



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ποιοτική αξιολόγηση των διαφόρων τύπων αλεύρων που
παράγονται σε συνθήκες βιομηχανικής παραγωγής σε αλευρόμυλο

ΚΑΤΣΑΜΑΚΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2014

Ποιοτική αξιολόγηση των διαφόρων τύπων αλεύρων που παράγονται σε συνθήκες βιομηχανικής παραγωγής σε αλευρόμυλο

ΚΑΤΣΑΜΑΚΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

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

Εισηγητής: κ. Παπαγεωργίου Μαρία

Ημερομηνία.13/02/2014

Στην κυρία Παπαγεωργίου Μαρία οφείλω τις θερμές μου ευχαριστίες για την καθοδήγηση καθ' όλη τη διάρκεια διεκπεραίωσης της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Ευχαριστώ για το αμείωτο ενδιαφέρον, τη βοήθεια και το χρόνο της. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στον κύριο Κόκκαλη Αθανάσιο για την πολύτιμη και συνεχή βοήθεια του σε όλη την διάρκεια της εργασίας και σε όλα τα επίπεδα, την υποστήριξη του και την καθοδήγηση του.

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

Επίσης, πολλές ευχαριστίες στους Μύλους Μάρρα για την δυνατότητα που μου έδωσαν να πραγματοποιήσω το πειραματικό μέρος στην βιομηχανία τους και στην κυρία Μητρογιάννη Σοφία και στον κύριο Γκόφα Θεόδωρο για την διαρκή υποστήριξη που μου έδωσαν κατά την διάρκεια αυτής.

Σας ευχαριστώ πολύ.

Ποιοτική αξιολόγηση των διαφόρων τύπων αλεύρων που παράγονται σε συνθήκες βιομηχανικής παραγωγής σε αλευρόμυλο

ΚΑΤΣΑΜΑΚΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας και Τεχνολογίας Τροφίμων & Διατροφής, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, 57400 Θεσσαλονίκη Τ.Θ. 141

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί προσπάθεια χωροταξικής διευθέτησης των διαφόρων τύπων αλεύρων από μαλακό σιτάρι σε συνθήκες βιομηχανικής παραγωγής πριν και μετά την προσθήκη πρόσθετων υλών. Η αξιολόγηση γίνεται με βάση έξι ποιοτικά χαρακτηριστικά τα οποία εξετάζονται στον ποιοτικό έλεγχο της βιομηχανίας και είναι: 1) η γλουτένη (%), 2) η πρωτεΐνη (%), 3) η ενέργεια (J, αλβεογραφία), 4) ο λόγος P/L (αλβεογραφία), 5) ο δείκτης ελαστικότητας (% αλβεογραφία) και 6) το μέγιστο ιξώδες (AU, αμυλογραφία).

Σημειώνεται ότι για την στατιστική επεξεργασία των ποιοτικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα Minitab 16.0 και συγκεκριμένα η μέθοδος της Ανάλυσης των Κύριων Συνιστωσών (PCA) για την χωροταξική διευθέτηση των τύπων αλεύρων.

Από τα αποτελέσματα της Ανάλυσης των Κύριων Συνιστωσών προέκυψε ότι τα άλευρα πριν την προσθήκη των πρόσθετων υλών κατατάσσονται σε τρεις ομάδες. Η ομάδα 1 χαρακτηρίζεται από υψηλές μέσες τιμές στις μεταβλητές της γλουτένης, πρωτεΐνης, ενέργειας, του μέγιστου ιξώδους και του δείκτη ελαστικότητας, ενώ η ομάδα 2 χαρακτηρίζεται από χαμηλές μέσες τιμές των παραπάνω μεταβλητών. Η ομάδα 3 χαρακτηρίζεται από υψηλή μέση τιμή στην μεταβλητή του λόγου P/L και χαμηλή από την μεταβλητή του μέγιστου ιξώδους.

