



**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

**DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOOD SCIENCE SCHOOL**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Διαφορές ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, τον τρόπο άλεσης
και τα τελικά προϊόντα ανάμεσα στο μαλακό (*Triticum aestivum*)
και το σκληρό σιτάρι (*Triticum durum*)**

ΛΟΥΚΑΣ ΦΩΤΙΟΣ

A.M. 14164

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΤΡΙΑΝΤΗ ΜΥΡΤΩ

ΑΘΗΝΑ, 2021

Εξεταστική Επιτροπή:

Τριάντη Μυρτώ (Επιβλέπουσα Καθηγήτρια)

Χούγουλα Δήμητρα

Μάργαρη Δήμητρα

Copyright © Λουκάς Φώτιος, 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας πτυχιακής εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος ΛΟΥΚΑΣ ΦΩΤΙΟΣ, του ΝΙΚΟΛΑΟΥ, φοιτητής του Τμήματος ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτή της πράξης.

Πέραν των οποίων ευθυνών του συγγραφέα, σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφαση της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρώσει εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού βμήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18.παρ.5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού».

Ο Δηλών



Ημερομηνία

18/01/2021

Περίληψη

Το σιτάρι αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα σιτηρά και είναι ένα από τα παλαιότερα συστατικά της ανθρώπινης διατροφής. Σε σύγκριση με τη διατροφή όλων των δημητριακών, το σιτάρι παρέχει περίπου το 44% των τροφίμων με βάση τα σιτηρά παγκοσμίως. Περιέχει πολλά θρεπτικά συστατικά όπως: πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, βιταμίνες, μέταλλα (σίδηρος, μαγνήσιο, κάλιο, φώσφορος, ψευδάργυρος) και δίπλα στα φρούτα και τα λαχανικά, αποτελεί πηγή αντιοξειδωτικών. Επιπλέον, το σιτάρι συνεισφέρει στο ήμισυ της πρωτεΐνης και το 40% του λίπους που προέρχεται από όλες τις πηγές δημητριακών. Λόγω των εξαιρετικά ποικίλων χρήσεων του και της μεγάλης καλλιέργειας, το σιτάρι είναι το είδος των δημητριακών που αποτελεί βασική τροφή σε όλο τον κόσμο. Λόγω της ευρείας προσαρμογής του και του σχηματισμού της γλουτένης, ένα ιξωδοελαστικό αποθηκευτικό πρωτεϊνικό σύμπλεγμα που επιτρέπει την παραγωγή διαφορετικών τροφίμων, κάνει το σιτάρι την πιο σημαντική καλλιέργεια τροφίμων στον κόσμο.

Αν και υπάρχουν αρκετά είδη σιταριού στο γένος *Triticum*, τα πιο ευρέως καλλιεργημένα στην Ελλάδα και αυτά που θα μας απασχολήσουν στη συγκεκριμένη εργασία είναι το εξαπλοειδές *Triticum aestivum* και το τετραπλοειδές *Triticum durum*, γνωστό στο εμπόριο ως κοινό (μαλακό) σιτάρι και σκληρό σιτάρι αντίστοιχα. Τα δύο είδη διαφέρουν ως προς τη γονιδιοματική δομή, τη σύνθεση των κόκκων, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τον τρόπο άλεσης και τα τελικά προϊόντα. Αυτές οι διαφορές επηρεάζουν τον τρόπο χρήσης, δεδομένου τη σύνθεση του κόκκου. Για παράδειγμα το *durum* σιτάρι χρησιμοποιείται παγκοσμίως για την παραγωγή ζυμαρικών ενώ για την παραγωγή ψωμιού χρησιμοποιείται το αλεύρι μαλακού σιταριού. Υπάρχουν επίσης μεγάλες διαφορές στη σύνθεση σιτηρών μεταξύ ποικιλιών του ίδιου είδους σίτου, τόσο ποσοτικές όσο και ποιοτικές διαφορές σύνθεσης που μπορούν να κάνουν μια ποικιλία κατάλληλη ή ακατάλληλη για μια δεδομένη διαδικασία παρασκευής τροφής με βάση το σιτάρι. Υπό αυτά τα δεδομένα, η παρούσα εργασία επιχειρεί την σύγκριση των δύο πιο διαδεδομένων ειδών σιταριού στην Ελλάδα, *Triticum aestivum* και *Triticum durum*.

Λέξεις κλειδιά : Σιτάρι, *Triticum aestivum*, *Triticum durum*, Μαλακό Σιτάρι, Σκληρό Σιτάρι, Γλουτένη, Αλεύρι, Σιμιγδάλι Ποιοτικά χαρακτηριστικά, Άλεση, Τελικά Προϊόντα, Ψωμί, Ζυμαρικά.

Abstract

Wheat is one of the most important grains and is one of the oldest components of the human diet. Compared to the diet of all cereals, wheat provides about 44% of cereal-based foods worldwide. Contains many nutrients such as: proteins, carbohydrates, vitamins, minerals (iron, magnesium, potassium, phosphorus, zinc) and along with fruits and vegetables, is a source of antioxidants. In addition, wheat contributes half of the protein and 40% of the fat from all cereal sources. Due to its extremely diverse uses and large crop, wheat is the type of cereal that is a staple food around the world. Due to its wide adaptation and the formation of gluten, a viscoelastic storage protein complex that allows the production of different foods, makes wheat the most important food crop in the world.

Although, there are several types of wheat in the genus *Triticum*, the most widely cultivated in Greece and those that will concern us in this work are the hexaploid *Triticum aestivum* and the tetraploid *Triticum durum*, known in the trade as common (soft) wheat and durum wheat respectively. The two species differ in genomic structure, grain composition, quality characteristics, method of milling and final products. These differences affect how it is used, given the composition of the grain. For example, *durum* wheat is used worldwide for the production of pasta while for the production of bread soft wheat flour is used. There are also large differences in grain composition between varieties of the same wheat, both quantitative and qualitative differences in composition that may make a variety suitable or unsuitable for a given wheat-based food preparation process. Under these data, the present study attempts to compare the two most common types of wheat in Greece, *Triticum aestivum* and *Triticum durum*.

Keywords: Wheat, *Triticum aestivum*, *Triticum durum*, Common Wheat, Durum Wheat, Gluten, Flour, Semolina Quality characteristics, Grinding, Finished Products, Bread, Pasta.

Ευχαριστίες

Στην εκπόνηση της πτυχιακής μου εργασίας συνέβαλαν σημαντικοί άνθρωποι που με στήριξαν σημαντικά. Πρώτα απ' όλα θα ήθελα την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κ. Τριάντη Μυρτώ, για την εμπιστοσύνη και το θέμα της πτυχιακής εργασίας που μου πρότεινε και την υπομονή και τη προθυμία της να με στηρίξει σε όλη τη διάρκεια συγγραφής της εργασίας μέχρι την ολοκλήρωσή της. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, την αδερφή μου και τους πολύ κοντινούς μου ανθρώπους που με βοήθησαν και ήταν δίπλα κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	5
Abstract	6
Ευχαριστίες.....	7
Πίνακας Περιεχομένων.....	8
Πίνακας Εικόνων.....	12
Πίνακας Πινάκων	14
Πίνακας Σχημάτων.....	15
1.Εισαγωγή	16
1.1 Το σιτάρι.....	16
1.2 Το σιτάρι στην Ελλάδα	17
1.3 Το σιτάρι παγκοσμίως και η καλλιεργητική προσαρμοστικότητα του	18
1.4 Η ιστορία και η προέλευση του σιταριού.....	19
1.5 Η γενετική εξέλιξη του σιταριού	19
1.6 Ταξινόμηση του σιταριού.....	20
1.6.1 Σύστημα κατηγοριοποίησης σιταριού στην Αμερική.....	21
1.7 Η διατροφική αξία του σιταριού ολικής αλέσεως και της γλουτένης.....	24
1.7.1 Το σιτάρι ολικής άλεσης και η θρεπτική του αξία	25
1.7.2 Ο ρόλος της γλουτένης στην υγεία του ανθρώπου.....	26
1.7.2.1 Κοιλιοκάκη	26
1.7.2.2 Δυσανεξία στη γλουτένη	26
2. Το μαλακό και το σκληρό σιτάρι και οι βασικές τους διαφορές ως προς τη δομή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους.....	27
2.1 Το μαλακό σιτάρι (<i>Triticum aestivum</i>)	27
2.1.1 Προέλευση του μαλακού σιταριού	27
2.1.2 Η γενετική εξέλιξη του μαλακού σιταριού	27
2.1.3 Καλλιέργεια μαλακού σιταριού.....	28
2.1.4 Παραγωγή και χρήση προϊόντων μαλακού σιταριού	28
2.2 Το σκληρό σιτάρι (<i>Triticum durum</i>)	28
2.2.1 Προέλευση του σκληρού σιταριού	29
2.2.2 Η γενετική εξέλιξη του σκληρού σιταριού	29
2.2.3 Καλλιέργεια σκληρού σιταριού.....	29
2.2.4 Παραγωγή και χρήση προϊόντων σκληρού σιταριού.....	30
2.3 Δομή κόκκων σιταριού.....	30

2.3.1 Το πίτυρο.....	31
2.3.2 Το φύτρο (έμβρυο)	32
2.3.3 Το ενδοσπέρμιο	33
2.4 Σύγκριση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του μαλακού και του σκληρού σίτου και αλεύρου	34
2.4.1 Ορισμός της ποιότητας	34
2.4.2 Δοκιμή βάρους	35
2.4.3 Βάρος χιλίων κόκκων	35
2.4.4 Σκληρότητα	35
2.4.5 Περιεκτικότητα σε υγρασία	37
2.4.6 Περιεκτικότητα σε τέφρα.....	38
2.4.7 Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες.....	39
2.4.8 Περιεκτικότητα σε λιπίδια	40
2.4.9 Περιεκτικότητα υγρής γλουτένης.....	41
2.4.9.1 Περιεκτικότητα ξηρής γλουτένης	42
2.4.10 Δοκιμή τιμής καθιζήσεως (Zeleny)	42
2.4.11 Αριθμός Πτώσεως (Falling Number).....	43
2.4.12 Προσδιορισμός χρώματος.....	45
2.4.13 Φαρινογράφος	45
2.4.14 Εξτενσογράφος.....	47
2.4.15 Αλβεογράφος.....	49
2.4.16 Αναμιξογράφος.....	50
2.4.17 Αμυλογράφος	51
3. Διαφορές στη διαδικασία αλέσεως του <i>Triticum aestivum</i> και <i>Triticum durum</i>.....	52
3.1 Ιστορική προσέγγιση.....	52
3.1.1 Η άλεση.....	53
3.2 Η άλεση του μαλακού σιταριού (<i>Triticum aestivum</i>)	54
3.2.1 Παραλαβή και αποθήκευση	54
3.2.2 Ανάμειξη	55
3.2.3 Καθαρισμός.....	55
3.2.4 Κοντισιονάρισμα	56
3.2.4.1 Ψυχρό κοντισιονάρισμα	57
3.2.4.2 Θερμό κοντισιονάρισμα	57
3.2.5 Άλεση.....	58
3.2.5.1 Σύστημα σπασιμάτων	59

3.2.5.2 Σύστημα ταξινόμησης κατά μέγεθος και σύνθεση.....	59
3.2.5.3 Σύστημα μειώσεως (Σύστημα λείων κυλίνδρων).....	60
3.3 Η άλεση του σκληρού σίτου (<i>Triticum durum</i>)	61
3.3.1 Παραλαβή και αποθήκευση	61
3.3.2 Καθαρισμός.....	62
3.3.2.1 1 ^{ος} Καθαρισμός	62
3.3.2.2 Κοντισιονάρισμα.....	63
3.3.2.3 2 ^{ος} Καθαρισμός	64
3.3.3 Άλεση.....	65
3.3.3.1 Σύστημα σπασιμάτων	65
3.3.3.2 Ταξινόμηση κατά μέγεθος και σύνθεση	66
3.3.3.3 Σύστημα ελαττώσεως μεγέθους.....	67
3.3.4 Ανάμιξη.....	67
3.4 Συνοπτικές διαφορές αλέσεως μαλακού και σκληρού σίτου.....	68
4. Διαφορές μεταξύ του μαλακού (<i>Triticum aestivum</i>) και του σκληρού σίτου (<i>Triticum durum</i>) ως προς τα τελικά τους προϊόντα	70
4.1 Προϊόντα μαλακού σίτου.....	70
4.1.1 Ψωμί.....	71
4.1.1.1 Συστατικά ψωμιού.....	71
4.1.1.1.1 Αλεύρι	71
4.1.1.1.2 Μαγιά	71
4.1.1.1.3 Αλάτι.....	72
4.1.1.1.4 Νερό	72
4.1.1.1.5 Λίπος.....	72
4.1.1.1.6 Σάκχαρα	73
4.1.1.1.7 Ένζυμα	73
4.1.1.1.8 Οξειδωτικά	73
4.1.1.1.9 Συντηρητικά	74
4.1.1.2 Παρασκευή ψωμιού.....	74
4.1.1.2.1 Κοσκίνισμα και ζύγιση	74
4.1.1.2.2 Ανάμιξη	74
4.1.1.2.3 Ζύμωση	75
4.1.1.2.4 Μορφοποίηση.....	76
4.1.1.2.5 Ψήσιμο	76
4.1.1.2.6 Ψύξη.....	76

4.1.2 Κέικ.....	77
4.1.3 Μπισκότα	78
4.1.4 Κράκερ	78
4.1.5 Φύλλα κρούστας.....	79
4.1.6 Ντόνατς.....	79
4.2 Προϊόντα σκληρού σίτου.....	80
4.2.1 Ζυμαρικά.....	80
4.2.1.1 Συστατικά ζυμαρικών.....	81
4.2.1.1.1 Σιμιγδάλι	81
4.2.1.1.2 Αλεύρι.....	81
4.2.1.1.3 Αυγά.....	82
4.2.1.1.4 Λάδι.....	82
4.2.1.1.5 Νερό.....	82
4.2.1.1.6 Πρωτεΐνες ορού γάλακτος.....	83
4.2.1.1.7 Ίνες.....	83
4.2.1.2 Παρασκευή ζυμαρικών.....	83
4.2.1.2.1 Ανάμειξη	84
4.2.1.2.2 Μορφοποίηση.....	85
4.2.1.2.3 Ξήρανση.....	86
4.2.1.2.4 Συσκευασία	87
4.2.2 Πλιγούρι.....	87
4.2.3 Frekeh	87
4.2.4 Κουσκούς.....	88
4.2.5 Παραδοσιακά είδη ψωμιού	88
4.2.6 Προϊόντα ζαχαροπλαστικής.....	89
5. Συμπέρασμα.....	90
Βιβλιογραφία.....	91

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1.1 Οι εξελικτικές και γονιδιωματικές σχέσεις μεταξύ του μαλακού και σκληρού σιταριού καθώς και των συναφών άγριων διπλοειδών σιταριών.

Εικόνα 1.2. HRW.

Εικόνα 1.3. SRW.

Εικόνα 1.4. HRS.

Εικόνα 1.5. HW.

Εικόνα 1.6. SW

Εικόνα 1.7. Durum σιτάρι.

Εικόνα 1.8. Κατανομή των έξι τύπων σιταριού που καλλιεργούνται στην Αμερική.

Εικόνα 1.9. α. Ψωμί παρασκευαζόμενο από σκληρό κόκκινο χειμωνιάτικο σιτάρι (HRW) , β. κρουασάν από σκληρό κόκκινο ανοιξιάτικο σιτάρι (HRS) , γ. κράκερ από μαλακό κόκκινο ανοιξιάτικο σιτάρι (SRW) , δ. κέικ από μαλακό σιτάρι (SW) , ε. ζυμαρικά ασιατικού στυλ (νουντλς) από σκληρό σιτάρι (HW) , στ. κουσκούς από durum σιτάρι.

Εικόνα 2.1. Απεικόνιση στο μικροσκόπιο υαλώδους (α) και αλευρώδους ενδοσπερμίου (β).

Εικόνα 2.2. Ηλεκτρονικές μικρογραφίες σάρωσης από κόκκους σιταριών που απεικονίζουν την επίδραση των γονιδίων PinA και PinB στην υφή του ενδοσπερμίου. Α και Β απεικονίζουν έναν πυρήνα μαλακού σιταριού σε εγκάρσια τομή που δείχνει την μορφολογία του πυκνού πυρήνα και ένα υψηλό επίπεδο ελεύθερων κόκκων αμύλου. C και D απεικονίζουν έναν πυρήνα σκληρού σιταριού σε εγκάρσια τομή , που απουσιάζει το τμήμα του χρωμοσώματος 5D που κατέχει τα γονίδια PinA και PinB και δείχνει τη μορφολογία του υαλώδους πυρήνα και μια συμπαγής συνέχεια στο ενδοσπέρμιο χωρίς ελεύθερους κόκκους αμύλου.

Εικόνα 2.3. Single-Kernel Characterization System (SKCS).

Εικόνα 2.4. Δείγματα αλεύρων σίτου σε φούρνο ξηράνσης.

Εικόνα 2.5. Επίδραση υψηλού και χαμηλού αριθμού πτώσεως στα ζυμαρικά.

Εικόνα 2.6. Αποτελέσματα αριθμού πτώσεως σε ψωμί προερχόμενο από μαλακό αλεύρι.

Εικόνα 2.7. Μετρητής χρώματος και διάγραμμα χρωμάτων.

Εικόνα 2.8. Φαρινογράφημα μαλακού αλεύρου με χαμηλή περιεκτικότητα γλουτένης.

Εικόνα 2.9. Φαρινογράφημα σκληρού αλεύρου με υψηλή περιεκτικότητα γλουτένης.

Εικόνα 2.10. Απεικόνιση εξτενσογράφου κατά το τέντωμα του ζυμαριού από το άγκιστρο.

Εικόνα 2.11. Καταγραφή εξτενσογραφημάτων μαλακού αλεύρου με χαρακτηριστική αδύνατη γλουτένη (α) και σκληρού αλεύρου με χαρακτηριστική δυνατή γλουτένη (β).

Εικόνα 2.12. Αλβεογράφημα μαλακού αλεύρου (α) , αλβεογράφημα σκληρού αλεύρου.

Εικόνα 2.13. Αναμιξογράφος.

Εικόνα 2.14. Στοιχεία αναμιξογραφημάτων για μαλακό (α) και σκληρό αλεύρι (β).

Εικόνα 2.15. Αμυλογράφημα σκληρού (α) και μαλακού (β) αλεύρου σίτου.

Εικόνα 3.1. Διαδικασία αλέσεως μαλακού σιταριού.

Εικόνα 3.2. Μαγνήτης που περνάει από μέσα το σιτάρι απομακρύνοντας τα μεταλλικά και σιδηρούχα αντικείμενα.

Εικόνα 3.3. Δείγμα σιταριού προερχόμενο απευθείας από τον αγρό.

Εικόνα 3.4. Διαχωριστήρας κόκκων.

Εικόνα 3.5. Εξοπλισμός συστήματος σπασιμάτων.

Εικόνα 3.6. Plansifter.

Εικόνα 3.7. Purifier (καθαριστήρας).

Εικόνα 3.8. Διαχωριστής χρωμάτων κόκκου σκληρού σίτου (αριστερά) και εσωτερική αναπαράσταση μηχανής (δεξιά).

Εικόνα 3.9. Pearling μηχανήμα σε κλειστή (δεξιά) και ανοικτή (αριστερά) θέση.

Εικόνα 3.10. Σπάσιμο κόκκου σκληρού σίτου σε σπαστήρες κυλίνδρους τύπου κόψη-κόψη.

Εικόνα 3.11. Purifier (αριστερά), εσωτερική λειτουργία του καθαριστή (δεξιά).

Εικόνα 4.1. Κάθετος αναμεικτήρας μεσαίας έντασης.

Εικόνα 4.2. Σύστημα ψύξης ψωμιού σε σπειροειδή μορφή.

Εικόνα 4.3. Κέικ (παντεσπάνι) παρασκευασμένο με τη χρήση αφρού(batter).

Εικόνα 4.4. Κράκερ τύπου σνακ (αριστερά) και κράκερ αλατιού (δεξιά).

Εικόνα 4.5. Χαρακτηριστικό ζυμάρι για πίτες.

Εικόνα 4.6. Ντόνατς με διαφορετική επικάλυψη (π.χ. ζάχαρη, σοκολάτα).

Εικόνα 4.7. Αναμεικτήρας κενού.

Εικόνα 4.8. Εξωθητήρας για ζυμαρικά μεγάλου μήκους (Long goods).

Εικόνα 4.9. Παραγωγή γεμιστών ζυμαρικών με ελασματοποίηση.

Εικόνα 4.10. Γραμμή ξήρανσης ζυμαρικών, όπου περιλαμβάνει τη προξήρανση, την ξήρανση, τη σταθεροποίηση (humidification) και την ψύξη.

Εικόνα 4.11. Frekeh.

Εικόνα 4.12. Διάφοροι τύποι ψωμιών σκληρού σίτου , α) Tandir ekmegi, β) Khobz ,γ) Altamura bread, δ) baladi, ε) saaj.

Εικόνα 4.13. Makroud.

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1.1. Οι παραγόμενες ποσότητες σιταριού και οι καλλιεργούμενες εκτάσεις στην Ελλάδα την περίοδο 2013-2014.

Πίνακας 1.2 Γενετική ταξινόμηση ειδών σιταριού (Γένος Triticum).

Πίνακας 1.3. Τάξεις σιταριού και τα γενικά χαρακτηριστικά τους και γενικές χρήσεις.

Πίνακας 1.4. Περιεκτικότητα μεταλλικών στοιχείων και συνιστώσα ημερήσια τιμή αλεύρου ολικής αλέσεως.

Πίνακας 1.5. Περιεκτικότητα βιταμινών και συνιστώσα ημερήσια τιμή αλεύρου ολικής αλέσεως.

Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1.1 Παγκόσμια παραγωγή σιταριού ανά χώρα.

Σχήμα 2.1 Δομή κόκκου σιταριού.

Σχήμα 2.2. Σχηματισμός γλουτένης από γλιαδίνη και γλουτενίνη.

Σχήμα 2.3. Ενυδάτωση γλουτένης.

Σχήμα 3.1. Πιθανή εξέλιξη από το saadlestone έως τις μολόπετρες.

Σχήμα 3.2. Διάγραμμα αλέσεως μαλακού σιταριού.

Σχήμα 3.3. Σχηματική εγκατάσταση και διαδικασία εισαγωγής του σκληρού σίτου.

Σχήμα 3.4. Διάγραμμα ροής αλέσεως σκληρού σιταριού. B: break, BF: bran finisher, M: midding, P: purifier, SD: shorts duster (finisher), S or SIZ: sizing.

Σχήμα 3.5. Σύστημα διαφόρων τύπων σιμιγδαλιού και μεταφορά σε τελικό μέσο διακίνησης.

Σχήμα 4.1. Η οξειδωτική δράση του αφυδροσκορβικού οξέος (DHAsA).

Σχήμα 4.2. Διαδικασία παραγωγής ζυμαρικών.

1. Εισαγωγή

1.1 Το σιτάρι

Το σιτάρι (σίτος ή στάρι *Triticum spp*), είναι ένα ετήσιο φυτό που ανήκει στην οικογένεια *Poaceae* (*Gramineae*) και αντιπροσωπεύει μία από τις σημαντικότερες καλλιέργειες στον κόσμο. Μεταξύ των δημητριακών έρχεται δεύτερο σε παγκόσμια κλίμακα ως προς τη συγκομιδή, μετά τον αραβόσιτο και το ρύζι.

Το σιτάρι εμφανίστηκε γύρω το 4.500 π.Χ. και είναι από τα αρχαιότερα φυτά. Η ποικιλία των ονομάτων του στις διάφορες γλώσσες δείχνει από τους προϊστορικούς ακόμα χρόνους ότι η καλλιέργεια του ήταν διαδεδομένη σε μακρινές μεταξύ τους χώρες (ΥΑΑΤ, 2007). Στην αρχαία Ελλάδα όλα τα πρωτόγονα σιτηρά καλλιεργούνται από την εποχή του Χαλκού, αλλά λόγω της χαμηλής απόδοσης και της επίπονης διαδικασίας που απαιτείται για την αποφλοίωση τους υποσκελίστηκαν σταδιακά από το πιο εξελιγμένο σιτάρι (Μύλοι Θράκης, 2014).

Τα κύρια συστατικά του σιταριού είναι το άμυλο και η πρωτεΐνη. Η πρωτεΐνη που διαθέτει το σιτάρι είναι μοναδική (γλουτένη) και χάρης αυτήν προέρχεται η ιξοδωλαστική ζύμη που απαιτείται για την παραγωγή διαφόρων σημαντικών για τον άνθρωπο προϊόντων σιταριού. Παρούσες σε μικρότερες ποσότητες είναι οι λιποδιαλυτές βιταμίνες Ε, διάφοροι δύσπεπτοι υδατάνθρακες, διαιτητικές ίνες, ανόργανα άλατα και υδατοδιαλυτές βιταμίνες του συμπλέγματος Β. Η διαφορετική σύνθεση των τμημάτων του σιταριού και ο διαφορετικός βαθμός απόδοσης της άλεσης παράγουν διαφορετικά είδη αλεύρων (Μύλοι Παπαφίλη 2016).

Η χρησιμότητα των προϊόντων των σιτηρών ποικίλει, αφού αποτελεί βασικό είδος συντήρησης του ανθρώπου παρέχοντας του το 45% της απαραίτητης για αυτόν ενέργεια. Το σκληρό σιτάρι χρησιμοποιείται στην παρασκευή ζυμαρικών και πολύ λιγότερο στην κτηνοτροφία. Το αλεύρι από τα σπέρματα του μαλακού σιταριού χρησιμοποιείται στην αρτοποιία και δευτερευόντως στην κτηνοτροφία (ΥΑΑΤ, 2007). Συγκεκριμένα στη χώρα μας, το έτος 2015 το μαλακό σιτάρι χρησιμοποιήθηκε σε ποσοστό 55% για ανθρώπινη κατανάλωση, 42% για ζωοτροφή και 3% για σπόρο και αντίστοιχα για το σκληρό σιτάρι ήταν 88% για ανθρώπινη κατανάλωση, 3% για ζωοτροφή και 9% για σπόρο (ΥΑΑΤ, 2017).

Ο τύπος του σιταριού που καλλιεργείται και η απόδοση εξαρτώνται κυρίως από τις συνθήκες καλλιέργειας. Ζεστές θερμοκρασίες ημέρας έως 30°C και δροσερές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της νύχτας, αποτελούν τις καταλληλότερες συνθήκες. Η ποσότητα και ιδιαίτερα η κατανομή των βροχοπτώσεων επηρεάζουν την απόδοση και τη τάξη του σιταριού που καλλιεργείται. Η καλλιέργεια γενικότερα του σκληρού σίτου επιλέγεται σε ξηρότερες περιοχές.

Η διάρκεια της περιόδου καλλιέργειας του σιταριού εξαρτάται σε κάποιο βαθμό και από την περιοχή της ανάπτυξης. Για παράδειγμα, ποικιλίες σίτου που ωριμάζουν στον Δυτικό Καναδά σε 95 ημέρες, στο Μεξικό μπορεί να απαιτείται 150-160 ημέρες για την ωρίμανση τους.

Το βασικό χαρακτηριστικό που έχει δώσει στο σιτάρι ένα πλεονέκτημα έναντι άλλων εύκρατων καλλιεργειών είναι οι μοναδικές ιδιότητες της ζυμαριού του σίτου που επιτρέπουν τη μετατροπή του σε μια σειρά τροφίμων (Quail, 1996). Αυτές οι ιδιότητες εξαρτώνται από τις δομές και τις αλληλεπιδράσεις των πρωτεϊνών σιταριού, οι οποίες αποτελούν μαζί το κλάσμα πρωτεΐνης της γλουτένης.

1.2 Το σιτάρι στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, όπως και στις περισσότερες χώρες, το σιτάρι (σκληρό και μαλακό) είναι πολύ πιο σπουδαίο από όλα μαζί τα άλλα χειμωνιάτικα σιτηρά και καλλιεργούνται εδώ και χιλιάδες χρόνια. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολύ σημαντικές αλλαγές στην καλλιεργούμενη έκταση ανάμεσα στο σκληρό και το μαλακό σιτάρι στην Ελλάδα, με συνέπεια το σκληρό να καλλιεργείται σε πολύ μεγαλύτερη έκταση από το μαλακό.

Στη χώρα μας, το σύνολο των καλλιεργούμενων εκτάσεων με σιτηρά ανέρχεται περίπου σε 5 εκατομμύρια στρέμματα και η εσωτερική ζήτηση καλύπτεται κυρίως από εισαγωγές που φτάνουν τους 1.100.000 τόνους περίπου (έτος 2015). Στην Ελλάδα, παρουσιάστηκε μείωση των καλλιεργούμενων εκτάσεων και αντίστοιχα της παραγωγής του μαλακού αλλά ιδιαίτερα του σκληρού σιταριού όπου την τριετία 2013-2015 η πτώση που καταγράφηκε ήταν της τάξεως του 32% (Πίνακας 1.1).

Πίνακας 1.1. Οι παραγόμενες ποσότητες σιταριού και οι καλλιεργούμενες εκτάσεις στην Ελλάδα την περίοδο 2013-2014

ΣΙΤΑΡΙ	ΕΚΤΑΣΕΙΣ					ΠΑΡΑΓΩΓΗ				
	2013	2014	2015	Μεταβολή 2014/2013	Μεταβολή 2015/2014	2013	2014	2015	Μεταβολή 2014/2013	Μεταβολή 2015/2014
ΜΑΛΑΚΟ	1.836,7	1.827,9	1.558,0	-0,5	-14,8	520,7	506,9	461,8	-2,7	-8,9
ΣΚΛΗΡΟ	4.578,1	3.889,7	3.463,5	-18,3	-11,0	1.311,2	1.063,5	996,9	-18,9	-6,3

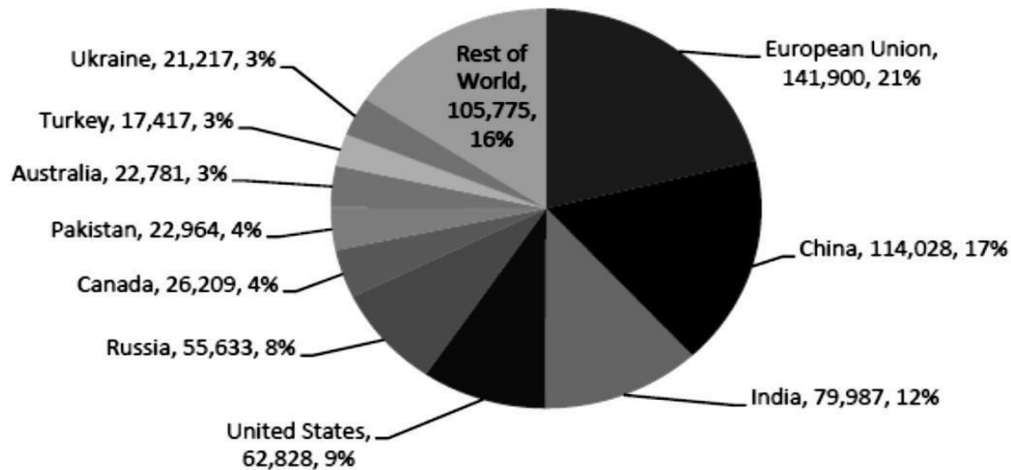
ΠΗΓΗ: ΕΛΣΤΑΤ, 2017δ

Το σκληρό σιτάρι καταλαμβάνει την πρώτη θέση σε καλλιεργούμενη έκταση και σε παραγωγή με ποσοστό 69% και 68% επί του συνόλου, αντίστοιχα. Η πλεονασματική ποσότητα του σκληρού σίτου εξάγεται, είτε ως σιτάρι (σπόρος), είτε ως σιμιγδάλι (αλεύρι για παραγωγή ζυμαρικών), όπου το έτος 2015 έφτασε το ποσοστό του 20%. Αντίθετα για το ίδιο έτος, το 67% της χρησιμοποιούμενης ποσότητας του μαλακού εισήχθη τόσο από τρίτες χώρες όσο και από κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΥΑΑΤ, 2017).

1.3 Το σιτάρι παγκοσμίως και η καλλιεργητική προσαρμοστικότητα του

Με βάση την εκτίμηση του FAO το 2001, τρόφιμα με βάση τους υδατάνθρακες, όπως τα δημητριακά, αμυλούχες ρίζες κ.α., παρέχουν το 53% των μέσων ημερήσιων θερμίδων στον παγκόσμιο πληθυσμό. Σε αυτήν την ομάδα το σιτάρι είναι το κύριο δημητριακό που καταναλώνεται (FAO, 2009). Στο Σχήμα 1.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι κυριότερες χώρες παραγωγής σιταριού σε παγκόσμιο επίπεδο.

Σχήμα 1.1 Παγκόσμια παραγωγή σιταριού ανά χώρα.



ΠΗΓΗ: O'Brien, 2011

Πάνω από το 90% του σιταριού που καλλιεργείται παγκοσμίως είναι το *Triticum aestivum*. Χρησιμοποιείται για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως κέικ, αρτοσκευάσματα, μπισκότα πουτίγκες και κυρίως ψωμί. Το *Triticum durum* (σκληρό σιτάρι) χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ζυμαρικών. Επιπλέον, καλλιεργούνται μικρές ποσότητες ειδικών σιταριών όπως: το σιτάρι σπελτ (εξαπλοειδές σιτάρι, *Triticum aestivum* var. *spelta*) το *Triticum monococcum* και το *Triticum timopheevii*.

Η διαδεδομένη δημοτικότητα του ψωμιού ως βασική τροφή πηγάζει εν μέρει από την προσαρμοστικότητα του σιταριού να μπορεί να καλλιεργηθεί και να αναπτυχθεί σε πολλά διαφορετικά εδάφη και κλιματολογικές συνθήκες. Το ψωμί καταναλώνεται επίσης ευρέως και σε περιοχές του κόσμου, όπου η κατανάλωση τροφίμων αρτοποιίας έχει αυξηθεί ραγδαία τις τελευταίες δεκαετίες και συνεχίζει να αυξάνεται επειδή το ψωμί θεωρείται ως μία πιο αποτελεσματική «ευκολία» τροφίμων σε σχέση με τα άλλα είδη, όπως το ρύζι.

Η καλλιέργεια του σιταριού προσαρμόζεται καλύτερα σε περιοχές όπου η μέγιστη θερμοκρασία δεν ξεπερνάει τους 15°C και επικρατεί επαρκή υγρασία. Ωστόσο, το σιτάρι έχει από καιρό καλλιεργηθεί σε ένα ευρύ φάσμα κλιμάτων σε όλο τον κόσμο συμπεριλαμβανομένων των θερμών και ξηρών περιοχών. Στην πραγματικότητα, το σιτάρι είναι ένα φυτό που μπορεί να καλλιεργηθεί από τον Αρκτικό κύκλο έως τις νότιες περιοχές της Αργεντινής και σε υψόμετρο ίσο με τη στάθμη της θάλασσας έως και τα 3.000 μέτρα, καθώς και σε περιοχές όπου οι βροχοπτώσεις κυμαίνονται από τα 250 έως τα 1.800mm.

1.4 Η ιστορία και η προέλευση του σιταριού

Η ιστορία του σιταριού και του ανθρώπινου πολιτισμού είναι άρρηκτα συνδεδεμένες μεταξύ τους εδώ και τουλάχιστον 10.000 χρόνια. Σύμφωνα μάλιστα με ορισμένα αρχαιολογικά ευρήματα η καλλιέργεια του σιταριού τοποθετείται γύρω στο 15.000 π.Χ.. Υπάρχουν ενδείξεις ότι ο κόσμος έτρωγε “ζυμαρικά” από σιτάρι πολύ νωρίς (5.000 π.Χ.). Αναφορές για τη καλλιέργεια του σιταριού στην αρχαιότητα υπάρχουν από τον Όμηρο, τον Θεόφραστο κ.α. Στη χώρα μας, η παρουσία του σκληρού σιταριού επιβεβαιώνεται από τους καρβουνιασμένους σπόρους των νεολιθικών οικισμών Διμήνι και Σέσκλου στην περιοχή του Βόλου. Εξ’ άλλου η Ελλάδα συγκαταλέγεται στα Παγκόσμια Κέντρα υλικού για το φυτό αυτό.

Για πολλούς αιώνες, το σιτάρι αποτελούσε και αποτελεί το κύριο είδος διατροφής του ανθρώπου και είναι βασικό υλικό για την παρασκευή του ψωμιού. Πρώτοι, οι Αιγύπτιοι ασχολήθηκαν με το ζύωμα του ψωμιού. Σύμφωνα με ιστορικές αναφορές σε αρχαία κείμενα του Αιγυπτιακού πολιτισμού, αναφέρεται η παραγωγή ψωμιού με χρήση μαγιάς (Gooding et Davies, 1997). Για την περιοχή της Μεσογείου ευρήματα που χρονολογούνται στην Εποχή του Χαλκού, δείχνουν πως το πλιγούρι ή πουλγούρι (bulgur) αποτέλεσε βασικό διατροφής (Valamoti, 2004). Το σκληρό σιτάρι έφθασε στη Βόρεια Αμερική τον 20^ο αιώνα. Η παραγωγή του αυξήθηκε πολύ γρήγορα στον Καναδά μετά το 1916 για αντικατάσταση αρτοποιήσιμων ποικιλιών που προσβλήθηκαν σοβαρά από σκωριάσεις. Μόλις, τα τελευταία χρόνια άρχισε η καλλιέργεια στη Μ. Βρετανία και την Κεντρική Ευρώπη.

Σήμερα, το σιτάρι εξακολουθεί να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια γεωργία και τα προϊόντα του να αποτελούν τη βάση της διατροφής του πληθυσμού του πλανήτη μας. Πλήθος προϊόντων διατροφής έχουν ως βάση το σιτάρι και δεν είναι μόνο εκείνα τα φαγητά και εν γένει σκευάσματα όπως το ψωμί, τα ζυμαρικά ή πολλά άλλα προϊόντα που είναι γνωστά στο ευρύ κοινό, αλλά και πλήθος άλλων προϊόντων όπως ή μύρα, το ουίσκι (ζυμωμένο σιτάρι) και άλλα που έχουν ως πρώτη ύλη το σιτάρι.

1.5 Η γενετική εξέλιξη του σιταριού

Γενετικά, υπάρχουν τρεις κύριες ομάδες καλλιεργημένου σίτου, τα διπλοειδή, τα τετραπλοειδή και τα εξαπλοειδή σιτάρια. Ο άγριος πρόγονος καλλιεργημένου διπλοειδούς σιταριού *einkorn*, ανακαλύφθηκε στη Μέση Ανατολή, ο πρόγονος για το τετραπλοειδές σιτάρι *emmer* και το σκληρό σιτάρι ανακαλύφθηκε στην αρχή του 20^{ου} αιώνα. Δεν υπάρχουν ισοδύναμοι πρόγονοι για το εξαπλοειδές σιτάρι και είναι σαφές ότι τα εξαπλοειδή σιτάρια προέκυψαν από υβριδισμούς μεταξύ καλλιεργημένου τετραπλοειδούς σίτου και άγριων διπλοειδών ειδών.

Το κοινό σιτάρι (*Triticum. Aestivum*), είναι ένα εξαπλοειδές σιτάρι με 21 ζεύγη ($2n = 42$) χρωμοσωμάτων που περιλαμβάνουν τρία ομόλογα (παρόμοια) γονιδιώματα (AA BB και

DD), το καθένα από 7 ζεύγη χρωμοσωμάτων. Το σκληρό σιτάρι και το σιτάρι *Emmer* είναι τετραπλοειδή ($2n = 28$) και κατέχουν δύο ομόλογα γονιδιώματα (AA και BB), παρόμοια με τα γονιδιώματα του εξαπλοειδούς σιταριού. Το σιτάρι *Einkorn* είναι διπλοειδές σιτάρι με γονιδίωμα AA προσφέροντας μια σειρά πρακτικών χρήσεων στην ανθρώπινη διατροφή (Πίνακας 1.2) (Abdel-Aal and Hucl, 2014).

Πίνακας 1.2 Γενετική ταξινόμηση ειδών σιταριού (Γένος *Triticum*).

Είδος	Γονιδίωμα
Διπλοειδή ($2n = 2x = 14$)	
<i>T. monococcum</i> L.	A
<i>T. speltoides</i> Gren ex Richter	B
<i>T. tauschii</i> (Coss). Small	D
Τετραπλοειδή ($2n = 4x = 28$)	
<i>T. turgidum</i> L. var <i>dicoccoides</i>	AB
<i>T. durum</i>	AB
<i>T. polonicum</i>	AB
<i>T. dicoccum</i>	AB
<i>T. timopheevi</i>	AG
Εξαπλοειδή ($2n = 6x = 42$)	
<i>T. aestivum</i> L. em. Thell	ABD
<i>T. vulgare</i>	ABD
<i>T. spelta</i>	ABD

ΠΗΓΗ: Morris and Sears (1967)

Κατά τον 20^ο αιώνα αναπτύχθηκαν πολλοί νέοι γονότυποι σιταριού. Αυτοί οι νέοι τύποι σιταριού μπόρεσαν να παράγουν καλές αποδόσεις σιτηρών με αντοχή στο κρύο, ασθένειες, έντομα και άλλες απειλές καλλιέργειας. Ως αποτέλεσμα ήταν η παραγωγή του σιταριού σε όλο τον κόσμο να αυξηθεί σημαντικά. Κατά τα τελευταία 30 χρόνια, υπήρξε μια τεράστια αύξηση στην γνώση της βιοχημείας, της γενετικής και των λειτουργικών ιδιοτήτων του σίτου. Πιο πρόσφατα, η μοριακή βιολογία βοήθησε στην αποσαφήνιση των λειτουργιών των γονιδίων που καθορίζουν τη μεγάλη ποικιλία των φαινοτύπων του σιταριού.

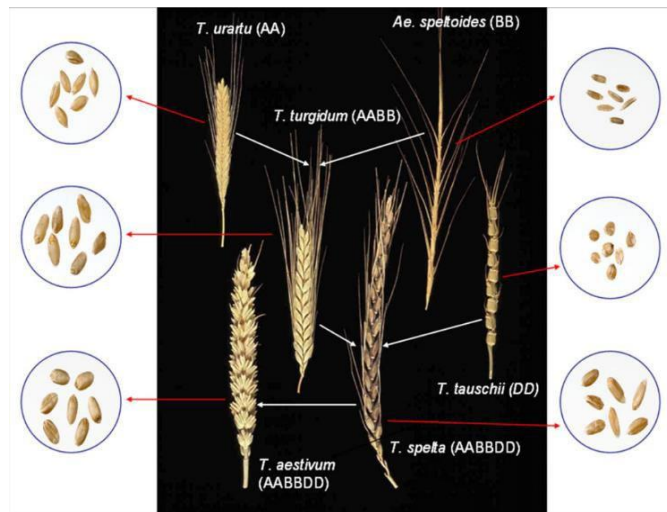
1.6 Ταξινόμηση του σιταριού

Το γένος *Triticum* περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα ειδών, αλλά μόνο δύο είδη καλλιεργούνται σε μεγάλο βαθμό:

- *Triticum aestivum*, μαλακό σιτάρι ή σιτάρι ψωμιού το οποίο είναι ένα γενετικά εξαπλοειδές σιτάρι με γονοδιώματα A, B και D.
- *Triticum durum*, σκληρό σιτάρι ή σιτάρι κατάλληλο για ζυμαρικά το οποίο είναι γενετικά τετραπλοειδές με γονιδιώματα A και B.

