kinsella (Επιμ.), *Advances in Food and Nutrition Research* (τ. 36, σσ. 1–87). Academic Press.

[https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(08\)60104-7](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(08)60104-7)

Mares, D., & Mrva, K. (2008). Late-maturity α -amylase: Low falling number in wheat in the absence of pre-harvest sprouting. *Journal of Cereal Science*, 47(1), 6–17. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.01.005>

Miles, M. J., Morris, V. J., Orford, P. D., & Ring, S. G. (1985). The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. *Carbohydrate Research*, 135(2), 271–281.

[https://doi.org/10.1016/S0008-6215\(00\)90778-X](https://doi.org/10.1016/S0008-6215(00)90778-X)

Miś, A., & Dziki, D. (2013). Extensograph curve profile model used for characterising the impact of dietary fibre on wheat dough. *Journal of Cereal Science*, 57(3), 471–479.

<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.02.004>

Muller, H. G., Williams, M. V., Eggitt, P. W. R., & Coppock, J. B. M. (1961). Fundamental studies on dough with the Brabender Extensograph. I.—Determination of stress–strain curves. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 12(7), 513–523. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740120703>

Nasir, A. (2005). Development and testing of a hammer mill. *AU JT*, 8(3), 124–130.

Nechita, V., Niculita, I., Arghire, C., & Izella, I. G. (2009). Strong flour improvement using malt flour. *Journal of Agoolimentary Processes and Technologies*, 15(2), 242–244.

Nevo, E. (2011). Triticum. Στο C. Kole (Επιμ.), *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources* (σσ. 407–456). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14228-4_10

Nielsen, S. S. (Επιμ.). (2010). *Food Analysis*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1>

Roberts, H. (1991). A HISTORY OF MILLING. *Nutrition & Food Science*, 91(6), 18–19.

<https://doi.org/10.1108/eb059357>

- Roby, J. F. (2008). Starch: Structure, Properties, Chemistry, and Enzymology. Στο B. O. Fraser-Reid, K. Tatsu-
ta, & J. Thiem (Επιμ.), *Glycoscience: Chemistry and Chemical Biology* (σσ. 1437–1472). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-540-30429-6_35
- Sarkar, A. K. (2003). Grain milling operations. *Handbook of Postharvest Technology: Cereals, Fruits, Vegeta-
bles, Tea and Spices*, 253–325.
- Shewry, P. R., Halford, N. G., & Lafiandra, D. (2003). Genetics of Wheat Gluten Proteins. Στο J. C. Hall, J. C.
Dunlap, & T. Friedmann (Επιμ.), *Advances in Genetics* (τ. 49, σσ. 111–184). Academic Press.
[https://doi.org/10.1016/S0065-2660\(03\)01003-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2660(03)01003-4)
- Therdthai, N., & Zhou, W. (2003). Recent Advances in the Studies of Bread Baking Process and Their Impacts
on the Bread Baking Technology. *Food Science and Technology Research*, 9(3), 219–226.
<https://doi.org/10.3136/fstr.9.219>
- Tibola, C. S., Fernandes, J. M. C., & Guarienti, E. M. (2016). Effect of cleaning, sorting and milling processes in
wheat mycotoxin content. *Food Control*, 60, 174–179.
- Tymoczko, J., Berg, J., & Stryer, L. (2019). *BIOXHMEIA ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ* (Broken hill publishes).
- Wang, J., Pawelzik, E., Weinert, J., Zhao, Q., & Wolf, G. A. (2008). Factors influencing falling number in winter
wheat. *European Food Research and Technology*, 226(6), 1365–1371.
<https://doi.org/10.1007/s00217-007-0666-0>
- Whistler, R. L., BeMiller, J. N., & Paschall, E. F. (2012). *Starch: Chemistry and Technology*. Academic Press.
- Wieser, H. (2007a). Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology*, 24(2), 115–119.
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.004>
- Wieser, H. (2007b). Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology*, 24(2), 115–119.
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.004>
- Xaplanteri, M., & Ξαπλαντέρη, Μ. (2016). Ένζυμα. <http://repository.kallipos.gr/handle/11419/915>
- Zheng, D., & Chen, W. (2016). Research on water-saving cleaning technology based on rough–fine-washing
separation for wheat. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18(3), 957–963.
<https://doi.org/10.1007/s10098-015-1062-2>