Τα άλευρα μετά την προσθήκη των πρόσθετων υλών κατατάσσονται σε τέσσερις ομάδες. Η ομάδα 1 χαρακτηρίζεται από υψηλές μέσες τιμές στις μεταβλητές της γλουτένης, πρωτεΐνης, ενέργειας, του δείκτη ελαστικότητας και του μέγιστου ιξώδους, ενώ η ομάδα 2 από χαμηλές μέσες τιμές των παραπάνω μεταβλητών. Η ομάδα 3 χαρακτηρίζεται από υψηλές μέσες τιμές στον λόγο P/L, ενώ η ομάδα 4 από χαμηλές.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	8
2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	9
2.1. Σιτηρά.....	9
2.1.1. Γενικά για τα σιτηρά.....	9
2.1.2. Σιτάρι.....	10
2.1.3. Περιβαλλοντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την καλλιέργεια του σιταριού.....	11
2.1.4. Μορφολογία του σπόρου του σιταριού.....	12
2.1.5. Το σιτάρι ως πρώτη ύλη της αλευροβιομηχανίας.....	14
2.2. Παραγωγική διαδικασία αλεύρου.....	14
2.2.1. Γενικά.....	14
2.2.2. Άλεση σίτου.....	18
2.2.3. Τύποι αλεύρων σίτου.....	20
2.2.4. Αλεύρι σίτου.....	22
2.2.4.1. Χημική σύσταση αλεύρου.....	23
2.3. Χρήσεις διάφορων τύπων αλεύρων.....	26
2.3.1. Προϊόντα αρτοποιίας.....	27
2.3.2. Προϊόντα σφολιάτας.....	28
2.3.3. Προϊόντα ζαχαροπλαστικής.....	28
2.4. Πρόσθετες ύλες.....	29
2.5. Ποιοτικός έλεγχος σιτηρών και αλεύρων.....	36
2.5.1. Υγρασία σίτου και αλεύρου.....	36
2.5.2. Τέφρα αλεύρου.....	36
2.5.3. Υγρή γλουτένη σίτου και αλεύρου.....	37
2.5.4. Πρωτεΐνη σίτου και αλεύρου.....	38

2.5.5. Φαρινογραφία.....	39
2.5.6. Εξτενσιογραφία.....	41
2.5.7. Αλβεογραφία	43
2.5.8. Αμυλογραφία.....	45
2.5.9. Φασματοσκοπία εγγύς υπερώθρου (NIR).....	45
3. Σκοπός της εργασίας.....	47
4. Πειραματικό μέρος.....	48
4.1. Διεξαγωγή πειραματικής διαδικασίας.....	48
4.2. Υλικά.....	48
4.3. Μέθοδοι.....	50
4.3.1. Φασματοσκοπία NIR.....	50
4.3.2. Μέθοδος προσδιορισμού υγρής γλουτένης(ICC 155).....	50
4.3.3. Φαρινογραφία (ICC 115/1).....	51
4.3.4. Εξτενσιογραφία (ICC 114/1).....	52
4.3.5. Αλβεογραφία (ICC 121).....	53
4.3.6. Αμυλογραφία (ICC 126/1).....	54
4.4. Στατιστική επεξεργασία.....	55
5. Αποτελέσματα-Συζήτηση.....	56
5.1. Ποιοτικά χαρακτηριστικά των πρώτων υλών.....	56
5.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά των αλεύρων πριν την προσθήκη πρόσθετων υλών.....	56
5.3. Ποιοτικά χαρακτηριστικά των τελικών προϊόντων με την προσθήκη πρόσθετων υλών.....	60
5.4. Στατιστική επεξεργασία των έξι ποιοτικών χαρακτηριστικών.....	63

5.4.1. Στατιστική επεξεργασία των αλεύρων πριν την προσθήκη πρόσθετων υλών.....	63
5.4.2. Στατιστική επεξεργασία των τελικών προϊόντων με την προσθήκη πρόσθετων υλών.....	67
5.4.3. Διαφορές πριν και μετά την προσθήκη των πρόσθετων υλών στα άλευρα.....	71
6.Συμπεράσματα.....	72
7.Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	74
8.Βιβλιογραφία.....	75