Τα σιτάρια *T. monococcum*, *Aegilops speltoides*, *T. tauschii* και τα άγρια είδη του *Aegilops*, τα οποία σχετίζονται στενά με το σύγχρονο *Aegilops speltoides*, είναι προγονικά είδη του διπλοειδούς σιταριού με επτά ζεύγη χρωμοσωμάτων ($2n = 14$). Το τετραπλοειδές *T. durum* προέρχεται από τον φυσικό υβριδισμό του *T. monococcum* (γονιδίωμα A) και το προγονικό *Aegilops speltoides* (γονιδίωμα B). Το εξαπλοειδές σιτάρι (ψωμιού) ($2n = 42$) είναι αποτέλεσμα φυσικής υβριδοποίησης του *T. dicoccoides* (AABB) και *T. tauschii* (DD)(Εικόνα 1.1).

Εικόνα 1.1 Οι εξελικτικές και γονιδιωματικές σχέσεις μεταξύ του μαλακού και σκληρού σιταριού καθώς και των συναφών άγριων διπλοειδών σιταριών.



ΠΗΓΗ: Snape & Pankova ,2006

Τα κοινά σιτάρια σήμερα χωρίζονται σε κόκκινα και λευκά σιτάρια (με βάση την ένταση της κόκκινου χρώματος (περιεκτικότητας ή μη ερυθρωπών χρωστικών ουσιών “τανίνες” στο περίβλημα του κόκκου), σε σκληρό και μαλακό σιτάρι (με βάση την αντίσταση του κόκκου όταν συνθλίβεται) και το χειμερινό ή ανοιξιάτικο σιτάρι (τα οποία διαφέρουν ανάλογα την περίοδο καλλιέργειας τους, το χειμερινό σπέρνεται το φθινόπωρο και συγκομίζεται αρχές καλοκαιριού, ενώ το ανοιξιάτικο σιτάρι φυτεύεται την άνοιξη και συγκομίζεται στα τέλη του καλοκαιριού).

1.6.1 Σύστημα κατηγοριοποίησης σιταριού στην Αμερική

Αξιοσημείωτη είναι η περίπτωση των καλλιεργητών σιταριού της Αμερικής, οι οποίοι έχουν αναπτύξει έξι κατηγορίες σιταριού. Κάθε ποικιλία σιταριού ταιριάζει με μία από αυτές τις έξι κατηγορίες με βάση την εποχή της καλλιέργειας (χειμώνας ή άνοιξη), τη σκληρότητα του κόκκου (σκληρός ή μαλακός) και το χρώμα περισπέρμιου (κόκκινο ή λευκό).

- **Σκληρό κόκκινο χειμερινό σιτάρι** Εικόνα 1.2. HRW.

(**HRW**) : Το 95% του σιταριού αυτού καλλιεργείται στο Κάνσας. Το σιτάρι αυτό γενικά έχει καλή απόδοση κατά τη διαδικασία της άλεσης και του ψησιματος. Το παραγόμενο αλεύρι από το σκληρό κόκκινο χειμερινό σιτάρι χρησιμοποιείται κυρίως για την παρασκευή



δημητριακών, ζυμαρικών ασιατικού στυλ (π.χ. poodles) και άλλων διαφόρων αρτοσκευασμάτων. ΠΗΓΗ: www.uswheat.org

- **Μαλακό κόκκινο χειμερινό σιτάρι**

(*SRW*): Λιγότερο από το 1% του σιταριού που καλλιεργούνται από τους καλλιεργητές του Κάνσας είναι μαλακό κόκκινο χειμωνιάτικο σιτάρι (*SRW*). Τα μαλακά σιτάρια έχουν χαμηλότερη πρωτεΐνη και λιγότερη αντοχή γλουτένης. Αυτό κάνει *SRW* ιδανικό για μπισκότα, αρτοσκευάσματα, ψωμιά και κράκερ.

Εικόνα 1.3. *SRW*.



ΠΗΓΗ: www.uswheat.org

- **Σκληρό κόκκινο ανοιξιάτικο σιτάρι**

(*HRS*) : Οι αγρότες της Βόρειας Καλιφόρνιας απαιτούν μικρότερη καλλιέργεια σιταριού. Το σκληρό κόκκινο ανοιξιάτικο σιτάρι (*HRS*) καλλιεργείται νωρίς την άνοιξη και συγκομίζεται τέλη καλοκαιριού. Το σιτάρι *HRS* έχει υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και ισχυρή γλουτένη, ιδανική για αρτοσκευάσματα, κρουασάν, bagels και κρούστα πίτσας. Σε διεθνές επίπεδο, το *HRS* συχνά αναμειγνύεται με εγχώρια σιτηρά για να επιτευχθεί μεγαλύτερη αντοχή στο αλεύρι του μείγματος.

Εικόνα 1.4. *HRS*.



ΠΗΓΗ: www.uswheat.org

- **Σκληρό λευκό σιτάρι (*HW*)** : Περίπου το 3% του σιταριού που καλλιεργούνται από τους αγρότες του Κάνσας είναι ο σκληρός λευκός σίτος. Είναι από τις νεότερες ποικιλίες μεταξύ των έξι, ωστόσο επεκτείνεται ταχέως η δημοτικότητα του. Το σιτάρι *HW* χρησιμοποιείται σε διάφορα αρτοσκευάσματα, ψωμιά και τортίγιες.

Εικόνα 1.5. *HW*.



ΠΗΓΗ: www.uswheat.org

- **Μαλακό λευκό σιτάρι (*SW*)** : Οι

γεωργοί του Βορειοδυτικού Ειρηνικού (Καλιφόρνια) καλλιεργούν κυρίως μαλακό λευκό σιτάρι (*SW*), όσο χειμερινές όσο και εαρινές ποικιλίες. Το *SW* έχει δύο υποκατηγορίες. Το σιτάρι κλαμπ που έχει πολύ αδύναμη γλουτένη και το δυτικό λευκό σιτάρι που είναι συνδυασμός σιταριού κλαμπ και *SW*. Το *SW* σιτάρι έχει χαμηλή υγρασία, αλλά υψηλά ποσοστά εκχύλισης. Με φυσικό λευκό χρώμα το σιτάρι *SW* χρησιμοποιείται για προϊόντα αρτοποιίας, noodles, κέικ και αρτοσκευάσματα.

Εικόνα 1.6. *SW*.



ΠΗΓΗ: www.uswheat.org

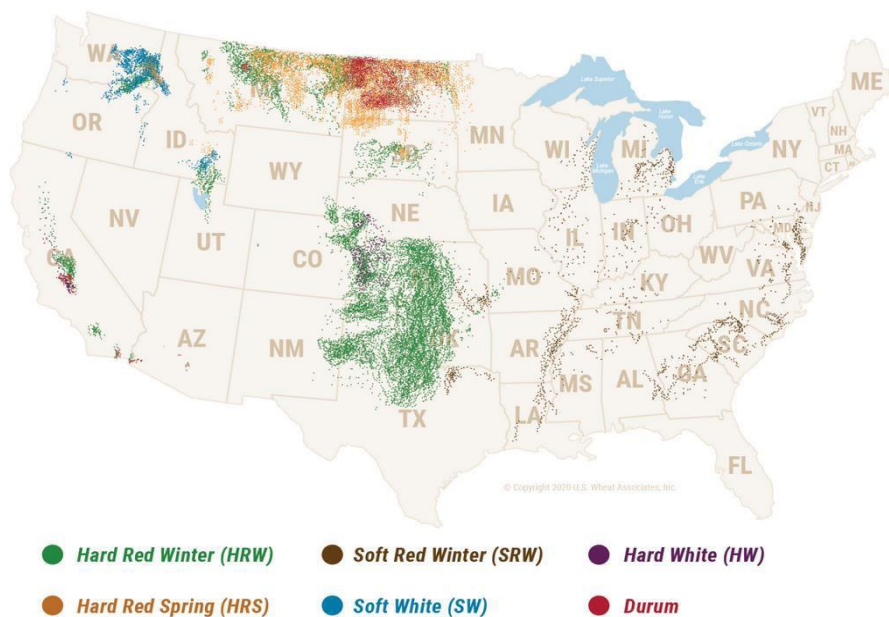
- **Durum**: Το durum σιτάρι (σκληρό), είναι το σκληρότερο από τις έξι κατηγορίες και καλλιεργείται σε δυο περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών. Ή στις Βόρειες πεδιάδες όπου ο κόκκος είναι πιο σκουρόχρωμος ή στις νοτιοδυτικές περιοχές της ερήμου (Αριζόνα, Καλιφόρνια).



Λόγω του πλούσιου χρώματος (κεχριμπάρι) και της υψηλής περιεκτικότητας σε γλουτένη, το σκληρό σιτάρι χρησιμοποιείται κυρίως για την παρασκευή ζυμαρικών, κουσκούς και μερικών μεσογειακών ψωμιών.

ΠΗΓΗ: www.uswheat.org

Εικόνα 1.8. Κατανομή των έξι τύπων σιταριού που καλλιεργούνται στην Αμερική.



ΠΗΓΗ: www.uswheat.org

Εικόνα 1.9. α. Ψωμί παρασκευαζόμενο από σκληρό κόκκινο χειμωνιάτικο σιτάρι (HRW), β. κρουασάν από σκληρό κόκκινο ανοιξιάτικο σιτάρι (HRS), γ. κράκερ από μαλακό κόκκινο ανοιξιάτικο σιτάρι (SRW), δ. κέικ από μαλακό σιτάρι (SW), ε. ζυμαρικά ασιατικού στυλ (νουντλς) από σκληρό σιτάρι (HW), στ. κουσκούς από durum σιτάρι.



ΠΗΓΗ: www.uswheat.org

Πίνακας 1.3. Τάξεις σιταριού και τα γενικά χαρακτηριστικά τους και γενικές χρήσεις.

Κατηγορίες σιταριού	Γενικά χαρακτηριστικά	Γενικές χρήσεις
Σκληρό κόκκινο χειμερινό σιτάρι (HRW)	Υψηλό ποσοστό πρωτεΐνης, δυνατή γλουτένη , μεγάλη απορρόφηση νερού	Ψωμί και διάφορα αρτοσκευάσματα
Μαλακό κόκκινο χειμερινό σιτάρι (SRW)	Χαμηλό ποσοστό πρωτεΐνης, αδύνατη γλουτένη , χαμηλή απορρόφηση νερού	Κέικ, μπισκότα , κράκερ , διάφορα προϊόντα ζαχαροπλαστικής
Σκληρό κόκκινο ανοιξιάτικο σιτάρι (HRS)	Πολύ μεγάλο ποσοστό πρωτεΐνης , δυνατή γλουτένη , υψηλή απορρόφηση νερού	Ψωμί , bagels , pretzels και διάφορα αρτοσκευάσματα
Σκληρό λευκό σιτάρι	Υψηλό ποσοστό πρωτεΐνης , δυνατή γλουτένη , υψηλή απορρόφηση νερού, το πίτυρο στερείται χρωστικών ουσιών	Ψωμί και διάφορα αρτοσκευάσματα
Μαλακό λευκό σιτάρι	Χαμηλό ποσοστό πρωτεΐνης , αδύνατη γλουτένη , χαμηλή απορρόφηση νερού , το πίτυρο στερείται χρωστικών ουσιών	Νούντλς , κράκερς , γκοφρέτες
Durum σιτάρι	Υψηλό ποσοστό πρωτεΐνης , δυνατή γλουτένη , μεγάλη απορρόφηση νερού	Ζυμαρικά

ΠΗΓΗ : William Atwell , 2016

1.7 Η διατροφική αξία του σιταριού ολικής αλέσεως και της γλουτένης

Το σιτάρι είναι βασικός παράγοντας της ανθρώπινης διατροφής εδώ και χιλιετίες. Οι τροφές με βάση το σιτάρι είναι βασικές για τη διατροφή ολόκληρου του κόσμου, παρά τις σημαντικές διαφορές στην περίοδο, την περιοχή και τις προτιμήσεις του πληθυσμού. Τα τρόφιμα με βάση το σιτάρι αποτελεί εξαιρετική διατροφή, συμβάλλοντας στην ενέργεια με τα απαραίτητα αμινοξέα, τα απαραίτητα λιπαρά οξέα, βιταμίνες και μέταλλα. Το ψωμί, ένα πρωταρχικό προϊόν σιταριού, θεωρείται βασική τροφή και υπάρχουν πολλές βιβλικές αναφορές σε αυτό. Καταναλώνεται ουσιαστικά από όλα τα τμήματα του πληθυσμού παγκοσμίως.

Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια το σιτάρι έχει εμπλακεί ως αιτία αλλεργιών, κοιλιοκάκης και άλλων με την υγεία σχετικών θεμάτων. Η διατροφή του σιταριού εξακολουθεί να αποτελεί αντικείμενο πολλών ερευνών και αντιπαραθέσεων. Όσον αφορά τη διατροφή, όλα τα τρόφιμα είναι ένα φάσμα οφελών και ανεπιθύμητων ενεργειών για την υγεία. Το σιτάρι και τα προϊόντα του δεν αποτελούν εξαίρεση (William Atwell & Sean Finnie, 2016).

1.7.1 Το σιτάρι ολικής άλεσης και η θρεπτική του αξία

Η χρήση τροφίμων με βάση το αλεύρι ολικής άλεσης συνιστάται ιδιαίτερα λόγω των βελτιωμένων διατροφικών και υγειονομικών πλεονεκτημάτων που προσφέρονται σε σύγκριση με τα τρόφιμα που παρασκευάζονται από λευκό αλεύρι (Peressini and Sensidoni , 2009). Το μη επεξεργασμένο σιτάρι είναι μια εξαιρετικά θρεπτική πηγή τροφίμων. Το σιτάρι ολικής αλέσεως έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά και παρέχει σύνθετους υδατάνθρακες, αδιάλυτες και διαλυτές φυτικές ίνες, καθώς και ποικιλία βιταμινών και μετάλλων. Αν και η πρωτεΐνη της είναι ατελής, όταν συνδυάζεται με άλλους κόκκους δημητριακών, ζωικές πρωτεΐνες ή όσπρια, γίνεται πλήρης. Το αλεύρι ολικής αλέσεως δε μπορεί να εμπλουτιστεί, οπότε οι βιταμίνες που περιέχονται σε αυτό προέρχονται καθαρά από το σιτάρι. Η θρεπτική αξία του σιταριού καθορίζεται από τον τρόπο επεξεργασίας του. Ολόκληρο το σιτάρι διατηρεί το φυσικό πίτυρο και το φύτρο του και έτσι διατηρεί μια πλήρη σειρά θρεπτικών συστατικών. Ολόκληρο το σιτάρι είναι μια καλή προσφορά πρωτεϊνών, βιταμινών Β και μετάλλων, συμπεριλαμβανομένου του σιδήρου και του μαγνησίου (Πίνακες 1.4 και 1.5). Από την άλλη στο επεξεργασμένο σιτάρι έχει αφαιρεθεί το πίτυρο και το φύτρο του και ως εκ τούτου το μεγαλύτερο μέρος των ινών του και των πολλών θρεπτικών συστατικών του.

Πίνακας 1.4. Περιεκτικότητα μεταλλικών στοιχείων και συνιστώσα ημερήσια τιμή αλεύρου

Μεταλλικά στοιχεία	Ποσότητα	Ημερήσια τιμή (%)
Ασβέστιο	40.8 mg	4
Σίδηρος	4.7 mg	26
Μαγνήσιο	166 mg	41
Φώσφορος	415 mg	42
Κάλιο	486 mg	14
Νάτριο	6.0 mg	0
Ψευδάργυρος	3.5 mg	23
Μαγγάνιο	4.6 mg	228
Σελήνιο	84.8 mg	121

ΠΗΓΗ: William Atwell & Sean Finnie , 2016

Πίνακας 1.5. Περιεκτικότητα βιταμινών και συνιστώσα ημερήσια τιμή αλεύρου ολικής αλέσεως.

Βιταμίνη	Ποσότητα	Ημερήσια τιμή (%)
Βιταμίνη Α	10.8 IU	0
Βιταμίνη C	0.0 mg	0
Βιταμίνη Ε	1.0 mg	5
Βιταμίνη Κ	2.3 mg	3
Θειαμίνη	0.5 mg	36
Ριβοφλαβίνη	0.3 mg	15
Νιασίνη	7.6 mg	38
Βιταμίνη Β₆	0.4 mg	20
Φολικό οξύ	52.8 mcg	13
Βιταμίνη Β₁₂	0.0 mcg	0
Παντοθενικό οξύ	1.2 mg	12
Χολίνη	37.4 mg	12
Βεταΐνη	87.4 mg	12

ΠΗΓΗ: William Atwell & Sean Finnie , 2016

Το φύτρο του σιταριού αποτελεί την ‘καρδιά’ του κόκκου του σιταριού και είναι γεμάτο με φολικό οξύ, θειαμίνη, μαγνήσιο και βιταμίνη Β₆, σίδηρο, σελήνιο, βιταμίνη Ε, ψευδάργυρο και φυτικές ίνες. Το πίτυρο του σιταριού είναι το εξωτερικό στρώμα του κόκκου και προσφέρει φυτικές ίνες, βιταμίνες Β, πρωτεΐνες και σίδηρο. Τα θρεπτικά στρώματα του πιτύρου και του φύτρου ολικής άλεσης είναι πλούσια σε ευεργετικά φυτοχημικά που

ονομάζονται φλαβονοειδή, λιγνάνες και σαπωνίνες. Οι τροφές ολικής άλεσης παράγονται από το αλεύρι ολόκληρου σιταριού το οποίο διατηρεί τις ευεργετικές ουσίες.

1.7.2 Ο ρόλος της γλουτένης στην υγεία του ανθρώπου

Η γλουτένη αποτελεί συστατικό του σιταριού. Κάνει το αλεύρι ελαστικό και λείο. Άλλοι κόκκοι όπως η σίκαλη και το κριθάρι, έχουν σχετική ένωση. Παρόλα αυτά αν τη συγκρίνουμε με άλλες πρωτεΐνες όπως την καζεΐνη ή την πρωτεΐνη ορού, η γλουτένη δεν θεωρείται πρωτεΐνη υψηλής ποιότητας. Επίσης σαν πρωτεΐνη δεν έχει τόσο πολύ διάρκεια και δε προσφέρει σε ικανοποιητικό βαθμό τα απαραίτητα αμινοξέα που ικανοποιούν τις ανθρώπινες απαιτήσεις.

1.7.2.1 Κοιλιοκάκη

Η γλουτένη περιέχει τη γλιαδίνη (υδατοδιαλυτή πρωτεΐνη). Ένα μικρό ποσοστό ανθρώπων (περίπου 1%) γεννιούνται με δυσανεξία στη γλιαδίνη. Η κατανάλωση λοιπόν τροφών, όπως ζυμαρικά, ψωμί, μπισκότα και πολλά άλλα τρόφιμα που περιέχουν γλουτένη μπορούν να προκαλέσουν σε αυτά τα άτομα μια δυσμενή πεπτική κατάσταση. Η δυσάρεστη αυτή πεπτική κατάσταση ονομάζεται κοιλιοκάκη και προκαλεί μια ανοσολογική αντίδραση στο λεπτό έντερο των ανθρώπων που καταναλώνουν τροφές που περιέχουν γλουτένη, προκαλώντας βλάβη στην εσωτερική επιφάνεια του λεπτού εντέρου και αδυναμία απορρόφησης ορισμένων θρεπτικών συστατικών. Τα συμπτώματα περιλαμβάνουν διάρροια, λιπαρά κόπρανα, κράμπες, αναιμία και ανεξήγητη απώλεια βάρους. Η διάγνωση επιτυγχάνεται με εξετάσεις αίματος και βιοψίες. Η μόνη θεραπεία είναι η αυστηρή τήρηση μιας δίαιτας χωρίς γλουτένη.

1.7.2.2 Δυσανεξία στη γλουτένη

Η δυσανεξία στη γλουτένη σχετίζεται με διάφορες καταστάσεις στις οποίες η γλουτένη έχει αρνητική επίδραση στην υγεία. Η δυσανεξία στη γλουτένη μπορεί να οριστεί ως γαστρεντερική δυσφορία που δεν έχει ως αποτέλεσμα μια αυτοάνοση αντίδραση ή αλλεργική αντίδραση. Μπορεί να προκαλέσει μια σειρά από προβλήματα υγείας και πολλά από αυτά μπορεί να γίνει αντιληπτά με συμπτώματα που είναι σχετικώς παρόμοια με της τροφικής αλλεργίας ή ακόμη και της κοιλιοκάκης.

Τα συμπτώματα της δυσανεξίας στη γλουτένη εκδηλώνονται γενικά σταδιακά και μπορούν να αμβλυνθούν με μικρές τροποποιήσεις στη διατροφή, για παράδειγμα με την κατανάλωση μειωμένων ποσοτήτων γλουτένης ή την αυστηρή κατανάλωση προϊόντων που παρασκευάζονται από σκληρό σιτάρι. Αιτίες της δυσανεξίας στη γλουτένη περιλαμβάνουν η απουσία ενός ενζύμου στο έντερο που είναι απαραίτητο για την πλήρη πέψη της γλουτένης, σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου και επαναλαμβανόμενο στρες ή άλλοι ψυχολογικούς παράγοντες (William A. Atwell & Sean Finnie , 2016).

2. Το μαλακό και το σκληρό σιτάρι και οι βασικές τους διαφορές ως προς τη δομή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους

2.1 Το μαλακό σιτάρι (*Triticum aestivum*)

Το μαλακό σιτάρι (*Triticum aestivum*) είναι ένα εξαπλοειδές σιτάρι και χαρακτηρίζεται ως παραδοσιακό αρτοποιήσιμο σιτάρι. Λόγω της περιεκτικότητας του ενδοσπερμίου του σε πρωτεΐνη, ιδιαίτερα των ποικιλιών με σκληρό ενδοσπέρμιο, θεωρείται πολύτιμο για την παρασκευή ψωμιού. Οι κόκκοι του είναι αλευρώδεις και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή λευκών αλεύρων. Περίπου το 95% του σίτου που παράγεται είναι μαλακό σιτάρι το οποίο είναι ευρέως καλλιεργούμενο είδος από όλες τις καλλιέργειες και το δημητριακό με την υψηλότερη χρηματική απόδοση. Η μεγάλη θρεπτική αξία του σιταριού σε συνδυασμό με την εύκολη αποθήκευση και μεταφορά του, συνέβαλαν στην ανάδειξη του στο πιο σημαντικό εμπορικό είδος τρόφιμου για το 35% του πληθυσμού της γης.

2.1.1 Προέλευση του μαλακού σιταριού

Το μαλακό σιτάρι (κοινό σιτάρι) εξημερώθηκε πρωτίστως στη Δυτική Ασία και από εκεί εξαπλώθηκε κατά την προϊστορική περίοδο, στη Βόρεια Αφρική, την Ευρώπη και την Ανατολική Ασία. Το σιτάρι έφθασε για πρώτη φορά στη Βόρεια Αμερική το 16^ο αιώνα, με τις Ισπανικές αποστολές, αλλά ο ρόλος της Βόρειας Αμερικής ως σημαντικού εξαγωγέα σιταριού, χρονολογείται από την δεκαετία του 1870. Σημαντικές εξαγωγές των σιτηρών είχε η Ρωσία και τον πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο, αργότερα δε η παραγωγή των σιτηρών ήταν σημαντική στην Αμερική.

2.1.2 Η γενετική εξέλιξη του μαλακού σιταριού

Το *Triticum aestivum* είναι ένα εξαπλοειδές σιτάρι (AABBDD) με συνολικά 42 χρωμοσώματα ($2n=42$, έξι φορές από επτά χρωμοσώματα). Παρομοίως τα διάφορα είδη σίτου περιέχουν επίσης πολλά πολλαπλάσια του βασικού απλοειδούς συνόλου επτά χρωμοσωμάτων. Οι σύγχρονες ποικιλίες σιταριού είναι είτε τετραπλοειδή (*Durum*, AABB), είτε εξαπλοειδή (*T. aestivum* AABBDD).

Το σιτάρι προέρχεται από μια άγρια μορφή του διπλοειδούς *einkorn* (*T. monococcum sensu lato*) σε μια περιοχή που συνορεύει με τις χώρες του Ιράν, του Ιράκ, της Συρίας και της Τουρκίας (Feldman 1976). Τα τετραπλοειδή είδη εξελίχθηκαν πρώτα μέσω ενός συνδυασμού υβριδοποίησης και αμφιδιπλοειδισμού μεταξύ του *T. monococcum* και του *T. searsii*, όπου το *T. monococcum* είναι η πηγή του γονιδιώματος 'A' και το *T. searsii* η πηγή του γονιδιώματος 'B'. Το αποτέλεσμα ήταν το τετραπλοειδές *T. turgidum* (AABB) το οποίο αργότερα εξημερώθηκε ως *emmer* σιτάρι και δημιούργησε τις σύγχρονες ποικιλίες σκληρού σίτου. Οι εξαπλοειδείς ποικιλίες προέρχονταν από μία διασταύρωση μεταξύ τετραπλοειδούς

T.turgidum και *T.taushii* (πηγή του γονιδιώματος ‘D’). Μετά από τη διαδικασία αμφιδιπλοειδισμού , ένα νέο είδος , το *Triticum aestivum* προέκυψε με ένα συμπλήρωμα γονιδιώματος AABBDD.

2.1.3 Καλλιέργεια μαλακού σιταριού

Το μαλακό σιτάρι καλλιεργείται κατά κύριο λόγο σε περιοχές που επικρατούν θερμές και εύκρατες συνθήκες. Η ελάχιστη θερμοκρασία για τη βλάστηση των σπόρων του *Triticum aestivum* είναι 3°C με 4°C. Η βέλτιστη θερμοκρασία ανθοφορίας είναι περίπου 14°C.

Το μαλακό σιτάρι διακρίνεται κυρίως σε χειμερινό και ανοιξιότιχο ανάλογα την περίοδο συγκομιδής του. Στην Ελλάδα δεν καλλιεργείται ο χειμερινός τύπος σίτου, λόγω του ήπιου χειμώνα, με αποτέλεσμα να καθυστερεί αρκετά η ωρίμανση του φυτού. Στη χώρα μας καλλιεργείται κυρίως ο ανοιξιότιχος τύπος, όπου σπέρνεται το φθινόπωρο και η συγκομιδή γίνεται τους πρώτους μήνες του καλοκαιριού.

2.1.4 Παραγωγή και χρήση προϊόντων μαλακού σιταριού

Γενικότερα, το μαλακό σιτάρι έχει αυξημένη ζήτηση στην παγκόσμια αγορά και αυξημένη εγχώρια κατανάλωση σε πολλές χώρες σε όλο τον κόσμο. Το 2012 υπήρχαν περίπου 11,4 εκατομμύρια εκτάρια στον Καναδά μόνο. Η Ελλάδα λόγω της ραγδαίας μείωσης παραγωγής του μαλακού σιταριού τα τελευταία χρόνια, έχει φτάσει σε σημείο να είναι ελλειμματική σε μαλακό σιτάρι. Η κύρια χρήση του μαλακού σιταριού στην Ευρώπη είναι παραγωγή λευκού αλευριού το οποίο χρησιμοποιείται για την παρασκευή ψωμιού και άλλων αρτοσκευασμάτων. Πέραν αυτών το μαλακό σιτάρι χρησιμοποιείται και για την παραγωγή ζύμης για κέικ, κράκερ, muffins.

2.2 Το σκληρό σιτάρι (*Triticum durum*)

Το σκληρό σιτάρι (*Triticum durum*), είναι ένα μονοκοτυλήδονο φυτό της οικογένειας *Gramineae* και της φυλής *Triticeae* και ανήκει στο γένος *Triticum*. Για εμπορική παραγωγή και ανθρώπινη κατανάλωση, ο σκληρός σίτος είναι το δεύτερο σημαντικότερο είδος *Triticum*, δίπλα στο μαλακό σιτάρι (*Triticum aestivum* L.).

Durum στα Λατινικά σημαίνει ‘σκληρό’ και το είδος αυτό είναι το πιο σκληρό από όλα τα σιτάρια. Αυτό οφείλεται στην αντίσταση του κόκκου κατά την άλεση, ιδιαιτέρως του αμυλούχου ενδοσπέρματος. Το σιτάρι *durum* περιέχει επίσης 27 % εκχυλίσιμη υγρή γλουτένη, περίπου 3% υψηλότερη από ότι στο μαλακό σιτάρι (Zilic S & Barac M , 2011).

2.2.1 Προέλευση του σκληρού σιταριού

Το κέντρο από όπου προέρχεται το σκληρό σιτάρι (*T. durum*), έχει συζητηθεί διεξοδικά τον προηγούμενο αιώνα. Σύμφωνα με συλλογές γενετικού υλικού του σκληρού σιταριού, βγήκε το συμπέρασμα ότι το κύριο κέντρο καταγωγής του σκληρού σιταριού είναι η περιοχή της Βόρειας Αφρικής (Αιθιοπία, Αίγυπτος, Αλγερία). Μια άλλη θέση μεταγενέστερη υποστηρίζει ότι το σκληρό σιτάρι κατάγεται από την Αιθιοπία, καθώς θεωρείται το πρωταρχικό κέντρο της ποικιλομορφίας για πολλά είδη καλλιέργειας, συμπεριλαμβανομένων και των τετραπλοειδών ειδών σιταριών. Επιπλέον μπορεί να υποστηριχθεί ότι το σκληρό σιτάρι εισήχθη από τη Δυτική Ασία και Βόρεια Αφρική στη νότια και κεντρική Ευρώπη, στις περιοχές του Καύκασου, την Κεντρική Ασία και τη δυτική Σιβηρία (Philips, 1995).

2.2.2 Η γενετική εξέλιξη του σκληρού σιταριού

Το σκληρό σιτάρι είναι ένα τετραπλοειδές σιτάρι που έχει 4 σύνολα χρωμοσωμάτων για συνολικά 28, σε αντίθεση με το σκληρό κόκκινο χειμερινό σιτάρι (HRW) και το σκληρό κόκκινο ανοιξιάτικο σιτάρι (HRS), τα οποία είναι εξαπλοειδή σιτάρια (6 ομάδες χρωμοσωμάτων) για συνολικά 42 χρωμοσώματα το καθένα.

Πιστεύεται ότι το σύγχρονο σκληρό σιτάρι εξελίχθηκε από το άγριο τετραπλοειδές σιτάρι *T. dicoccoides*. Αυτό το τετραπλοειδές με τη σειρά του προήλθε από την υβριδοποίηση του διπλοειδούς σιταριού *Triticum urartu* ($2n = 2x = 14$, AA γονιδίωμα) και ενός άλλου διπλοειδούς σιταριού, πιθανώς του *Aegilops speltoides* ($2n = 2x = 14$, γονιδίωμα BB). Επομένως το σκληρό σιτάρι μπορεί να χαρακτηριστεί σαν ένα είδος αλλοτετραπλοειδούς σιταριού που έχει 4 σύνολα χρωμοσωμάτων από διαφορετικούς «γονείς» (Kubalakova, Marie; Et al., 2004).

2.2.3 Καλλιέργεια σκληρού σιταριού

Η καλλιέργεια του σκληρού σιταριού (*Triticum durum*) έχει μεγαλύτερη απόδοση από άλλα σιτάρια σε περιοχές με χαμηλές βροχοπτώσεις και σχετικά ξηρά κλίματα. Στο πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα, η καλλιέργεια του σκληρού σιταριού αυξήθηκε ευρέως στη Ρωσία. Το σκληρό σιτάρι αποτελεί μια από τις σημαντικές καλλιέργειες τροφίμων στη Δυτική Ασία. Το *Durum* καλλιεργείται ευρέως και στον Καναδά όπου χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ζυμαρικών (Bushuk & Rasper, 1994). Στη Μέση Ανατολή και τη Βόρεια Αφρική, η τοπική αρτοποιία βασίζεται στο σκληρό σιτάρι όπου αντιπροσωπεύει τη μισή κατανάλωση σιταριού. Πολλές χώρες στην Ευρώπη παράγουν σκληρό σιτάρι σε εμπορικά σημαντικές ποσότητες. Στην Ινδία το durum σιτάρι αντιπροσωπεύει το 5% της συνολικής παραγωγής σιταριού στη χώρα και χρησιμοποιείται για την παραγωγή διαφόρων τοπικών προϊόντων όπως sujī και rawa.

Αν και το σκληρό σιτάρι αποτελεί μόνο το 5-8% της παγκόσμια παραγωγής σιταριού, είναι μια οικονομικά σημαντική καλλιέργεια λόγω των μοναδικών χαρακτηριστικών του και της χρήσης του στην παραγωγή σημαντικών προϊόντων διατροφής όπως τα ζυμαρικά (Kadkol & M Sissons , 2016).

2.2.4 Παραγωγή και χρήση προϊόντων σκληρού σιταριού

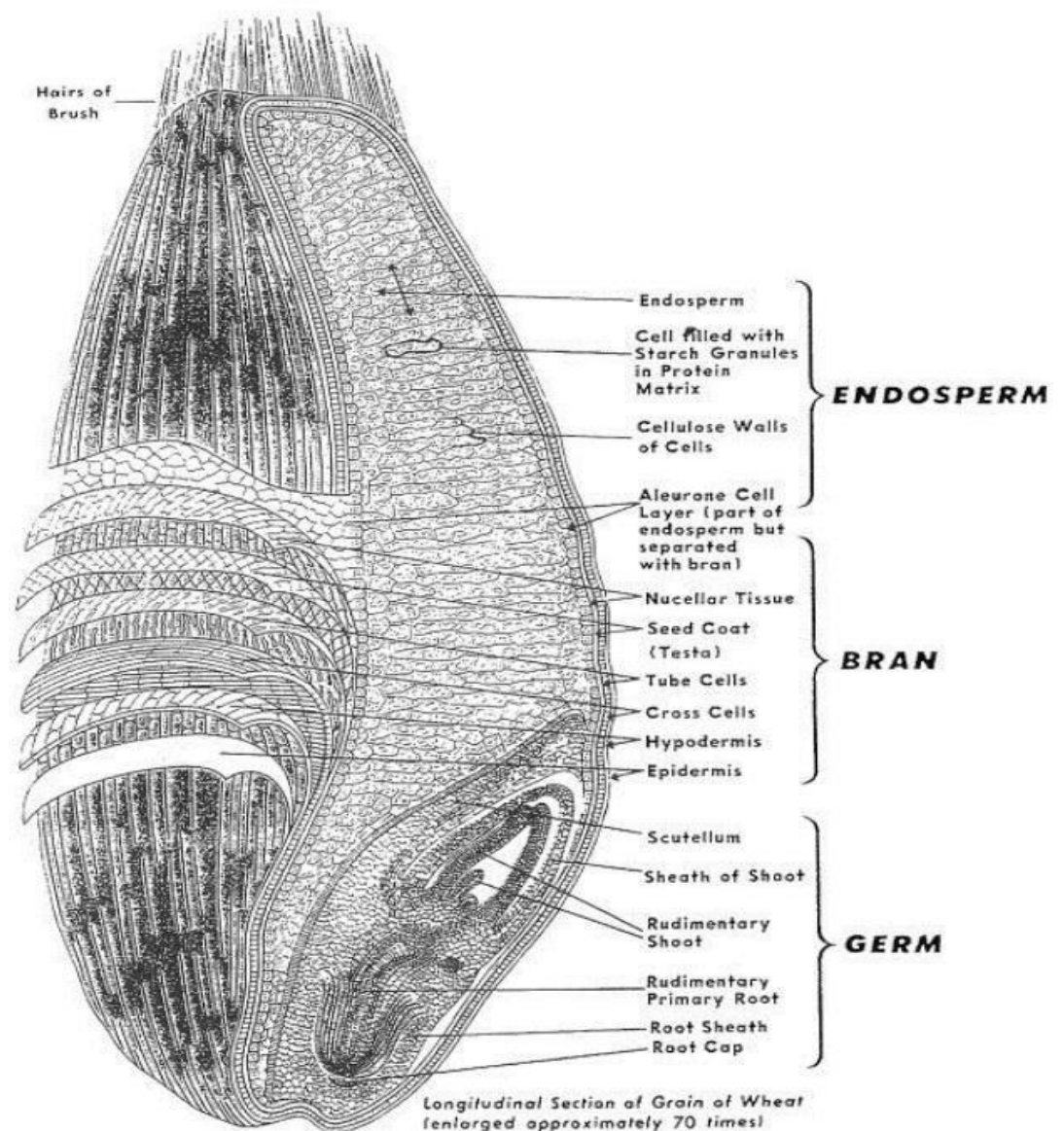
Το σκληρό σιτάρι είναι το μόνο τετραπλοειδές σιτάρι εμπορικής σημασίας που καλλιεργείται ευρέως σήμερα. Η παγκόσμια παραγωγή κυμαίνεται γύρω στα 35 εκατομμύρια τόνους. Αντίθετα η συνολική παγκόσμια παραγωγή των διαφόρων τύπων μαλακού σιταριού είναι πάνω από 700 εκατομμύρια τόνοι.

Τα ζυμαρικά που διανέμονται στο εμπόριο παρασκευάζονται σχεδόν αποκλειστικά από σκληρό σιμιγδάλι (Cavella, S.,2015). Εκτός από τη παραγωγή ζυμαρικών, το *durum* σιτάρι χρησιμοποιείται επίσης για τη παραγωγή επίπεδων στρογγυλών ψωμιών και κουσκούς στη Μέση Ανατολή ή για τη παραγωγή υψηλής ποιότητας κέικ (torte) (Shulman, Martha Rose, 2009). Το σιμιγδάλι προερχόμενο από σκληρό σιτάρι είναι καλό για την παρασκευή ζυμαρικών, διότι δημιουργούν ζυμαρία που είναι εύκολα στη διαμόρφωση τους, π.χ. σε φύλλα. Τεχνικά, το ζυμαρί έχει σχετικά πλαστικές ιδιότητες σε αντίθεση με τις ισχυρά ελαστικά ζυμαρία που λαμβάνονται από αλεύρι μαλακού σιταριού. Το *Durum* σιτάρι είναι πλούσιο σε γλουτένη, αλλά αυτό δεν είναι άμεσα διαθέσιμο καθώς το ενδοσπέρμιο είναι δύσκολο να σπάσει για να απελευθερωθεί. Το σκληρό σιτάρι επομένως χρησιμοποιείται λιγότερο στην αρτοποιία.

2.3 Δομή κόκκων σιταριού

Το σιτάρι στο εμπόριο και τη βιομηχανία μετακινείται και αποθηκεύεται με τη μορφή κόκκων. Ο κόκκος του σιταριού είναι μια πολύπλοκη δομή με πολλά μεμονωμένα συστατικά. Έχει γενικά ωοειδές σχήμα και λόγω των διάφορων ποικιλιών το σχήμα κυμαίνεται από σφαιρικό έως μακρύ, στενό και πεπλατυσμένο Το μήκος του κόκκου συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 2,5 με 3,0 mm και ζυγίζει μεταξύ 35 και 50 mg (Posner and Hibbs, 2005). Ο κόκκος του σιταριού διακρίνεται σε τρία κύρια μέρη : το πίτυρο, το ενδοσπέρμιο και το φύτρο (έμβρυο) (Σχήμα 2.1).

Σχήμα 2.1 Δομή κόκκου σιταριού.



ΠΗΓΗ: Slavin, Jacobs, Marquart, 2001

2.3.1 Το πίτυρο

Το πίτυρο δηλαδή το εξωτερικό περίβλημα του κόκκου (13% του κόκκου καθαρό βάρος), αποτελείται από το περικάρπιο το επισπέρμιο και τη στιβάδα της αλευρόνης. Το περικάρπιο περιβάλλει το σπόρο και αποτελείται από πολλά επίπεδα. Η στιβάδα της αλευρόνης αποτελείται από μεγάλα παχύτοιχα κύτταρα του σπόρου και περιέχει το μεγαλύτερο ποσοστό της κυτταρίνης και της τέφρας του κόκκου. Το εξωτερικό περικάρπιο αποτελείται από την επιδερμίδα, την υποδερμίδα και υπολείμματα κυττάρων με λεπτό τοίχωμα. Το εσωτερικό περικάρπιο αποτελείται από ενδιάμεσα κύτταρα, εγκάρσια κύτταρα, τα στρώματα του σπόρου, ένα παχύ εξωτερικό (επιδερμίδα), το στρώμα που περιέχει την χρωστική ουσία και ένα λεπτό εσωτερικό στρώμα το οποίο περιβάλλει το θρεπτικό ιστό (ενδοσπέρμιο).

Στο περικάρπιο συγκεντρώνεται το μεγαλύτερο μέρος της κυτταρίνης και των ανόργανων αλάτων. Κατά την παραγωγή σιμιγδαλιού και λευκού αλεύρου σίτου, από το περικάρπιο παίρνουμε το πίτυρο. Το πίτυρο έχει σκούρο καφέ χρώμα και αν προστεθεί στο λευκό αλεύρι το σκουραίνει και επιπλέον μειώνει την αρτοποιητική του ικανότητα. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια αυξάνεται η ζήτηση σκούρων αλεύρων σίτου που περιέχουν διάφορα ποσοστά από το περικάρπιο, λόγω κυρίως της κυτταρίνης και δευτερευόντως των υπόλοιπων συστατικών του (ανόργανα άλατα). Τα ανόργανα άλατα προσδιορίζονται στη χημική ανάλυση ως τέφρα. Λόγω της περιεκτικότητας του σε ανόργανα άλατα το περικάρπιο παρουσιάζει υψηλή τέφρα (>4%) σε αντίθεση με το εσωτερικό του κόκκου στο οποίο προσδιορίζεται ελάχιστη τέφρα (περίπου 0,4%). Το γεγονός αυτό το εκμεταλλευόμαστε για να εκτιμήσουμε αν στο λευκό αλεύρι έχει προστεθεί και αλευροποιημένο μέρος του περικαρπίου. Η εκτίμηση αυτή εκφράζεται ως ποσοστό του κόκκου που αλευροποιήθηκε π.χ. 50% (του κόκκου), 70%, 90%. Το περικάρπιο, υπό μορφή πιτύρου, χρησιμοποιείται συνήθως ως ζωοτροφή. Ωστόσο όμως είναι πηγή βιταμίνης Β και επιπλέον περιέχει έλαιο σε ποσότητες μικρότερες από το φύτρο, αλλά μεγαλύτερες από το ενδοσπέρμιο (Delcour and Hosenev, 2010).

2.3.2 Το φύτρο (έμβρυο)

Το φύτρο είναι δομικά ένα ξεχωριστό τμήμα του κόκκου και αποτελεί το 2,5-3,5% σε καθαρό βάρος. Το φύτρο του σιταριού περιέχει το έμβρυο και το 'ωάριο' (scutellum), τα οποία διαχωρίζονται από το επιθηλιακό στρώμα. Το φύτρο αποτελείται από δύο κύρια μέρη, τον εμβρυϊκό άξονα και το 'ωάριο', το οποίο λειτουργεί ως όργανο αποθήκευσης (Posner and Hibbs, 2005). Στο φύτρο περιέχονται επίσης λιπαρές ύλες, πρωτεΐνες, ανόργανα άλατα και βιταμίνες. Το φύτρο είναι επίσης πλούσιο σε ένζυμα και λιπίδια. Τα ανόργανα συστατικά και οι βιταμίνες βρίσκονται σε υψηλότερα επίπεδα στη στιβάδα της αλευρόνης και σε χαμηλότερα στο περίβλημα το καρπού. Στο φύτρο και στο ενδοσπέρμιο βρίσκονται σε ενδιάμεσα επίπεδα.

Από το φύτρο θα προέλθει το νέο φυτό. Το φύτρο χωρίζεται από τον υπόλοιπο κόκκο με μία μεμβράνη, το ασπίδιο (περισπέρμιο). Στο φύτρο και στο ασπίδιο είναι συγκεντρωμένα ένζυμα που θα χρειαστεί το νέο φυτό κατά την έναρξη της βλάστησης. Στο φύτρο περιέχεται το μεγαλύτερο ποσοστό ελαίου του κόκκου καθώς και λιποδιαλυτές βιταμίνες (κυρίως Ε). Με την άλεση του σιταριού, τα αμυλούχα κύτταρα του ενδοσπερμίου αποχωρίζονται από το φύτρο και το πίτυρό με αποτέλεσμα να προκύπτει απώλεια βιταμινών Β και ανόργανων συστατικών. Κατά την άλεση του κόκκου το αποχωριζόμενο φύτρο έχει και το ασπίδιο, το οποίο είναι πλούσιο σε ένζυμα και πρωτεολυτικά και αμυλολυτικά.

Το φύτρο του καλαμποκιού χρησιμοποιείται για την παραλαβή αραβοσιτελαίου ενώ τα φύτρα των άλλων δημητριακών τις περισσότερες φορές οδηγούνται μαζί με τα πίτυρα για ζωοτροφή. Αυτή η μη αξιοποίηση για ανθρώπινη κατανάλωση ενός πλούσιου σε θρεπτικά συστατικά και βιταμίνες μέρους του κόκκου οφείλεται στο ότι κατά τη διαδικασία της άλεσης σπάζουν οι κυτταρικές μεμβράνες του φύτρου. Όταν σπάσουν οι κυτταρικές μεμβράνες διαχέονται το έλαιο και τα ένζυμα που το υδρολύουν ή το οξειδώνουν. Έλαιο και ένζυμα

προηγουμένως βρίσκονταν απομονωμένα σε διαφορετικά διαμερίσματα των κυττάρων του φύτρου. Με τη διάχυση έρχονται σε επαφή και αρχίζει η διαδικασία τάγγισης του ελαίου με συνέπεια την υποβάθμιση του φύτρου ως τροφίμου. Είναι δυνατόν με θερμική επεξεργασία να αδρανοποιηθούν τα ένζυμα αυτά, οπότε υπάρχει χρόνος για την παραλαβή του ελαίου αλλά και η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί το φύτρο ως συστατικό σε τρόφιμα (Delcour and Hosenev, 2010).

2.3.3 Το ενδοσπέρμιο

Το ενδοσπέρμιο καταλαμβάνει το 85% του κόκκου σε καθαρό βάρος και περιέχει περίπου 30.000 ‘κυψέλλες’, τα οποία διαφέρουν ως προς το μέγεθος, το σχήμα και τη περιεκτικότητα σε αμυλόκοκκους και πρωτεΐνες ανάλογα τη θέση τους στον σπόρο (Posner and Hibbs, 2005). Το ενδοσπέρμιο αποτελείται από τη στιβάδα της αλευρόνης και το αμυλούχο ενδοσπέρμιο (70-80% του κόκκου). Το αμυλούχο ενδοσπέρμιο είναι πηγή του αλεύρου. Περιέχει τους αμυλόκοκκους και πρωτεΐνες. Σε πρωτεΐνες του αμυλούχου ενδοσπερμίου οφείλεται και η αρτοποιητική ικανότητα του σιταριού.

Η συγκέντρωση των πρωτεϊνών και των άλλων συστατικών (βιταμινών και ανόργανων συστατικών) ελαττώνεται από τα εξωτερικά προς τα εσωτερικά κύτταρα του ενδοσπερμίου. Η στιβάδα της αλευρόνης είναι πλούσια σε πρωτεΐνη και περιέχει επίσης λίπος, ένζυμα και βιταμίνες. Οι πρωτεΐνες της στιβάδας της αλευρόνης δε συμβάλλουν στην αρτοποιητική ικανότητα του σιταριού και θεωρείται από πολλούς αλευροποιούς ως τμήμα του πίτυρου (Delcour and Hosenev, 2010).

Σε κάθε ποικιλία του σιτηρού το ενδοσπέρμιο εμφανίζει διαφορές ως προς τη σκληρότητα και την υφή του. Αυτό είναι κάτι που μπορεί να παρατηρηθεί με μία εγκάρσια τομή στο κόκκο (Εικόνα 2.1). Υπάρχει το μαλακό (αλευρώδη υφή) και το σκληρό ενδοσπέρμιο (υαλώδης υφή) , ανάλογα τη συμπαγή ή μη δομή των συστατικών του ενδοσπερμίου. Η υαλώδη υφή οφείλεται στη συνεκτική και συμπαγή δομή του ενδοσπερμίου. Όσο πιο σφικτά είναι συνδεδεμένη η πρωτεΐνη με το άμυλο , τόσο πιο συνεκτική και σκληρή είναι η δομή. Η υαλώδης περιοχή βρίσκεται συνήθως στην περιφέρεια του ενδοσπερμίου και παρουσιάζεται γυάλινη και ημιδιαφανής (Baasandorj, Ohm, & Simsek , 2016).

Εικόνα 2.1. Απεικόνιση στο μικροσκόπιο υαλώδους (α) και αλευρώδους ενδοσπερμίου (β).



ΠΗΓΗ: Pomeranz and Williams, 1990)

Αντίθετα στο μαλακό ενδοσπέρμιο, η δομή είναι χαλαρή και ανάμεσα στα κύτταρα υπάρχουν κενά αέρα. Το αλευρώδες ενδοσπέρμιο βρίσκεται συνήθως στο κέντρο του ενδοσπερμίου και είναι λευκό και μη διαφανές (Baasandorj, Ohm, & Simsek , 2016). Όταν μία ακτίνα φωτός εισέλθει στο ενδοσπέρμιο περνάει από κύτταρο σε κύτταρο. Μέχρι να διασχίσει το κόκκο στη πορεία μέσω των σχηματιζόμενων κενών αέρα, υφίσταται διαδοχικές διαθλάσεις. Αυτές έχουν σαν αποτέλεσμα το φως να διαχέεται και να δίνει ιδιαίτερη όψη στο ενδοσπέρμιο (Κεφαλάς, 2009).

Επομένως, η υφή του ενδοσπερμίου είναι πολύ σημαντική για ταξινόμηση των διαφόρων σιτηρών καθώς επηρεάζει πολλά από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους, όπως η σκληρότητα, την απορρόφηση του νερού, την βλάβη αμύλου, την απόδοση άλεσης στο μύλο. Επίσης, η υφή του ενδοσπερμίου αποτελεί ένα καλό δείκτη καταλληλότητας του αλευριού για ένα συγκεκριμένο προϊόν (Turnbull and Rahman, 2002).

2.4 Σύγκριση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του μαλακού και του σκληρού σίτου και αλεύρου

2.4.1 Ορισμός της ποιότητας

Οι φυσικές και χημικές διαφορές ανάμεσα στις ποικιλίες και τις παρτίδες των σιταριών, είναι εξαιρετικά σημαντικές. Οι διαφορές αυτές έχουν τεράστιο αντίκτυπο και αποτελούν τη βάση για το τι θα οριστεί ποιότητα. Ο όρος ποιότητα του σιταριού αν και αρκετά πολύπλοκος θα μπορούσε να ορισθεί ως το άθροισμα των αποτελεσμάτων του εδάφους καλλιέργειας του σιταριού , των κλιματικών συνθηκών , των αποθεματικών σπόρων του σίτου και των συστατικών του κόκκου του.

Ο βασικός όρος της ποιότητας του σιταριού συνήθως διαφέρει από μια κατηγορία στην άλλη. Ο πιο απλός ορισμός της ποιότητας του σίτου μπορεί να διατυπωθεί ως το ότι το σιτάρι που είναι επιθυμητό έχει και καλή ποιότητα , ενώ το σιτάρι που δεν είναι επιθυμητό έχει και κακή ποιότητα. Για παράδειγμα, η ποιότητα μιας ποικιλίας μαλακού σιταριού ορίζεται με το τι κατάλληλο ώστε να επιτευχθεί η άλεση του μαλακού σιταριού και να παράγει τελικά προϊόντα όπως το ψωμί, το κέικ και διάφορα άλλα αρτοσκευάσματα. Από την άλλη, η ποιότητα του σκληρού σίτου ορίζεται με το τι είναι κατάλληλο ώστε να επιτευχθεί η άλεση και η παραγωγή σιμιγδαλιού και ζυμαρικών.

Επομένως η ποιότητα οποιουδήποτε είδους σιταριού δεν μπορεί να εκφραστεί ως μια μεμονωμένη ιδιότητα, αλλά εξαρτάται από πολλά χαρακτηριστικά, όπως φυσικά, χημικά, άλεσης, επεξεργασίας, ρεολογικά, ψησίματος, το καθένα από τα οποία είναι σημαντικά για την παραγωγή προϊόντων ψωμιού, ζαχαροπλαστικής ή ζυμαρικών.

2.4.2 Δοκιμή βάρους

Η δοκιμή βάρους ή πυκνότητα, αποτελεί γενικό δείκτη ποιότητας του σιταριού και χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση του σε πολλές χώρες. Το βάρος της δοκιμής του σιταριού προσδιορίζεται με ζύγιση καθαρού σιταριού που καταλαμβάνει έναν δεδομένο όγκο. Στις Ηνωμένες Πολιτείες το βάρος αναφέρεται ως λίβρες ανά Bushel, με τον όγκο ενός Bushel να ορίζεται 2,150.42 in³ ή 35,24 L. Οι περισσότερες χώρες χρησιμοποιούν ως μονάδα μέτρησης το ανά κιλό ανά εκατόλιτρο (kg/hl) (Bloskma, A H., and Bushuk, W. 1988). Γενικά, όσο υψηλότερη είναι η πυκνότητα του σιταριού τόσο υψηλότερη είναι και η ποιότητα. Αντίθετα, όσο χαμηλότερη είναι η πυκνότητα, τόσο χαμηλότερη είναι και η ποιότητα του σιταριού.

Το *Triticum aestivum* παρουσιάζει χαμηλότερη πυκνότητα σε σχέση με τη πυκνότητα του *Triticum durum*. Στην παγκόσμια αγορά το μαλακό σιτάρι εμπορεύεται με τιμές 72-78 kg/hl ενώ το σκληρό σιτάρι έχει τιμές 81-86 kg/hl. Είναι σημαντικό λόγω της άμεσης σχέσης που έχει αυτός ο παράγοντας με το ενεργειακό περιεχόμενο του κόκκου του σιταριού. Κατά συνέπεια, οι κόκκοι με υψηλότερη πυκνότητα (*Triticum durum*) τείνουν να έχουν σχετικά μέση περιεκτικότητα σε ακατέργαστη πρωτεΐνη αλλά υψηλότερη περιεκτικότητα σε μεταβολίσιμη ενέργεια.

2.4.3 Βάρος χιλίων κόκκων

Το βάρος χιλίων κόκκων είναι ένα επίσης σημαντικό χαρακτηριστικό ποιότητας του σιταριού που έχει επίδραση στην απόδοση του αλεύρου και του σιμιγδαλιού. Εκφράζεται σε g και επηρεάζεται άμεσα από το μέγεθος και την πυκνότητα των κόκκων. Η τελική τιμή προκύπτει από μια απλή μέτρηση του βάρους 1000 κόκκων σιταριού. Για τη μέτρηση αυτή έχει σχεδιαστεί ειδικός εξοπλισμός για να γίνει αυτόματα.

Οι τιμές για το μαλακό σιτάρι κυμαίνονται μεταξύ 34-36 g/1000 κόκκους, ενώ για το σκληρό σιτάρι 41-45 g/1000 κόκκου. Η διαφορά αυτή προκύπτει λόγω της σχέσης της πυκνότητας με το βάρος χιλίων κόκκων. Υψηλότερη πυκνότητα (σκληρό σιτάρι), έδωσε και μεγαλύτερες τιμές βάρους, αντίθετα χαμηλότερη πυκνότητα (μαλακό σιτάρι), έδωσε χαμηλότερες τιμές βάρους. Άμεση συσχέτιση με τους δύο αυτούς παράγοντες έχει το ενδοσπέρμιο του κόκκου, όπου στο σκληρό σιτάρι παρουσιάζεται πιο 'συμπαγές', με αντίθεση στο ενδοσπέρμιο του μαλακού σιταριού που είναι πιο 'ελεύθερο'(Alberta Agriculture and Forestry, 2018).

2.4.4 Σκληρότητα

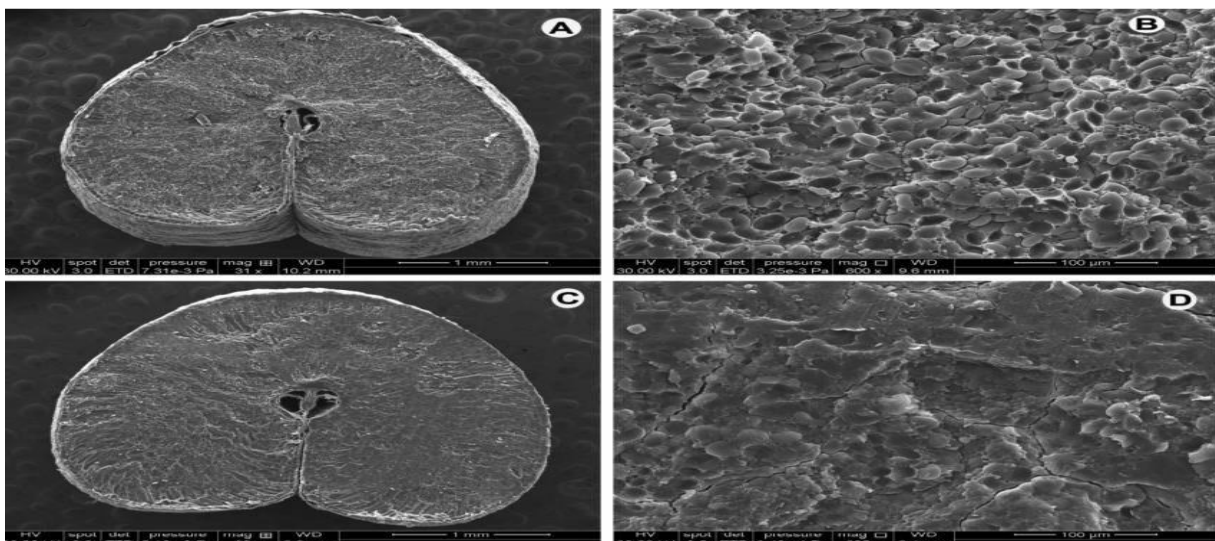
Η σκληρότητα του κόκκου είναι η σημαντικότερη παράμετρος ποιότητας που καθορίζει την ταξινόμηση, την αγορά και τις ιδιότητες των τελικών προϊόντων του σιταριού. Η σκληρότητα αναφέρεται στο εάν η υφή του ενδοσπερμίου είναι σκληρή (υαλώδης) ή

μαλακή (αλευρώδης). Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής και του εμπορίου του σιταριού στον κόσμο πραγματοποιείται με βάση την υφή του ενδοσπερμίου, δηλαδή αν είναι μαλακή ή σκληρή. Λόγω του μαλακού ενδοσπέρματος του, το μαλακό σιτάρι απαιτεί λιγότερη ενέργεια κατά την άλεση, αποδίδοντας έτσι μικρότερα σωματίδια αλευριού με λιγότερη βλάβη στο άμυλο και έτσι μπορεί να απορροφά λιγότερο νερό για την παρασκευή ζύμης σε σύγκριση με το σκληρό σιτάρι (Symes, 1969).

Η έκφραση ενός κύριου γονιδίου που ονομάζεται Ha (Hardness), το οποίο βρίσκεται στον βραχίονα του χρωμοσώματος 5D, περιέχει δύο σχετικά γονίδια Puroindoline a και Puroindoline b (Pina και Pinb αντίστοιχα) τα οποία είναι υπεύθυνα για τον έλεγχο της υφής του ενδοσπερμίου των κόκκων. Η ύπαρξη των δύο αυτών πρωτεϊνών δημιουργούν τη μαλακή υφή ενδοσπερμίου (αλευρώδης). Οποιαδήποτε απουσία των δύο γονιδίων Puroindoline, μειώνει την μαλακή υφή και συνεπώς το ενδοσπέρμιο παρουσιάζει μια σκληρότερη υφή (υαλώδης). Αποτέλεσμα είναι το σκληρό σιτάρι (*Triticum durum*) (AABB, $2n = 4x = 28$), χωρίς να έχει το γονιδίωμα D (απουσία Pina και Pinb), να έχει μια γενικά σκληρότερη υφή ενδοσπερμίου σε σχέση με το μαλακό σιτάρι (*Triticum aestivum*) (AABBDD, $2n = 6x = 42$).

Οι επιδράσεις των γονιδίων Pina και Pinb στις ιδιότητες του ενδοσπερμίου, απεικονίζονται στην Εικόνα 2.2. Όπου η υφή του πυρήνα παρουσιάζεται πιο μαλακή (αλευρώδης), όταν οι κόκκοι του αμύλου συγκρατούνται λιγότερο σφιχτά με το πρωτεϊνικό σύμπλεγμα και κατά της διαδικασία της άλεσης μπορούν να απελευθερωθούν περισσότεροι. Αντίθετα, όταν η υφή του πυρήνα είναι πολύ σκληρή, όπως συμβαίνει στο *durum* σιτάρι, η πρόσφυση μεταξύ των κόκκων αμύλου και του πρωτεϊνικού συμπλέγματος είναι ισχυρότερη και κατά συνέπεια κατά τη διαδικασία της άλεσης πολλοί κόκκοι αμύλου σπάνε.

Εικόνα 2.2. Ηλεκτρονικές μικρογραφίες σάρωσης από κόκκους σιταριών που απεικονίζουν την επίδραση των γονιδίων PinA και PinB στην υφή του ενδοσπερμίου. A και B απεικονίζουν έναν πυρήνα μαλακού σιταριού σε εγκάρσια τομή που δείχνει την μορφολογία του πυκνού πυρήνα και ένα υψηλό επίπεδο ελεύθερων κόκκων αμύλου. C και D απεικονίζουν έναν πυρήνα σκληρού σιταριού σε εγκάρσια τομή, που απουσιάζει το τμήμα του χρωμοσώματος 5D που κατέχει τα γονίδια PinA και PinB και δείχνει τη μορφολογία του υαλώδους πυρήνα και μια συμπαγή συνέχεια στο ενδοσπέρμιο χωρίς ελεύθερους κόκκους αμύλου.



ΠΗΓΗ: Cereal Foods World, 2015

Η υφή του πυρήνα μπορεί να μετρηθεί χρησιμοποιώντας θεμελιώδεις αρχές μηχανικής. Το Single – Kernel Characterization System (SKCS), χρησιμοποιείται για να μετρήσει τη δύναμη, η οποία απαιτείται για να συνθλίψει τον κόκκο του σιταριού. Για τη σύνθλιψη του μαλακού σιταριού απαιτείται μικρότερη δύναμη απ’ ότι στο σκληρό σιτάρι. Ερμηνεύοντας τη μέγιστη δύναμη που απαιτείται για τη σύνθλιψη ενός κόκκου του σιταριού σε 100, το μαλακό σιτάρι θα είχε τιμή 25 ενώ το σκληρό σιτάρι 86 (Norris, K. H., Hruschka, W. R., Bean, M. M., and Slaughter, D. C., 2011).

Εικόνα 2.3. Single-Kernel Characterization System (SKCS).



ΠΗΓΗ: www.used-flour-machinery.com

2.4.5 Περιεκτικότητα σε υγρασία

Υγρασία καλείται η κατά βάρος ποσότητα του νερού που περιέχεται στον κόκκο του σίτου και εκφράζεται επί της εκατό του συνολικού βάρους ή επί της εκατό της χωρίς υγρασία μάζας του κόκκου. Για όλα τα σιτάρια και τα αλεύρα το ποσοστό υγρασίας αποτελεί σπουδαίο παράγοντα γιατί συνδέεται άμεσα με τη διατήρηση της ποιότητας τους κατά την αποθήκευση και επιπλέον έχει οικονομική εμπορική σημασία. Το υψηλό ποσοστό υγρασίας υποβαθμίζει την ποιότητα με την ανάπτυξη μικροοργανισμών, συντελώντας στην αύξηση της θερμοκρασίας (άναμμα) και στο μούχλιασμα των προϊόντων των σιτηρών. Η χαμηλή υγρασία αντιθέτως φέρει αύξηση στο ποσοστό των σπασμένων κόκκων των σιταριών (Γεωργόπουλος Θ., 2010).

Το νερό που εμπεριέχεται στα σιτάρια μπορεί να ταξινομηθεί σε τρεις κατηγορίες :

- Απορροφημένο νερό, το οποίο βρίσκεται στους πόρους και τα διακενά του κόκκου και συγκρατείται με τριχοειδείς δυνάμεις. Διατηρεί τις ιδιότητες του ελεύθερου νερού χωρίς να δημιουργεί δεσμούς με συστατικά του κόκκου.
- Χημικά ενωμένο νερό, το οποίο είναι δομικό συστατικό των χημικών ενώσεων του κόκκου. Είναι ενωμένο με πολύ ισχυρούς δεσμούς και αποσπάται με χημική δράση ή με έντονη θέρμανση, οπότε μεταβάλλεται και η χημική σύσταση του κόκκου.
- Φυσικοχημικά ενωμένο νερό, το οποίο συγκρατείται με δυνάμεις συνάφειας που δημιουργεί με τα μόρια των άλλων συστατικών του κόκκου και αποτελεί ενδιάμεση μορφή των δύο προηγούμενων μορφών.

Γενικά η τυπική περιεκτικότητα της υγρασίας του μαλακού σιταριού κυμαίνεται από 13-15,5% και του σκληρού μεταξύ 11-13%. Αυτή η σχετικά υψηλότερη τιμή στο μαλακό σιτάρι οφείλεται στη σύσταση του πυρήνα του κόκκου, όπου το ενδοσπέρμιο όντας αλευρώδης διαθέτει περισσότερους ελεύθερους χώρους αποθήκευσης υγρασίας. Σημαντικό ρόλο στην αύξηση ή μείωση της υγρασίας στο σιτάρι ή στο αλεύρι αντίστοιχα, έχουν και οι συνθήκες αποθήκευσης τους (μεγάλη σχετική υγρασία της αποθήκης, αυξάνει και την υγρασία του σιταριού και του αλεύρου).

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται κυρίως για τον προσδιορισμό της υγρασίας είναι η απομάκρυνση του βάρους κατά την ξήρανση σε φούρνο (Εικόνα 2.4). Η μέθοδος όμως αυτή απαιτεί πολλαπλά στάδια και αρκετές ώρες. Στα προϊόντα με χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος Karl Fischer. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο γίνεται ποσοτικοποίηση της ποσότητας του υπάρχοντος νερού με την έκταση χημικής αντίδρασης. Ο

Εικόνα 2.4. Δείγματα αλεύρων σίτου σε φούρνο ξήρανσης.



ΠΗΓΗ: St. Paul, 2000

προσδιορισμός της περιεκτικότητας της υγρασίας μπορεί να γίνει με τη βοήθεια της διαπερατότητας στο εγγύς υπέρυθρο (NIR). Η τελευταία μέθοδος είναι η λιγότερο χρονοβόρα και λαμβάνονται αποτελέσματα πολύ γρήγορα (Osborne and Fearn 1983; Osborne et al. 1984; Rojic et al., 2012).

2.4.6 Περιεκτικότητα σε τέφρα

Η περιεκτικότητα τέφρας (% ξηρό βάρος), είναι το ανόργανο υπόλειμμα που παραμένει μετά από μια τέλεια καύση όλη της οργανικής ύλης (πρωτεΐνες, σάκχαρα, άμυλο) από μια μετρούμενη μάζα κόκκων (AACC International Method 8-12-01, Ash in farina and semolina). Αναφέρεται δε ως ποσοστό σε μια δεδομένη βάση υγρασίας (14%). Τα κύρια συστατικά της τέφρας των αλεύρων είναι το κάλιο, νάτριο, ασβέστιο, το μαγνήσιο, το μαγγάνιο, ο σίδηρος, τα ανθρακικά άλατα, θειικά, φωσφορικά και πυριτικά (Γεωργόπουλος Θ., 2010).

Το ενδοσπέρμιο περιέχει περίπου 0,35% τέφρα. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι ο κόκκος του σίτου περιέχει περίπου 80% ενδοσπέρμιο, είναι σαφές ότι τα μη ενδοσπερμικά μέρη του κόκκου (περικάρπιο, αλευρόνη, φύτρο) περιέχουν αρκετά περισσότερη περιεκτικότητα σε τέφρα σε σύγκριση με το ενδοσπέρμιο. Έτσι, η περιεκτικότητα σε τέφρα είναι ευαίσθητο μέτρο της ποσότητας του μη ενδοσπερμικού υλικού που υπάρχει στο αλεύρι.

Συγκρίνοντας την περιεκτικότητα τέφρας στο μαλακό και το σκληρό σιτάρι, παρατηρείται μεγαλύτερο ποσοστό στο *Triticum durum* έναντι του *Triticum aestivum*. Η διαφορά αυτή προέρχεται από την υψηλότερη ποσότητα πίτουρου (άρα μη ενδοσπερμικού υλικού), στο σκληρό σιτάρι από το μαλακό. Η ίδια διαφορά προκύπτει και στην περιεκτικότητα ενδοσπερμίου που είναι μεγαλύτερη στο σκληρό σιτάρι από το εξαπλοειδές κοινό σιτάρι (*Triticum aestivum*), με αποτέλεσμα τις πιο αυξημένες τιμές τέφρας (Lintas, C., 1988).

2.4.7 Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες

Η περιεκτικότητα πρωτεΐνης στο σιτάρι είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του που σχετίζεται άμεσα με τις πτυχές της ποιότητας των τελικών προϊόντων. Υπάρχει σαφής σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες, τόσο με τον όγκο του ψωμιού κατά τη διαδικασία του ψησίματος, όσο και με τη κολλητικότητα και την υφή των μακαρονιών κατά το μαγείρεμα. Οι συνθήκες ανάπτυξης, το περιβάλλον και η χρήση λιπασμάτων, έχουν σημαντική επίδραση στην περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες του σίτου. Γενικά, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες κυμαίνεται από 6% έως 27%, αν και τα περισσότερα εμπορικά προϊόντα εμφανίζουν ποσοστά 8-16% (Delcour and Hosenev, 2010).

Η πρώτη επιστημονική προσέγγιση για την ταξινόμηση των πρωτεϊνών σιταριού έγινε με βάση τη διαλυτότητα των πρωτεϊνών στο νερό, το αλάτι, σε διάλυμα αλκοόλης και σε αραιό διάλυμα οξέος ή αλκάλιου (Osborne, 1907). Γενικά, οι πρωτεΐνες του σιταριού ταξινομούνται στις μη γλουτενικές πρωτεΐνες (15-20%) και στις πρωτεΐνες γλουτένης (80-85%). Οι μη γλουτενικές πρωτεΐνες θεωρούνται διαλυτές στο νερό (αλβουμίνες) και σε αραιωμένα διαλύματα άλατος (γλοβουλίνες). Σε αντίθεση με τις πρωτεΐνες γλουτένης, αυτές οι πρωτεΐνες δεν θεωρείται ότι επηρεάζουν την παρασκευή ψωμιού και τις ιδιότητες του αλευριού (Veraverbeke & Delcour, 2002). Από την άλλη, το πρωτεϊνικό σύμπλεγμα της γλουτένης εμφανίζει χαμηλή διαλυτότητα στο νερό ή αραιό διάλυμα άλατος και μπορεί να διαχωριστεί στις διαλυτές σε αλκοόλη 70% v/v αλκόολη (γλιαδίνες), και στις διαλυτές πρωτεΐνες σε αραιό οξικό οξύ (γλουτενίνες).

Το σκληρό σιτάρι (*Triticum durum*) διαθέτει ισχυρές πρωτεΐνες γλουτένης (15,5-17,5%, οι οποίες επιτρέπουν τη διόγκωση των μακαρονιών και σταθεροποιούν την κολλητικότητα κατά τη διαδικασία του μαγείρεματος. Αντίθετα, το μαλακό σιτάρι (*Triticum aestivum*) έχει συνήθως χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (8-11%), ποσοστά που βοηθούν καλύτερα στην παραγωγή προϊόντων όπως κέικ και μπισκότα. Γενικότερα, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες σχετίζεται άμεσα με τη σκληρότητα του κόκκου του σιταριού. Υψηλότερα επίπεδα πρωτεϊνών παρουσιάζονται σε κόκκους με υαλώδη υφή ενδοσπερμίου (*Triticum durum*), έναντι των κόκκων που έχουν ενδοσπέρμιο πιο αλευρώδες και η πυκνότητα τους είναι χαμηλότερη.

Η μέτρηση της περιεκτικότητας της πρωτεΐνης του σιταριού εφαρμόζεται κυρίως με την μέθοδο NIRS (Near-infrared spectroscopy), οποία είναι ταχεία γίνεται χρήση της φασματοσκοπίας του εγγύς υπέρυθρου. Η επιτυχία της οποίας οφείλεται στην ευρεία και ισχυρή απορρόφηση από τους δεσμούς N-H στη φασματική περιοχή NIR. Με τη μέτρηση περιεκτικότητας μπορούν να προβλεφθούν η απορρόφηση νερού, ο χρόνος ανάπτυξης του ζυμαριού για τις διαδικασίες παραγωγής προϊόντων. Υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες συνήθως απαιτεί και περισσότερο νερό και μεγαλύτερο χρόνο ανάμιξης (Pejic et al. 2012; Williams 2007).

2.4.8 Περιεκτικότητα σε λιπίδια

Τα λιπίδια του σιταριού αποτελούν το 3-4% του βάρους ολόκληρου του κόκκου του σίτου και περίπου 1-2,5% του αλεσμένου αλευριού. Ακόμα κι τα λιπίδια είναι ένα μικρό συστατικό στο σιτάρι, παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία της ζύμης, στη διαδικασία του ψησίματος και στην αποδοχή των τελικών προϊόντων από τους καταναλωτές. Τα λιπίδια αλληλοεπιδρούν με τις πρωτεΐνες γλουτένης και σχηματίζουν σύμπλοκα που συμβάλλουν στη σταθεροποίηση της δομής των αερίων στο ζυμάρι, έχοντας έτσι σημαντική επίδραση στον όγκο του ψωμιού και την τελική υφή του (Hargin and Morrison, 1980).

Τα λιπίδια είναι ένα σύνθετο μείγμα συστατικών που κατανέμονται άνισα στα διάφορα τμήματα του κόκκου του σιταριού. Το φύτρο έχει την υψηλότερη συγκέντρωση λιπιδίων 12%, το ενδοσπέρμιο 1,5% και η στοιβάδα της αλευρόνης σε ποσοστό 8%. Τα λιπίδια μπορούν να διαχωριστούν στα μη πολικά και πολικά λιπίδια. Το 50% των συνολικών μη λιπιδίων στο σιτάρι είναι τα τριγλυκερίδια. Τα υπόλοιπα μη πολικά λιπίδια είναι μονογλυκερίδια, τα διγλυκερίδια, τα λιπαρά οξέα και οι εστέρες στερόλης. Τα μη πολικά λιπίδια βρίσκονται στα εξωτερικά στρώματα του κόκκου ή στα στρώματα πιτύρου και αλευρόνης. Τα γλυκολιπίδια και τα φωσφολιπίδια είναι πολικά λιπίδια και βρίσκονται σε όλες τις μεμβράνες. Σε αλεσμένο αλεύρι, η ποσότητα των γλυκολιπιδίων είναι συχνά μεγαλύτερη των φωσφολιπιδίων. Τα λιπίδια του σιταριού ομαδοποιούνται επίσης σε σαπωνοποιήσιμα και μη σαπωνοποιήσιμα λιπίδια. Τα λιπαρά οξέα, οι ακυλογλυκερόλες, τα γλυκολιπίδια, τα φωσφολιπίδια και οι στερόλες είναι σαπωνοποιήσιμα λιπίδια. Τα καροτενοειδή και οι τοκοφερόλες είναι μη σαπωνοποιήσιμα λιπίδια. Παρόλο που τα καροτενοειδή είναι δευτερεύοντα συστατικά, το χρώμα που συνεισφέρει είναι ένας σημαντικός παράγοντας στα τρόφιμα δημητριακών, ειδικά στη χρήση σκληρού σιταριού για την παρασκευή ζυμαρικών.

Τα λιπίδια του σιταριού ή αλευριού ακόμη ομαδοποιούνται με βάση τη θέση των λιπιδίων στο σιτάρι ή στο αλεύρι. Τα συνολικά μη αμυλούχα λιπίδια αποτελούν τα δύο τρίτα των συνολικών λιπιδίων αλευριού τα οποία μπορούν να εκχυλιστούν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τα μη αμυλούχα λιπίδια που αλληλοεπιδρούν με τις πρωτεΐνες αλεύρου κατά την ανάμιξη έχει αποδειχθεί ότι έχουν τεχνική αξία κατά τη διαδικασία του ψησίματος. Τα αμυλούχα λιπίδια είναι κυρίως τα φωσφολιπίδια. Είναι στενά δεσμευμένα με την αμυλόζη σχηματίζοντας το σύμπλοκο αμυλόζης – λιπιδίου, το οποίο επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τις ιδιότητες του αμύλου.

Η περιεκτικότητα των λιπιδίων, οι κατηγορίες των λιπιδίων και τα επίπεδα λιπαρών οξέων στους κόκκους του σιταριού, εξαρτώνται από ένα σύνολο παραγόντων, μερικά από τα οποία είναι γενετικά όπως το είδος και η ποικιλία. Ενώ άλλα εξαρτώνται από το περιβάλλον και σχετίζονται με τις κλιματικές συνθήκες και τις αγρονομικές πρακτικές (Armanino, C.; De Acutis, R.; Festa, 2002). Γενικά, το *Triticum durum* έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε λιπίδια και λιπαρά οξέα από το *Triticum aestivum*. Η διαφορά αυτή οφείλεται κυρίως στην συσχέτιση ελεύθερων λιπιδίων με την σκληρότητα του κόκκου. Το μαλακό σιτάρι με λιγότερη σκληρότητας από το durum σιτάρι, παρουσιάζει χαμηλότερο ποσοστό ελεύθερων λιπιδίων.

Τα ελεύθερα λιπίδια στο αλεύρι σίτου παίζουν σημαντικό ρόλο στην αρτοποιία. Έχει αποδειχθεί ότι η απομάκρυνση των ελεύθερων λιπιδίων μειώνει τον όγκο του ψημένου προϊόντος και αυξάνει παράλληλα την σκληρότητα της υφής του. Στα ζυμαρικά από την άλλη η απομάκρυνση των ελεύθερων λιπιδίων αυξάνει την κολλώδη επιφάνεια τους και την απώλεια του κίτρινου χαρακτηριστικού χρώματος τους.

2.4.9 Περιεκτικότητα υγρής γλουτένης

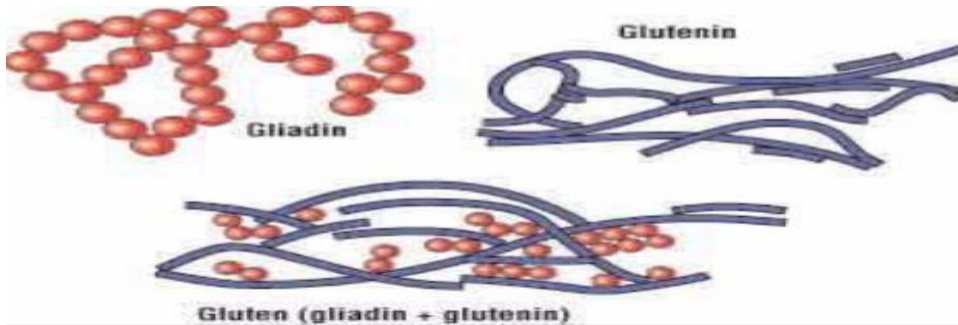
Η γλουτένη μπορεί να χαρακτηριστεί ως κύρια δομή σχηματισμού πρωτεΐνης στο άλευρο και είναι υπεύθυνη για τα ελαστικά χαρακτηριστικά της ζυμαριού παρέχοντας σε αυτό εκτατότητα και αντοχή. Αποτελείται από πρωτεΐνες (90%), λιπίδια (8%) και υδατάνθρακες (2%). Η γλουτένη είναι το πρωτεϊνικό κλάσμα που αποτελείται από γλουτενίνες και γλοιαδίνες. Η ενυδάτωση των πρωτεϊνών αυτών, δημιουργεί το συνεκτικό, ελαστικό, τρισδιάστατο δίκτυο της γλουτένης (Σχήμα 2.2). Οι γλουτενίνες είναι εκείνες που προσδίδουν την ελαστικότητα του ζυμαριού, ενώ οι γλοιαδίνες είναι εκείνες που συμβάλουν στο ιξώδες (έκταση ζυμαριού).

Η υγρή γλουτένη χρησιμοποιείται ευρέως ως προδιαγραφή του τελικού προϊόντος και περιγράφει ενδεικτικά την περιεκτικότητα της πρωτεΐνης του αλεύρου του σιταριού. Ο προσδιορισμός της υγρής γλουτένης γίνεται με την ενυδάτωση του αλεύρου και την συνεχή μάλαξη του ζυμαριού (αλεύρι και νερό) κάτω από τρεχούμενο νερό, ώστε να απομακρυνθεί το άμυλο και άλλα υδατοδιαλυτά συστατικά από το δείγμα (Σχήμα 2.3). Η περιεκτικότητα της υγρής γλουτένης εκφράζεται ως ποσοστό επί τοις εκατό με βάση την υγρασία (όπως π.χ. 14%).

Η γλοιαδίνη κατά την ενυδάτωση του ζυμαριού με νερό συγκρατεί τη γλουτενίνη και δεν απομακρύνεται. Τα μισά περίπου από τα αμινοξέα της γλοιαδίνης έχουν στην πλευρική τους αλυσίδα αμιδιομάδες οι οποίες δημιουργούν δεσμούς υδρογόνου μεταξύ τους και συνδέουν τα μόρια των πρωτεϊνών δίνοντας τη χαρακτηριστική κολλώδη υφή της γλοιαδίνης. Η ποσότητα υγρής γλουτένης που παραμένει μετά τη διαδικασία της ενυδάτωσης αποτελεί ένδειξη τόσο της ποιότητας όσο και της ποσότητας της γλουτένης. Αυτό βασίζεται στο ότι η γλουτένη καλής ποιότητας δεσμεύει περισσότερο νερό από τη γλουτένη κακής ποιότητας (Πικουλας Ε., 1992).

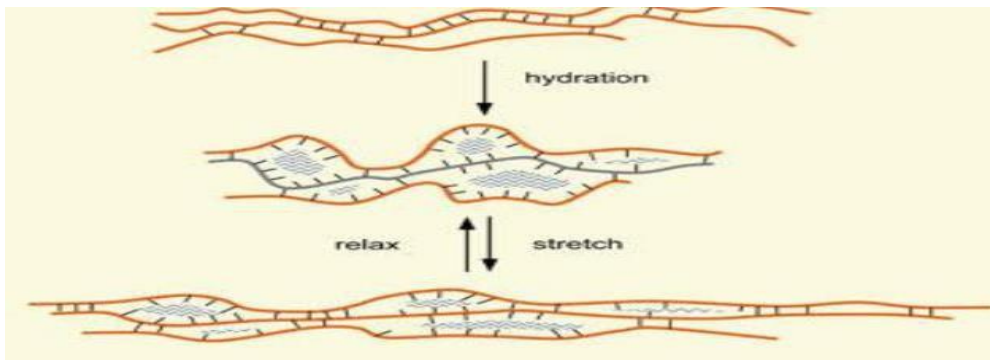
Η περιεκτικότητα λοιπόν της υγρής γλουτένης στο *durum* αλεύρι θα είναι υψηλότερη (14-18%) από ότι στο μαλακό αλεύρι (10-14%), λόγω της διαφοράς του πρωτεϊνικού περιεχομένου που υπάρχει στα δύο σιτάρια. Υψηλό ποσοστό πρωτεϊνών θα μας δώσει μία καλύτερη ποιότητας γλουτένη με μεγάλη απορρόφηση σε νερό. Από την άλλη χαμηλό ποσοστό πρωτεϊνών θα οδηγήσει σε μια πιο αδύναμη γλουτένη με μικρή απορρόφηση νερού.

Σχήμα 2.2. Σχηματισμός γλουτένης από γλιαδίνη και γλουτενίνη



ΠΗΓΗ: Βλαχόπουλος Ο., 2015

Σχήμα 2.3. Ενυδάτωση γλουτένης.



ΠΗΓΗ: Βλαχόπουλος Ο., 2015

2.4.9.1 Περιεκτικότητα ξηρής γλουτένης

Οι περιεκτικότητες υγρής και ξηρής γλουτένης περιλαμβάνονται στις προδιαγραφές του αλεύρου και σε πολλές χώρες αποτελούν πρωταρχικές δοκιμές ποιότητας του. Αυτό οφείλεται στην απλότητα των δοκιμών και των ποσοτικών πληροφοριών που λαμβάνονται σχετικά με ποσότητα και τη ποιότητα της γλουτένης. Το 70% της γλουτένης είναι νερό, η ξηρή γλουτένη λαμβάνεται με ξήρανση στους 105°C μέχρι σταθερού βάρους. Η χημική σύσταση είναι συνήθως : πρωτεΐνες (80%, κυρίως γλουτενίνης και γλιαδίνης σε αναλογία 1:3), άμυλο (10%, μικροί αμυλόκοκκοι προσροφημένοι από τις πρωτεΐνες) λίπη (5-10% , ενωμένα φυσικοχημικά με τις πρωτεΐνες) και ανόργανα άλατα (1-2%) (Delcour , J.A., and Hosenev, R. C. 2010).

2.4.10 Δοκιμή τιμής καθίζσεως (Zeleny)

Η δοκιμή αυτή χρησιμοποιείται σε διάφορες χώρες ευρέως ως μέσο μετρήσεως της δυνάμεως της γλουτένης (Carter et al. 1999). Στηρίζεται στη διόγκωση της γλουτένης του εξεταζόμενου αλεύρου, που βρίσκεται σε μορφή υδατικού αιωρήματος. Η διόγκωση προκαλείται από διάλυμα γαλακτικού οξέος. Η διογκούμενη γλουτένη καθιζάνει συμπαρασύροντας το εγκλωβισμένο άμυλο. Η ποσότητα του ιζήματος που σχηματίζεται μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα (5min), αποτελεί την τιμή καθίζησης (Τσιάρας, 1996).