1. Εισαγωγή

Στον κλάδο της αλευροβιομηχανίας δραστηριοποιούνται αρκετές επιχειρήσεις, οι οποίες παράγουν αλεύρι, σιμιγδάλι και τα υποπροϊόντα αυτών, από την άλεση σκληρού και μαλακού σίτου. Τα προϊόντα της αλευροβιομηχανίας διατίθενται σε δύο κατηγορίες πελατών: τα νοικοκυριά, που καταναλώνουν κυρίως τυποποιημένα προϊόντα, και τις βιοτεχνίες και βιομηχανίες τροφίμων, που προμηθεύονται το αλεύρι και το σιμιγδάλι χύμα ή σε μεγάλες συσκευασίες. Το μεγαλύτερο μέρος των προϊόντων του κλάδου της αλευροβιομηχανίας απορροφάται από τις βιομηχανίες παραγωγής τροφίμων και από τη βιοτεχνική αρτοποιία. Συνεπώς, η εξέλιξη της ζήτησης των προϊόντων του κλάδου της αλευροβιομηχανίας, επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την πορεία ορισμένων άλλων κλάδων, οι οποίοι χρησιμοποιούν το αλεύρι και το σιμιγδάλι ως πρώτη ύλη για την παραγωγή τελικών προϊόντων όπως ζυμαρικών, μπισκότων, κρουασάν και αρτοσκευασμάτων.

Η συνολική ζήτηση των προϊόντων του κλάδου της αλευροβιομηχανίας είναι ουσιαστικά ανελαστική ως προς το εισόδημα και τις μεταβολές των τιμών, δεδομένου ότι αποτελούν την πρώτη ύλη για την παραγωγή βασικών ειδών διατροφής. Η εγχώρια αγορά αλεύρου και σιμιγδαλιού θεωρείται κορεσμένη. Ο κλάδος της αλευροβιομηχανίας χαρακτηρίζεται από συνθήκες υπερπροσφοράς, εξαιτίας της συνεχούς διεύρυνσης της παραγωγικής βάσης, ιδιαίτερα τη δεκαετία του 1990, με συνέπεια τη δημιουργία υπερβάλλουσας παραγωγικής δυναμικότητας. Όσον αφορά τις προοπτικές εξέλιξης του κλάδου δεν αναμένονται σημαντικές διαφοροποιήσεις στο μέγεθος της εγχώριας κατανάλωσης αλεύρου και σιμιγδαλιού. (www.icap.gr)

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1. Σιτηρά

2.1.1. Γενικά για τα σιτηρά

Τα σιτηρά ή δημητριακοί καρποί ή δημητριακά (*cereals*) από βοτανικής άποψης είναι οι ώριμοι αποξηραμένοι καρποί ορισμένων καλλιεργούμενων φυτών, μελών της μονοκοτυλήδονης οικογένειας των αγρωστωδών (*Gramineae*). Τα κυριότερα σιτηρά είναι οκτώ: σιτάρι (*wheat*), καλαμπόκι (*maize or corn*), ρύζι (*rice*), κριθάρι (*barley*), βρώμη (*oats*), σίκαλη (*rye*), σόργο (*sorghum*), και κεχρί (*millet*). Το καθένα από τα παραπάνω σιτηρά αποτελεί και ένα γένος της οικογένειας των αγρωστωδών. (Δημόπουλος, 1987)