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην ενυδάτωση της πρωτεΐνης μέσα σε έγχρωμο (κυανού του μεθυλενίου) διάλυμα για να διακρίνεται καλύτερα το μετέπειτα ίζημα. Κατόπιν, καταβυθίζεται με διάλυμα γαλακτικού οξέος, το οποίο περιέχει είτε το μετά νατρίου άλας του δωδεκυλοθειικού απορρυπαντικού (καθίζηση SDS) ή ισοπροπυλική ααλκόολη (καθίζηση Zeleny). Η παρουσία του γαλακτικού οξέος στο διάλυμα προκαλεί την βύθιση των ενυδατωμένων σωματιδίων αλεύρου με μορφή ιζήματος. Όσο περισσότερη και καλύτερη είναι η γλουτένη τόσο το ίζημα θα είναι περισσότερο, αντίθετα χαμηλότερος όγκος ιζήματος υποδηλώνει ασθενέστερη γλουτένη (Κεφαλάς Σ.Π., 2009).

Η τιμή καθιζήσεως έχει άμεση συσχέτιση με την περιεκτικότητα πρωτεΐνης και γλουτένης στο σιτάρι. Στο αλεύρι από *durum* σιτάρι λόγω υψηλού ποσοστού πρωτεΐνης παρουσιάζει τιμή καθιζήσεως έως και 78 (ml), όπου οδηγεί στο συμπέρασμα μίας δυνατής γλουτένης. Αντίθετα, χαμηλή τιμή καθιζήσεως από 8 (ml) παρουσιάζει το αλεύρι από μαλακό σιτάρι έχοντας χαμηλότερο ποσοστό πρωτεϊνών και αδύνατη γλουτένη. (Γεωργοπουλός Θ. 2010).

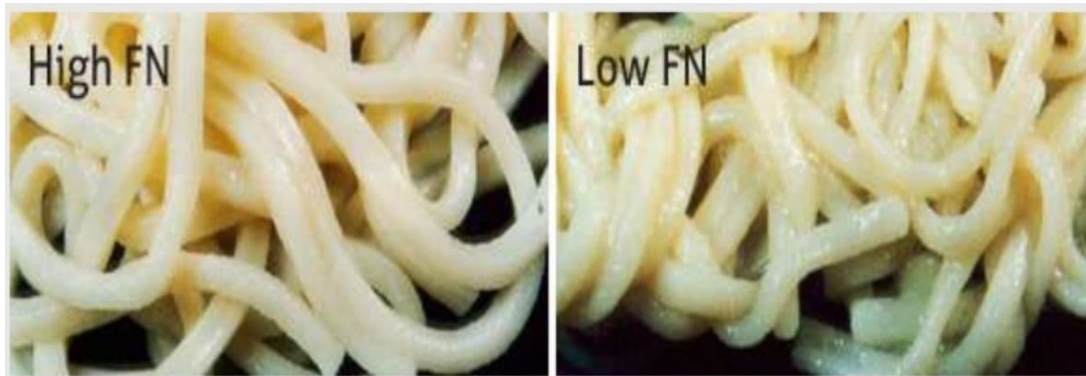
2.4.11 Αριθμός Πτώσεως (Falling Number)

Ο αριθμός πτώσεως (falling number ή αριθμός του Hagberg), είναι η ένδειξη που μετρά τη επίπεδα δραστικότητα του ενζύμου της α-αμυλάσης στους κόκκους του σιταριού. Η α-αμυλάση είναι ένα ένζυμο που αποικοδομεί (υγροποιεί) το άμυλο εντός του κόκκου μειώνοντας σημαντικά την ποιότητα του αλεύρου, για αυτό το λόγο και το άμυλο χρησιμοποιείται ως το υπόστρωμα για τον προσδιορισμό της δραστικότητας του ενζύμου.

Η μέθοδος βασίζεται στη ταχεία ζελατινοποίηση αιωρήματος αλεύρου στη θερμοκρασία βρασμού νερού και την επακόλουθη μέτρηση του ιξώδους του ζελατινοποιημένου αμύλου. Το ιξώδες θα είναι τόσο μικρότερο όσο μεγαλύτερη είναι η δραστικότητα της α-αμυλάσης. Λόγω της θερμοκρασίας βρασμού η μέθοδος αυτή προσδιορίζει τη δραστικότητα της α-αμυλάσης που προέρχεται από σιτηρά ή βακτηρίδια. Οι μυκητιακές α-αμυλάσες απενεργοποιούνται από την υψηλή θερμοκρασία πριν προλάβουν να δράσουν. Επίσης πολύ νωρίς απενεργοποιείται και η β-αμυλάση. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε δευτερόλεπτα (Κεφαλάς, 2009).

Η δραστηριότητα της α-αμυλάσης έχει άμεσο αντίκτυπο στο ψωμί και στην ποιότητα των ζυμαρικών. Γενικά η παραγωγή ζυμαρικών από αλεύρι προερχόμενο από σκληρό σιτάρι, με χαμηλό αριθμό πτώσεως (μεγάλη δράση α-αμυλάσης) ή πολύ υψηλό αριθμό πτώσεως (μικρή δράση α-αμυλάσης), δυσκολεύει το χειρισμό του ζυμαριού κατά τον τεμαχισμό και μπορεί να κολλήσει στα μηχανήματα παραγωγής. Επίσης οδηγεί σε ένα τελικό προϊόν που θα έχει χρώμα αδύναμο και κολλώδης υφή. Αντίθετα το αλεύρι με 'σωστό' αριθμό πτώσης (220-250 s), βελτιώνει την επεξεργασία του και δίνει ένα υψηλότερης ποιότητας τελικό προϊόν (Εικόνα 2.5).

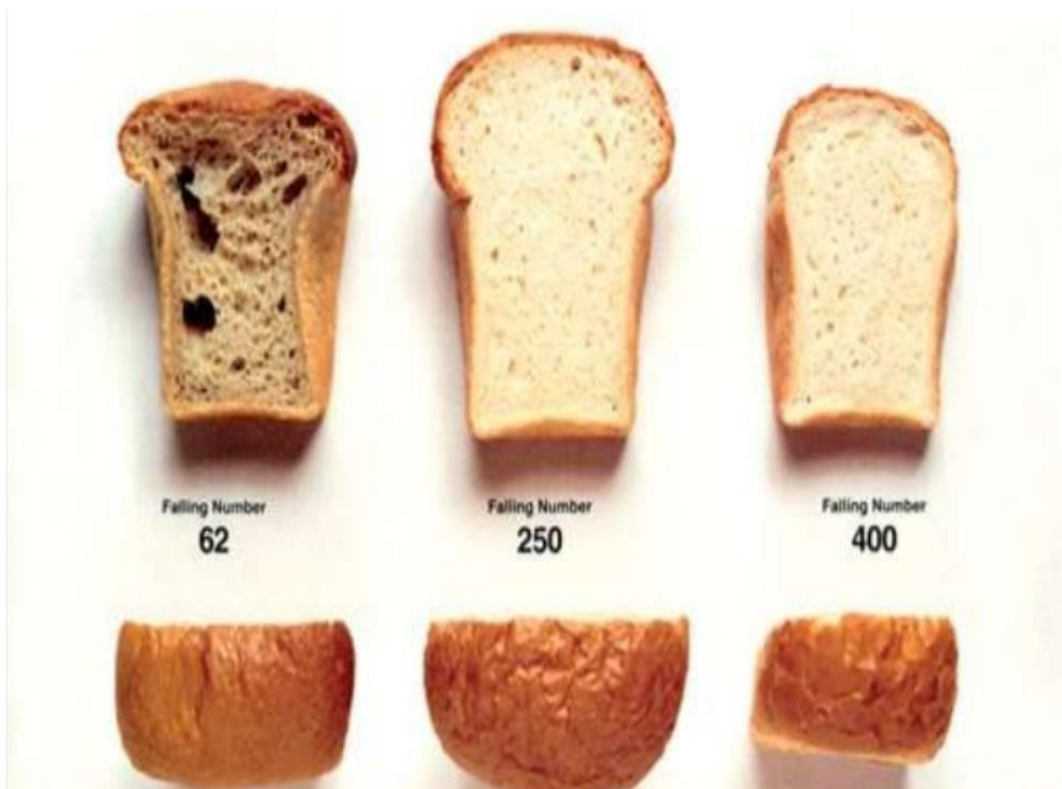
Εικόνα 2.5. Επίδραση υψηλού και χαμηλού αριθμού πτώσεως στα ζυμαρικά.



ΠΗΓΗ: www.slideshare.net/MuhammadRaheel/24/fallingnumber

Ακόμη όσον αφορά τα προϊόντα από μαλακό σιτάρι, ένα μέρος της α-αμυλάσης είναι απαραίτητο για τη σωστή διαδικασία του ψησίματος του ψωμιού. Η α-αμυλάση διασπά το άμυλο για να παρέχει σάκχαρα με τα οποία τροφοδοτείται η διαδικασία της ζύμωσης. Η παρουσία ενζύμου λοιπόν επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα του παραγόμενου ψωμιού. Σε τιμή αριθμού πτώσεως ίση με 250s, η δραστηριότητα της α-αμυλάσης είναι 'σωστή' και επιτυγχάνεται ψωμί με μεγάλο όγκο και σταθερή και απαλή υφή. Σε τιμή αριθμού πτώσεως ίση με 62s, η δραστηριότητα της α-αμυλάσης είναι πολύ υψηλή με αποτέλεσμα να προκύψει κολλώδες ψωμί και μικρό όγκο. Σε τιμή αριθμού πτώσεως ίση με 300s, η δραστηριότητα της α-αμυλάσης είναι πολύ χαμηλή και προκύπτει ψωμί με ξηρή ψίχα και μικρό όγκο (Εικόνα 2.6).

Εικόνα 2.6. Αποτελέσματα αριθμού πτώσεως σε ψωμί προερχόμενο από μαλακό αλεύρι.



ΠΗΓΗ: www.wheatflourbook.org/main.aspx?p=67

2.4.12 Προσδιορισμός χρώματος

Το χρώμα του αλεύρου του σίτου επηρεάζει συχνά το χρώμα του τελικού προϊόντος και αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα κριτήρια ποιότητας του. Καθορίζεται συνήθως μετρώντας δείγματα αλεύρου με μετρητή χρώματος (Minolta Chroma Meter). Τα αποτελέσματα του χρώματος αλεύρου ερμηνεύονται με όρους τρισδιάστατων τιμών χρώματος με βάση την ακόλουθη κλίμακα βαθμολογίας :

- **L*τιμή**, εκφράζει τη φωτεινότητα με ανώτατο όριο το 100 (άσπρο) και κατώτερο το 0 (μαύρο).
- **a*τιμή**, εκφράζει θετικές τιμές (+60 κόκκινου χρώματος) και αρνητικές τιμές (-60 πράσινου χρώματος)
- **b*τιμή**, εκφράζει θετικές τιμές (+60 κίτρινου χρώματος) και αρνητικές τιμές (-60 μπλε χρώματος).

Όσον αφορά το σκληρό σιτάρι, το επιθυμητό χρώμα είναι το διαυγές φωτεινό κίτρινο που προέρχεται από την παρουσία της ξανθοφύλλης και των καροτενίων. Το χρώμα επηρεάζεται κυρίως από το ποσοστό των χρωστικών που υπάρχουν. Μετρώντας δείγμα σκληρού αλεύρου στο Chroma meter οι τιμές που λαμβάνονται είναι : L*τιμή +51,37 , a*+0,39 , b*+10,23. Αντίθετα , στο μαλακό άλευρο προτιμάται κυρίως το φωτεινό λευκό χρώμα και επηρεάζει επίσης ως ποιοτικό κριτήριο τη κρίση των καταναλωτών. Οι τιμές καταγραφής δείγματος μαλακού αλεύρου στο Chroma meter έδειξε τιμές : L*τιμή +92,5 , a*-2,4 , b*+6,9.

2.4.13 Φαρινογράφος

Ο φαρινογράφος αποτελεί ένα από τα πιο κοινά τεστ που χρησιμοποιούνται για την απόδοση της ποιότητας του αλεύρου παγκοσμίως. Ειδικότερα μέσω του φαρινογραφήματος μας πληροφορεί για την ικανότητα του αλεύρου στην απορρόφηση του νερού, την αντοχή του ζυμαριού στην μηχανική καταπόνηση κατά την κατεργασία και την υγιεινή του αλεύρου. Τα αποτελέσματα του φαρινογραφήματος είναι επίσης σημαντικά για την πρόβλεψη των χαρακτηριστικών υφής των τελικών προϊόντων. Για παράδειγμα, οι ισχυρές ιδιότητες του ζυμαριού κατά την ανάμιξη και μάλαξη σχετίζονται με τη σταθερή υφή του προϊόντος. (St Paul MN., 2009).

Στο φαρινογράφημα με τη βοήθεια του φαρινογράφου μετρούνται :

- **Απορρόφηση νερού (Absorption)**, η ποσότητα νερού που απαιτείται ώστε η φαρινογραφική καμπύλη να λάβει την τιμή των 500 μονάδων Brabender (BU). Αυτή η τιμή σχετίζεται επίσης με την ποσότητα νερού που απαιτείται ώστε το άλευρο να υποβληθεί στην βέλτιστη επεξεργασία προς τα τελικά προϊόντα. Η απορρόφηση εκφράζεται ως ποσοστό.

Εικόνα 2.7. Μετρητής χρώματος και διάγραμμα χρωμάτων.



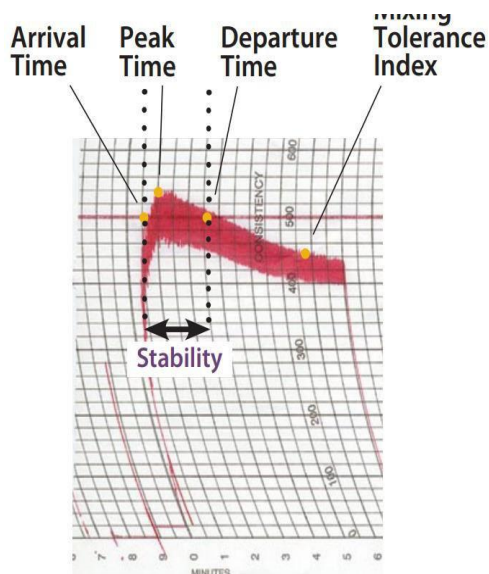
Πηγή : <https://sensing.konicaminolta.us>

- **Μέγιστος χρόνος (Peak time)**, υποδεικνύει το χρόνο ανάπτυξης της ζυμαριού, ξεκινώντας τη στιγμή που προστίθεται το νερό έως ότου το ζυμάρι να φτάσει στη μέγιστη συνεκτικότητα. Η ένδειξη αυτή εκφράζει και τον βέλτιστο χρόνο αναμίξεως υπό προτυποποιημένες συνθήκες. Εκφράζεται σε λεπτά (min).
- **Χρόνος άφιξης (Arrival time)**, είναι ο χρόνος που η κορυφή της καμπύλης προσεγγίζει τη γραμμή των 500 BU. Δείχνει τον ρυθμό με τον οποίο το νερό απορροφάται από το αλεύρι. Ο χρόνος άφιξης εκφράζεται σε λεπτά (min).
- **Χρόνος αναχώρησης (Departure time)**, είναι ο χρόνος όταν η κορυφή της καμπύλης αποχωρεί από τη γραμμή των 500 BU. Αυτό δείχνει τη στιγμή που το ζυμάρι αρχίζει να καταρρέει και επίσης αποτελεί ένδειξη της συνεκτικότητας του ζυμαριού κατά την επεξεργασία. Η ώρα αναχώρησης εκφράζεται σε λεπτά (min).
- **Χρόνος σταθερότητας (Stability time)**, είναι η διαφορά μεταξύ του χρόνου άφιξης και του χρόνου αναχώρησης. Καταδεικνύει το χρόνο που το ζυμάρι διατηρεί τη μέγιστη συνεκτικότητα και αποτελεί ακόμη ένδειξη της δύναμης του ζυμαριού. Εκφράζεται σε λεπτά (min).
- **Δείκτης αντοχής ανάμειξης (Mixing Tolerance Index, MTI)**, είναι η διαφορά της τιμής των μονάδων BU στην κορυφή της καμπύλης κατά τον μέγιστο χρόνο και της τιμής στην κορυφή της καμπύλης 5 λεπτά μετά το μέγιστο. Δείχνει τον βαθμό τον βαθμό μαλακώματος του ζυμαριού κατά την ανάμιξη. Ο δείκτης αντοχής αναμίξεως εκφράζεται σε μονάδες Brabender (BU).

Συγκρίνοντας το *Triticum durum* και το *Triticum aestivum* μέσα από τα φαρινογράφημα (Εικόνες 2.8-2.9.) , θα συμπεράνουμε ότι το σκληρό αλεύρι έχει καλύτερα αρτοποιητικά χαρακτηριστικά δηλαδή μεγαλύτερη απορρόφηση του νερού, περισσότερο χρόνο ανάμειξης και μεγαλύτερη αντοχή. Αντίθετα το μαλακό αλεύρι θα δώσει φτωχά αρτοποιητικά χαρακτηριστικά, με μικρή απορρόφηση νερού, μικρότερο

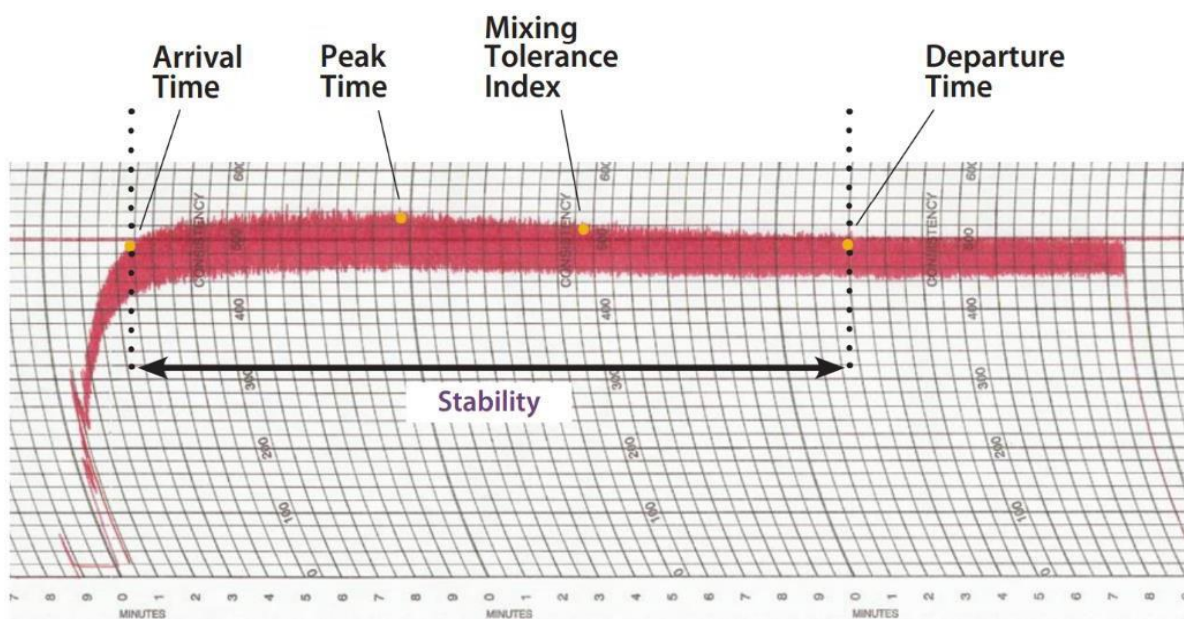
Εικόνα 2.8. Φαρινογράφημα μαλακού αλεύρου με χαμηλή περιεκτικότητα γλουτένης.

χρόνο ανάμειξης και μικρότερη αντοχή κατά την ανάμειξη. Αυτή η διαφορά προκύπτει κυρίως λόγω της διαφοράς περιεκτικότητας σε υγρασία και πρωτεΐνες στα δύο σιτάρια. Όσο λιγότερη είναι η περιεκτικότητα υγρασίας (*Triticum durum*), τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η απορρόφηση νερού. Καθώς και όσο μικρότερη είναι η περιεκτικότητα πρωτεΐνης (*Triticum aestivum*), τόσο μικρότερη θα είναι και η απορρόφηση νερού. Γίνεται αναφορά στην απορρόφηση νερού γιατί είναι η παράμετρος στο φαρινογράφημα με τη μεγαλύτερη πρακτική αξία, καθώς έχει άμεση σύνδεση με την απόδοση του τελικού προϊόντος και συμβάλλει στην εκτίμηση της 'δύναμης' των αλεύρων και στον υπολογισμό της αξίας των προϊόντων (Γεωργόπουλος, 2010).



ΠΗΓΗ: St. Paul, MN, 2000.

Εικόνα 2.9. Φαρινογράφημα σκληρού αλεύρου με υψηλή περιεκτικότητα γλουτένης.



ΠΗΓΗ: St. Paul, MN, 2000.

2.4.14 Εξτενσογράφος

Ο εξτενσογράφος Brabender χρησιμοποιείται διεθνώς ως πρότυπη μέθοδος για την ανάλυση των σιτηρών. Μας δίνει πληροφορίες για τις πλαστικές ιδιότητες του ζυμαριού και συμπληρώνει την εικόνα που μας δίνει ο φαρινογράφος. Μέσω του εξτενσογραφήματος, ο εξτενσογράφος καθορίζει την αντίσταση και εκτασιμότητα του ζυμαριού μετρώντας τη δύναμη που απαιτείται ώστε το ζυμάρι να τεντωθεί από ένα άγκιστρο (γάντζο) έως ότου υποστεί θραύση (Εικόνα 2.10). Τα αποτελέσματα που καταγράφονται περιλαμβάνουν την αντίσταση του ζυμαριού στην έκταση (τέντωμα) και η διαφορά στην απόσταση που εκτελεί το ζυμάρι μέχρι να υποστεί θραύση. Τα αποτελέσματα αυτά του εξτενσογραφήματος είναι σημαντικά για τον προσδιορισμό της δύναμης της γλουτένης και της αρτοποιητικής ικανότητας του αλεύρου.

Εικόνα 2.10. Απεικόνιση εξτενσογράφου κατά το τέντωμα του ζυμαριού από το άγκιστρο



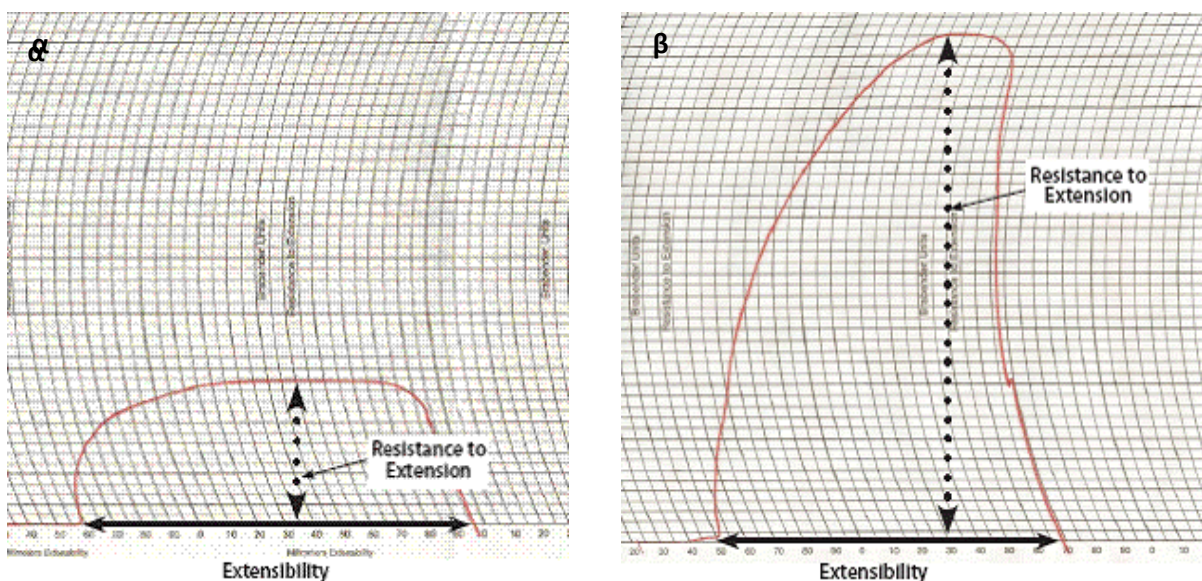
ΠΗΓΗ: Preston, K. R., and Hosney R. C., 1991

Από την εκτίμηση των εξτενσιογραφημάτων προκύπτουν οι παρακάτω παράμετροι:

- **Αντίσταση (αντοχή στην έκταση- R_{max})**, είναι η μέγιστη αντίσταση του ζυμαριού κατά την έκταση και υποδεικνύεται από το μέγιστο ύψος της καμπύλης, η οποία συνήθως αντιστοιχεί στα 5cm από την έναρξη της έκτασης. Το R_{max} εκφράζεται σε cm ή σε μονάδες Brabender ή μονάδες εξτενσογράφου (EU).
- **Εκτατότητα (E)**, η εκτασιμότητα του ζυμαριού υποδεικνύεται από αυτή τη παράμετρο η οποία αντιπροσωπεύει την απόσταση της έκτασης πριν από τη θραύση. Εκφράζεται σε χιλιοστά mm ή εκατοστά cm.
- **Αναλογία αντοχής/εκτατότητας (R/E)**, είναι η αναλογία που υποδηλώνει την ισορροπία μεταξύ της αντοχής του ζυμαριού (αντίσταση στο τέντωμα) και την έκταση στο οποίο το ζυμάρι μπορεί να τεντωθεί πριν τη θραύση (εκτασιμότητα). Μεγάλη αναλογία σημαίνει ότι το ζυμάρι περιέχει βραχεία γλουτένη με αποτέλεσμα το ανεπιθύμητο(χαμηλό) όγκο των αρτοσκευασμάτων.
- **Επιφάνεια**, είναι το εμβαδόν που βρίσκεται κάτω από τη καμπύλη και είναι συνδυασμός αντοχής και εκτατότητας του ζυμαριού. Εκφράζεται δε σε τετραγωνικά εκατοστά cm^2 . Η παράμετρος αυτή γενικά μας δείχνει τη συνολική ενέργεια που απαιτείται για την εκτατότητα του ζυμαριού, παράλληλα όμως μας δίνει πληροφορίες και για τη δύναμη του αλεύρου. Όσο πιο δυνατό είναι το αλεύρο, τόσο περισσότερη είναι η ενέργεια που απαιτείται για να τεντωθεί το ζυμάρι.

Συγκρίνοντας το αλεύρι από το σκληρό και το μαλακό σιτάρι, το σκληρό άλευρο έχοντας μεγαλύτερο ποσοστό πρωτεϊνών και καλύτερης ποιότητας γλουτένης από το μαλακό άλευρο, θα μας δώσει εξτενσιογράφημα με μεγαλύτερη καμπύλη άρα μεγαλύτερη αντοχή κατά το τέντωμα και μεγαλύτερη εκτασιμότητα του ζυμαριού. Επίσης η επιφάνεια (εμβαδόν) θα είναι και αυτή μεγαλύτερη στο σκληρό σιτάρι ($>180cm^2$), έναντι του μαλακού σιταριού (80-120) (Εικόνα 2.11).

Εικόνα 2.11. Καταγραφή εξτενσιογραφημάτων μαλακού αλεύρου με χαρακτηριστική αδύνατη γλουτένη (α) και σκληρού αλεύρου με χαρακτηριστική δυνατή γλουτένη (β).



ΠΗΓΗ: St. Paul, MN, 2010

2.4.15 Αλβεογράφος

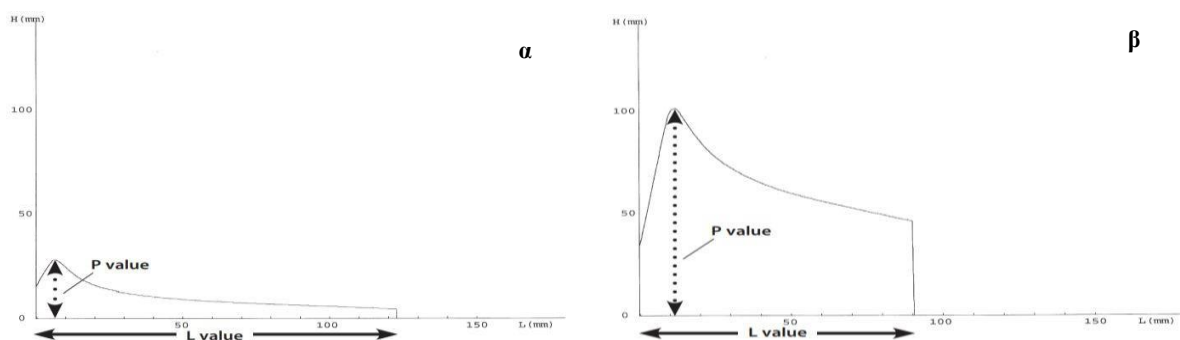
Ο αλβεογράφος Chopin προσδιορίζει την αντοχή της γλουτένης του ζυμαριού, μετρώντας τη δύναμη που απαιτείται ώστε η πίεση αέρα να σπάσει τη φούσκα του σχηματισμένου φύλλου ζυμαριού. Τα αποτελέσματα της διαδικασίας καταγράφονται σε καμπύλες που ονομάζονται αλβεογραφήματα. Το πλεονέκτημα του αλβεογράφου σε σύγκριση με τον εξτενσογράφο είναι ο τρόπος τεντώματος του ζυμαριού. Το ζυμάρι τεντώνεται σε μία κατεύθυνση σε σταθερό ρυθμό στον εξτενσογράφο, ενώ στον αλβεογράφο το τέντωμα γίνεται σε δύο διαστάσεις με μεταβαλλόμενο ρυθμό καθώς η φούσκα του ζυμαριού αναπτύσσεται. Αυτός ο τρόπος τεντώματος πλησιάζει περισσότερο τον τρόπο που το ζυμάρι αναπτύσσεται κατά την ζύμωση και τα πρώτα στάδια του ψησίματος (Γεωργόπουλος Θ., 2010).

Οι παράμετροι που μπορούμε να προσδιορίσουμε μέσω του αλβεογραφήματος είναι:

- **P**, η δύναμη που απαιτείται για να γίνει διάτρηση της σχηματιζόμενης φούσκας. Υποδεικνύεται από το μέγιστο ύψος της καμπύλης και εκφράζεται σε χιλιοστά mm.
- **L**, η τιμή αυτή δηλώνει την εκτατότητα του ζυμαριού από το σημείο που αρχίζει να δημιουργείται η φούσκα έως ότου σκάσει. Υποδεικνύεται από το μήκος της καμπύλης και εκφράζεται σε χιλιοστά mm.
- **P/L**, είναι ο λόγος που δηλώνει την ισορροπία μεταξύ της αντοχής και της εκτατότητας του ζυμαριού.
- **W**, η τιμή αυτή υποδηλώνει την περιοχή κάτω από την καμπύλη. Αντιπροσωπεύει την ενέργεια που απαιτείται για την διόγκωση του ζυμαριού έως ότου επέλθει η ρήξη του.
Εκφράζεται σε Joules και σχετίζεται με τη δύναμη ή αντοχή του αλεύρου.

Βάση τα δύο σιτάρια που καλούμαστε να συγκρίνουμε, υπάρχουν σημαντικές διαφορές στα αλβεογραφήματα των άλευρων τους. Το μαλακό άλευρο έχοντας μικρότερο ποσοστό πρωτεϊνών (ασθενέστερη γλουτένη) έναντι του σκληρού άλευρου, έχει μικρότερη δύναμη με αποτέλεσμα η παράμετρος P στο αλβεογράφημα να είναι μικρότερη απ' ό,τι στο του δείκτη P του σκληρού άλευρου. Γενικά, τα δυνατά άλευρα (*Triticum durum*) τα χαρακτηρίζει υψηλά W και χαμηλές ή μεσαίες τιμές L (Εικόνα 2.12).

Εικόνα 2.12. Αλβεογράφημα μαλακού άλευρου (α), αλβεογράφημα σκληρού άλευρου.



ΠΗΓΗ: St. Paul, MN, 2010

2.4.16 Αναμιξογράφος

Ο αναμιξογράφος (Mixograph) είναι μια ρεολογική συσκευή η οποία προσδιορίζει τις ιδιότητες του ζυμαριού και της γλουτένης ενός αλεύρου, μετρώντας την αντίσταση του ζυμαριού κατά το ζύμωμα (μάλαξη) (Εικόνα 2.13). Ένα μειονέκτημα της εφαρμογής αυτής είναι αδυναμία της συσκευής να προσδιορίζει την απορρόφηση νερού, καθώς η ποσότητα νερού που λειτουργεί είναι σταθερή. Παρόλα αυτά η δοκιμή αυτή είναι σχετικά γρήγορη και δεν απαιτείται μεγάλη ποσότητα δείγματος).

Εικόνα 2.13. Αναμιξογράφος.



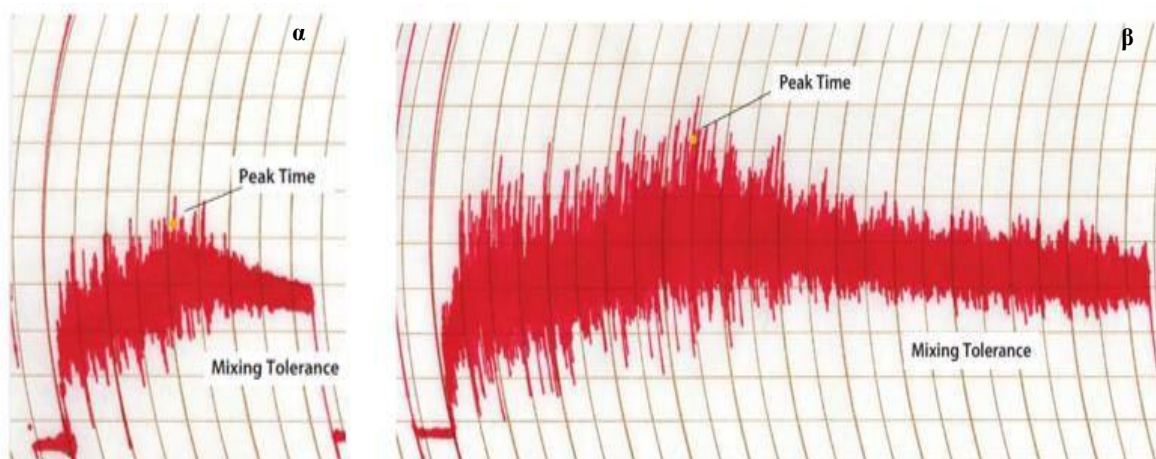
ΠΗΓΗ: St. Paul, MN, 2010

Η δοκιμή με αναμιξιογράφο αποσκοπεί στη μέτρηση και στη καταγραφή της αντίστασης του ζυμαριού στην ανάμιξη με καρφιά (spins). Τα στοιχεία τα οποία λαμβάνονται είναι:

- **Μέγιστος χρόνος (Peak time)**, όπου είναι ο χρόνος ανάπτυξης του ζυμαριού, ξεκινώντας από τη στιγμή που ξεκινά ο αναμικτήρας και η συσκευή εγγραφής και συνεχίζεται έως ότου το ζυμάρι αποκτήσει την μέγιστη συνεκτικότητα. Η τιμή αυτή εκφράζει τον βέλτιστο χρόνο ανάμιξης και εκφράζεται σε min.
- **Αντοχή ανάμιξης (Mixing Tolerance)**, είναι η αντίσταση του ζυμαριού στην κατάρρευση κατά τη διάρκεια της συνεχούς ανάμιξης και επηρεάζει το σχήμα της καμπύλης. Η τιμή αυτή δείχνει την αντοχή στην υπερβολική ανάμιξη και εκφράζεται ως αριθμητική τιμή με βάση σύγκρισης ένα στοιχείο ελέγχου.

Συγκρίνοντας το σκληρό αλεύρο με το μαλακό λόγω του ότι το σκληρό αλεύρο έχει ισχυρότερη γλουτένη από το μαλακό σιτάρι, θα υπάρχουν διαφορές στα δύο αναμιξογραφήματα. Σε εκείνο του σκληρού αλεύρου παρατηρείται ότι οι μέγιστοι χρόνοι (peak time) είναι πιο μεγάλοι ενώ στο μαλακό αλεύρο είναι βραχύτεροι. Επίσης στο σκληρό αλεύρο η αντοχή αναμίξεως είναι μεγαλύτερη από εκείνη του μαλακού αλεύρου. (Εικόνα 2.14).

Εικόνα 2.14. Στοιχεία αναμιξογραφήματων για μαλακό (α) και σκληρό αλεύρι (β).



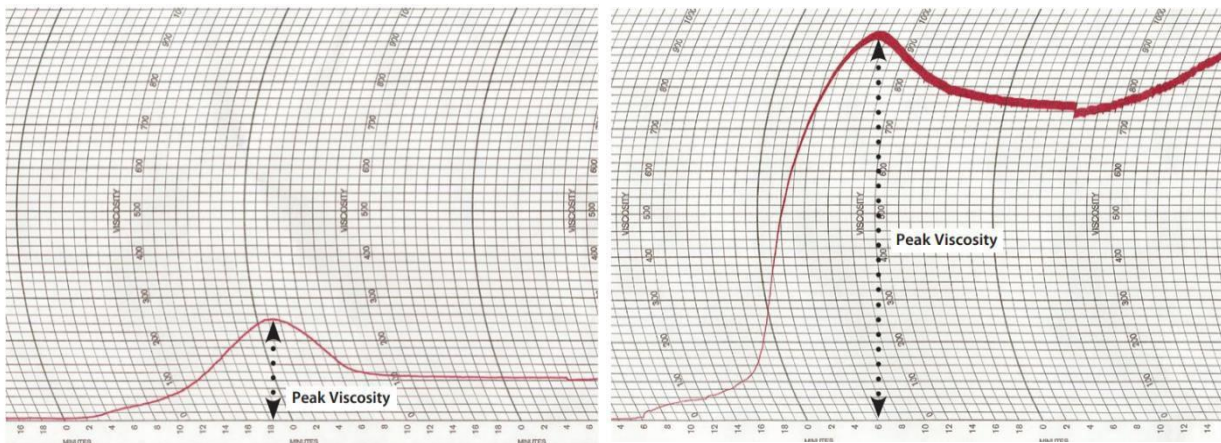
ΠΗΓΗ: St. Paul, MN, 2010

2.4.17 Αμυλογράφος

Ο αμυλογράφος επινοήθηκε από τους Brabender και Mueller και χρησιμοποιείται για να καταγραφεί το ιξώδες αιωρήματος αλεύρου σε σχέση με τη θερμοκρασία και το χρόνο. Γενικά με τον αμυλογράφο μπορούν να προσδιορισθούν οι ιδιότητες σχηματισμού πάστας του αλεύρου σιταριού, οι ιδιότητες του αμύλου καθώς επίσης και της ενζυμικής δράσης (α-αμυλάση). Τα αποτελέσματα της δοκιμής αυτής αναγράφονται στο αμυλογράφημα και επηρεάζονται από τις ιδιότητες του αμύλου του αλεύρου, τις συνθήκες αλέσεως, τη δράση της α-αμυλάσης και την ποικιλία του σιταριού. Επίσης καταγράφεται η πορεία της ζελατινοποίησης του αλεύρου καθώς ζελατινοποιείται υπό σταθερή ταχύτητα ανάδευσης και αύξηση της θερμοκρασίας. Ο ρυθμός θερμάνσεως 1,5°C/min από τους 30°C μέχρι τους 95°C εφαρμόζεται για να επιτευχθεί η προσομοίωση της διαδικασίας του ψησίματος (Mariotti et al. 2005).

Οι παράμετροι που καταγράφονται στο αμυλογράφημα είναι η θερμοκρασία ζελατινοποίησης, το μέγιστο ιξώδες, που αποτελεί κριτήριο για τη δράση της α-αμυλάσης και η θερμοκρασία στο μέγιστο ιξώδες. Το μέγιστο ιξώδες εκφράζεται σε μονάδες Brabender (BU). Στα δύο αμυλογραφήματα που ακολουθούν (Εικόνα 2.15), απεικονίζονται οι διαφορές της ζελατινοποίησης στο σκληρό και το μαλακό άλευρο. Στο σκληρό άλευρο σιταριού η ενζυμική διάσπαση του αμύλου θα προκύψει μεγαλύτερο τελικό μέγιστο ιξώδες (μικρή δράση α-αμυλάσης) και σε μεγαλύτερη θερμοκρασία μέγιστου ιξώδους. Αντίθετα στο μαλακό αλεύρι σιταριού το μέγιστο ιξώδες θα είναι μικρότερο (μεγάλη δράση α-αμυλάσης) και η θερμοκρασία μέγιστου ιξώδους χαμηλότερη.

Εικόνα 2.15. Αμυλογράφημα σκληρού (α) και μαλακού (β) αλεύρου σίτου.



ΠΗΓΗ: St. Paul, MN, 2010

Η μορφή της καμπύλης γενικότερα επιτρέπει και τη διαπίστωση τυχόν ανεπαρκώς περιεκτικότητας, στο ζυμάρι, σε αμυλάσες που οδηγούν σε πολύ υγρή ψίχα ή υπερβολικής περιεκτικότητας που οδηγεί σε πολύ ξερή ψίχα. Στην παραγωγή ψωμιού, παρατεταμένη υδρόλυση του αμύλου από τις αμυλάσες μπορεί να οδηγήσει σε κολλώδες ψίχα και μειωμένο όγκο του ψωμιού. Η προσθήκη βύνης ή α-αμυλάσης μειώνει την μέγιστη τιμή του αμυλογραφήματος. (Γεωργόπουλος Θ., 2010).

3. Διαφορές στη διαδικασία αλέσεως του *Triticum aestivum* και *Triticum durum*

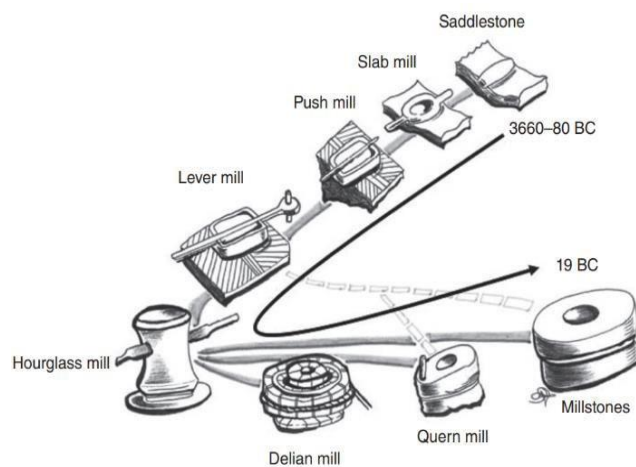
3.1 Ιστορική προσέγγιση

Οι κόκκοι και οι σπόροι αλέθονται ή θρυμματίζονται σε αλεύρι εδώ και πολλές χιλιάδες χρόνια, χρησιμοποιώντας πρωτόγονα εργαλεία. Έχει ειπωθεί ότι αν συγκρίνουμε τον χρόνο της ανθρωπότητας στη γη με μια περίοδο 60 λεπτών, η άλεση ξεκίνησε 55 λεπτά μετά την εμφάνιση της, ενώ η γεωργία ξεκίνησε 4 λεπτά αργότερα. Αυτές οι παρατηρήσεις οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η άλεση των σιτηρών μπορεί να θεωρηθεί ως η παλαιότερη διαδικασία επεξεργασίας στον κόσμο.