Το σιτάρι είναι από τα πρώτα φυτά που καλλιέργησε ο άνθρωπος για την διατροφή του. Η καλλιέργεια του συνέβαλε στην εγκατάλειψη του νομαδικού τρόπου ζωής και στην ανάπτυξη του πολιτισμού στη λεκάνη της Μεσογείου. Είναι φυτό των εύκρατων κλιμάτων, παρουσιάζει μεγάλη προσαρμοστικότητα και μπορεί να καλλιεργηθεί σχεδόν σε όλα τα μέρη του κόσμου. Οι κυριότερες ζώνες καλλιέργειας εκτείνονται 30-60B και 25- 40N γεωγραφικό πλάτος, το οποίο και δείχνει ότι οι μεγάλες ζώνες καλλιέργειας του βρίσκονται στις εύκρατες ζώνες. Αν και το σιτάρι καλλιεργείται σε ποικιλία εδαφών (από αμμώδη μέχρι βαριά αργιλώδη) κυρίως ευδοκιμεί σε εδάφη μέσης σύστασης μέχρι βαριά (αμμοπηλώδη, πηλώδη, αργιλώδη), βαθιά και καλά στραγγισμένα. Όσον αφορά το υψόμετρο, μπορεί να καλλιεργηθεί σε μεγάλα υψόμετρα (μέχρι και 4500m στο Θιβέτ) ή ακόμη και κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας (π.χ. στη Νεκρή θάλασσα). Συνήθως σε μεγάλο υψόμετρο καλλιεργείται σε περιοχές με θερμό κλίμα (Καραμάνος, 1990).

Γενικά, το ιδανικό κλίμα για την καλλιέργεια του σιταριού χαρακτηρίζεται από υγρό και ψυχρό καιρό κατά την ανάπτυξη του βλαστού σε θερμό και ξηρό καιρό στην περίοδο του σχηματισμού των κόκκων (Αυγουλάς και Συν., 2003). Τα χειμερινά σιτηρά είναι ετήσια φυτά και ο τρόπος ανάπτυξής τους είναι καθορισμένος. Μετά από μία περίοδο βλαστικής ανάπτυξης τα φυτά μπαίνουν στο στάδιο αναπαραγωγής, οπότε η βλαστική ανάπτυξη σταματά.

Από το φύτευμα μέχρι τη συγκομιδή τα φυτά αναπτύσσονται δια μέσου διαφόρων σταδίων, τα οποία καθορίζονται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, το γενότυπο των φυτών και την καλλιεργητική πρακτική. Η γνώση αυτών των σταδίων ανάπτυξης είναι χρήσιμη για τον καθορισμό του κατάλληλου χρόνου για την εκτέλεση των διάφορων καλλιεργητικών εργασιών όπως, επιφανειακή λίπανση με άζωτο, εφαρμογή μυκητοκτόνων, εντομοκτόνων και ζιζανιοκτόνων.

2.1.2. Σιτάρι

Ο κόκκος του σταριού είναι καρύοψις, δηλαδή ένας μονόσπερμος καρπός που παραμένει κλειστός κατά την ωρίμανση (μη διαρρηκτός) στον οποίο το περικάρπιο συμφύεται με το περισπέρμιο (*seed coats*) και το ενδοσπέρμιο μαζί με το έμβρυο γεμίζουν εντελώς την κοιλότητα της ωοθήκης. (Ματσούκας, 1989)

Το σιτάρι είναι το σπουδαιότερο από τα σιτηρά λόγω της ποικιλίας και της σπουδαιότητας των προϊόντων που παράγονται από αυτό (π.χ. ψωμί, είδη ζαχαροπλαστικής).

Από το σιτάρι (γένος) είναι γνωστά 15 είδη από τα οποία μόνο τρία έχουν εμπορική σημασία:

α) Το μαλακό σιτάρι (*Triticum aestivum* ή *Triticum vulgare*): από τις ποικιλίες του οποίου λαμβάνεται το κοινό άσπρο αλεύρι αρτοποιίας. Έχει μαλακή δομή και σε τομή του κόκκου το ενδοσπέρμιο συνήθως είναι αλευρώδες. Ανάλογα με την ποικιλία το χρώμα του ακέραιου κόκκου μπορεί να έχει απόχρωση προς το άσπρο ή προς το κόκκινο (*red*). Οι αμερικάνικες *Hard red* ποικιλίες είναι περιζήτητες για την εξαιρετική αρτοποιητική ικανότητα των αλεύρων που παράγονται από αυτές. Στην Ελλάδα τα σιτάρια αυτά χαρακτηρίζονται ως <<ημίσκληρα>> για να μην γίνεται σύγχυση με το <<σκληρο>> (*durum*) είδος που αναφέρεται αμέσως παρακάτω.