Στο Σχήμα 3.1 απεικονίζεται η πιθανή πορεία εξέλιξης της μυλόπετρας. Πρωτόγονοι πολιτισμοί 10.000-12.000 χρόνια πριν, χρησιμοποιούσαν γουδί και γουδοχέρι ώστε να συνθλίβουν το σιτάρι για να διαχωριστεί το πίτυρο και το φύτρο από το ενδοσπέρμιο. Γύρω στο 3660-3380 π.Χ. οι Αιγύπτιοι ανέπτυξαν το saddle-stone όπου τους επέτρεπε την άλεση μεγαλύτερης ποσότητας κόκκων. Σημαντικές τοιχογραφίες εκείνης της εποχής αποδεικνύουν ότι οι δραστηριότητες της άλεσης και του ψησίματος ήταν καθιερωμένες εκείνη την εποχή. Περίπου το 800 π.Χ., χρησιμοποιήθηκε η περιστροφική κίνηση ώστε η διαδικασία της άλεσης να επιτυγχάνεται από ανθρώπους ή ζώα

κάνοντας μια συνεχόμενη κυκλική κίνηση. Η εφεύρεση της μυλόπετρας στα ρωμαϊκά χρόνια ήταν σίγουρα μια μεγάλη εξέλιξη. Με την πάροδο του χρόνου, τα σχήματα και τα μεγέθη των λίθων βελτιώθηκαν. Αρχικά για τη κίνηση των λίθων χρησιμοποιήθηκε το νερό, αργότερα έγινε χρήση του αέρα και τελικά ο ατμός. Οι ατμομηχανές εφαρμόστηκαν σε μύλους πέτρας το 1786 επιτρέποντας την κατασκευή μύλων σε περιοχές που δεν μπορούσαν να αξιοποιηθούν πηγές νερού και του αέρα.

Σχήμα 3.1. Πιθανή εξέλιξη από το saddlestone έως τις μυλόπετρες.



ΠΗΓΗ: Dexter and Sarkar, 2004.

Οι κυλινδρόμυλοι, η διαδικασία καθαρισμού και του διαχωρισμού, αναπτύχθηκαν τον δέκατο όγδοο και δέκατο ένατο αιώνα και οδήγησαν σταδιακά στο σύστημα θραύσης και μείωσης μεγέθους των κόκκων. Η βασική διαδικασία παραμένει παρόμοια και σήμερα, αλλά οι σημαντικές προόδους στο σχεδιασμό του εξοπλισμού καθαρισμού και άλεσης, αποφέρουν συνεχή αξιοπιστία στην παραγωγή και της συνολικής αποτελεσματικότητας. Σήμερα, στα περισσότερα εργοστάσια όλα επιτυγχάνονται βάσει της τεχνολογίας των υπολογιστών και των αυτοματοποιημένων μηχανημάτων (Bass EJ, 1998).

3.1.1 Η άλεση

Η άλεση του σίτου λόγω της σημαντικής του χρήσης που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, είναι αναγκαίο να προϋποθέτει τις υψηλότερες προδιαγραφές. Κύριος στόχος της αλέσεως είναι ο πλήρης διαχωρισμός του αλευρώδους ενδοσπερμίου από το πίτυρο (φλοιός) και το φύτρο (έμβρυο). Ο διαχωρισμός αυτός έχει ως σκοπό τη μετατροπή του αλευρώδους ενδοσπερμίου σε άλευρο, σιμιγδάλι και χοντράλευρα ή αλευροσιμιγδαλά.

Γενικά, η διαδικασία της αλέσεως οφείλεται στη δράση ενός συνόλου διαφόρων δυνάμεων, οι οποίες οδηγούν στις διαδικασίες της συμπίεσης, διάτμησης, σύνθλιψης, κοπής, τριβής και κρούσης. Ο απαιτούμενος χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός (κυλινδρόμυλοι, σφυρόμυλοι, μυλόπετρες) είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με το είδος των δυνάμεων αυτών. Η εφαρμογή των δυνάμεων φέρει τη διαίρεση των σπόρων σε έναν μικρότερο αριθμό σωματιδίων, τα οποία έχουν διαφορετικό μέγεθος, γεωμετρικό σχήμα, μάζα και όγκο. Η διαίρεση των σπόρων προκύπτει μόνο όταν οι δυνάμεις αυτές υπερβαίνουν τη μηχανική αντίσταση των σωματιδίων.

Η βιομηχανική άλεση του σίτου σε ένα μύλο, επιτυγχάνεται με την εφαρμογή ενός αριθμού τεχνολογικών φάσεων, οι οποίες ξεκινούν με το χονδρό άλεσμα των σπόρων και φτάνουν μέχρι τη ταξινόμηση του λεπτού αλεύρου σε κλάσματα διαφορετικών μεγεθών. Η πρώτη τεχνολογική φάση της μείωσης του μεγέθους των σπόρων αναφέρεται στον χονδροάλεση (gristing), η οποία κι αυτή με τη σειρά της αποτελείται από ένα αριθμό τεχνολογικών περασμάτων. Το τεχνολογικό αυτό πέραςμα αποτελείται από τη μηχανή αλέσεως (κυλινδρόμυλος), την μηχανή για το κοσκίνισμα και ταξινόμηση των κλασμάτων αλέσεως (plansifter-δονούμενα κόσκινα) και μια μηχανή για τη ρύθμιση των ημιτελικών προϊόντων (σιμιγδαλομηχανή ή παραγωγής πιτύρου (bran finisher). Τα ενδιάμεσα κλάσματα που λαμβάνονται σε ένα τεχνολογικό πέραςμα, αν υποστούν νέα άλεση θα οδηγήσουν στη λήψη αλεύρου υψηλής ποιότητας (λεπτή άλεση).

Γενικότερα, η επεξεργασία του σιταριού απαιτεί μια επιμήκη σε διάρκεια και σταδιακή μετατροπή σε αλεύρι. Η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται μετά από μια χρονολογικά δρομολογημένη σύνθλιψη του σίτου από το λεπτό προς λεπτότερο (από μηχανή σε μηχανή), των θρυμματισμένων σωματιδίων, τα οποία έχουν προκύψει μετά από κάθε στάδιο. Μετά από κάθε διεργασία αλέσεως (ελάττωση μεγέθους), ακολουθεί αμέσως η διεργασία της κοσκίνισης, διότι σε κάθε στάδιο όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, λαμβάνεται μια σημαντική ποσότητα ευρείας ποικιλίας τεμαχισμένων σωματιδίων. Πριν από τη διεργασία της αλέσεως είναι πολύ σημαντικό οι σπόροι να υποβάλλονται σε καθαρισμό και υγροθερμική επεξεργασία. Με αυτό το τρόπο εξασφαλίζεται η περιεκτικότητα της υγρασίας να είναι όμορφα κατανεμημένη στο σπόρο και βοηθά επίσης ώστε το ενδοσπέρμιο και το φλοιό να μαλακώσει, ώστε να επιτευχθεί καλύτερη διαδικασία διαχωρισμού (Heinis J., 2010).

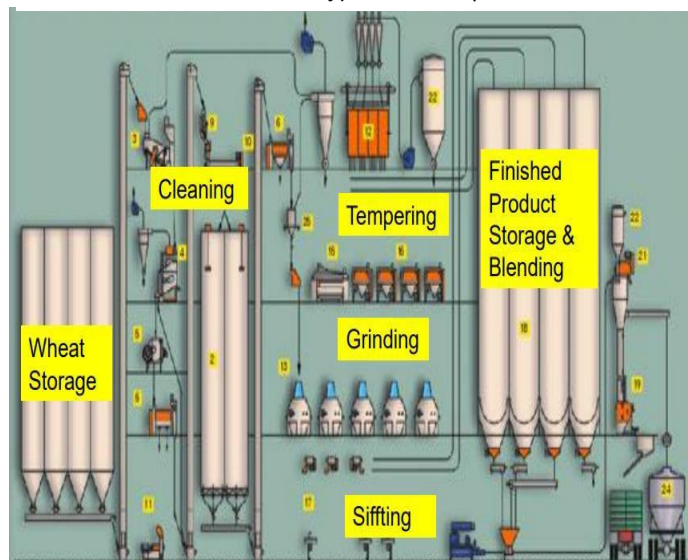
Το σύστημα της αλέσεως σίτου αποτελείται από μια σειρά πολύπλοκων διεργασιών ελαττώσεως του μεγέθους και διαχωρισμού των σωματιδίων. Αυτό ορίζει αυτόματα τη διαδικασία της αλέσεως ως μια 'τέχνη' για έναν έμπειρο μυλωνά. Παρόλα αυτά είναι

αναγκαίο ώστε να κατανοηθεί περισσότερο το σύστημα αλέσεως. Ιδιαίτερα από πλευράς φυσικών διεργασιών και προσδιορισμού των επιδράσεων των διαφόρων ποικιλιών σίτου που εισέρχονται στο σύστημα, ως προς την κατανομή του μεγέθους των σωματιδίων που προκύπτουν μετά από κάθε υποσύστημα μερικής αλέσεως και διαχωρισμού. Αυτό θα βοηθήσει την καλύτερη κατανόηση, σχεδίαση και λειτουργία μιας βιομηχανικής εγκατάστασης αλέσεως αλεύρου (Sarkar AK 2003).

3.2 Η άλεση του μαλακού σιταριού (*Triticum aestivum*)

Το σιτάρι είναι το πιο πολύτιμο από όλα τα δημητριακά και χρησιμοποιείται ευρέως σε όλα τα στάδια του, από ολόκληρα έως λεπτά αλεσμένα και κοσκινισμένα σωματίδια. Στο αρτοποιείο το αλεύρο από μαλακό σιτάρι είναι το πιο σημαντικό συστατικό, καθώς παρέχει τον όγκο και τη δομή στα περισσότερα προϊόντα αρτοποιίας, συμπεριλαμβανομένων των ψωμιών, κέικ, μπισκότων και διάφορων αρτοσκευασμάτων. Υπό βιομηχανική σκοπιά, ο κύριος σκοπός της αλέσεως είναι το αλεύρι να παράγεται με τη μέγιστη αποτελεσματικότητα και σύμφωνα με τις προδιαγραφές που έχουν θέσει οι αγοραστές και παράλληλα με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Η διαδικασία της αλέσεως του μαλακού σιταριού αρχίζει με την παραλαβή και αποθήκευση των κόκκων. Έπειτα, οι κόκκοι του σιταριού μεταφέρονται εσωτερικά με τη βοήθεια του συστήματος καθαρισμού και υγροθεμικής επεξεργασίας καταλήγοντας στο σύστημα της αλέσεως, διαχωρισμού και για περαιτέρω χειρισμό του αλεύρου.

Εικόνα 3.1. Διαδικασία αλέσεως μαλακού σιταριού.



ΠΗΓΗ: www.graincorp.com

3.2.1 Παραλαβή και αποθήκευση

Το σιτάρι μπορεί φτάσει στους μύλους με φορτηγά, με τρένα ή πλοία. Έπειτα το σιτάρι ζυγίζεται και ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα λαμβάνεται για ανάλυση πριν την αποθήκευση. Οι αναλύσεις του σιταριού συνήθως περιλαμβάνουν την περιεκτικότητα σε ξένες ύλες, τους σπασμένους κόκκους, δοκιμές βάρους, περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και υγρασία. Έπειτα η παρτίδα μεταφέρεται σε ειδικές κατασκευές αποθήκευσης (σιλό, αμπάρια κ.λπ.), όπου τα σιτάρια αποθηκεύονται συγκρίνοντας τη φυσική κατάσταση και το παρόμοιο δυναμικό τελικής χρήσης και έτσι διασφαλίζεται ότι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά διατηρούνται και μπορούν να χρησιμοποιηθούν με το καλύτερο δυνατό τρόπο.

Το σιτάρι πριν την αποθήκευση υπόκειται γενικότερα σε ένα είδους προκαθαρισμού. Αρχικά ένας μαγνήτης απομακρύνει τα μεταλλικά αντικείμενα (Εικόνα 3.2). Στην συνέχεια ένα καθαριστής κόκκων υψηλής δυναμικότητας αφαιρεί τη σκόνη και τα χαλίκια με τη χρήση περιστρεφόμενων ή κινούμενων κόσκινων. Αυτός ο σύντομος καθαρισμός συμβάλει στην προστασία του εξοπλισμού, καθιστώντας τη χρήση του χώρου αποθήκευσης πιο αποτελεσματική και βελτιώνει τη σταθερότητα του σιταριού κατά την αποθήκευση (Bass EJ, 1988).

Εικόνα 3.2. Μαγνήτης που περνάει από μέσα το σιτάρι απομακρύνοντας τα μεταλλικά και σιδηρούχα αντικείμενα.



ΠΗΓΗ: www.graincorp.com

3.2.2 Ανάμειξη

Ο κύριος στόχος της ανάμειξης του σιταριού είναι η σύνδεση της ποιότητας με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Με την ανάμειξη μπορεί να δημιουργηθούν ποιοτικά χαρακτηριστικά τα οποία λείπουν από τις επί μέρους παρτίδες σιταριού. Έχει υψίστη σημασία η σωστή ποιότητα για την ικανοποίηση των πελατών και τη διατήρηση του μεριδίου αγοράς. Αναμειγνύοντας παρτίδες σιταριού χαμηλής ποιότητας με εκείνες τις ποικιλίες υψηλής ποιότητας, μπορεί να επιτευχθεί συνδυασμός επιθυμητής ποιότητας με μειωμένο κόστος.

Η ανάμειξη ιδανικά, εφαρμόζεται μετά τον καθαρισμό και το κοντισιονάρισμα. Διαφορετικές παρτίδες σιταριού, μπορεί να έχουν διαφορετικό μέγεθος κόκκων και ο καθαρισμός να είναι πιο αποτελεσματικός όταν γίνεται ξεχωριστά. Οι ποικιλίες σίτου επίσης με διαφορετική σκληρότητα, παρουσιάζουν διαφορετικές βέλτιστες περιεκτικότητες υγρασίας αλέσεως και χρόνους κοντισιοναρίσματος. Η ευκολία, το κόστος και η αποθήκευση, συχνά απαιτούν την ανάμειξη πριν από τον καθαρισμό και το κοντισιονάρισμα (Sarkar AK, 1993).

3.2.3 Καθαρισμός

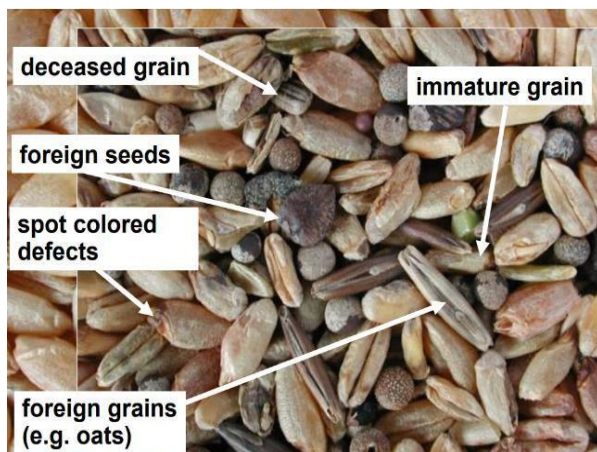
Ο αποτελεσματικός καθαρισμός του σίτου είναι ένα κρίσιμο στάδιο κατά τη διαδικασία της αλέσεως. Ξένα αντικείμενα όπως πέτρες, μεταλλικά αντικείμενα, σπασμένοι κόκκοι, διάφορες ξένες ύλες, επηρεάζουν δυσμενώς τη ποιότητα του αλεύρου και είναι επικίνδυνα για τον βιομηχανικό εξοπλισμό (Εικόνα 3.3). Τα περισσότερα ξένα αντικείμενα διαχωρίζονται αρκετά εύκολα από το σιτάρι με βάση το μέγεθος, το σχήμα, την πυκνότητα και την εμφάνιση.

Το πρώτο στάδιο του καθαρισμού αποτελείται από τον μαγνητικό διαχωριστή, μια συστοιχία μαγνητών που απομακρύνει τα μεταλλικά αντικείμενα. Έπειτα, το σιτάρι καθαρίζεται από τις υπόλοιπες ξένες ύλες με το πέρασμα του από κόσκινα και από συσκευές στις οποίες διέρχεται ρεύμα αέρος (Εικόνα 3.4). Στην είσοδο του πρώτου κόσκινου το ρεύμα

αέρος εισέρχεται προς τα πάνω για να απομακρυνθούν τα αντικείμενα με χαμηλό βάρος όπως τα άχυρα, η σκόνη και οι κόκκοι που έχουν προσβληθεί από έντομα. Διερχόμενο το σιτάρι από τις οπές, πέφτει σε άλλο κόσκινο που έχει οπές μικρότερες από τους κόκκους. Με το κόσκινο αυτό, οι κόκκοι του σίτου συγκρατούνται και αφήνονται να περάσουν οι μικρότεροι κόκκοι, όπως το χώμα κ.λπ. Μετά το δεύτερο κόσκινο περνά το σιτάρι περνά πάλι από ρεύμα αέρος για να παρασυρθούν όσα ελαφριά αντικείμενα παρέμειναν.

Στο τελευταίο στάδιο του καθαρισμού, οι τελευταίες ξένες ύλες, περνάνε από δονούμενη επιφάνεια που έχει ελαφριά κλίση και ονομάζεται «τράπεζα». Με τη κατάλληλη ρύθμιση της κλίσης και της δόνησης της επιφάνειας αυτής, τα αντικείμενα που έχουν μικρότερο ειδικό βάρος αναπηδούν έντονα και βγαίνουν στο επάνω άκρο. Αυτά στη συνέχεια καταλήγουν σε ειδικές θήκες κατά σχήμα και μέγεθος των κόκκων του σίτου που ονομάζονται κοκκοδιαλογείς (ή τριέρια). Οι θήκες αυτές περιστρέφονται και αδειάζουν τους κόκκους σε κοχλία μεταφοράς απαλλάσσοντας τους από τις ίδιου μεγέθους ξένες ύλες.

Εικόνα 3.3. Δείγμα σιταριού προερχόμενο απευθείας από τον αγρό.



ΠΗΓΗ: www.graincorp.com

Εικόνα 3.4. Διαχωριστήρας κόκκων.



ΠΗΓΗ: www.graincorp.com

3.2.4 Κοντισιονάρισμα

Μετά τον καθαρισμό, το σιτάρι υπόκειται σε κοντισιονάρισμα, δηλαδή σε προσθήκη (διαβροχή) νερού των κόκκων σε καθορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας και χρόνου (ανάπαυση). Στόχος αυτής της διαδικασίας είναι να κατανεμηθεί ομοιόμορφα η υγρασία στον κόκκο του σίτου και να υπάρξει υψηλότερη απόδοση των κόκκων σε άλευρο. Αυτό θα προκύψει λόγω της υγρασίας που θα έχει αποκτήσει ο κόκκος και θα μαλακώσει το πίτυρο με αποτέλεσμα τον ευκολότερο διαχωρισμό του τελευταίου από το ενδοσπέρμιο. Ακόμη, ο φλοιός θα αποκτήσει ευθρυπτότητα και ελαστικότητα καταναλώνοντας λιγότερη ενέργεια κατά την διαδικασία της αλέσεως. Επίσης ο συνδυασμός της θερμοκρασίας, του χρόνου και της υγρασίας, έχει ευνοϊκή επίδραση στις αρτοποιητικές ιδιότητες του παραγόμενου αλεύρου, βελτιώνοντας της ποιότητα της γλουτένης

Το κοντισιονάρισμα αποτελεί ένα κρίσιμο σημείο στη διαδικασία της αλέσεως και παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές στη διεργασία ανάλογα τον τύπο του σιταριού. Η ποσότητα του νερού που θα προστεθεί εξαρτάται από την αρχική υγρασία του σίτου και

υπολογίζεται έτσι ώστε η τελική υγρασία να αποκτήσει τιμές 15% έως 18,5%, ανάλογα με τη σκληρότητα του σίτου. Στους Ευρωπαϊκούς μύλους, η υγρασία η οποία απαιτείται για τα μαλακά σιτάρια, όπως το *Triticum aestivum*, είναι σε ποσοστά 14-16% και ο χρόνος που απαιτείται για τον εμποτισμό της υγρασίας είναι περίπου 8-10 ώρες (Bass EJ, 1988). Διαφορετικές τιμές λαμβάνει το σκληρό σιτάρι *Triticum durum*, όπου θα γίνει περιγραφή της αλέσεως παρακάτω.

3.2.4.1 Ψυχρό κοντισιονάρισμα

Το κοντισιονάρισμα διακρίνεται σε ψυχρό και θερμό κοντισιονάρισμα, με βάση τη θερμοκρασία διεργασίας. Στο ψυχρό κοντισιονάρισμα, η ρύθμιση της υγρασίας στον κόκκο γίνεται με απουσία θερμότητας. Σύμφωνα με τη ρύθμιση αυτή, γίνεται διαβροχή του σιταριού με νερό και μεταφέρεται με ειδικούς κοχλίες μέσα σε κυψέλες έως ότου η υγρασία να απορροφηθεί και κατανεμηθεί ομοιόμορφα μέσα στους κόκκους. Ο χρόνος παραμονής για το μαλακό σιτάρι είναι έως 12 ώρες σε θερμοκρασία 20-25°C. Η μεγάλη παραμονή στις κυψέλες μπορεί να ενεργοποιήσει το φύτρο και να παραχθούν ένζυμα, η δραστηριότητα των οποίων είναι δύσκολο να ελεγχθεί. Η ποσότητα του νερού που απαιτείται να αποκτήσει το μαλακό σιτάρι ρυθμίζεται με τον αριθμό των ψεκαστήρων και τη παροχή. Το μέγιστο ποσοστό που μπορεί να απορροφηθεί με το ψυχρό κοντισιονάρισμα είναι 3%. Όταν απαιτείται μεγαλύτερη αύξηση από 3% αύξηση της υγρασίας του σίτου, θα πρέπει να γίνεται και δεύτερη διαβροχή, αφήνοντας το σιτάρι κάθε φορά σε ανάπαυση για να απορροφηθεί το προστιθέμενο νερό (Δημιζά Κ., 2006).

3.2.4.2 Θερμό κοντισιονάρισμα

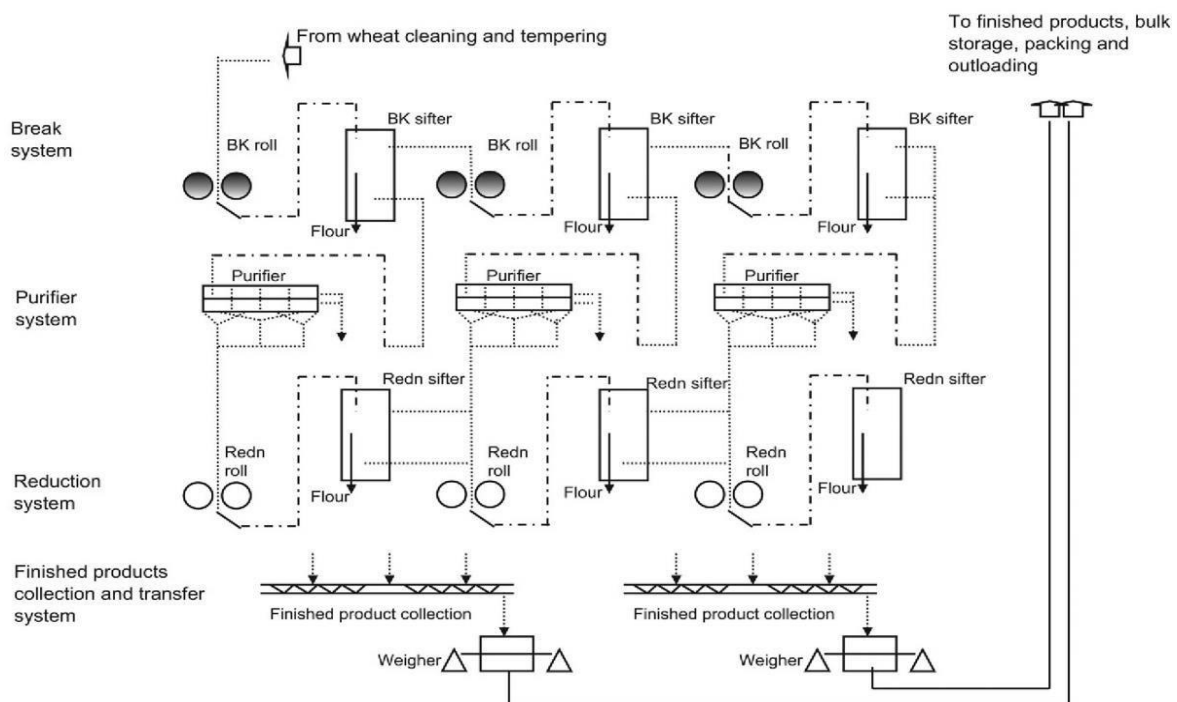
Το θερμό κοντισιονάρισμα επιφέρει ρύθμιση της υγρασίας στο κόκκο του σίτου και απενεργοποίηση των πρωτεασών, με τη χρήση της θερμότητας. Ο εξοπλισμός στο θερμό κοντισιονάρισμα είναι πιο εξειδικευμένος απ' ό τι στο ψυχρό. Κατά τη ρύθμιση αυτή η διαβροχή των κόκκων σίτου γίνεται πρώτα με νερό και εν συνεχή με ατμό. Καθώς το σιτάρι μεταφέρεται με κοχλιομεταφορέα προς στο κοντίσιονερ (κυλινδρόμυλος συνεχούς λειτουργίας), διαβρέχεται και ατμίζεται από το νερό και τον ατμό αντίστοιχα. Το κοντίσιονερ στο επάνω μέρος του αποτελείται από κυψέλες με θερμαντικά σώματα. Το σιτάρι αφού έχει υποστεί διαβροχή και άτμιση, οδηγείται προς τις κυψέλες αυτές και έρχεται σε επαφή με τα θερμαντικά σώματα επιτυγχάνοντας έτσι τη σταθεροποίηση και τη διατήρηση της καθορισμένης θερμοκρασία. Το σιτάρι βγαίνοντας από τις κυψέλες, ψύχεται αμέσως σε άλλες κυψέλες που βρίσκονται από κάτω και είναι κατασκευασμένες έτσι ώστε το σιτάρι να έρχεται σε επαφή με ρεύματα ψυχρού αέρα. Μετά την ψύξη το σιτάρι οδηγείται σε κυψέλες ανάπαυσης όπου παραμένει επί 2 ώρες μέχρι τη παραλαβή του προς την άλεση. Το ιδανικότερο κατά το θερμό κοντισιονάρισμα είναι να απενεργοποιηθούν οι πρωτεάσες χωρίς όμως τη μετουσίωση των πρωτεϊνών της γλουτένης.

Η μέθοδος και αυτή ποικίλλει ανάλογα τον τύπο του σιταριού, τη δομή και την ποιότητα της γλουτένης. Στο μαλακό σιτάρι το ποσοστό της υγρασίας που μπορεί να αποκτήσει με τη ρύθμιση αυτή είναι έως 16%, ενώ η τιμή της θερμοκρασίας η οποία θερμαίνει τον κόκκο είναι έως 60°C. Ο χρόνος παραμονής του μαλακού σιταριού μέσα στο κοντίσιονερ είναι 45-60min. Γενικά, οι συνθήκες θερμοκρασία – χρόνος είναι πολύ σημαντικές για την αρτοποιητική ποιότητα του σιταριού που ρυθμίζεται και την επιθυμητή ποιότητα του τελικού προϊόντος. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία, τόσο μικρότερος πρέπει να είναι και ο χρόνος της διεργασίας, διότι υπάρχει κίνδυνος να μετουσιωθεί η πρωτεΐνη της γλουτένης και να επέλθουν σημαντικές φυσικοχημικές αλλαγές (Δημιζά Κ, 2006).

Γενικότερα, στο θερμό κοντισιονάρισμα οι παράγοντες θερμοκρασία, χρόνος, υγρασία θα πρέπει να βρίσκονται σε μια ισορροπία και οποιαδήποτε αλλαγή στον έναν πρέπει να γίνεται ανάλογη και στους άλλους. Συνοψίζοντας την επίδραση του κοντισιοναρίσματος επί της γλουτένης, μια μαλακιά γλουτένη με μειωμένη συνοχή και ελαστικότητα, αυξάνοντας τις συνθήκες επεξεργασίας γίνεται πιο ελαστική και συνεκτική και η ποσότητα της βρίσκεται μικρότερη κατά το σύνηθες. Ακόμη αν οι συνθήκες αυξηθούν περισσότερο, η γλουτένη γίνεται πολύ σκληρή, χάνοντας τη συνοχή και της ελαστικότητας της και η ποσότητα της μειώνεται πάρα πολύ κάνοντας το άλευρο ακατάλληλο για αρτοποιήση. Τέλος με την αύξηση των συνθηκών επηρεάζεται και η ενζυμική δραστηριότητα που μειώνεται συνεχώς έως ότου μηδενιστεί. Γι' αυτό το λόγο οι συνθήκες της ρύθμισης πρέπει να είναι κατάλληλες, έτσι ώστε οι ιδιότητες της γλουτένης και τα ένζυμα να επηρεάζονται ευνοϊκά .

3.2.5 Άλεση

Σχήμα 3.2. Διάγραμμα αλέσεως μαλακού σιταριού.



Το σιτάρι μετά τις διαδικασίες του καθαρισμού και του κοντισιοναρίσματος (υγροθερμική επεξεργασία), είναι έτοιμο να υποβληθεί στη διαδικασία της αλέσεως. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει πολύπλοκους τύπους, αριθμούς και συνδυασμούς διεργασιών. Οι διεργασίες αυτές κατατάσσονται γενικά σε τρία συστήματα: στο σύστημα θραύσεως, στο σύστημα ταξινόμησης κατά μέγεθος και κατά σύνθεση (purifying) και στο σύστημα μειώσεως μεγέθους των κόκκων (Σχήμα 3.2).

3.2.5.1 Σύστημα σπασιμάτων

Κατά κύριο λόγο, το σύστημα σπασμάτων στοχεύει στο διαχωρισμό του εσωτερικού ενδοσπερμίου από τον υπόλοιπο κόκκο. Ο διαχωρισμός αυτός πραγματοποιείται με τη βοήθεια αυλακωτών κυλίνδρων οι οποίοι ονομάζονται σπασίματα (Εικόνα 3.5). Οι τελευταίοι, λειτουργούν σε ζεύγη και για τον αποτελεσματικότερο διαχωρισμό περιστρέφονται σε αντίθετες κατευθύνσεις και σε διαφορετικές ταχύτητες (διαφορά ταχύτητας συνήθως 1:2). Η διαδικασία περιλαμβάνει διαδοχικά βήματα αλέσεως, στα οποία οι αυλακώσεις των κυλίνδρων μειώνονται σταδιακά και η απόσταση μεταξύ των κυλίνδρων γίνεται σταδιακά μικρότερη. Κάθε σύστημα θραύσεως αποτελείται συνήθως από 4-5 ζεύγη κυλίνδρων. Κάτω από κάθε ζεύγος κυλίνδρων είναι τοποθετημένο ένα σετ οριζοντίων κοσκίνων (plansifters), έτσι ώστε το αλεσμένο προϊόν να συγκεντρώνεται ανάλογα το μέγεθος. Τα τελικά προϊόντα των σταδίων του συστήματος των σπασμάτων που παράγονται είναι ένα μείγμα χονδρού, μεσαίου και λεπτού κλάσματος. Επίσης παράγεται και μια ορισμένη ποσότητα αλεύρου με διάμετρο μικρότερη από 125 μm (Delcour and Hosney, 2010).

Εικόνα 3.5. Εξοπλισμός συστήματος σπασμάτων.



ΠΗΓΗ: www.buhlergroup.com

3.2.5.2 Σύστημα ταξινόμησης κατά μέγεθος και σύνθεση

Μετά από κάθε διεργασία σπασίματος στους αντίστοιχους κυλίνδρους, το μερικό άλεσμα πρέπει να αποστέλλεται για ταξινόμηση κατά μέγεθος, ώστε να επιτευχθεί η διαίρεση του κάθε αλέσματος σε χονδρά και λεπτά αλέσματα και σε άλευρο. Η διαδικασία αυτή επιτελείται σε ειδικά μηχανήματα με πολλαπλά τελάρα κοσκίνισης (plansifters), όπου οι αλεσμένοι κόκκοι περνούν από το κόσκινο ώστε να διαχωρισθεί το λεπτό άλεσμα. Μετά από κάθε διαδικασία χονδρής ή λεπτής αλέσεως, η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται έως ότου επιτευχθεί το επιθυμητό μέγεθος των σωματιδίων. Σωματίδια με μεγαλύτερο μέγεθος από το άλευρο, επιστρέφουν πάλι πίσω στους κυλίνδρους μέχρις ότου να διασπαστούν σε άλευρο.

Εικόνα 3.6. Plansifter.



ΠΗΓΗ: www.buhlergroup.com

Την ταξινόμηση κατά μέγεθος ακολουθεί η ταξινόμηση κατά σύνθεση που έχει ως στόχο την απομάκρυνση των σωματιδίων του πιτύρου και του ακάθαρτου ενδοσπερμίου από το εντελώς καθαρό ενδοσπέρμιο. Η διαδικασία αυτή προηγείται του συστήματος ελαττώσεως του μεγέθους με σκοπό την παραγωγή αλεύρων υψηλής ποιότητας και χαμηλής περιεκτικότητας σε τέφρα. Η διαφορά στις οριακές ταχύτητες μεταξύ των σωματιδίων, αποτελούν τη φυσική αρχή της διαδικασίας αυτής, όπου ο διαχωρισμός των σωματιδίων προκαλείται με εμφύσηση ρεύματος αέρα έτσι να ώστε να προκληθεί διαστρωμάτωση των σωματιδίων ανάλογα το μέγεθος και τη σύνθεση. Η ταξινόμηση κατά σύνθεση γίνεται με τη βοήθεια καθαριστήρων (σιμιγδαλίστρες) (Εικόνα 3.7), αποτελούμενοι από κόσκινα ταλάντωσης, τα οποία χωρίζονται σε τέσσερα τμήματα και έχουν κλίση από την είσοδο έως το τελευταίο σημείο συλλογής. Το άλεσμα

Εικόνα 3.7. Purifier (καθαριστήρας).

εισέρχεται από την είσοδο και καλύπτει ομοιόμορφα το κόσκινο λόγω ταλαντώσεως και ορισμένης κλίσης. Ύστερα, αυξημένα ανοδικά ρεύματα αέρα μέσω των ειδικών βαλβίδων του κόσκινου, ενεργούν πάνω στα διάφορα τμήματα του εισερχόμενου μείγματος. Το άλεσμα πρέπει να βρίσκεται σε συνεχή ανακίνηση έτσι ώστε να επιτραπεί ο πλήρης διαχωρισμός του υλικού, μέσω του συστήματος κοσκίνων των οποίων το ύφασμα τους είναι πιο χονδρό στην είσοδο και λεπτότερο στο σημείο συλλογής (ουρά). Οι έξοδοι των καθαριστήρων οδηγούν το μείγμα στους κυλίνδρους μείωσης εκτός και αν



ΠΗΓΗ: www.buhlergroup.com

απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία.

Ειδικότερα, ο διαχωρισμός του εισερχόμενου υλικού γίνεται βασιζόμενο σε δύο βασικές αρχές. Ο πρώτος αναφέρεται στο διαχωρισμό σωματιδίων με διαφορετικό μέγεθος αλλά ίδια πυκνότητα, όπου τα μικρότερα σωματίδια θα στρωματοποιηθούν κάτω σε σχέση με τα μεγαλύτερα. Ο δεύτερος αναφέρεται στο διαχωρισμό σωματιδίων με παρόμοιο μέγεθος αλλά διαφορετική πυκνότητα όπου τα βαρύτερα θα στρωματοποιηθούν κάτω σε σχέση με τα ελαφρύτερα. Αποτέλεσμα αυτών των δύο βασικών αρχών είναι στον καθαριστήρα (purifier), κάτω-κάτω να βρίσκονται τα μικρά σωματίδια καθαρού ενδοσπερμίου, από πάνω τα μεγαλύτερα σωματίδια καθαρού ενδοσπερμίου, ύστερα τα μικρότερα σωματίδια που περιέχουν πίτυρο, τα μεγαλύτερα σωματίδια που περιέχουν πίτυρο, στη συνέχεια τα μικρότερα σωματίδια πιτύρου και πάνω πάνω τα μεγαλύτερα σωματίδια πιτύρου.

3.2.5.3 Σύστημα μείωσης (Σύστημα λείων κυλίνδρων)

Το σύστημα μείωσης στοχεύει στη μείωση και την άλεση του ενδοσπερμίου σε λεπτότερα σωματίδια τα οποία αποτελούν το άλευρο. Αποτελείται από 8 έως 12 στάδια λειάνσεως και χρησιμοποιούνται λείοι κύλινδροι σε ζευγάρια. Η λείανση με τη λεία επιφάνεια των κυλίνδρων επιτρέπει την μείωση των εύθρυπτου ενδοσπερμίου και ταυτόχρονα

αφήνει άθικτα κομμάτια πιτύρου έτσι ώστε να μπορούν να διαχωριστούν στο κόσκινο. Οι συγκεκριμένοι κύλινδροι περιστρέφονται με πολύ μικρή διαφορά ταχύτητας 1:1,25. Μετά από κάθε στάδιο, το αλεύρι αφαιρείται κατά το κοσκίνισμα. Το μεγαλύτερο μέρος του αλεύρου στο μύλο παράγεται στα στάδια μειώσεως. Γενικότερα η διαδικασία της αλέσεως επαναλαμβάνεται έως ότου να αποδοθεί άλευρο που να αντιστοιχεί σε ποσοστό 75% του σίτου (Owens GA, 2001).

3.3 Η άλεση του σκληρού σίτου (*Triticum durum*)

Η προσέγγιση με την οποία πραγματοποιείται η άλεση του σκληρού σίτου είναι πολύ διαφορετική από εκείνη του μαλακού σίτου. Ενώ στο μαλακό σιτάρι στόχος της αλέσεως είναι να παραχθεί όσο το δυνατόν περισσότερη ποσότητα λευκού αλεύρου, ο σκοπός της αλέσεως του σκληρού σίτου είναι να παραχθεί η μέγιστη ποσότητα χρυσοκίτρινου σιμιγδαλιού χωρίς ξένες ύλες και στίγματα φύτρου ή πιτύρου. Το παραγόμενο σιμιγδάλι είναι πολύ σημαντικό για την παραγωγή ζυμαρικών.

Τα χαρακτηριστικά του κόκκου του σκληρού σίτου είναι επίσης διαφορετικά από εκείνα του μαλακού σίτου, γι' αυτό και απαιτούνται διαφορετικές διεργασίες κατά τη διαδικασία της αλέσεως. Όπως ήδη έχει αναφερθεί οι κόκκοι του σκληρού σίτου είναι πιο σκληροί και το ενδοσπέρμιο είναι επίσης εξαιρετικά σκληρό και κίτρινο. Γι' αυτό και ο σκληρός σίτος είναι κατάλληλος για την παραγωγή του σιμιγδαλιού. Τα επιθυμητά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει το σιμιγδάλι είναι φωτεινή και χρυσοκίτρινη εμφάνιση, ελεύθερο από ξένες ύλες, και μια υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα μια ελαστική γλουτένη, εξασφαλίζοντας έτσι στα παραγόμενα ζυμαρικά τη καλύτερη δυνατή ποιότητα (Kent and Evers 1994).

Η διαδικασία της αλέσεως του σκληρού σιταριού περιλαμβάνει την παραλαβή και αποθήκευση των κόκκων. Έπειτα, οι κόκκοι του σιταριού υπόκεινται σε καθαρισμό και κοντισιονάρισμα ώστε να απομακρυνθούν οι ξένες ύλες και να αποκτηθεί η απαιτούμενη υγρασία στον κόκκο. Ύστερα το σιτάρι υπόκειται άλεση και τυχόν ανάμιξη ώστε να αποδοθεί το επιθυμητό τελικό προϊόν του σιμιγδαλιού.

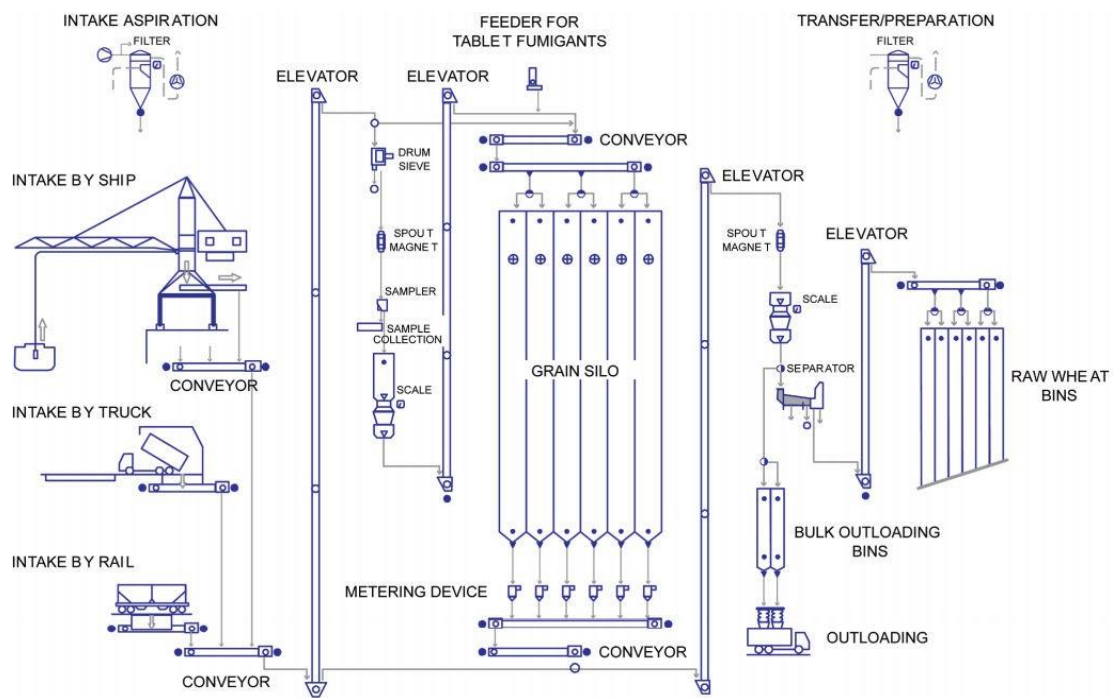
3.3.1 Παραλαβή και αποθήκευση

Το σιτάρι παραλαμβάνεται μέσω του σιδηροδρομικού δικτύου με τρένα, μέσω πλοίου ή με φορτηγά, ανάλογα με τη θέση του μύλου και τα διαθέσιμα συστήματα παραλαβής (Σχήμα 3.3). Όποιος κι αν είναι ο τρόπος λήψης, ο σχεδιασμός του συστήματος εισαγωγής συνεπάγει υψηλή ταχύτητα φόρτωσης. Ο σχεδιασμός του συστήματος παραλαβής πρέπει να λαμβάνει υπόψη την απόδοση, τη ζύγιση, τη δειγματοληψία, τον προκαθαρισμό, την αποθήκευση και την προστασία της ποιότητας του σίτου κατά την αποθήκευση. Το σιτάρι που λαμβάνεται στο μύλο ελέγχεται για το βάρος και την ποιότητα του πριν κατευθυνθεί σε κατάλληλες κατασκευές αποθήκευσης (αμπάρια , σιλό κ.α.). Αυτός ο έλεγχος γίνεται για να

διασφαλιστεί ότι το σιτάρι που έχει ληφθεί προϋποθέτει τα προβλεπόμενα κριτήρια ποσότητας και ποιότητας.

Επίσης πριν την αποθήκευση του , το σιτάρι πρέπει να υποστεί ένα είδους προκαθαρισμού. Σύμφωνα με αυτό ο κόκκος περνά μέσα από μια μεταλλική επιφάνεια (σχάρα) σε μια χοάνη που είναι αρκετά μεγάλη για να χωρέσει σημαντική ποσότητα σιτηρών. Η μεταλλική αυτή σχάρα αποτρέπει οποιαδήποτε μεγάλα αντικείμενα να εισαχθούν στο επόμενο βήμα επεξεργασίας του προκαθαρισμού, Το σκληρό σιτάρι ύστερα διέρχεται μέσα από ένα σύστημα ταλαντώμενων κοσκίνων για την απομάκρυνση ξένων υλών όπως άχυρα, ξένες ύλες κ.λπ. Έπειτα οδηγείται σε σωλήνες μαγνητών που είναι συνδεδεμένοι με μια αυτόματη συσκευή δειγματοληψίας και οδηγεί μέρος των κόκκων που ρέουν στη γραμμή σε ειδικές θέσεις δείγματος για περαιτέρω εκτίμηση. Στη συνέχεια το σιτάρι ζυγίζεται σε αυτόματη ζυγαριά. Επιπλέον, περνάει από έναν διαχωριστήρα κόκκων ώστε να αφαιρεθούν τυχόν προσμίξεις που δεν σχετίζονται με το σιτάρι (ξένες ύλες, σκόνη κ.λπ.), προτού αποθηκευτεί στους ειδικούς χώρους αποθήκευσης (Posner and Hibbs 2005).

Σχήμα 3.3. Σχηματική εγκατάσταση και διαδικασία εισαγωγής του σκληρού σίτου.



ΠΗΓΗ: Wolfgang Grumber

3.3.2 Καθαρισμός

3.3.2.1 1^{ος} Καθαρισμός

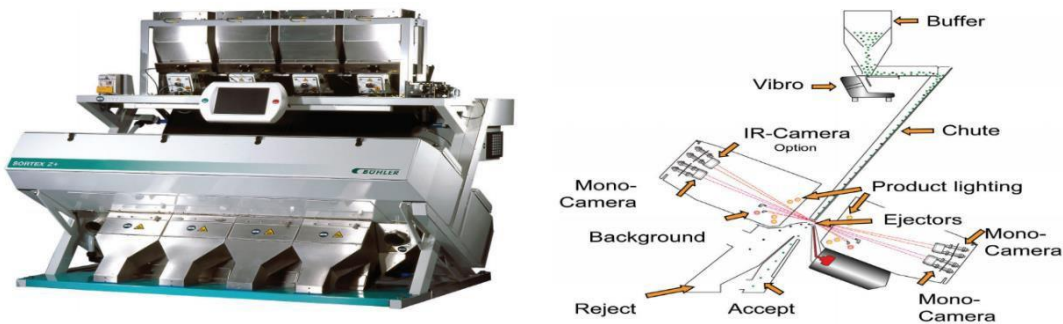
Η απομάκρυνση των ακαθαρσιών όπως πέτρες, λάσπη και σκούροι σπόροι (π.χ. άγριο σιτάρι), που προκαλούν μαύρα στίγματα και πρέπει να απομακρύνονται καθώς είναι ιδιαίτερα σημαντικά στον καθαρισμό του σκληρού σίτου που η ανοχή για αυτά είναι πολύ χαμηλή. Οι ξένες ύλες που είναι εξωγενείς υλικά είναι πιο εύκολο να απομακρυνθούν σε

σχέση με τον τυχόν δυσχρωματισμό που βρίσκεται επί του κόκκου και ο διαχωρισμός καθίσταται αρκετά δύσκολος.

Το σιμιγδάλι αποτελεί το τελικό προϊόν του σκληρού σίτου και έχει μέση κοκκοποίηση περίπου 250-300μm και συνεπώς είναι ένα χονδροειδές προϊόν σε σύγκριση με το λευκό αλεύρο, το οποίο έχει μέση κοκκοποίηση περίπου 80-100μm. Αποτέλεσμα είναι τα μαύρα στίγματα εάν υπάρχουν στο τελικό προϊόν να είναι επίσης μεγάλα και εύκολα ανιχνεύσιμα στο σιμιγδάλι και στα ζυμαρικά.

Τα τελευταία χρόνια για να επιτευχθεί ο 1^{ος} καθαρισμός του σκληρού σίτου, χρησιμοποιούνται στις γραμμές επεξεργασίας οι διαχωριστές χρωμάτων. Εκτός από την αποτελεσματική απομάκρυνση των ξένων υλών που φέρουν μαύρα στίγματα στο τελικό προϊόν, υπάρχει και λιγότερη απώλεια στους κόκκους. Για παράδειγμα με τη παροχή ρεύματος αέρα για την απομάκρυνση ακαθαρσιών απομακρύνονταν και τυχόν σπασμένοι κόκκοι σίτου, κάτι το οποίο αποφεύγεται με τους διαχωριστές χρωμάτων (Εικόνα 3.8), αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο την απόδοση σε τελικό προϊόν. Αν και αυτά τα μηχανήματα χρησιμοποιήθηκαν αρχικά για την επεξεργασία του ρυζιού, έχουν βελτιώσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα του καθαρισμού του σκληρού σίτου (Posner and Hibbs 2005).

Εικόνα 3.8. Διαχωριστής χρωμάτων κόκκου σκληρού σίτου (αριστερά) και εσωτερική αναπαράσταση μηχανής (δεξιά).



ΠΗΓΗ: www.buhlergroup.com

3.3.2.2 Κοντισιονάρισμα

Το κοντισιονάρισμα περιγράφει τη διαδικασία προσθήκης νερού στους κόκκους ώστε να εξασφαλιστεί η βέλτιστη προετοιμασία του κόκκου πριν τη διαδικασία της αλέσεως. Η προσθήκη νερού ακολουθείται από καθορισμένο χρόνο ανάπαυσης (time tempering), διασφαλίζοντας έτσι τη διείδυση του νερού στα στρώματα του πιτύρου και των γειτονικών τμημάτων μεταξύ του πιτύρου και του ενδοσπερμίου. Λόγω της διαφοράς της σκληρότητας μεταξύ του σκληρού και του μαλακού σίτου, ο χρόνος κοντισιοναρίσματος είναι μικρότερος στο σκληρό σιτάρι μεταξύ 4-8 ωρών. Αυτό οφείλεται στο ότι αυξάνοντας τον χρόνο της διεργασίας το ενδοσπέρμιο μαλακώνει αρκετά με αποτέλεσμα να οδηγήσει στην παραγωγή περισσότερων λεπτών σωματιδίων και αλεύρου. Στην περίπτωση του σκληρού σίτου αυτό είναι κάτι ανεπιθύμητο καθώς για την παραγωγή μεγαλύτερης ποσότητας σιμιγδαλιού το ενδοσπέρμιο πρέπει να διατηρείται επαρκώς σκληρό. Μεγαλύτεροι χρόνοι έχουν αρνητικό αντίκτυπο και στο χρώμα του ενδοσπερμίου, το οποίο στο σκληρό σίτο θα γίνει λευκότερο και επομένως θα επηρεάσει δυσμενώς και τα παραγόμενα από αυτό ζυμαρικά (Sarkar AK, 2003).

Συνήθως κατά την άλεση ο σκληρός σίτος έχει περιεκτικότητα υγρασίας περίπου 17%. Ωστόσο η υγρασία του σιμιγδαλιού κυμαίνεται γύρω στο 14-15% (λόγω νομοθεσίας), και θα εξαρτηθεί από τη διαδικασία αλέσεως και της σχετικής υγρασίας. Εάν η αρχική υγρασία του σκληρού σίτου είναι αρκετή χαμηλή τότε είναι απαραίτητη η προ-υγρασία ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό περιεχόμενο υγρασίας για επεξεργασία. Επίσης λεπτός ψεκάσμος νερού περίπου 1 ώρα πριν την άλεση προσθέτοντας 0,5-1,0% υγρασία, έχει ευεργετική επίδραση.

3.3.2.3 2^{ος} Καθαρισμός

Μετά το κοντισιονάρισμα και πριν την άλεση, η επεξεργασία της επιφάνειας του σίτου παίζει σημαντικό ρόλο στην ελαχιστοποίηση ξένου περιεχομένου στο σιμιγδάλι. Η επεξεργασία αυτή έχει ως σκοπό την αποφλοιώση του σίτου και αναφέρεται ως προεπεξεργασία ή στίλβωση (preprocessing or pearling). Η επεξεργασία αυτή επιτρέπει την αφαίρεση έως και 10% του πιτύρου από τον κόκκο του σίτου (Dexter and Wood 1996).

Κατά την επεξεργασία αυτή **Εικόνα 3.9.** Pearling μηχανήμα σε κλειστή (δεξιά) και ανοικτή (αριστερά) θέση.

το σκληρό σιτάρι διέρχεται διαδοχικά μέσω τροποποιημένων στίλβωτηρίων ρυζιού με αποτέλεσμα να απομακρύνονται οι στιβάδες του πιτύρου του σίτου. Προτού δε, είναι απαραίτητο ένα σύντομο κοντισιονάρισμα 3-5min ώστε να διασφαλιστεί ότι το νερό θα διεισδύσει μόνο στις εξωτερικές στιβάδες του φλοιού των κόκκων. Ο



ΠΗΓΗ: www.buhlergroup.com

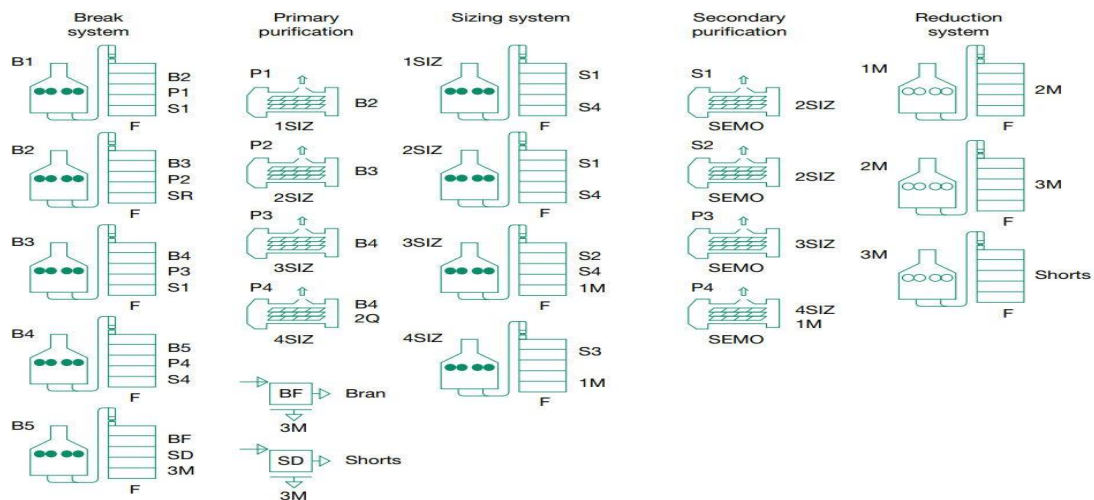
εξοπλισμός αποφλοιώσεως του σκληρού σίτου έχει κάθετη διαμόρφωση σε σχέση με την χρησιμοποιούμενη οριζόντια διαμόρφωση του στίλβωτηρίων ρυζιού (Εικόνα 3.9). Εκεί καθώς οι κόκκοι διέρχονται δια μέσου της μηχανής στα περάσματα τριβής, τρίβονται μεταξύ τους λόγω της περιστροφικής κίνησης ενός άξονα. Στον άξονα αυτό εισάγεται αέρας μέσω των οπών βοηθώντας στην απομάκρυνση των υποπροϊόντων τριβής μέσω ενός εξωτερικού κοσκίνου.

Η αποφλοιώση του σκληρού σίτου γενικά αυξάνει σημαντικά την απόδοση του τελικού προϊόντος και συμβάλει στη δημιουργία υποπροϊόντων με μοναδικές διατροφικές και λειτουργικές ιδιότητες. Επίσης, απομακρύνει αποτελεσματικά τις υπεροξειδάσες που βρίσκονται συγκεντρωμένες στα εξωτερικά στρώματα του σίτου, αποφεύγοντας έτσι την ενζυμική αμαύρωση των ζυμαρικών με τις οποίες έχει συσχετισθεί (Fraignier et al. 2000; Kruger 1994).

3.3.3 Άλεση

Ο στόχος της αλέσεως του σκληρού σίτου διαφέρει από εκείνον του μαλακού σίτου ως προς το επιθυμητό τελικό προϊόν που είναι το σμιγδάλι (κοκκώδες προϊόν) με ελάχιστη ποσότητα αλεύρου. Σε αυτήν την επεξεργασία το άλευρο αποτελεί παραπροϊόν. Ο τρόπος λειτουργίας επίσης των συστημάτων που χρησιμοποιούνται για την άλεση του σκληρού σίτου (σύστημα θραύσεως, ταξινόμηση κατά μέγεθος και σύνθεση, σύστημα ελαττώσεως μεγέθους) διαφέρουν κι αυτά σημαντικά με τα αντίστοιχα του μαλακού σιταριού. Για παράδειγμα, στο σύστημα ελαττώσεως μεγέθους οι λείοι κύλινδροι κάνουν κατάτμηση και όχι αλευροποίηση. Ακόμη οι σμιγδαλίστρες χρησιμοποιούνται περισσότερο με πιο ευρεία χρήση. Μάλιστα όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.4 που ακολουθεί υπάρχει ένα δευτερεύον σύστημα καθαρισμού (purification), το οποίο απουσιάζει από την άλεση του μαλακού σίτου.

Σχήμα 3.4. Διάγραμμα ροής αλέσεως σκληρού σιταριού. B: break, BF: bran finisher, M: midding, P: purifier, SD: shorts duster (finisher), S or SIZ: sizing.

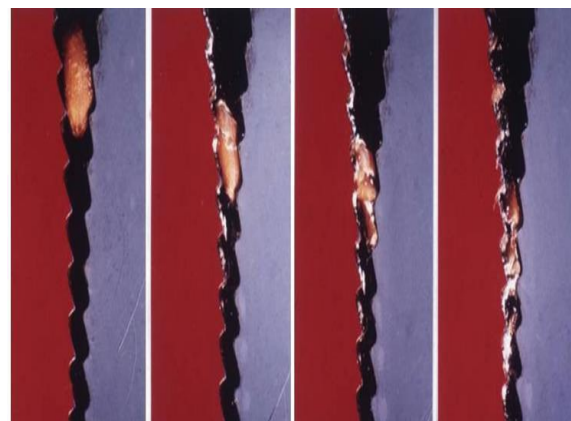


ΠΗΓΗ: Sarkar AK, 1993.

3.3.3.1 Σύστημα σπασμάτων

Στην άλεση του σκληρού σίτου το σύστημα θραύσεως πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερο. Αυτό θα επιφέρει τη δυνατή απελευθέρωση του ενδοσπερμίου με μεγάλη κοκκώδη μορφή και θα ελαχιστοποιήσει την παραγωγή λεπτότερων σωματιδίων και του αλεύρου. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί οι κόκκοι του σκληρού σίτου να περάσουν από επτά ή οκτώ ζεύγη σπαστήρων κυλίνδρων (περάσματα θραύσεως). Πιο συχνά όμως χρησιμοποιείται ένα σύστημα θραύσεως έξι περασμάτων και φροντίζεται ώστε το σπάσιμο να είναι βαθμιαίο και ήπιο. Ο συνολικός αριθμός

Εικόνα 3.10. Σπάσιμο κόκκου σκληρού σίτου σε σπαστήρες κυλίνδρους τύπου κόψη-κόψη.



ΠΗΓΗ: Sarkar AK, 1993.

των περασμάτων θραύσεως επιτρέπει ο βαθμός σπασίματος των κόκκων να είναι χαμηλότερος από τον αντίστοιχο κατά την άλεση του μαλακού σίτου. Αυτό οφείλεται στο ότι δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στην παραγωγή κοκκώδους τελικού προϊόντος κατά την άλεση στο σύστημα θραύσεως, με περισσότερη κοπή αντί της διατήρησης μεγάλων τμημάτων πτύρου. Ο τύπος των κυλίνδρων που χρησιμοποιούνται για αυτό το λόγο είναι μεγαλύτερης διαμέτρου και τύπου κόψη έναντι κόψη (Εικόνα 3.10).

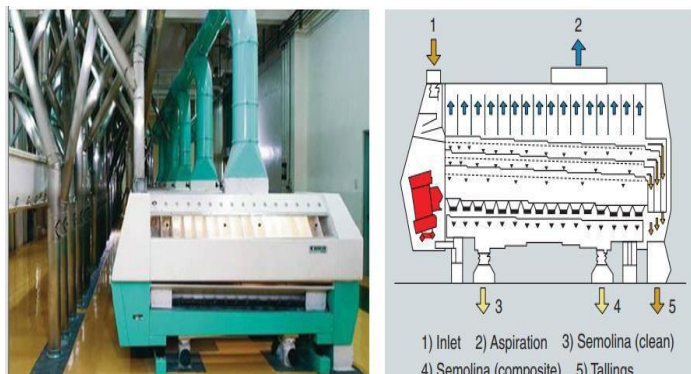
3.3.3.2 Ταξινόμηση κατά μέγεθος και σύνθεση

Η ταξινόμηση σαν διαδικασία παρέχει τη διευκόλυνση του διαχωρισμού των σωματιδίων σε πολλές στενές ζώνες εύρους μεγέθους. Αυτό αποτελεί τη βασική αρχή της αποτελεσματικής δράσης του καθαρισμού. Γι' αυτό και ένας καθαρισμός ορίζεται ως αποτελεσματικός μόνο αν το υλικό προς καθαρισμό πέφτει εντός μιας στενής περιοχής μεγέθους σωματιδίων.

Στην άλεση του σκληρού σίτου η ταξινόμηση κατά σύνθεση (καθαρισμός-purifying), χωρίζεται σε δύο στάδια, στον πρωτογενή καθαρισμό και στον δευτερογενή καθαρισμό. Κατά τον πρωτογενή καθαρισμό οι χονδροί κόκκοι σωματιδίων του ενδοσπερμίου από το σύστημα θραύσεως καθαρίζονται μετά την ταξινόμηση τους. Τα καθαρισμένα πλέον σωματίδια αποτελούνται από καθαρό ενδοσπέρμιο ή σύνθετα σωματίδια ενδοσπερμίου συνδεδεμένα με πτύρο ή φύτρο ή και τα δύο. Τα σωματίδια αυτά θα κατευθυνθούν έπειτα στο σύστημα ταξινόμησης κατά μέγεθος (sizing). Ο δευτερογενής καθαρισμός αποσκοπεί στη λήψη του καθαρού ενδοσπερμίου ώστε να αποδοθεί το κοκκώδες υλικό. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια της ήπιας αλέσεως που υποβάλλεται ο κόκκος του σκληρού σίτου ώστε να απομακρυνθεί το πτύρο και το φύτρο από το ενδοσπέρμιο. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ελαφρώς αυλακωτών κυλίνδρων οι οποίοι διευκολύνουν το διαχωρισμό του πτύρου από το ενδοσπέρμιο. Οι κύλινδροι αυτοί φέρουν 8 έως 16 αυλακώσεις και το άνοιγμα του κενού για τη λήψη του ελαφρού αλέσματος έχει άμεση επίδραση στο κοκκώδες τελικό προϊόν.

Το ταξινομημένο κατά μέγεθος, καθαρισμένο και με απουσία στιγμάτων σιμιγδάλι, που περνάει από το δευτερογενή σύστημα καθαρισμού, αποτελεί το τελικό προϊόν. Γενικά το συνολικό σύστημα καθαρισμού (Εικόνα 3.11) θεωρείται ως το πιο σημαντικό και κρίσιμο στάδιο κατά τη διαδικασία της αλέσεως του σκληρού σίτου (Posner and Hibbs 2005b).

Εικόνα 3.11. Purifier (αριστερά), εσωτερική λειτουργία του καθαριστή (δεξιά).



ΠΗΓΗ: www.buhlergroup.com

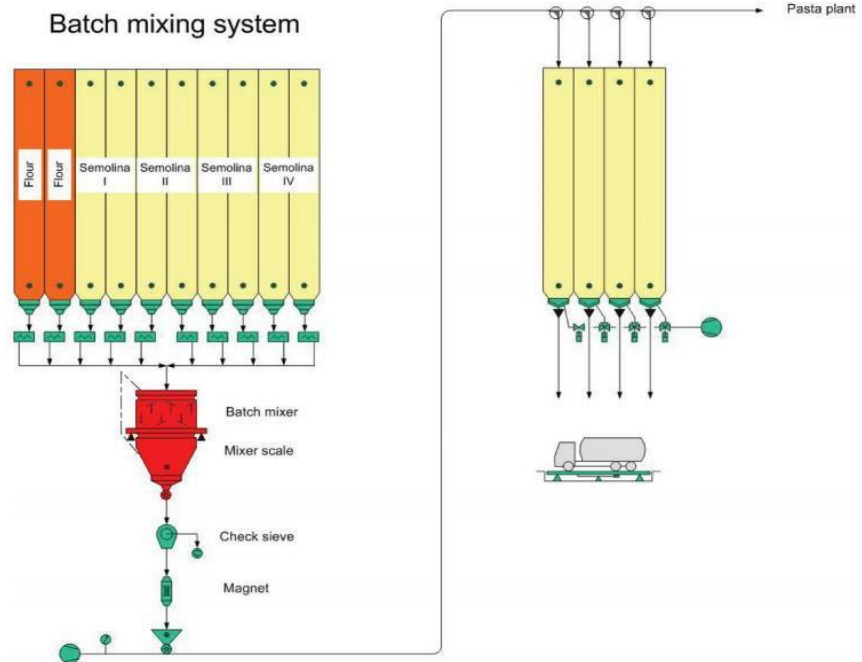
3.3.3.3 Σύστημα ελαττώσεως μεγέθους

Η λειτουργία του συστήματος ελαττώσεως μεγέθους είναι πιο περιορισμένη από την αντίστοιχη κατά τη διαδικασία αλέσεως του μαλακού σίτου. Η ανάγκη του συστήματος αυτού εξαλείφεται λόγω ότι στην άλεση του σκληρού σίτου το σύνολο του ενδοσπερμίου μετατρέπεται σε σιμιγδάλι με το επιθυμητό μέγεθος κόκκου. Παρόλα αυτά, μετά από τις διεργασίες του καθαρισμού παρατηρούνται μικρά ποσοστά κατώτερου κοκκώδους υλικού. Αυτά μπορεί να είναι κλάσματα πολύ λεπτά με πολύ κακό χρώμα και πολύ επιμολυσμένα με πίτυρο και θα πρέπει να αποφευχθεί η εισαγωγή τους στο κύριο κλάσμα του σιμιγδαλιού. Έτσι, προωθούνται προς το σύστημα ελαττώσεως μεγέθους όπου διέρχονται από ζεύγη λείων κυλίνδρων για την παραγωγή αλεύρου. Για το σκοπό αυτό τρία έως τέσσερα περάσματα είναι επαρκή για ένα σύντομο σύστημα ελαττώσεως μεγέθους.

3.3.4 Ανάμιξη

Πολλές φορές η **Σχήμα 3.5.** Σύστημα διαφόρων τύπων σιμιγδαλιού και μεταφορά σε τελικό μέσο διακίνησης.

ποιότητα του τελικού σιμιγδαλιού που παράγεται από το σκληρό σιτάρι, διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και εξαρτάται κυρίως από τον ίδιο τον σκληρό σίτο και τις συνθήκες της διαδικασίας της αλέσεως. Οι συνθήκες αυτές καθορίζουν και πόσους διαφορετικούς τύπους σιμιγδαλιού, αλεύρο χαμηλής ποιότητας και άλλα υποπροϊόντα θα



ΠΗΓΗ: Sarkar AK, 1993.

παραχθούν. Γενικότερα, οι απαιτήσεις της αγοράς και η κατάσταση πολλές φορές της πρώτης ύλης και ιδιαίτερος εκείνης σε χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, καθιστούν αναγκαία τη διαδικασία της ανάμιξης διαφορετικών ποιοτήτων παραχθέντος σιμιγδαλιού (Σχήμα 3.5). Περισσότερο δε κι αν ληφθεί υπόψη, ότι στο μύλο δεν καθίσταται εύκολη η αύξηση της περιεκτικότητας πρωτεΐνης, παρά μόνο με ανάμιξη με σκληρό σιτάρι με υψηλότερη ποιότητα και περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Πολλές βιομηχανίες στην Ιταλία για παράδειγμα, παράγουν διαφορετικούς τύπους σιμιγδαλιού με βάση την ποιότητα και την τιμή της αγοράς, αναμειγνύοντας μια σειρά παραγόμενων σιμιγδαλιών. Το τελικό προϊόν που προκύπτει από την ανάμιξη χρησιμοποιείται κυρίως στην παραγωγή ζυμαρικών με διαβαθμίσεις στην τελική ποιότητα και τιμή στο εμπόριο.

3.4 Συνοπτικές διαφορές αλέσεως μαλακού και σκληρού σίτου

Κύρια διαφορά κατά την διαδικασία αλέσεως των δύο τύπων σίτου είναι το τελικό προϊόν που λαμβάνεται από τη κάθε άλεση ξεχωριστά. Το μαλακό σιτάρι αλέθεται κυρίως για να αποδόσει το λευκό άλευρο που χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλές εφαρμογές. Λόγω της μαλακής δομής του κόκκου, της χαμηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη και της αδύναμης γλουτένης, θα χρησιμοποιηθεί για την περαιτέρω παραγωγή ψωμιού, κράκερ, μπισκότων, κέικ, και για άλλα αρτοσκευάσματα. Από την άλλη η άλεση του σκληρού σιταριού έχει ως στόχο την παραγωγή σιμιγδαλιού. Σε αυτή τη διαδικασία είναι επιθυμητό το τελικό προϊόν να έχει κοκκώδη τελική μορφή και όλα τα υπόλοιπα παραπροϊόντα (π.χ. άλευρο σκληρού σίτου) είναι χαμηλότερης αξίας. Το παραγόμενο από σκληρό σιτάρι σιμιγδάλι προτείνεται κυρίως για την παραγωγή ζυμαρικών (π.χ. μακαρόνια, noodles, χυλοπίτες) (Bass EJ, 1988).

Σημαντικές διαφορές αναφέρονται και στη διαδικασία του καθαρισμού (κοντισιονάρισμα). Το μαλακό σιτάρι έχοντας ήδη μια μαλακή υφή στο ενδοσπέρμιο θα χρειαστεί μικρότερο ποσοστό υγρασίας (14-15,5%) για το διαχωρισμό του ενδοσπερμίου από το πίτυρο και το φύτρο. Αντίθετα το σκληρό σιτάρι με πιο σκληρή δομή του ενδοσπερμίου θα πρέπει να έχει 16-17,5% υγρασία τη στιγμή που θα εισέλθει στο σύστημα σπασιμάτων. Επίσης, στο σκληρό σιτάρι επειδή το τελικό προϊόν πρέπει να έχει κοκκώδη μορφή (σιμιγδάλι), το ενδοσπέρμιο δε πρέπει να μαλακώσει αρκετά για να έχουμε καλύτερη απόδοση. Γι' αυτό το λόγο ο χρόνος κοντισιοναρίσματος στο σκληρό σιτάρι είναι μικρότερος (~ 6 ώρες) , έναντι του μαλακού σιταριού (~ 10 ώρες). Αυτός ο μικρός χρόνος κοντισιοναρίσματος αυξάνει τη παραγωγή σιμιγδαλιών και παράλληλα την ελάττωση του αλεύρου ως παράπλευρο προϊόν.

Παράλληλα το σύστημα σπασιμάτων είναι πιο πολύπλοκο κατά την άλεση του σκληρού σίτου από το αντίστοιχο σύστημα θραύσης του μαλακού σίτου. Αυτό οφείλεται στο ότι το μαλακό σιτάρι με τη μαλακότερη δομή του θα διασπαστεί ευκολότερα και πιο γρήγορα, εισερχόμενο από λιγότερα τεχνολογικά περάσματα (σπαστήρες κύλινδροι), απ' ότι το σκληρό σιτάρι. Αξιοσημείωτο είναι ότι οι κύλινδροι στο σύστημα σπασιμάτων του σκληρού σιταριού έχουν μεγαλύτερη διάμετρο (300mm) απ' ότι οι αντίστοιχοι κύλινδροι στο μαλακό σιτάρι (250mm). Έπειτα το λαμβανόμενο άλεσμα από το σύστημα σπασιμάτων θα είναι μεγαλύτερο εκείνο του σκληρού σίτου απ' ότι του μαλακού σίτου. Επειδή η κοκκομετρία του σιμιγδαλιού κυμαίνεται από 125 έως 350μm και είναι μεγαλύτερη από εκείνη του μαλακού αλεύρου (25-120μm), θα χρειαστεί να περάσει κατά τη ταξινόμηση μεγέθους, από μεγαλύτερο αριθμό κοσκίνων και με μεγαλύτερη επιφάνεια. Αντίθετα στη ταξινόμηση κατά μέγεθος των λεπτών σωματιδίων του μαλακού σίτου , τα κόσκινα που χρησιμοποιούνται έχουν μικρότερες οπές ανοιγμάτων. Πολλές φορές το κοσκίνισμα των μικρότερων σε μέγεθος σωματιδίων μαλακού σίτου είναι πιο δύσκολο λόγω της τάσης αυτών των μικρών σωματιδίων να προσελκύουν το ένα το άλλο, με αποτέλεσμα να συσσωματώνονται και στην συνέχεια να είναι αδύνατο το πέρασμα τους από το κόσκινο.

Επιπρόσθετα, τα μαύρα στίγματα είναι εξαιρετικά ανεπιθύμητα στο σιμιγδάλι και στα προϊόντα ζυμαρικών, ο καθαρισμός (purifying) είναι αρκετά διεξοδικός κατά την άλεση του σκληρού σίτου. Για το λόγο αυτό μετά το σύστημα θραύσης το σκληρό σιτάρι υπόκειται σε δύο στάδια καθαρισμού, έναντι του μαλακού σίτου που εισέρχεται μόνο από ένα. Τέλος το σύστημα ελάττωσης μεγέθους είναι πολύ πιο σύντομο στην άλεση του σκληρού σίτου απ' ότι στο μαλακό σίτο. Αυτό οφείλεται στη κοκκώδη μορφή που πρέπει να έχει το σιμιγδάλι στο τέλος της διαδικασίας. Συνήθως οι λείοι κύλινδροι στο σύστημα ελαττώσεως του σκληρού σίτου έχουν χαρακτήρα κατάτμησης και όχι αλευροποίησης και χρησιμοποιούνται κυρίως για τη μείωση κατάλοιπων που δεν επεξεργάστηκαν επαρκώς στο σύστημα θραύσεως (Jackson & Hosenev, 1986).

4. Διαφορές μεταξύ του μαλακού (*Triticum aestivum*) και του σκληρού σίτου (*Triticum durum*) ως προς τα τελικά τους προϊόντα

Το παραγόμενο αλεύρο και σιμιγδάλι από τη διαδικασία της αλέσεως του μαλακού και του σκληρού σίτου αντίστοιχα, έχουν διαφορετική χρήση ως προς τα τελικά προϊόντα. Το μαλακό αλεύρο του *Triticum aestivum* χρησιμοποιείται κυρίως για την παρασκευή ψωμιού, ενώ το προερχόμενο από *Triticum durum* σιμιγδάλι, χρησιμοποιείται σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα για τη παρασκευή ζυμαρικών.

4.1 Προϊόντα μαλακού σίτου

Το λευκό αλεύρο του μαλακού σίτου χρησιμοποιείται σε πολλά προϊόντα σε όλο τον κόσμο. Γενικότερα, χρησιμοποιείται για την παραγωγή ψωμιών και διαφόρων αρτοσκευασμάτων, για την παραγωγή κέικ, ντόνατς, κράκερ, μπισκότων, φύλλων κρούστας για πίτες κ.α. Η παραγωγή ψωμιού και των αρτοσκευασμάτων θα μπορούσε να διατελέσει μια ξεχωριστή ευρεία κατηγορία που οι διαδικασίες επεξεργασίας τους είναι τόσο διαφορετικές όσες και οι ποικιλίες προϊόντων άρτου.

Στη παρασκευή ψωμιού εκτός από το αλεύρο ως κυρίως συστατικό, επίσης προστίθενται ως βασικά συστατικά νερό, μαγιά και αλάτι. Άλλα συστατικά είναι η ζάχαρη, οξειδωτικά, συντηρητικά κ.α. Οι κυριότερες διαδικασίες παρασκευής ψωμιού είναι το κοσκίνισμα του αλεύρου, η ζύγιση, η ανάμιξη, η ζύμωση(διόγκωση), η μορφοποίηση και το ψήσιμο. Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη του άρτου στην αγορά είναι ταχεία και αυτό οφείλεται στην προσθήκη πολλών καλών για την υγεία συστατικών. Για παράδειγμα, προϊόντα που περιέχουν υψηλότερες ποσότητες αλεύρου ολικής αλέσεως προτιμώνται περισσότερο έναντι εκείνων με λευκό αλεύρι. Επιπλέον, επειδή το ψωμί καταναλώνεται από τη μεγάλη πλειοψηφία των ανθρώπων παγκοσμίως, αποτελεί «μέσο μεταφοράς» για πολλά συστατικά που στοχεύουν σε συγκεκριμένα οφέλη για την υγεία(Faridi, H., and Faubion, J. M. 1995).

Η παραγωγή των υπολοίπων προϊόντων μαλακού σίτου (κέικ, ντόνατς κ.λπ.), επεξεργάζονται εντελώς διαφορετικά από τον άρτο. Αναφορικά, η μεγαλύτερη τους διαφορά είναι ότι στη παρασκευή ψωμιού η διόγκωση επιτυγχάνεται με τη προσθήκη της μαγιάς και της ζύμωσης με τον *Saccharomyces cerevisiae*. Αντίθετα στα υπόλοιπα προϊόντα η ζύμωση γίνεται με χημικό τρόπο. Όμοια με τη διάδοση και την ανάπτυξη του ψωμιού, τα τελευταία χρόνια και τα υπόλοιπα παρασκευάσματα μαλακού σίτου επεξεργάζονται ώστε να δώσουν περισσότερα θρεπτικά οφέλη στους καταναλωτές. Αυτό μπορεί συχνά να είναι δύσκολο διότι πολλά προϊόντα μαλακού σίτου πέραν του άρτου, αναφέρονται ως επιδόρπια ή τρώγονται ως σνακ (π.χ. ντόνατς, μπισκότα κ.α.) (Rabe, G., and Meyers, T. 1995).

4.1.1 Ψωμί

Το ψωμί του κοινού σίτου (*Triticum aestivum*), είναι δημοφιλές σε όλα σχεδόν τα μέρη του κόσμου. Τα παραγόμενα τέτοιου τύπου ψωμιά, χαρακτηρίζονται από μικρή αναλογία κόρας και ψίχας. Ο συνδυασμός της σύνθεσης του ψωμιού, των ιξωδοελαστικών ιδιοτήτων του ζυμαριού, των συνθηκών κατά τη ζύμωση και το ψήσιμο, καθορίζουν το μέγεθος, τον όγκο, το πάχος της κόρας και τη δομή της ψίχας στο ψωμί. Για την παρασκευή του ψωμιού χρειάζονται τέσσερα βασικά συστατικά, το άλευρο, η μαγιά, το αλάτι και το νερό. Παρόλα αυτά χρησιμοποιούνται και άλλα επιπρόσθετα συστατικά για τη βελτίωση της δομής και την εμφάνιση του τελικού ψημένου προϊόντος. Γενικότερα, είναι πάντα καλύτερο ο αριθμός των συστατικών να διατηρείται στο ελάχιστο βασικό. Ο λόγος είναι ότι τα επιπλέον συστατικά μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην παραλλαγή του προϊόντος. Επίσης η διαδικασία και η ποιότητα επηρεάζονται από τα επίπεδα λειτουργικότητας όλων των συστατικών. Κάθε νέο συστατικό έχει τη δυνατότητα να αλληλοεπιδρά με όλα τα άλλα μέσα στο σύστημα και με την εισαγωγή του μπορεί να αφαιρέσει πλήρως ή εν μέρει τη λειτουργικότητα ενός άλλου.

4.1.1.1 Συστατικά ψωμιού

4.1.1.1.1 Αλεύρι

Το αλεύρι του κοινού σίτου είναι βασικό συστατικό και αντιπροσωπεύει περίπου το 60-70% της σύνθεσης του. Οι περιεχόμενες σε αυτό πρωτεΐνες και η ιδιαίτερα η ποσότητα και η ποιότητα της γλουτένης με συνδυασμό της ικανότητας απορρόφησης νερού συμβάλλουν σημαντικά στη διαδικασία της ζύμωσης. Το άμυλο με την απορρόφηση νερού χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας για του ζυμομύκητες (*Saccharomyces cerevisiae*). Αποτέλεσμα είναι κατά τη ζύμωση να δημιουργείται μια ιξωδοελαστική, συνεκτική μάζα, η οποία έχει την μοναδική ιδιότητα συγκράτησης αερίου. Αυτή είναι μια θεμελιώδης ιδιότητα που απαιτείται στην παραγωγή όλων των προϊόντων με βάση τη ζύμη. Εάν το αέριο συγκρατείται ελάχιστα, τότε και ο όγκος του άρτου θα είναι χαμηλός και δομή πολύ συμπαγής (πυκνή).

4.1.1.1.2 Μαγιά

Η μαγιά η οποία προστίθεται (1-2%), περιλαμβάνει τον πρωτογενή διογκωτικό παράγοντα, με στόχο να διασπάσει τα σάκχαρα και να παράγει διοξείδιο του άνθρακα και αιθανόλη. Συμπερασματικά, η μαγιά παρέχει το αέριο για τη διόγκωση του ζυμαριού, για την επέκταση των κυψελών αέρα και τελικώς για την παραγωγή της κυτταρικής δομής της ψίχας στα προϊόντα άρτου. Επίσης, έχει σημαντικό ρόλο στη δημιουργία της χαρακτηριστικής γεύσης και οσμής του ψωμιού, καθώς και στις ρεολογικές ιδιότητες του ψωμιού (Hutkins 2007).

4.1.1.1.3 Αλάτι

Το αλάτι προστίθεται (1-2%) σε κάθε συνταγή ψωμιού και αποτελεί κυρίως γευστικό και αρωματικό παράγοντα. Επηρεάζει επίσης τη συγκράτηση αερίου στο ζυμάρι. Το προστιθέμενο αλάτι αδρανοποιεί προσωρινά την ενυδάτωση της γλουτένης με αποτέλεσμα εκείνη να συρρικνώνεται. Το ζυμάρι με αυτό τον τρόπο δεν καταρρέει και έχει καλή συγκράτηση αερίου. Σε υψηλές συγκεντρώσεις το αλάτι αναστέλλει τη ζυμωτική δράση των ζυμομυκήτων και τις ενζυμικές αντιδράσεις. Από την άλλη, απουσία άλατος στη συνταγή, παράγεται ψωμί χωρίς γεύση και μη αποδεκτό. Τα τελευταία χρόνια τα επίπεδα άλατος στο ψωμί έχουν συνδεθεί ως σημαντική πηγή νατρίου στη διατροφή, για αυτό το λόγο και το αλάτι έχει μειωθεί ώστε να ακολουθεί τις νέες διατροφικές οδηγίες (Helmich, N., 2012).

4.1.1.1.4 Νερό

Το νερό είναι πολύ σημαντικό στην αρτοποιία και λειτουργεί ως πλαστικοποιητής και διαλύτης για τα περισσότερα συστατικά. Αυτό οφείλεται και στην ίδια του τη σύσταση, όπου τα ανθρακικά και θειικά ανόργανα συστατικά που περιέχει, δίνουν μια γλουτένη πιο σφικτή και ανθεκτική. Κατά τη διαδικασία της ζύμωσης το ζυμάρι δεν καταρρέει και ο όγκος και η συγκράτηση αερίου βελτιώνονται. Απουσία νερού έχει ως αποτέλεσμα η γλουτένη να μην αναπτυχθεί και η μαγιά να μην είναι ικανή να παράγει το επαρκές αέριο για να διογκώσει το προϊόν. Προσθήκη νερού σε ποσοστό 50%, θα παραχθεί ψωμί λεπτότερης υφής και ελαφρύ. Αντίθετα υψηλότερα ποσοστά νερού αποδίδουν μια πιο χονδρή ψίχα και με περισσότερες φυσαλίδες. Σήμερα, οι περισσότερες βιοτεχνίες ψωμιού χρησιμοποιούν νερό σε ποσοστά 60-75% (Mondal and Datta, 2008).

4.1.1.1.5 Λίπος

Πέρα των βασικών συστατικών που αναφέρθηκαν παραπάνω, υπάρχουν και άλλα προαιρετικά συστατικά που βοηθούν σημαντικά στη παραγωγή ενός αποδεκτού προϊόντος άρτου (π.χ. λίπος, οξειδωτικά, σάκχαρα κ.α.). Το λίπος είναι ένα ουσιώδες συστατικό για το ψωμί και επιδρά στο μαλάκωμα της ψίχας και στη αύξηση της διατηρησιμότητας του ψωμιού κατά την αποθήκευση. Όπως και το νερό, το λίπος είναι ένας πλαστικοποιητής και η σωστή ισορροπία μεταξύ των δύο είναι πολύ υψίστης σημασίας ώστε να επιτευχθούν οι βέλτιστες ιξωδοελαστικές ιδιότητες του ζυμαριού. Ένα επίσης πλεονέκτημα της προσθήκης λίπους (~10%), είναι η αύξηση του όγκου που πετυχαίνει στα ψημένα αρτοσκευάσματα. Συνήθως χρησιμοποιούνται τα μονογλυκερίδια ώστε να επιτύχουν μαλάκωμα της ψίχας. (Hutkins 2007).

4.1.1.1.6 Σάκχαρα

Αν και το αλεύρι περιέχει επαρκή ποσότητα α-αμυλάσης για τη διατήρηση της ζύμωσης του ζυμαριού, η προσθήκη σακχάρων παρατείνει περισσότερο τους χρόνους ζύμωσης. Ακόμη το ζυμάρι γίνεται πιο σταθερό, πιο ελαστικό και αποδίδει τρυφερότητα στα αρτοσκευάσματα. Κυρίως τα σάκχαρα είναι αρωματικός παράγοντας παρέχοντας γλυκύτητα και παράλληλα συμβάλει στη διαμόρφωση χρώματος στη κόρα (Mondal and Datta 2008).