β) Το σκληρό σιτάρι (*Triticum durum*): γνωστό και ως <<*durum*>>.

Από τις διάφορες ποικιλίες του λαμβάνονται σιμιγδάλια για την παρασκευή ζυμαρικών. Οι κόκκοι του είναι πολύ σκληροί και η τομή του ενδοσπερμίου υαλώδης. Χρησιμοποιούνται οι ποικιλίες των οποίων η απόχρωση των κόκκων

είναι προς το άσπρο. Οι ποικιλίες με κόκκινη απόχρωση προορίζονται για ζωοτροφές.

γ) Το είδος *Triticum compactum*: Έχει μαλακή δομή και χαμηλότερο από τα άλλα πρωτεϊνικό περιεχόμενο. Το αλεύρι του χρησιμοποιείται για ορισμένα μόνο παρασκευάσματα για τα οποία απαιτείται πολύ χαμηλό ποσοστό πρωτεΐνης και αδύνατη γλουτένη. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να επιτευχθούν με κατάλληλους χειρισμούς στο αλεύρι από μαλακό σιτάρι και στη συνταγή του παρασκευάσματος, γι' αυτό η χρήση του είναι περιορισμένη.

Η σκληρή ή μαλακή δομή του ενδοσπερμίου και το κατά πόσον αυτό είναι αλευρώδες ή υαλώδες εξαρτώνται από το πόσο σφιχτά με την βοήθεια της πρωτεΐνης είναι <<πακεταρισμένοι>> οι αμυλόκοκκοι μέσα στο εσωτερικό του κόκκου (ενδοσπέρμιο). Πρακτικά το αλευρώδες ενδοσπέρμιο δίνει την εντύπωση συμπιεσμένου αλεύρου, ενώ το υαλώδες δίνει την εντύπωση σπασμένου μακαρονιού.

Σε ένα φορτίο σιτηρών ο ποιοτικός έλεγχος θα ενδιαφερθεί οπωσδήποτε για τα εξής: καθαρότητα φορτίου όπως προβλέπεται από τη συμφωνία της αγοραπωλησίας, δηλ. αν είναι το είδος ή και η ποικιλία που συμφωνήθηκε, τι ποσοστό είναι άλλο είδος ή ξένες ύλες, καθώς και πόση είναι η υγρασία. Η σημασία της καθαρότητας του φορτίου είναι προφανής από οικονομικής πλευράς αλλά και από τεχνολογικής καθώς διαφορετική είναι η χρήση του κάθε είδους ή ακόμα και ορισμένων ποικιλιών (Κεφαλάς, 2009).

2.1.3. Περιβαλλοντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την καλλιέργεια του σιταριού

α) Κλίμα

Η ανάπτυξη του φυτού του σιταριού εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την ετήσια βροχόπτωση και την κατανομή της καθώς και από την ποσότητα ηλιοφάνειας. Το σιτάρι για να αναπτυχθεί χρειάζεται ελάχιστη θερμοκρασία 3°C-4°C και μέγιστη 25°C-40 °C με ιδανική τους 25 °C. Ως επί το πλείστον καλλιεργείται σε γεωγραφικά πλάτη 30°-60⁰ Βόρεια και 25°-40⁰ Νότια. Προκειμένου να φτάσει στην ωρίμανση, το φυτό του σιταριού χρειάζεται τουλάχιστον 100 ημέρες και νύχτες χωρίς παγετό. Το σιτάρι σπείρεται είτε φθινόπωρο/χειμώνα είτε την άνοιξη. Το σιτάρι που σπείρεται χειμώνα έχει μεγαλύτερη απόδοση. Το σιτάρι