4.1.1.1.7 Ενζύμα

Επιπλέον η προθήκη ενζυματικά ενεργής βύνης σε μια συσταγή ψωμιού μαζί με τη δράση της α-αμυλάσης και άλλως ενζύμων, δρύνει σημαντικά και αποτελεσματικά κατά την αρτοποιήση. Η βύνη θεωρείται επίσης αρωματικός παράγοντας και αν προστεθεί σε θερμό-απενεργοποιημένη μορφή προσδίδει μια πιο ιδιαίτερη γεύση στο ψωμί. Η παρουσία γενικά ενζύμων στο ψωμί αποδίδει μια καλύτερη υφή. Από την άλλη, άλευρο με χαμηλή ενζυματική δραστηριότητα θα παράγει ψωμί με θρυμματισμένη ψίχα, μη καστανή κόρα και με χαμηλή διατηρησιμότητα.

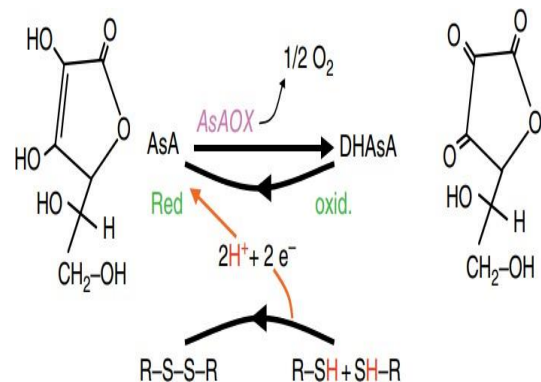
4.1.1.1.8 Οξειδωτικά

Τα οξειδωτικά αποτελούν ένα ακόμη προαιρετικό συστατικό και υπάρχουν στα περισσότερα σκευάσματα ψωμιού για τη βελτίωση των ρεολογικών ιδιοτήτων του ζυμαριού και της συγκράτησης αερίου. Αυτό προκύπτει από τη δράση των οξειδωτικών και την οξείδωση των ομάδων -SH των πρωτεϊνών προς ομάδες -SS- (Σχήμα 4.1). Οι δισουλφιδικοί δεσμοί που δημιουργούνται εντός και μεταξύ των πρωτεϊνικών αλυσίδων οδηγούν σε μια πιο σφιχτή δομή γλουτένης. Νομικά εγκεκριμένα οξειδωτικά περιλαμβάνουν το αζοδικαρβοναμίδιο, το υπεροξείδιο του ασβεστίου, το ασκορβικό οξύ, το βρωμικό κάλιο.

Αν και εξακολουθεί να επιτρέπεται από το USDA (United States Department of Agriculture), το βρωμικό κάλιο το οποίο είναι οξειδωτικό αργής δράσης με πολύ καλή αποτελεσματικότητα, δεν χρησιμοποιείται πλέον επειδή έχει χαρακτηριστεί ως καρκινογόνο ουσία. Το ασκορβικό οξύ είναι εκείνο που χρησιμοποιείται κυρίως ως οξειδωτικό στην αρτοποιία. Ενδυναμώνει το πλέγμα της γλουτένης με τη δημιουργία των

δισουλφιδικών δεσμών και προσδίδει μεγάλη διόγκωση κατά το ψήσιμο του ψωμιού (Yamada and Preston, 1992).

Σχήμα 4.1. Η οξειδωτική δράση του αφυδροσκορβικού οξέος (DHAsA).



ΠΗΓΗ: Akkers and Hosenev, 2014

4.1.1.1.9 Συντηρητικά

Ακόμη αν και τα όλα τα ψωμιά έχουν χαμηλό βακτηριακό φορτίο αμέσως μετά το ψήσιμο, μέσω του αέρα σπόρια μούχλας μπορούν να μολύνουν το ψωμί αφού κρυώσει. Γι' αυτό και προστίθενται συχνά συντηρητικά ιδιαίτερα σε άρτους που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία (4%) και οι οποίοι συσκευάζονται ερμητικά, γιατί υπάρχει ευαισθησία στην ανάπτυξη μούχλας στην επιφάνεια του ψωμιού. Τα πιο σημαντικά συντηρητικά είναι το προπιονικό ασβέστιο, το σορβικό κάλιο, και το ξύδι. Περισσότερο χρησιμοποιείται το προπιονικό ασβέστιο αν και αρκετοί παραγωγοί προτιμούν το οξικό οξύ (ξύδι) σε μορφή διαλύματος. Το σορβικό κάλιο δεν χρησιμοποιείται ευρέως λόγω ότι είναι εύκολα αντιληπτή η ανεπιθύμητη γεύση που προσδίδει στο ψωμί.

4.1.1.2 Παρασκευή ψωμιού

Η διαδικασία μέσω της οποίας παρασκευάζεται το ψωμί καλείται αρτοποιία. Η επιλογή και ο ποιοτικός έλεγχος των πρώτων υλών που θα χρησιμοποιηθούν στην αρτοποιία, αποτελούν σημαντικό μέρος κατά τη διαδικασία παραγωγής ψωμιού. Οι πρώτες ύλες που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να είναι καλής ποιότητας για την παραγωγή ενός αποδεκτού προϊόντος. Γι' αυτό και χρειάζεται οι πρώτες ύλες προτού να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή του ψωμιού να υπόκεινται σε συστηματικό και ακριβή έλεγχο. Σημαντικό επίσης είναι να τηρείται η ακριβής αναλογία των συστατικών που εκφράζονται συνήθως επί %. Η πορεία της αρτοποιίας συνήθως περιλαμβάνει τα στάδια που αναλύονται παρακάτω και είναι υψίστης σημασίας η ορθή τήρηση τους ώστε να παραχθεί ένα προϊόν καλής ποιότητας (Μασούρας Θ., 2000).

4.1.1.2.1 Κοσκίνισμα και ζύγιση

Το αλεύρι αρχικά περνάει από κόσκινο ώστε να απομακρυνθούν τυχόν χονδρά σωματίδια και άλλες ξένες ύλες, δίνοντας ένα πιο ομοιογενές μείγμα. Έπειτα οι πρώτες ύλες ζυγίζονται με ακρίβεια. Οι ορθές αναλογίες των διαφόρων συστατικών είναι σημαντικό για την επίτευξη ενός τελικού ψωμιού με καλή ποιότητα. Πολλές βιομηχανίες παραγωγής άρτου μπορεί να έχουν αποκλίσεις στα βάρη των συστατικών $\pm 5\%$. Το αλάτι, οι οξειδωτικοί παράγοντες, η ζάχαρη και η ζύμη προστίθενται με τη μορφή διαλύματος. Μικρά συστατικά πρέπει να ζυγίζονται με μεγαλύτερη ακρίβεια (Cauvain S., 2012).

4.1.1.2.2 Ανάμιξη

Η διαδικασία της ανάμιξης είναι ένα κρίσιμο στάδιο σε οποιαδήποτε επεξεργασία παρασκευής ψωμιού, διότι λαμβάνουν μέρος ορισμένες κρίσιμες διεργασίες. Οι διεργασίες αυτές αποτελούνται από την ανάμιξη, την ενυδάτωση των συστατικών, τη παραγωγή αερίου και την αρχή της ανάπτυξης της γλουτένης και την ανάπτυξη του ζυμαριού. Η διαδικασία της ανάμιξης αρχίζει με την ανάμιξη του νερού (πόσιμου) με το αλεύρο και των άλλων

συστατικών στον αναμικτήρα (ζυμωτήριο) (Εικόνα 4.1). Αυτός ο συνδυασμός είναι πολύ σημαντικός για την ενυδάτωση των πρωτεϊνών και του αμύλου του αλεύρου. Μέσω της ενυδάτωσης αυτής αναπτύσσεται το πλέγμα της γλουτένης στο ζυμάρι με αποτέλεσμα το ζυμάρι να γίνει πιο συνεκτικό φθάνοντας σε ένα σημείο μέγιστης συνοχής και ελάχιστης κινητικότητας. Ανάμειξη που έχει συνεχιστεί και μετά τη δημιουργία της κατάλληλης συνεκτικής και ιξωδοελαστικής μάζας, οδηγεί σε μηχανική υποβάθμιση και κατάρρευση του ζυμαριού. Το ζυμάρι λαμβάνει υγρή και κολλώδη μορφή και έχει μεγάλη εκτατότητα κατά το τράβηγμα σχηματίζοντας μεγάλα νημάτια. Ένα τέτοιο ζυμάρι συνήθως είναι δύσκολο να επεξεργαστεί οδηγώντας σε απώλειες και συχνά καταρρέει σε μια μονάδα παραγωγής. Οι χρόνοι αναμίξεως διαφέρουν ανάλογα με το τύπο του αλεύρου, τον τύπο του αναμικτήρα, την ταχύτητα του βραχίονα του αναμικτήρα, το μέγεθος των σωματιδίων, ή την παρουσία λίπους, άλατος και άλλων πρόσθετων. Στις βιομηχανίες άρτου χρησιμοποιούνται μεσαίοι και ενδιάμεσοι μεγάλοι χρόνοι αναμίξεως. Πολύ μικροί χρόνοι αναμίξεως οδηγούν σε υπερανάμειξη του αλεύρου ενώ πολύ μεγάλοι χρόνοι αναμίξεως εμποδίζουν το ζυμάρι να φτάσει στη βέλτιστη συνεκτικότητα.

Εικόνα 4.1. Κάθετος αναμικτήρας



ΠΗΓΗ: Cauvain and Collins 1994; Gould 1998

4.1.1.2.3 Ζύμωση

Η ζύμωση είναι μια από τις πιο χρονοβόρες διαδικασίες κατά την παρασκευή ψωμιού και απαιτεί λιγότερη τεχνική απ' ό τι στην ανάμειξη των συστατικών. Σκοπός της ζύμωσης είναι να παραχθεί διοξείδιο του άνθρακα από την δραστηριότητα της μαγιάς αυξάνοντας έτσι τον όγκο του ζυμαριού. Η επίτευξη της διαδικασίας της ζύμωσης προέρχεται από τον *Saccharomyces cerevisiae*. Μέσω της ζύμης διασπώνται τα σάκχαρα προς διοξείδιο του άνθρακα και αιθανόλη μέσα στο ζυμάρι. Το αέριο που παράγεται αυξάνει τον όγκο του ζυμαριού σαν αφρό. Η δομή του σχηματιζόμενου αυξανόμενου όγκου είναι διακριτή και παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της ζύμωσης. Κατά το ψήσιμο του ζυμωμένου ζυμαριού η δομή αυτή γίνεται σπογγώδης δημιουργώντας την 'κυψελώδη' δομή της ψίχας του ψωμιού.

Τυπικά, το 90% του όγκου του ψωμιού λαμβάνεται κατά την διαδικασία της ζύμωσης και το 10% κατά το ψήσιμο. Υπάρχουν όμως κάποιες συνθήκες που πρέπει να ρυθμίζονται έτσι ώστε να μην επηρεάζουν αρνητικά το ρυθμό παραγωγής του διοξειδίου του άνθρακα και την ανάπτυξη της γεύσης και της οσμής στο ζυμάρι. Αυτές οι συνθήκες είναι η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία. Το εύρος θερμοκρασιών και σχετικής υγρασίας που αποδίδει καλύτερα η ζύμη είναι 30-38°C και 75-85% αντίστοιχα. Θερμοκρασίες μεταξύ 20-40°C διπλασιάζουν το ρυθμό ζυμώσεως από τους ζυμομόκητες για κάθε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 10°C. Σημαντικός παράγοντας για τη δραστηριότητα της ζύμης αποτελεί και το pH. Τιμές pH μεταξύ 4-6 αποτελούν άριστες, ενώ pH<4 μειώνει τη δραστηριότητα της ζύμης και θανατώνεται σε pH<3.

4.1.1.2.4 Μορφοποίηση

Το ζυμάρι υπόκειται σε μορφοποίηση μετά τη διαδικασία της αναμίξεως και της ζύμωσης. Κατά το στάδιο αυτό το ζυμάρι αφήνεται να ‘ξεκουραστεί’ και έπειτα υπόκειται σε διαχωρισμό μικρών τεμαχίων ώστε να πάρει το τελικό του σχήμα. Βασικός σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι η διευκόλυνση της σταθεροποίησης του σχήματος του ζυμαριού κατανέμοντας ομοιόμορφα τα θυλάκια του αέρα, των κυττάρων της μαγιάς και της θερμοκρασίας. Λόγω των απωλειών βάρους κατά το ψήσιμο και τη ψύξη του τελικού προϊόντος, υπάρχουν κάποιες απαιτήσεις που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Αυτές είναι ότι μεγαλύτερη διόγκωση του ζυμαριού θα οδηγήσει και σε μεγαλύτερες απώλειες βάρους κατά το ψήσιμο. Επίσης, μεγάλος χρόνος ψησίματος οδηγεί και σε περισσότερες απώλειες.

4.1.1.2.5 Ψήσιμο

Η διαδικασία του ψησίματος περιλαμβάνει την εφαρμογή θερμότητας και τη μετατροπή του ζυμαριού σε ψωμί. Κατά το ψήσιμο δημιουργείται το χαρακτηριστικό άρωμα και η γεύση του ψωμιού και το διοξείδιο του άνθρακα υφίσταται διόγκωση αυξάνοντας τον όγκο των κυψελίδων, με ένα μέρος αυτών των αερίων να απομακρύνεται. Επιπλέον, η γλουτένη σταθεροποιείται με συνέπεια την διατήρηση της κυψελώδης δομής στο ψωμί. Το άμυλο ζελατινοποιείται κατά το μέγιστο και υφίσταται δεξτρίνοποίηση εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών του φούρνου ιδιαίτερα στην εξωτερική επιφάνεια του ψωμιού δηλαδή στην κόρα με συνέπεια το χρώμα της κόρας να γίνεται πιο σκούρο. Το σκούρο αυτό χρώμα της κόρας οφείλεται και στις αντιδράσεις Maillard.

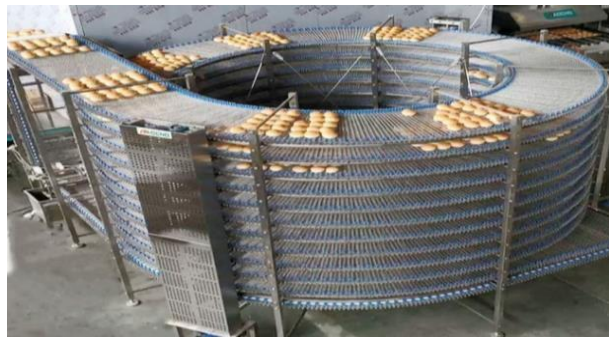
Το ψήσιμο του ψωμιού γίνεται σε κλίβανους και η θερμοκρασία του κλιβανισμού εξαρτάται από τον κλίβανο και τον τύπο του προϊόντος. Η θερμοκρασία κλιβανισμού διατηρείται σε εύρος θερμοκρασιών 190-230°C και συνήθως η διαδικασία διαρκεί 15-25min ανάλογα το μέγεθος του ζυμαριού. Η θερμοκρασία στο κέντρο του ζυμαριού κατά το ψήσιμο δε ξεπερνά τους 100°C, εξασφαλίζοντας ότι η δομή του προϊόντος έχει αναπτυχθεί πλήρως. Στην κρούστα του ψωμιού επικρατεί υψηλότερη θερμοκρασία. Σε υψηλά επίπεδα υγρασίας προκύπτει γρήγορος σχηματισμός της κρούστας εμποδίζοντας το ζυμάρι να αποκτήσει το μέγιστο επιθυμητό όγκο, γι’ αυτό και η περιεκτικότητα της υγρασίας θα πρέπει να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα.

4.1.1.2.6 Ψύξη

Η σωστή ψύξη του ψημένου άρτου είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι δεν θα υπάρξει συμπύκνωση υγρασίας στο εσωτερικό της συσκευασίας. Επιπλέον, εάν το ψωμί πρόκειται να τεμαχιστεί, αυτό δεν μπορεί να επιτευχθεί εύκολα έως ότου το προϊόν κρυώσει σε επιθυμητή θερμοκρασία. Η ψύξη περίπου στους 38°C είναι συνήθως αρκετή για την κάλυψη αυτών των απαιτήσεων.

Εμπορικά, η ψύξη επιτυγχάνεται με τη χρήση θαλάμων ή εξοπλισμένων τούνελ με ανεμιστήρες εξάτμισης οι οποίοι αντλούν καθαρό αέρα και εξατμίζουν τη θερμότητα και την υγρασία που περιέχονται στα ψωμιά. Ακόμη, εξοπλισμός που χρησιμοποιεί διαδικασίες κενού, επιτρέπει ταχύτερη ψύξη και καλύτερο έλεγχο των ρυθμών της (Hamelman J., 2012).

Εικόνα 4.2. Σύστημα ψύξης ψωμιού σε σπειροειδή μορφή.



ΠΗΓΗ: www.thehenrygroup.com

4.1.2 Κέικ

Τα κέικ είναι προϊόντα μαλακού σίτου και θεωρούνται υψηλού εμπλουτισμού καθώς εκτός από το αλεύρι περιέχουν υψηλές ποσότητες ζάχαρης, λίπους, αυγών, γάλακτος και γευστικών-αρωματικών ενώσεων. Παράγονται σε όλο τον κόσμο και ποικίλλουν ανάλογα την υφή, το μέγεθος, το σχήμα και τη γεύση. Έχουν πολύ γλυκιά γεύση, τρυφερή υφή και ευχάριστη οσμή. Η υψηλή περιεκτικότητα ζάχαρης και λίπους στη σύνθεση εμποδίζει την ανάπτυξη του ιξωδοελαστικού ζυμαριού σε συνδυασμό με χαμηλή ικανότητα απορρόφησης νερού (Miller and Hosenev, 1997).

Λόγω των διαφορετικών συνθέσεων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή κέικ είναι δύσκολο να δοθεί ένας σαφής ορισμός γι' αυτά. Δύο από τις μεγαλύτερες κατηγορίες είναι: α)τα κέικ που βασίζονται στο λίπος και β)τα κέικ τα οποία βασίζονται στην παρασκευή αφρού (batter) (Εικόνα 4.3). Η πρώτη μεγάλη κατηγορία διαχωρίζεται και αυτή σε κέικ με λίπος (Shortened), τα κέικ χωρίς λίπος (Unshortened) και τα ενδιάμεσα (Chiffon). Η δομή της ψίχας στα κέικ με βάση το λίπος (shortened), βασίζεται στο γαλάκτωμα λίπους-υγρού, το οποίο δημιουργείται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του λεπτόρευστου ζυμαριού. Η δομή και ο όγκος στα κέικ τύπου αφρού (παντεσπάνια) εξαρτώνται κυρίως από τις αφριστικές ιδιότητες και τις ιδιότητες αερισμού των αυγών. Μια επιπλέον διάκριση των κέικ είναι αυτά που παράγονται με τριβή, στα οποία το αλεύρι τρίβεται στο λίπος (Rubbed in), στα κρεμοποιημένα (Creamed) όπου το λίπος χτυπιέται με τη ζάχαρη και σχηματίζεται κρέμα, τα χτυπημένα (Whisked) όπου η ζάχαρη χτυπιέται με τα αυγά και τα τετηγμένα (Melted) όπου το λίπος και η ζάχαρη τήκονται. Γενικά, η ποιότητα των κέικ εξαρτιέται από τα συστατικά που χρησιμοποιούνται, την κατάλληλη τυποποίηση και τις διαδικασίες ανάμιξης και ψησίματος. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζει η σωστή προετοιμασία του μίγματος σε φόρμες και άλλα δοχεία ώστε να παραχθεί η επαρκή προστασία κατά τη διαδικασία του ψησίματος, η προσεκτική προετοιμασία όλων των συστατικών πριν την ανάμιξη και ο προσεκτικός χειρισμός του ζυμαριού κατά την ζύγιση και εναπόθεση του.

Εικόνα 4.3. Κέικ (παντεσπάνι) παρασκευασμένο με τη χρήση αφρού(batter).



ΠΗΓΗ: Courtesy of Elaina Espino and Karee Bohman

4.1.3 Μπισκότα

Αυτά τα προϊόντα μαλακού σίτου είναι γνωστά ως ‘biscuits’ στις χώρες του Ηνωμένου Βασιλείου, στην Αυστραλία, τη Νέα Ζηλανδία, και τη Νότιο Αφρική. Στις Ηνωμένες Πολιτείες και τον Καναδά ο αντίστοιχος όρος είναι ‘cookies’. Στη Γαλλία χρησιμοποιείται ο όρος petits fours sec. Γενικά είναι μικρά επίπεδα ψημένα προϊόντα τα οποία είναι γλυκά και προτιμάται για την παρασκευή τους μαλακό σιτάρι επειδή δεσμεύει λιγότερο νερό από το αλεύρι σκληρού σίτου. Η σχέση ζυμαριού με νερού έχει σημαντική επίδραση στην ποιότητα των μπισκότων (υφή). Παρασκευάζονται κυρίως από αλεύρι, ζάχαρη, λίπος και άλλα δευτερεύοντα συστατικά(νερό, γαλακτωματοποιητές, μέσα διογκώσεως). Λόγω της μικρής περιεκτικότητας σε υγρασία (>4%), παρουσιάζουν μεγάλο χρόνο ζωή καθώς διατηρούνται ελεύθερα από την παρουσία μούχλας και το μπαγιάτεμα του προϊόντος δεν αποτελεί συνήθως πρόβλημα. Επιπλέον η χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία σε συνδυασμό με το επίπεδο σχήμα των μπισκότων, προσδίδει μια τραγανή υφή και σκληρότητα κατά τη μάσηση. Αντιθέτως, πρόβλημα στην υφή των μπισκότων (μαλάκωμα) οφείλεται όταν απορροφούν ατμοσφαιρική υγρασία κατά την ελλιπή συσκευασία τους. Ακόμη μακροχρόνια αποθήκευση των μπισκότων οδηγεί στο τάγγισμα του λίπους.

Βάση των χαρακτηριστικών του ζυμαριού παρασκευής μπισκότων, τα τελευταία ταξινομούνται σε μπισκότα μαλακού και σκληρού ζυμαριού. Στα μαλακά ζυμάρια λόγω αδύναμης γλουτένης, το ζυμάρι δεν αναπτύσσεται καλά και παρουσιάζουν έλλειψη ελαστικότητας και εκτατότητας. Τα παραγόμενα μπισκότα είναι πιο εύθρυπτα λόγω του μικρότερου χρόνου στη διαδικασία της ανάμιξης και του υψηλού ποσοστού λίπους και ζάχαρης. Αντιθέτως στα σκληρά ζυμάρια η γλουτένη αναπτύσσεται καλά κατά την ανάμιξη και παρουσιάζουν ελαστικότητα και εκτατότητα. Η περιεκτικότητα ζάχαρης και λίπους σε αυτά τα ζυμάρια είναι γενικά χαμηλότερη σε σχέση με το αλεύρι. Μια ακόμη ταξινόμηση των μπισκότων εφαρμόζεται με βάση τη γεύση και διακρίνονται σε γλυκά, ημίγλυκα και αλατισμένα μπισκότα. (Manohar, Rao, Manohar & Rao, 1999).

4.1.4 Κράκερ

Τα κράκερ αποτελούν μια κατηγορία τραγανών προϊόντων στην αρτοποιία στα οποία η διόγκωση επιτυγχάνεται είτε με ζύμη (φυσική διεργασία) είτε με χημικά μέσα (Εικόνα 4.4). Το νερό παίζει σημαντικό ρόλο στην επεξεργασία των κράκερ. Προτιμάται το μαλακό αλεύρι σίτου με χαμηλή και σταθερή απορρόφηση νερού. Τα κράκερ παρασκευάζονται από

Εικόνα 4.4. Κράκερ τύπου σνακ (αριστερά) και κράκερ αλατιού (δεξιά).



ΠΗΓΗ: Courtesy Elaina Espino and Karee Bohman

ζυμάρια με χαμηλή περιεκτικότητα υγρασίας, χαμηλές ποσότητες σε σάκχαρα και υψηλά επίπεδα λίπους. Μερικά κράκερ, όπως τα κράκερ αλατιού (saltline), περιέχουν ζύμη και μέσω της ζύμωσης παράγεται ένα πολυστρωματικό

ζυμάρι με μειωμένη ελαστικότητα και χαρακτηριστική γεύση. Τα κράκερ τύπου σνακ (snack crackers), δεν παράγονται με τη προσθήκη ζύμης αλλά με τη χρήση υψηλών ποσοτήτων συστατικών που επηρεάζουν τη γεύση και την οσμή και με μικρότερο χρόνο ζύμωσης.

4.1.5 Φύλλα κρούστας

Το ζυμάρι για πίτες αποτελείται κυρίως από αλεύρι, λίπος, αλάτι, νερό και αποτελεί την απλούστερη μορφή ζυμαριού. Το ζυμάρι έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και το μεγαλύτερο μέρος της συνεκτικότητας του οφείλεται στο λίπος που προσθέτεται. Το αλεύρι είναι το συστατικό που δίνει τη χαρακτηριστική γεύση στη τελική κρούστα. Αν και η γέμιση σε μια πίτα είναι το χαρακτηριστικό γνώρισμα μιας πίτας, το φύλλο επηρεάζει σημαντικά τη συνολική ποιότητα και τα θρεπτικά χαρακτηριστικά μιας πίτας. Η συνεκτικότητα γενικά του φύλλου εξαρτάται από έναν αριθμό παραγόντων όπως είναι οι συνθήκες επεξεργασίας του ζυμαριού, η ποιότητα των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται, η περιεκτικότητα υγρασίας κ.α. Είναι πολύ σημαντικό να γίνεται ακριβής έλεγχος της ανάπτυξης του ζυμαριού και των συνθηκών της διαδικασίας φυλλοποίησης ώστε όχι μόνο να ληφθεί το επιθυμητό φύλλο αλλά και τα τελικά προϊόντα που θα παραχθούν να χαρακτηρίζονται από υψηλή ποιότητα (Hoseney, R. C., Wade, P., and Finley, J. W., 1988).

Εικόνα 4.5. Χαρακτηριστικό ζυμάρι για πίτες.



ΠΗΓΗ: Courtesy Elaina Espino and Karee Bohman

4.1.6 Ντόνατς

Τα ντόνατς είναι ένα προϊόν μαλακού σίτου που τηγανίζεται και ως εκ τούτου το τηγάνισμα είναι μια διεργασία που δεν είναι κοινή για την πλειοψηφία άλλων προϊόντων μαλακού σίτου. Συνήθως έχουν σχήμα κυκλικό με ένα κενό στη μέση ή τετράγωνα. Μπορούν να πασπαλιστούν με ζάχαρη ή μπαχαρικά (κανέλλα), ενώ τα ντόνατς που έχουν υποστεί ψύξη μπορούν να γεμιστούν με μαρμελάδα, κρέμα ή παρόμοια συστατικά (Εικόνα 4.6). Στο εμπόριο κυκλοφορούν δύο κατηγορίες ντόνατς: α) τα ντόνατς τύπου κέικ, τα οποία διογκώνονται με baking powder και β) τα ντόνατς που διογκώνονται με ζυμομύκητες (παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και αιθυλικής αλκοόλης). Διαφορά στον τρόπο παρασκευής αυτών των δύο κατηγοριών είναι ότι στα ντόνατς τύπου κέικ το σχετικά λεπτόρρευστο ζυμάρι υποβάλλεται σε χτύπημα και ύστερα τοποθετείται σε τηγάνι με καυτό λάδι. Από την άλλη τα ντόνατς που διογκώνονται με ζυμομύκητες παράγονται από ζυμάρι το οποίο έχει υποστεί ζύμωση πριν το τηγάνισμα στο καυτό λάδι.

Εικόνα 4.6. Ντόνατς με διαφορετική επικάλυψη (π.χ. ζάχαρη, σοκολάτα).



ΠΗΓΗ: Courtesy Elaina Espino and Karee Bohman

4.2 Προϊόντα σκληρού σίτου

Το σκληρό σιτάρι (*Triticum durum*) χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για την παραγωγή προϊόντων ζυμαρικών. Αυτά τα προϊόντα είναι εξαιρετικά δημοφιλή σε όλο τον κόσμο και ποικίλουν κυρίως κατά το σχήμα τους. Για παράδειγμα ζυμαρικά όπως τα спаγγέτι, τα λαζάνια έχουν μακρύτερο σχήμα από τα ριγγατόνι και τις πέννες που είναι πιο μικρά σε σχήμα. Όλα αυτά τα προϊόντα επεξεργάζονται επί των πλείστων με βάση τη διαδικασία της εξώθησης και αν και είναι σχεδόν πανομοιότυπα στη σύνθεση, έχουν διαφορές στο σχήμα και το μέγεθος. Οι συνθέσεις που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των παραδοσιακών ζυμαρικών είναι απλές και συνήθως αποτελούνται από σιμιγδάλι και νερό με ενδεχόμενο εμπλουτισμό. Όπως με τα συνολικά προϊόντα που έχουν ως βάση το σιτάρι, έτσι και στα ζυμαρικά έχει αυξηθεί σημαντικά η παραγωγή τους. Σήμερα δίνεται κυρίως έμφαση σε προϊόντα που επιδρούν στην υγεία του καταναλωτή, γι' αυτό και τα ζυμαρικά ολικής άλεσης έχουν σημαντικό μερίδιο στην αγορά (Dick J. W., and Matsuo, R. B. 1998).

Εκτός των ζυμαρικών πολλά δημητριακά πρωινού παρασκευάζονται επίσης από σκληρό σιτάρι. Τα προϊόντα σε αυτή τη κατηγορία είναι πολύ διαφορετικά και οι συνθέσεις και οι διαδικασίες επεξεργασίας τους ποικίλλουν επίσης σημαντικά. Πολλοί τύποι δημητριακών πρωινού θεωρούνται υγιείς τροφές για πολλά χρόνια και συνεχώς εξελίσσονται σε πιο υγιείς μορφές τα τελευταία χρόνια. Επιπλέον, το σκληρό σιτάρι χρησιμοποιείται για την παραγωγή παραδοσιακών τελικών προϊόντων στις χώρες της Αφρικής και της Ανατολής κυρίως. Τέτοια προϊόντα είναι το κουσκούς, το bulgur, το firik, το ψωμί από σκληρό σιτάρι και αρκετά ανατολίτικα επιδόρπια που έχουν ως βάση το παραγόμενο από σκληρό σιτάρι σιμιγδάλι.

4.2.1 Ζυμαρικά

Το σιμιγδάλι από σκληρό σιτάρι προτιμάται κυρίως για την παραγωγή ζυμαρικών, τα οποία παρασκευάζονται χωρίς το ζυμάρι να υποστεί ψήσιμο ή ζύμωση, αλλά με τη διαδικασία της εξώθησης ή ελασματοποίησης. Εκτός του σιμιγδαλιού μπορούν να προστεθούν αυγά και γάλα και άλλα δευτερεύοντα συστατικά. Η παρασκευή των ζυμαρικών είναι απλή κατά την οποία το προστιθέμενο νερό αναμειγνύεται με το ζυμάρι μέχρι να σχηματισθεί η γλουτένη και εκείνο να πάρει το επιθυμητό σχήμα. Η διαμόρφωση των ζυμαριού επιτυγχάνεται κυρίως με εξώθηση, έλαση ή τεμαχισμός σε διάφορα σχήματα και συνήθως υπόκειται ξήρανση σε διάφορες θερμοκρασίες ανάλογα το προϊόν. Λόγω της σχετικής υγρασίας που είναι συνήθως κάτω του 70%, τα ξηρά ζυμαρικά έχουν μεγάλη διάρκεια αποθήκευσης που μπορεί να φτάσει μέχρι και σε χρόνια. Εκτός από τα ξηρά ζυμαρικά, παράγονται επίσης μερικώς ξηρά, νωπά, ψυγμένα ζυμαρικά, χυλοπίτες και γεμιστά ζυμαρικά όπως τα ραβιόλια και τα τορτελίνα (Pollini, C., Pantò, F., Sissons, M., and Abecassis, J. 2012).

4.2.1.1 Συστατικά ζυμαρικών

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω το σιμιγδάλι το οποίο λαμβάνεται κατά την διαδικασία της άλεσης του σκληρού σίτου (*Triticum durum*), είναι το βασικό συστατικό παρασκευής των ζυμαρικών. Παρόλα αυτά σε μερικές χώρες, αν και το αλεύρι από μαλακό σιτάρι δεν είναι κατάλληλο για την παραγωγή ζυμαρικών, χρησιμοποιείται ποσότητα αλεύρου από μείγμα σκληρού σίτου και μαλακού σίτου ή ακόμη και μόνο μαλακό αλεύρι. Τα ζυμαρικά εκτός από το σιμιγδάλι ή μείγματα αλεύρου, περιέχει και αυγά και άλλα δευτερεύοντα συστατικά όπως είναι το αλάτι, το ασπράδι αυγού, φωσφορικό δινάτριο κ.α.

4.2.1.1.1 Σιμιγδάλι

Το σκληρό σιτάρι (*Triticum durum*) λόγω των ξεχωριστών του ιδιοτήτων είναι κατάλληλο για την παραγωγή ζυμαρικών. Μερικές από αυτές τις ιδιότητες είναι η σχετική υψηλή περιεκτικότητα των κίτρινων χρωστικών, η χαμηλή δραστηριότητα λιποξυγενάσης και η υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Το παραγόμενο σιμιγδάλι από σκληρό σιτάρι διαθέτει μεγάλα και απαλλαγμένα από πίτυρο σωματίδια ενδοσπερμίου (130-400μm), μεγαλύτερου μεγέθους από εκείνα που βρίσκονται στο κοινό αλεύρι. Το σιμιγδάλι παράγει ένα ισχυρό ελαστικό ζυμάρι λόγω του υψηλού επιπέδου γλουτένης που μπορεί εύκολα να διαμορφωθεί σε διαφορετικά σχήματα ανάλογα με τη ζήτηση ζυμαρικών στην αγορά. Η επιθυμητή ποιότητα ζυμαρικών προϋποθέτει ιδανική περιεκτικότητα και σύνθεση πρωτεϊνών και ειδικότερα δύναμη της γλουτένης. Αυτό επηρεάζεται τόσο από το άμυλο που ζελατινοποιείται όσο και από το σχηματισμό του πλέγματος πρωτεϊνών. Οι πολλές υφές και οι ιδιότητες των ζυμαρικών κατά το μαγείρεμα είναι αποτέλεσμα των δύο αυτών πολυμερών λόγω παρουσίας νερού. Επιπλέον, την ποιότητα των ζυμαρικών επηρεάζει η απόδοση του σιμιγδαλιού κατά τη διαδικασία της άλεσης και ιδιαίτερα απαιτείται ένας πολύ καλός καθαρισμός, ώστε το εξαγόμενο σιμιγδάλι να αποδίδει στα ζυμαρικά την χρυσοκίτρινη εμφάνιση, την υψηλή αντοχή στη θραύση και την ανοχή κατά το μαγείρεμα.

Στα περισσότερα εργοστάσια παραγωγής ζυμαρικών το αποτελούμενο από ομοιόμορφα σωματίδια σιμιγδάλι, προτιμάται για παραγωγή υψηλότερης ποιότητας ζυμαρικών. Το σιμιγδάλι αποτελείται κυρίως από μια συλλογή από κύτταρα αμυλούχου ενδοσπερμίου. Τα κύτταρα αυτά με τη σειρά τους αποτελούνται από κυτταρικά τοιχώματα (πίτυρο), άμυλο (ενδοσπέρμιο), πρωτεΐνες και ένζυμα. Η λήψη ζυμαρικών υψηλής ποιότητας προϋποθέτει σιμιγδάλι χρυσοκίτρινου χρώματος, δυνατή γλουτένη, ελάχιστα μαύρα στίγματα ή στίγματα πτύρου, ομοιόμορφη κατανομή κόκκων και επίπεδα υγρασίας 13,5-14,5% (Fuad and Prabhasankar, 2010).

4.2.1.1.2 Αλεύρι

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, υπάρχουν περιπτώσεις που στις βιομηχανίες ζυμαρικών εκτός από σιμιγδάλι μπορούν να χρησιμοποιηθούν μίγματα σκληρού και μαλακού

σίτου ή μόνο κοινό αλεύρι. Στην παρασκευή ζυμαρικών η ποικιλία αλεύρων που χρησιμοποιούνται επηρεάζει το χρώμα, τη γεύση, την οσμή και την υφή κατά διαφορετικό τρόπο. Μερικά από τα είδη αλεύρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι: α)το μη λευκασμένο λευκό αλεύρι, β)το αλευροσιμιγδαλο, γ)το αλεύρι ολικής άλεσης, δ)το αλεύρι από φαγόπυρο (ή μαυροσίταρο), ε)το αλεύρι από μαύρο ρύζι ή στ') το σιμιγδάλι αραβοσίτου.

4.2.1.1.3 Αυγά

Την υψηλή θρεπτική αξία των ζυμαρικών, όπως και το χαρακτηριστικό κίτρινο χρώμα τους βοηθάει η προσθήκη αυγών. Ζυμαρικά στα οποία περιέχονται αυγά έχουν μια πιο δυνατή υφή και δημιουργούν μια διαφορετική αίσθηση κατά τη μάσηση, συγκριτικά με τα απλά ζυμαρικά. Τα παραγόμενα ζυμαρικά με προσθήκη αυγών έχουν υψηλότερη ποιότητα και συχνά και υψηλότερη τιμή από τα κοινά ζυμαρικά. Τα αυγά προσθέτονται στη συνταγή ζυμαρικών είτε σε υγρή είτε σε ξηρή μορφή. Τα αυγά που προσθέτονται σε υγρή μορφή δίνουν μεγαλύτερη ποιότητα στα ζυμαρικά, αν και χρειάζεται πολύ προσοχή στο να διασφαλιστεί η μικροβιολογική ποιότητα τους. Αντίθετα, η προσθήκη αυγών σε ξηρή μορφή παρουσιάζουν λιγότερα προβλήματα και οι κίνδυνοι είναι περιορισμένοι συγκριτικά με αυτούς που αναφέρονται στα αυγά σε υγρή μορφή. Επιπλέον, τα αυγά σε ξηρή μορφή παρατείνουν το χρόνο ζωής αποθήκευσης στα ζυμαρικά, είναι πιο εύκολη η μεταφορά τους και έχουν μειωμένο όγκο.

4.2.1.1.4 Λάδι

Το λάδι είναι ένα προαιρετικό συστατικό στην παραγωγή ζυμαρικών. Παρόλα αυτά με την προσθήκη του, τα ζυμαρικά αποκτούν μια πιο ήπια και μεταξένια υφή. Επίσης, το λάδι βοηθάει στην διαδικασία της εξώθησης των ζυμαρικών και ενισχύει τη γεύση και την οσμή τους.

4.2.1.1.5 Νερό

Το νερό που χρησιμοποιείται στην παραγωγή ζυμαρικών πρέπει να είναι πόσιμο και να είναι ελεύθερο από δυσάρεστες οσμές και από μικροβιολογικές ή χημικές επιμολύνσεις. Επίσης, δεν πρέπει έχει υψηλή σκληρότητα, ενώ θα πρέπει να έχει χαμηλή περιεκτικότητα ιόντων μαγνησίου, ασβεστίου και νατρίου, διότι αυτά είναι υπεύθυνα για τη μη ευχάριστη γεύση, οσμή και χρώμα στα παραγόμενα ζυμαρικά (Sissons, M., Abecassis, J., Marchylo, B., and Carcea, M., Eds. 2012).

4.2.1.1.6 Πρωτεΐνες ορού γάλακτος

Ο ορός γάλακτος περιέχει ένα μίγμα διαφορετικών πρωτεϊνών με πολλαπλές φυσικές, χημικές και λειτουργικές ιδιότητες. Οι πρωτεΐνες αυτές αποτελούνται από την α-λακταλβουμίνη, β-λακτοσφαιρίνη, λακτοφερίνη, λακτοϋπεροξειδάση, ανοσοσφαιρίνες, γλυκομακροπεπτίδια και άλλος αυξητικούς παράγοντες. Η προσθήκη πρωτεϊνών γάλακτος στο σιμιγδάλι προκαλεί ενίσχυση στα εμπλουτισμένα ζυμαρικά, τα οποία είναι πιο αποδεκτά από τα κοινά ζυμαρικά που έχουν παρασκευαστεί μόνο από σιμιγδάλι. Έχει παρατηρηθεί ότι η προσθήκη αυξημένων επιπέδων καζεΐνης συμβάλλει στην σκληρότητα των ζυμαρικών και γενικότερα στην αποδοχή των προϊόντων αυτών.

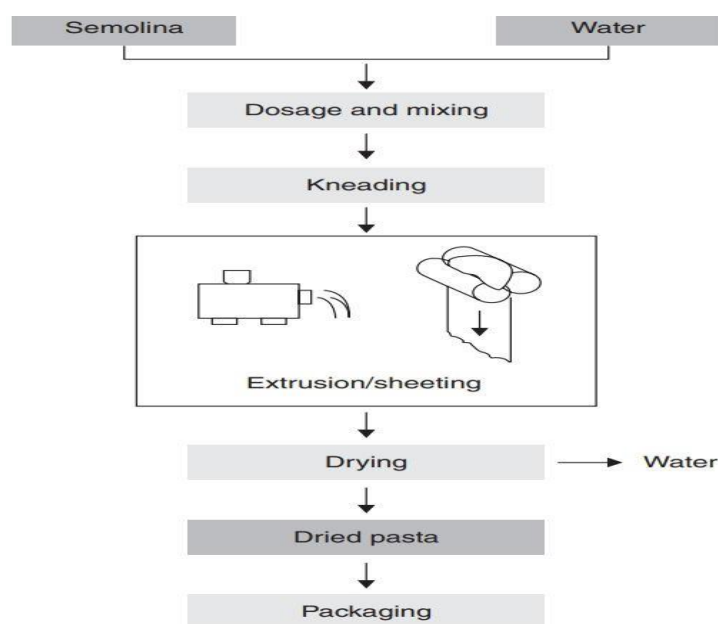
4.2.1.1.7 Ίνες

Οι φυτικές ίνες προσδίδουν αρκετά οφέλη στην υγεία των καταναλωτών. Η προσθήκη φυτικών ινών στα ζυμαρικά ως μερική αντικατάσταση του σιμιγδαλιού αναπτύσσεται ολοένα και περισσότερο στις βιομηχανίες ζυμαρικών, παράγοντας τελικά προϊόντα που έχουν λιγότερες θερμίδες. Οι φυτικές ίνες που χρησιμοποιούνται κυρίως από αραβόσιτο, αρακά, σόγια ή κυτταρίνη βελτιώνουν αρκετά την υφή, την γεύση και το χρώμα στα μαγειρεμένα ζυμαρικά χαμηλών θερμίδων.

4.2.1.2 Παρασκευή ζυμαρικών

Τα ζυμαρικά καταναλώνονται παγκοσμίως λόγω των πολλών χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων τους, όπως είναι η μεγάλη ποικιλία μεγέθους και σχημάτων τους, της μεγάλης διατηρησιμότητας τους, της καλής διατροφικής αξίας που προσδίδουν και του σχετικά χαμηλού κόστους. Το σιμιγδάλι σκληρού σίτου είναι η πρώτη ύλη της παρασκευής ζυμαρικών και η επεξεργασία τους στοχεύει στην αλλαγή μορφή του υαλώδους ενδοσπερμίου σκληρού σίτου χρησιμοποιώντας φυσικές μεθόδους. Η επεξεργασία ζυμαρικών είναι μια απλή διαδικασία και αποτελείται από τρεις κύριες λειτουργίες. Η πρώτη είναι η μετατροπή του σιμιγδαλιού και του νερού σε μια συνεκτική μάζα μέσω της ανάμειξης και μάλαξης (ζύμωμα), με σκοπό να επιτευχθεί ο σχηματισμός του δικτύου της γλουτένης. Έπειτα είναι μορφοποίηση του ζυμαριού μέσω της διαδικασίας της εξώθησης ή ελασματοποίησης. Τέλος, η σταθεροποίηση της μορφής των ζυμαρικών με τη διαδικασία της ξήρανσης (Σχήμα 4.2). Αυτή η ακολουθία διεργασιών αναπτύχθηκε σε βιομηχανική κλίμακα στις αρχές της δεκαετίας του 1930 με την εισαγωγή αυτόματων ξηραντήρων και αναπτύχθηκε περαιτέρω με την κατασκευή αυτόματων γραμμών παραγωγής στα μέσα του 1950. Αν και οι διαδικασίες παραγωγής ζυμαρικών δεν έχουν αλλάξει πολύ από τότε, ο μέσος όρος παραγωγής ζυμαρικών έχει αυξηθεί σημαντικά έως και 8.000 kg/h ετησίως, χάρη στην ανάπτυξη των επιστημονικών δεδομένων σχετικά με τις φυσικοχημικές ιδιότητες του σιμιγδαλιού και των τελικών προϊόντων καθώς και λόγω της ανάπτυξης νέων αυτοματοποιημένων γραμμών επεξεργασίας (ανάπτυξη αισθητήρων κ.α.) (Marchylo et. Dexter, 2001).

Σχήμα 4.2. Διαδικασία παραγωγής ζυμαρικών

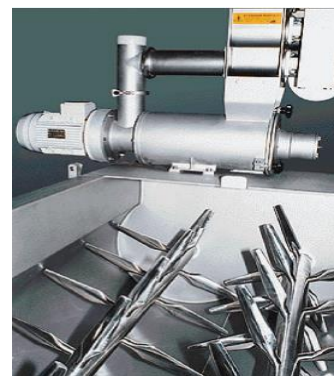


ΠΗΓΗ: www.pasta.unfpa.org

4.2.1.2.1 Ανάμειξη

Η διαδικασία της ανάμειξης είναι μια φυσική διεργασία που κύριος σκοπός της είναι η ομοιόμορφη κατανομή του νερού μεταξύ των σωματιδίων του σιμιγδαλιού. Επίσης, το σχηματιζόμενο ζυμάρι θα πρέπει να έχει περιεκτικότητα υγρασίας ~31%. Αντίστοιχα, σε ζυμάρια ψωμιού η περιεκτικότητα υγρασίας είναι 45%. Αρχικά προστίθεται νερό στο σιμιγδάλι ή στο σκληρό αλεύρι ή μίγμα αυτού σε δοχεία αναμίξεως. Στη συνέχεια μεταφέρεται σε αναμικτήρα κενού (Εικόνα 4.7) για περαιτέρω ανάμειξη. Οι φυσαλίδες αέρα με αυτό τον τρόπο απομακρύνονται πριν την εξώθηση και αποφεύγεται η υποβάθμιση του τελικού προϊόντος και η οξείδωση των επιθυμητών κίτρινων χρωστικών. Η παρουσία φυσαλίδων αέρα προσδίδει μια ανεπιθύμητη εμφάνιση (διαφανή λευκή όψη) και ενισχύουν τη θραύση των ζυμαρικών.

Εικόνα 4.7. Αναμικτήρας κενού.



ΠΗΓΗ: Dawe 2001a

Σε πολλές βιομηχανίες ζυμαρικών προτιμάται η χρήση προ-αναμικτήρων για την αποτελεσματικότερη ενυδάτωση του σιμιγδαλιού. Οι προ-αναμικτήρες αυτοί είναι εξοπλισμένοι με μια περιστροφική άτρακτο υψηλής ταχύτητας η οποία ευνοεί την ενυδάτωση των κόκκων του σιμιγδαλιού σε μικρό χρονικό διάστημα. Μετά το τέλος της διαδικασίας της ανάμειξης το μίγμα νερού-σιμιγδαλιού έχει κοκκώδη δομή, με σωματίδια διαμέτρου 0,1 έως 0,5 cm και εξαρτάται κυρίως από την αναλογία σιμιγδαλιού προς νερό και από τη διάρκεια και την ένταση της διαδικασίας της ανάμειξης (Carini et al., 2013).

4.2.1.2.2 Μορφοποίηση

Μετά την ανάμιξη, το σχηματιζόμενο ζυμάρι υπόκειται σε μορφοποίηση για να διαμορφωθεί το επιθυμητό σχήμα. Γενικότερα, η διαδικασία της μορφοποίησης διευκολύνει τη σταθερότητα της δομής των ζυμαρικών κατά το μαγείρεμα. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με εξώθηση είτε με ελασματοποίηση. Συνήθως για την παραγωγή ξηρών ζυμαρικών (π.χ. спаγγέτι, πέννες) χρησιμοποιείται η μέθοδος της εξώθησης ενώ για τα γεμιστά ζυμαρικά (π.χ. tortellini), γίνεται χρήση της μεθόδου της ελασματοποίησης.

Η διαδικασία της εξώθησης περιλαμβάνει φάσεις συμπίεσης και εξώθησης του ζυμαριού μέσω των οπών της μήτρας. Η υψηλή πίεση που ασκείται ωθεί το ζυμάρι μέσα από τις οπές, οι οποίες ποικίλουν κατά το σχεδιασμό τους για να δώσουν το επιθυμητό σχήμα και μέγεθος των ζυμαρικών (Εικόνα 4.8). Κατά τη διαδικασία της εξώθησης, δημιουργείται τριβή μεταξύ του ζυμαριού και των οπών του εξωθητήρα με αποτέλεσμα την δημιουργία θερμότητας. Η παραγωγή θερμότητας σε αυτήν την διαδικασία μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα του τελικού προϊόντος (μετουσίωση πρωτεΐνης), γι' αυτό και είναι απαραίτητη η κυκλοφορία νερού ψύξεως για τη διατήρηση της σταθερότητας της θερμοκρασίας. Οι μήτρες διατίθενται σε πολλά σχήματα και μεγέθη αντιπροσωπευτικά της ποικιλίας προϊόντων των ζυμαρικών. Παρόλα αυτά η εσωτερική επιφάνεια της μήτρας επηρεάζει σημαντικά την εμφάνιση των προϊόντων. Αρχικά κατασκευάστηκαν μήτρες από χαλκό ο οποίος όμως ήταν μαλακός και είχε χαμηλή αντοχή με αποτέλεσμα να χρειάζεται γρήγορα επισκευή ή αντικατάσταση. Σήμερα χρησιμοποιούνται πιο συχνά ανοξείδωτες μήτρες με επίστρωση από τεφλόν στην επιφάνεια εξώθησης της μήτρας (Abecassis et al. 1994; Carini et al. 2013; Manthey and Twombly 2005).

Εικόνα 4.8. Εξωθητήρας για ζυμαρικά μεγάλου μήκους (Long goods).



ΠΗΓΗ: Delcour, J. A., and Hosney, R. C. 2010

Η διαδικασία της ελασματοποίησης χρησιμοποιείται κυρίως στην Ιταλία για την παραγωγή νωπών ζυμαρικών. Μάλιστα αναφέρεται ότι τα μαγειρεμένα ζυμαρικά που λαμβάνονται με ελασματοποίηση είναι καλύτερης ποιότητας από εκείνα που έχουν υποστεί εξώθηση. Για τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιούνται μηχανές φυλλοποίησης, οι οποίες περιλαμβάνουν δύο ή τρεις περιστρεφόμενους κυλίνδρους με αυλακώσεις καθώς και από ένα ζεύγος λείων κυλίνδρων (Εικόνα 4.9). Οι αυλακωτοί κύλινδροι εκτελούν μια σχετική μάλαξη, ενώ οι λείοι κύλινδροι πέζουν το ζυμάρι προς συμπαγή φύλλα ζυμαρικών.

Εικόνα 4.9. Παραγωγή γεμιστών ζυμαρικών με ελασματοποίηση.



ΠΗΓΗ: www.smartpastamaker.com

Αξιοσημείωτο είναι ότι με τη φυλλοποίηση προωθείται περισσότερο το δίκτυο της γλουτένης σε σχέση με την εξώθηση. Αυτό οφείλεται στο ότι το ζυμάρι κατά την εξώθηση η δομή της πρωτεΐνης αποδυναμώνεται λόγω των διατμητικών τάσεων που υποβάλλεται. Βέβαια, η πίεση

που εφαρμόζεται στα ζυμαρικά κατά την εξώθηση είναι υπεύθυνη για τη συμπαγή δομή ζυμαρικών και εν τέλει της υψηλής αντοχής κατά το μαγείρεμα τους. Αντίθετα στην φυλλοποίηση με κυλίνδρους η πρωτεΐνη 'εuthραγραμμίζεται' προς ένα συνεχές πλέγμα, στο οποίο η καλή δομή του εξαρτάται κυρίως από την ποσότητα και την ποιότητα της πρωτεΐνης.

4.2.1.2.3 Ξήρανση

Η ξήρανση ήταν πάντα το πιο χρονοβόρο και το πιο κρίσιμο στάδιο κατά τη παραγωγή ζυμαρικών. Η βελτίωση και η πρόοδος του τεχνολογικού εξοπλισμού τα τελευταία 30 χρόνια έχουν μειώσει σημαντικά το χρόνο της διαδικασίας της ξήρανσης. Σκοπός της ξήρανσης είναι να μειωθεί η περιεκτικότητα υγρασίας που εξάγεται από την διαδικασία της εξώθησης ή ελασματοποίησης, από το 31% στο 12-13%. Αυτό θα δώσει ένα τελικό προϊόν με υψηλή σκληρότητα και καλή αποθήκευση χωρίς να αλλοιωθεί. Επίσης η μείωση της περιεκτικότητας της υγρασίας μέσω της ξήρανσης συμβάλει στη διατήρηση του σχήματος των ζυμαρικών.

Γενικότερα η διαδικασία της ξήρανσης υποδιαιρείται σε ορισμένες φάσεις. Αυτές οι φάσεις αποτελούνται από την προξήρανση υψηλής θερμοκρασίας, την ξήρανση υψηλής θερμοκρασίας, την ύγρανση (σταθεροποίηση και την ψύξη. Το στάδιο της προξήρανσης είναι υπεύθυνο για την απώλεια της υγρασίας στην πλειονότητα των ζυμαρικών. Στην προξήρανση η εξωτερική επιφάνεια του ζυμαρικού σκληραίνει ενώ το εσωτερικό παραμένει μαλακό. Αυτή η διαδικασία δημιουργεί κλιμάκωση υγρασίας από το εξωτερικό στο εσωτερικό του ζυμαρικού. Στη φάση της ξήρανσης υψηλής θερμοκρασίας (60-120°C, τα ζυμαρικά μεταφέρονται σε ράβδους και τοποθετούνται κατά μήκος διαδοχικών επίπεδων αλυσίδων οι οποίες διέρχονται μέσω του ξηραντήρα. Αυτός ο διαχωρισμός επιτρέπει στα ζυμαρικά να περάσουν από ζώνες διαφορετικής θερμοκρασίας και υγρασίας. Η θερμική ενέργεια μεταφέρεται στα ζυμαρικά μέσω ροής αέρα που εξέρχεται από μονάδες εξαερισμού και καθώς οι ράβδοι προχωρούν, το προϊόν περνάει από διαδοχικές φάσεις ξήρανσης και σταθεροποίησης. Τα μικρού μήκους ζυμαρικά ξηραίνονται σε τύμπανα ή ξηραντήρες μεταφορικής ταινίας, ενώ τα ζυμαρικά με σχήμα στροφικό ξηραίνονται σε κόσκινα.

Μετά τη τελευταία φάση της ξήρανσης, ακολουθεί η ύγρανση ή σταθεροποίηση (humidification) και έχει σκοπό να προσθέσει λίγη υγρασία με έγχυση ατμού ώστε να

εξασφαλίσει ότι η επιθυμητή τιμή της υγρασίας είναι κατανομημένη ομοιόμορφα στο εσωτερικό του προϊόντος. Εξαλείφει δηλαδή τυχόν κλιμακώσεις της υγρασίας και παράλληλα πετυχαίνει τη ενίσχυση και τη σταθεροποίηση του προϊόντος. Τέλος μετά τη διαδικασία της ύγρανσης τα ζυμαρικά ψύχονται με σκοπό να βρεθούν σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον και να καταστούν κατάλληλα για συσκευασία (Εικόνα 4.10) (Anese et al. 1999; de Stefanis and Sgrulletta 1990; Guller et al. 2002; Migliori et al. 2005; Villeneuve and Gelinas 2007).

Εικόνα 4.10. Γραμμή ξήρανσης ζυμαρικών, όπου περιλαμβάνει τη προξήρανση, την ξήρανση, τη σταθεροποίηση (humidification) και την ψύξη.



ΠΗΓΗ: www.buhlergroup.com

4.2.1.2.4 Συσκευασία

Η συσκευασία αποτελεί το τελικό στάδιο παραγωγής ζυμαρικών και προστατεύει το προϊόν από τυχόν βλάβες κατά τη μεταφορά ή την αποθήκευση. Προωθεί ακόμη και την εμφάνιση κάνοντας το προϊόν πιο ελκυστικό στα ράφια των καταστημάτων πώλησης. Οι πλέον περισσότερο χρησιμοποιούμενες συσκευασίες ζυμαρικών κατασκευάζονται από πλαστικό με διαφορετικό μέγεθος ανάλογα με τη χρήση των ζυμαρικών (π.χ. 500g ή 1kg για οικιακή κυρίως χρήση ή 5-10kg για επαγγελματική χρήση).

4.2.2 Πλιγούρι

Το πλιγούρι (bulgur), είναι ένα είδος αποξηραμένου ραγισμένου σίτου το οποίο έχει περάσει από τα στάδια του βρασμού, ξήρανσης και άλεσης. Αποτελεί ένα από τα παλαιότερα τρόφιμα με βάση τα δημητριακά και χρησιμοποιείται ως κύριο πιάτο ή ως ένα από τα συστατικά στα περισσότερα τρόφιμα που καταναλώνονται στην Τουρκία, τη Συρία, την Ιορδανία, τον Λίβανο και την Αίγυπτο. Ως προϊόν ολικής άλεσης, το πλιγούρι είναι μια καλή πηγή διαιτητικών ινών, πρωτεϊνών, σιδήρου και βιταμινών. Το πλιγούρι αποτελεί κύρια πηγή ενέργειας και μπορεί να παρασκευαστεί από διάφορους τύπους σιτηρών. Ωστόσο προτιμάται το σκληρό σιτάρι (*Triticum durum*), λόγω της υψηλότερης πυκνότητας, του υαλώδους ενδοσπερμίου και της υψηλής περιεκτικότητας σε γλουτένη. Υπολογίζεται ότι στις χώρες της Ανατολής το σκληρό σιτάρι χρησιμοποιείται για την παρασκευή bulgur σε ποσοστό 15% (Ozboy and Koksel 2002).

4.2.3 Frekeh

Το όνομα frekeh (ή firik ή frik), αποδίδεται στο πράσινο, ψημένο, θρυμματισμένο και κοσκινισμένο προϊόν σκληρού σίτου. Το frekeh είναι ένα αρχαίο και παραδοσιακό προϊόν ολικής άλεσης που παράγεται από σκληρό σιτάρι πρώιμης συγκομιδής σε γαλακτώδες στάδιο. Σε αντίθεση με το πλιγούρι που το οποίο παρασκευάζεται σε βιομηχανική κλίμακα, το frekeh παράγεται σε μικρότερη κλίμακα της βιοτεχνίας. Παρόλα αυτά σε ορισμένες περιοχές της Ανατολής, η τιμή ενός κιλού frekeh μπορεί να κοστίσει πέντε έως έξι φορές περισσότερο από την τιμή ενός κιλού σιμιγδαλιού (Bayram, 2008).

Παραδοσιακά το frekeh παρασκευάζεται από ανώριμους κόκκους σκληρού σιταριού, ειδικά από ποικιλίες που μπορούν να δώσουν τους πιο πράσινους και μεγαλύτερου μεγέθους κόκκους. Το στάδιο στο οποίο το σκληρό σιτάρι συγκομίζεται είναι κρίσιμο και ο βέλτιστος χρόνος συγκομιδής αντιστοιχεί σε λιγότερο των 10 ημερών, από την πλήρη ανάπτυξη του σπόρου. Έπειτα το σιτάρι που έχει συλλεχθεί αφήνεται στον ήλιο για να στεγνώσει. Στη συνέχεια υπόκεινται σε καύση

Εικόνα 4.11. Frekeh.



ΠΗΓΗ: www.shutterstock.com

ώστε να καούν το άχυρο και ο φλοιός. Η υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία των ανώριμων σπόρων εμποδίζει την καύση στο εσωτερικό τους. Το καρβουδισμένο σιτάρι έπειτα αλέθεται και ξηραίνεται στον ήλιο για να επιτευχθεί ομοιόμορφη γεύση, υφή και χρώμα. Τέλος οι σπόροι σπάζουν σε μικρότερα κομμάτια που μοιάζουν σαν πράσινο πλιγούρι (Εικόνα 4.11) (Humeid and AlAmary 1986, Umary and Humeid, 1986).

4.2.4 Κουσκούς

Το κουσκούς αποτελεί ένα πολύ παλιό προϊόν διατροφής σχεδόν 2.000 χρόνων (ρωμαϊκά χρόνια). Το κουσκούς διαδόθηκε από τους Άραβες σε όλη την Ευρώπη κατά το 17^ο αιώνα και διαδόθηκε στην Αμερική μέσω πορτογαλικών φορτίων από το Μαρόκο. Το κουσκούς παράγεται από την ανάμιξη σιμιγδαλιού σκληρού σίτου με νερό και είναι ευρέως γνωστό σε όλο τον κόσμο λόγω της αυξανόμενης δημοτικότητας της υγιεινής διατροφής και της ‘Μεσογειακής διατροφής’. Υπολογίζεται ότι το 10% του σκληρού σίτου στην χώρας της Ανατολής, χρησιμοποιείται για την παραγωγή κουσκούς.

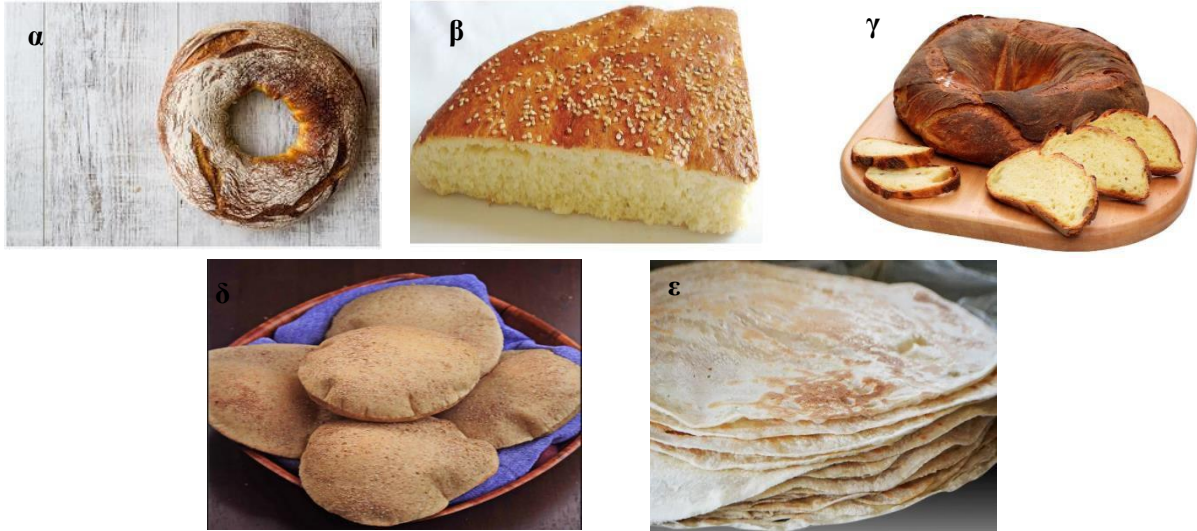
Η παραγωγή του κουσκούς σε βιομηχανική κλίμακα απαιτεί την ανάμειξη της πρώτης ύλης (σιμιγδάλι) με το νερό για τη δημιουργία ενός μείγματος, τη μορφοποίηση του μείγματος, το μαγείρεμα σε ατμό, την ξήρανση των χονδροειδών σωματιδίων, την ψύξη σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, το διαχωρισμό του κουσκούς σε λεπτά (0,8-1,2mm) ή μεσαία και χονδροειδή κοκκία (1,5-2,5mm) και τέλος την αποθήκευση του τελικού προϊόντος έως ότου συσκευαστεί. Γενικότερα, η ποιότητα τους κουσκούς εξαρτάται κυρίως από τα χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης (χαρακτηριστικά σκληρού σίτου και συνθήκες άλεσης του) και τη διαδικασία παρασκευής του (στάδια ανάμειξης, μαγειρέματος και ξήρανσης) (Cuq and Abecassis 2006, Ounane et al 2006).

4.2.5 Παραδοσιακά είδη ψωμιού

Το σκληρό σιτάρι χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερο βαθμό στην παραγωγή ψωμιού στη Μέση Ανατολή και την Ιταλία απ’ ότι σε άλλα μέρη του κόσμου. Σε ορισμένες χώρες της Μέσης Ανατολής το 70-90% του σκληρού σίτου χρησιμοποιείται για την παραγωγή ψωμιού. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι ψωμιού που παρασκευάζονται από σκληρό σιτάρι. Για παράδειγμα στην Συρία, τον Λίβανο και την Ιορδανία είναι διαδεδομένο το ψωμί δύο ‘στρώματων’ khobz (Εικόνα 4.12). Στην Αίγυπτο το ψωμί αυτού του τύπου ονομάζεται baladi και shami (Εικόνα 4.12). Επίσης στη Συρία και το Λίβανο παράγεται και το ψωμί ενός στρώματος όπως το tannur και saaj (Εικόνα 4.12). Στην Τουρκία, το επίπεδο ψωμί tandir ekmeği, παράγεται από σκληρό σιτάρι (Εικόνα 4.12). Γενικότερα, το 30% και το 18% του σκληρού σίτου που παράγεται σε χώρες της Ανατολής, χρησιμοποιείται για την παρασκευή ψωμιών διπλής και μόνης στρώσης αντίστοιχα. Διάφορα είδη ψωμιού παρασκευάζονται και στην Νότια Ευρώπη και κυρίως στην Ιταλία, ανάλογα το σχήμα του ψωμιού και την περιοχή της χώρας. Το πιο διαδεδομένο ψωμί σκληρού σίτου στην Ιταλία είναι το altamura (Εικόνα 4.12). Γενικά, διάφορα είδη σκληρού ψωμιού με διαφορετικά ονόματα ανάλογα με το σχήμα,

την περιοχή παραγωγής και το είδος αρτοποιίας, παρασκευάζονται σήμερα σε πολλές χώρες και παράγονται κυρίως με τεχνικές μεθόδους (Williams et al 1984, Williams 1985, Tesemma 1987, Quaglia 1988).

Εικόνα 4.12. Διάφοροι τύποι ψωμιών σκληρού σίτου , α) Tandir ekmeği, β) Khobz ,γ) Altamura bread, δ) baladi, ε) saaj..



ΠΗΓΗ: www.shutterstock.com

4.2.6 Προϊόντα ζαχαροπλαστικής

Το σιμιγδάλι σκληρού σίτου χρησιμοποιείται ευρέως και για την παραγωγή προϊόντων ζαχαροπλαστικής, ειδικά σε χώρες της Μεσογείου. Συνήθως τα γλυκά αυτά χρησιμοποιούνται σε ειδικές καταστάσεις όπως θρησκευτικές εκδηλώσεις. Χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε ζάχαρη και λιπαρά και η αντοχή της γλουτένης ως βασικό χαρακτηριστικό του σιμιγδαλιού δεν έχει τόσο κύριο λόγο για την ποιότητα των τελικών προϊόντων που βασίζονται περισσότερο στην τεχνογνωσία.

Μερικά από αυτά τα προϊόντα είναι ένα είδος τηγανίτας (pancakes), το οποίο παρασκευάζεται έχοντας ως πρώτη ύλη το σιμιγδάλι ή μίγμα αυτού με μαλακό σιτάρι και καταναλώνεται σε περιπτώσεις σημαντικών εκδηλώσεων και περιπτώσεων. Διάφορα ονόματα που έχουν δοθεί για αυτό το προϊόν είναι korsā ή ghraif ή enjera (Αιθιοπία) (Steinkraus 1996). Επιπλέον, ένα προϊόν ζαχαροπλαστικής σκληρού σίτου (σιμιγδάλι),

Εικόνα 4.13. Makroud.



ΠΗΓΗ: www.shutterstock.com

αποτελούν τα ειδικά παρασκευής κέικ makroud ή bradj (Εικόνα 4.13). Παρασκευάζονται με πρώτη ύλη το σιμιγδάλι και η επάνω πλευρά του προϊόντος είναι χρυσοκίτρινη με τραγανή υφή και γλυκιά γεύση. Λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά και ζάχαρη, αυτά τα προϊόντα έχουν αρκετά καλή διατηρησιμότητα χωρίς κίνδυνο επιμόλυνσης (πέντε έως επτά ημέρες). Αποτελούν προϊόντα υψηλής θερμιδικής αξίας και συνήθως καταναλώνονται σε γάμους, θρησκευτικές τελετές και άλλες κοινωνικές εκδηλώσεις.

5. Συμπέρασμα

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν οι σημαντικές διαφορές ανάμεσα στο μαλακό σιτάρι *Triticum aestivum* και το σκληρό σιτάρι *Triticum durum*. Συγκεκριμένα, μετά από μια γενική περιγραφή και πληροφορίες αναφορικά για το σιτάρι, έγινε αναφορά στα διαφορετικά χαρακτηριστικά που εκφράζουν την ποιότητα τόσο των κόκκων όσο και του μαλακού αλεύρου και του σιμιγδαλιού το οποίο παράγουν το καθένα από αυτά αντίστοιχα. Θεμελιώδης διαφορά για τα δύο είδη σίτων αποδείχθηκε η υφή του ενδοσπερμίου που βάση αυτού του χαρακτηριστικού επηρεάζεται μια σειρά χαρακτηριστικών που κι αυτά με την σειρά τους είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τη διαδικασία επεξεργασίας των δύο σίτων και των παραγόμενων τελικών προϊόντων.

Έπειτα, παρουσιάστηκαν οι διαδικασίες επεξεργασίας των δύο σίτων ξεχωριστά. Εκεί παρατηρήθηκε ότι η διαδικασία άλεσης είναι κατά πολύ διαφορετικές για τα δύο σιτάρια. Οι διαφορές αυτές έχουν ως βάση το τελικό προϊόν που επιθυμείται που στην περίπτωση του μαλακού σίτου παράγεται αλεύρι μικρών ομοιόμορφων σωματιδίων, ενώ στο σκληρό σιτάρι μετά από τη διαδικασία της άλεσης παράγεται ένα κοκκώδες προϊόν (σιμιγδάλι). Η διαφορά στο παραγόμενο προϊόν της άλεσης είναι σημαντική και έχει ως αντίκτυπο κυρίως διαφορές ως προς τα στάδια (τεχνολογικά περάσματα) της άλεσης των δύο σίτων και τον μηχανολογικό εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθεί. Επιπλέον σημαντικές διαφορές αναφέρονται και σε πιο συγκεκριμένες απαιτήσεις που αφορούν την περιεκτικότητα της υγρασίας των δύο σίτων, τις θερμοκρασίες και τους χρόνους των διαδικασιών που υπόκεινται τα δύο είδη σίτων. Γενικότερα, η διαδικασία της άλεσης του σκληρού σίτου αποδείχθηκε λόγω κυρίως σκληρότητας του σίτου (υαλώδης ενδοσπέρμιο), πιο πολύπλοκη και πιο χρονοβόρα για να αποδοθεί το τελικό κοκκώδες προϊόν (σιμιγδάλι).

Τέλος, έγινε αναφορά στα τελικά προϊόντα του μαλακού και του σκληρού σίτου που αποδίδουν μετά από επεξεργασία τους. Δύο από τα πιο σημαντικά και ευρέως διαδεδομένα παγκοσμίως προϊόντα παράγονται από το μαλακό και το σκληρό σίτο. Αυτά αποτελούν το ψωμί (μαλακό ή κοινό αλεύρι) και τα ζυμαρικά (σιμιγδάλι). Η διαφορετικότητα της παρασκευής τους όπως περιεγράφηκε οφείλεται όχι μόνο στο διαφορετικό τελικό προϊόν αλλά και στην διαφορετικότητα της πρώτης ύλης που χρησιμοποιείται που στην παρασκευή του ψωμιού είναι το αλεύρι μαλακού σίτου και στην παρασκευή των ζυμαρικών χρησιμοποιείται κυρίως σιμιγδάλι σκληρού σίτου. Πέρα από το ψωμί και τα ζυμαρικά που είναι σημαντικά για τον άνθρωπο αναφέρθηκαν και μια γκάμα άλλων τελικών προϊόντων των δύο σίτων, που με τη σειρά τους κι αυτά αποτυπώνουν τη διαφορετικότητα της πρώτης ύλης που χρησιμοποιείται.

Σίγουρα θα λέγαμε ότι οι διαφορές είναι περισσότερες από τα κοινά που παρουσιάζουν τα δύο σιτάρια. Η ομοιότητά τους έγκειται στο ότι και τα δύο, μαλακό και σκληρό σιτάρι, ανήκουν στα δημητριακά. Αλλιώς, όλα τα υπόλοιπα είναι διαφορετικά. Διαφορετικοί τρόποι επεξεργασίας, διαφορετικά ποιοτικά χαρακτηριστικά, διαφορετικά τελικά και ενδιάμεσα προϊόντα άλεσης, διαφορετικά τελικά προϊόντα κατανάλωσης.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Abdel-Aal, E., & Hucl, P. 2014. *Einkorn: A Functional Wheat for Developing High-Lutein Whole Grain Baked Products*. Cereal Foods World, 59(1), 5-10.
- Abecassis, J., Abbou, R., Chaurand, M., Morel, M.-H., and Vernoux, P. 1994. *Influence of extrusion conditions on extrusion speed, temperature, and pressure in the extruder and on pasta quality*. Cereal Chem. 71:247-253.
- Anese, M., Nicoli, M. C., Massini, R., and Lerici, C. R. 1999. *Effects of drying processing on the Maillard reaction in pasta*. Food Res. Int. 32:193-199.
- Armanino, C., De Acutis, R., & Rosa Festa, M. 2002. *Wheat lipids to discriminate species, varieties, geographical origins and crop years*. Analytica Chimica Acta, 454(2), 315-326.
- Baasandorj, T., Ohm, J., & Simsek, S. 2016. *Effects of Kernel Vitreousness and Protein Level on Protein Molecular Weight Distribution, Milling Quality, and Breadmaking Quality in Hard Red Spring Wheat*. Cereal Chemistry Journal, 93(4), 426-434.
- Bass EJ 1988. *Wheat flour milling*. 3rd edn., In: Pomeranz Y (ed.) *Wheat: Chemistry and Technology*, 3rd edn., vol. 2, pp. 1–68. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.
- Bayram, M. 2008. *An analysis of scorched immature wheat: Frekeh*. Cereal Foods World 53:134-138.
- Bergthaller, W. 2003. Book Review: *Wheat Flour* by William A. Atwell. Starch - Stärke, 55(8), 370-370.
- Brock, C. 1995. *Wheat: production properties and quality*. Edited by W. Bushuk and V. F. Rasper, *Wheat: production properties and quality*. Journal Of The Science Of Food And Agriculture, 68(3), 397-397.
- Carini, E., Vittadini, E., Curti, E., and Antoniazzi, F. 2009. *Effects of different shaping modes on physico-chemical properties and water status of fresh pasta*. J. Food Eng. 93:400-406.
- Cauvain, S. 2012. *Wheat Proteins—The Foundation of Breadmaking*. Cereal Foods World, 57(5), 241-242.
- Cuq, B., and Abecassis, J. 2006. *Effects of semolina composition and processing conditions on couscous quality*. (Abstr.) World Grains Summit: Foods and Beverages.
- D. Massie, D. Slaughter, J. Abbott, & W. Hruschka. 1993. *Acoustic, Single-kernel Wheat Hardness*. Transactions Of The ASAE, 36(5), 1393-1398.
- Delcour. 2010. *Principles of Cereal Science and Technology Authors Provide Insight into the Current State of Cereal Processing*. Cereal Foods World.
- Del Toma, E., Clementi, A., Marcelli, M., Cappelloni, M., & Lintas, C. 1988. *Food fiber choices for diabetic diets*. The American Journal Of Clinical Nutrition, 47(2), 243-246.
- Dexter JE and Wood PJ 1996. *Recent applications of debranning of wheat before milling*. Trends in Food Science Technology 7: 35–741.

- Dick, J. W., and Matsuo, R. B. 1998. *Durum wheat and pasta products*. Pages 507-547 in: *Wheat: Chemistry and Technology*, 3rd ed., Vol. 2. Y. Pomeranz, Ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN
- Doležel, J., Kubaláková, M., Bartoš, J., & Macas, J. 2004. *Flow cytogenetics and plant genome mapping*. *Chromosome Research*, 12(1), 77-91.
- Faridi, H., and Faubion, J. M. 1995. *Wheat End Uses Around the World*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- Fraignier, M., Michaux-Ferrière, N., & Kobrehel, K. 2000. *Distribution of Peroxidases in Durum Wheat (Triticum durum)*. *Cereal Chemistry Journal*, 77(1), 11-17.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2009. *Agribusiness handbook. Wheat Flour*.
- Fuad, T., & Prabhasankar, P. 2011. *Role of Ingredients in Pasta Product Quality: A Review on Recent Developments*. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, 50(8), 787-798.
- Gooding, M., Shewry, P., Froud-Williams, R., & Davies, W. 1997. *Optimising cereal inputs*. Warwick: Association of Applied Biologists.
- Haraszi, R., Sissons, M., Juhasz, A., Kadkol, G., Tamas, L., & Anderssen, R. 2016. *Using Rheological Phenotype Phases to Predict Rheological Features of Wheat Hardness and Milling Potential of Durum Wheat*. *Cereal Chemistry Journal*, 93(4), 369-376.
- Hamelman, J. 2012. *Bread: A Bakers's Book of Techniques and Recipes*, 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, NJ.
- Hargin, K., & Morrison, W. 1980. *The distribution of acyl lipids in the germ, aleurone, starch and non-starch endosperm of four wheat varieties*. *Journal Of The Science Of Food And Agriculture*, 31(9), 877-888.
- Heinis, J. 2010. *Review of principles of Cereal Science and Technology*, 3rd ed. *Journal Of Agricultural & Food Information*, 11(3), 256-257.
- Hellmich, N., 2012. *Bread is a big source of Americans' salt intake, too*.
- Mondal, A., & Datta, A. 2008. *Bread baking – A review*. *Journal Of Food Engineering*, 86(4), 465-474.
- Hosene, R. C., Wade, P., and Finley, J. W. 1988. *Soft wheat products*. Pages 407-456 in: *Wheat: Chemistry and Technology*, 3rd ed., Vol. 2. Y. Pomeranz, Ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- Humeid, M., and Al-Amiry, M. 1986. *A study on mechanization of frekeh production in Jordan. 2. Study of some nutrients and cooking time of frekeh produced mechanically at different maturity stages of wheat heads*. *Dirasat* 13(8):73-86
- Hutkins, R. 2007. *Microbiology and technology of fermented foods*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons.
- Jackson, G., & Hosene, R. 1986. *Effect of endogenous phenolic acids on the mixing properties of wheat flour doughs*. *Journal Of Cereal Science*, 4(1), 79-85.
- Kent, N., & Evers, A. 1994. *Technology of cereals*. Basel: Technomic.
- Ludewig, H. 1990. Pomeranz, Y.: *Wheat is Unique*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, USA, 1989.

- Manohar, R., Rao, P., Manohar, R., & Rao, P. 1999. *Effect of mixing method on the rheological characteristics of biscuit dough and the quality of biscuits*. European Food Research And Technology, 210(1), 43-48.
- Marchylo, B. A., and Dexter, J. E. 2001. *Pasta production*. Pages 109- 130 in: *Advances in Cereals Processing*. G. Owens, Ed. Woodhead Publishing, Cambridge, U.K
- Miller, R., & Hosene, R. 1997. *Factors in Hard Wheat Flour Responsible for Reduced Cookie Spread*. Cereal Chemistry Journal, 74(3), 330-336.
- Ng, P., Bushuk, W., & Borsa, J. 1988. *Effect of Gamma Irradiation on Breadmaking Quality of Two Canadian Bread Wheats*. Canadian Institute Of Food Science And Technology Journal, 21(4), 366.
- Owens GA 2001. *Wheat, corn and coarse grains milling*. In: Owens GA (ed.) *Cereals Processing Technology*, pp. 27–52. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.
- Ozboy, O., and Koksel, H. 2002. *An application of linear regression technique for predicting bulgur yield and quality of wheat cultivars*. Nahrung 46:21-24
- Peressini, D., & Sensidoni, A. 2009. *Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs*. Journal Of Cereal Science, 49(2), 190-201.
- Philips S., 1995. *Poaceal*. In I. Hedberg και S. Edwards, eds., *Flora of Ethiopia και Eritrea*. Department of Systematic Botany, Uppsala University, Sweden, και the National Herbarium, Adolis Ababa University, Ethiopia, Volume 7, pp. 59-63.
- Pollini, C. M. 1996. *THT technology in the modern industrial pasta drying process*. Pages 59-74 in: *Pasta and Noodle Technology*. J. E. Kruger, R. R. Matsuo, and J. W. Dick, Eds. Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN
- Posner, E., & Hibbs, A. 2005. *Wheat flour milling*. St. Paul, Minn.: American Association of Cereal Chemists.
- Quail, P. 1996. *Phytochromes: photosensory perception and signal transduction*. Biochemical Society Transactions, 24(4), 517S-517S.
- Rabe, G., and Meyers, T. (1995). *High ratio baking composition*. U.S. patent 5,439,696.
- Sarkar AK 1993. *Flour milling*. 4th edn., In: Bass EJ (ed.) *Grains and Oilseeds: Handling, Marketing, Processing*, 4th edn., vol. 2, pp. 603–653.
- Sarkar AK 2003. *Grain milling operations*. In: Chakraverty A, Mujumdan AS, Raghavan GS, and Ramaswamy HS (eds.) *Handbook of Postharvest Technology: Cereals, Fruits, Vegetables, Tea and Spices*, pp. 253–325.
- Sicignano, A., Di Monaco, R., Masi, P., & Cavella, S. 2015. *From raw material to dish: pasta quality step by step*. Journal Of The Science Of Food And Agriculture, 95(13), 2579-2587.
- Sissons, M., Abecassis, J., Marchylo, B., and Carcea, M., Eds. 2012. *Durum Wheat: Chemistry and Technology*, 2nd ed. AACC International, St. Paul, MN.
- Steinkraus, K. H. 1996. *Acid-fermented leavened bread and pancakes*. Pages 149-211.
- Symes, K. 1969. *Influence of a gene causing hardness on the milling and baking quality of two wheats*. Australian Journal Of Agricultural Research, 20(6), 971.
- Turnbull, K., & Rahman, S. 2002. *Endosperm Texture in Wheat*. Journal Of Cereal Science, 36(3), 327-337.
- Valamoti, S. 2004. *Plants and people in late Neolithic and early Bronze Age Northern Greece*. Oxford, England: Archaeopress.

- Veraverbeke, W., & Delcour, J. 2002. *Wheat Protein Composition and Properties of Wheat Glutenin in Relation to Breadmaking Functionality*. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, 42(3), 179-208.
- Williams, P. C., El-Haramein, F. J., Nelson, W., and Srivastava, J. P. 1988. *Evaluation of wheat quality for the baking of Syrian-type two layered flat breads*. *J. Cereal Sci.* 7:195-207.
- Yamada, Y., & Preston, K. 1992. *Effects of individual oxidants on oven rise and bread properties of Canadian short process bread*. *Journal Of Cereal Science*, 15(3), 237-251.
- Žilić, S., Barać, M., Pešić, M., Dodig, D., & Ignjatović-Micić, D. 2011. *Characterization of Proteins from Grain of Different Bread and Durum Wheat Genotypes*. *International Journal Of Molecular Sciences*, 12(9), 5878-5894.

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

- Γεωργόπουλος Θ., 2010. *Εργαστηριακές Ασκήσεις Τεχνολογίας και Ποιοτικού Ελέγχου Σιτηρών και Αρτοσκευασμάτων*.
- Δημιζά Κ. 2006. *Αλευροποιία-Αρτοποιία-Βυνοποιία*, Καλαμάτα 2006.
- Κεφαλάς Π.Σ. 2009. *Τρόφιμα από σιτηρά. Χημεία- βιοχημεία- τεχνολογία*. Θεσσαλονίκη Ελλάς Ε.Ε.: Γαρταγάνη.
- Λάζος, Ε.Σ. & Λάζου, Α.Ε., 2016. *Επιστήμη & Τεχνολογία Σιτηρών*.
- Μασούρας Θ., 2000. *Σημειώσεις Τεχνολογίας Προϊόντων Αλεύρου - Αρτοποιίας- Ζαχαροπλαστικής- Μακαρονοποιίας*, Αθήνα.
- Μύλοι Θράκης, 2014. *Ας επιστρέψουμε στα θεμέλια της διατροφής και της γεύσης*. Ανεκτήθη την 3/01/2018 στην <http://myloi-thrakis.gr/>
- Μύλοι Παπαφίλη, 2016. *Η Διατροφική αξία του ψωμιού*. Ανεκτήθη την 4η Φεβρουαρίου 2018 στην <https://papafili.gr/index.php/2016/12/09/diatrofiki-axia/>
- Πίκουλας Ε ., 1992. *Σημειώσεις Πρόσθετων Υλών*, Αθήνα.
- Τσιάρα Ν. 1996. *Ποιοτικός έλεγχος τροφίμων Φ/Π Ι*. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας. Σχολή Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής.
- Τσιάρας Ν. Γ. (2002). *Σημειώσεις τεχνολογίας τροφίμων*. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας. Σχολή Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής.
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων (ΥΑΑΤ) (2007). *Προοπτικές Τομέα Σιτηρών (Με βάση προτάσεις & συμπεράσματα Περιφερειακών μμελετών νέας ΚΑΠ)*. Σεπτέμβριος 2007. Ανεκτήθη την 3η Φεβρουαρίου 2018 στην http://www.minagric.gr/images/stories/docs/ypourgeio/dimosieyseisArthra/meleti_gia_Nea_KAP/filadia_fytikis/SITHRA.pdf
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων (ΥΑΑΤ) (2017). *Στατιστικά Στοιχεία για τα Δημητριακά. Ισοζύγια*. Ανεκτήθη την 4η Φεβρουαρίου 2018 στην <http://www.minagric.gr/index.php/el/for-farmer-2/crop-production/dimitriaka/946>