αναπτύσσεται σε περιοχές με μέση ετήσια βροχόπτωση από 25 εκατοστόμετρα έως 175 εκατοστόμετρα, αλλά τα 3/4 της παγκόσμιας παραγωγής προέρχονται από περιοχές όπου η βροχόπτωση φτάνει στα 37 με 87 εκατοστόμετρα. Οι ιδανικές συνθήκες είναι υγρός και ψυχρός καιρός κατά την ανάπτυξη του φυτού και ζεστός και ξηρός κατά την ωρίμανση του σπόρου. Ο ιδανικός χρόνος ωρίμανσης διαρκεί έξι έως οκτώ εβδομάδες με μέση θερμοκρασία 19 °C.

β) Έδαφος

Το σιτάρι μπορεί να αναπτυχθεί σε διάφορους τύπους εδαφών. Όμως τα καλύτερα χωράφια σιταριού είναι τα αργιλώδη, τα οποία έχουν λεπτόκοκκο χώμα. Αυτά συγκρατούν καλύτερα το νερό, ενώ αποστραγγίζονται και αερίζονται εύκολα. Το έδαφος πρέπει να είναι πλούσιο σε άζωτο, φώσφορο και κάλιο καθώς και σε σίδηρο και μαγνήσιο.

γ) Μυκητιακές ασθένειες

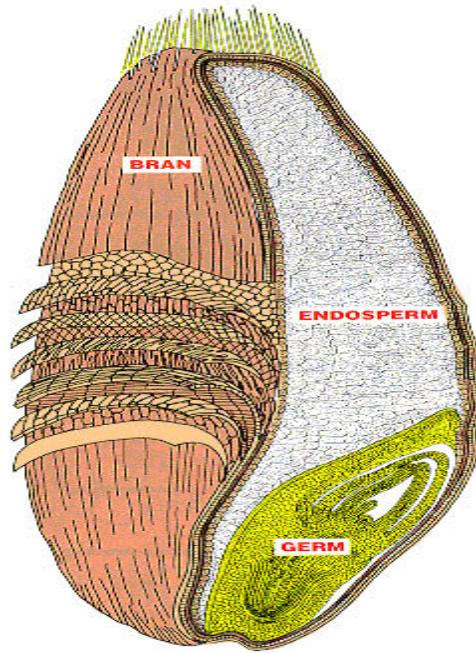
Οι μυκητιακές ασθένειες αποτελούν σημαντικό παράγοντα μείωσης της σοδιάς του γεωργού. Το σιτάρι μπορεί να προσβληθεί από μύκητες μεταφερόμενους με τον αέρα ή προερχόμενους από το χώμα. Αναλόγως του σημείου προσβολής (φύλλωμα, μίσχος) μειώνεται και η ποσότητα του παραγόμενου σιταριού αλλά και η ποιότητα αυτού (καρπός). (Αφεντούλη και Συν., 2004)

2.1.4. Μορφολογία του σπόρου του σιταριού

Οι σπόροι του σιταριού αποτελούνται από τρία κυρίως μέρη:

- Το εξωτερικό πίτυρο, το οποίο καλύπτει το 13-15% του κόκκου.
- Το εσωτερικό ενδοσπέρμιο, το οποίο καλύπτει το 82-83% και αποτελεί το κυρίως τμήμα του κόκκου και μας προσφέρει το αλεύρι.
- Το φύτρο από το οποίο θα προέλθει το νέο φυτό και καλύπτει το 1-3% του κόκκου. Βέβαια, υπάρχει και το γένη του σταριού περιμετρικά

(Κριτσαντώνης, 2006)



Εικόνα 1: Δομή του κόκκου του σιταριού. (Γεωργόπουλος, 2010)

Πίνακας 1 : Εκατοστιαία κατανομή των συστατικών στα κύρια μέρη του κόκκου. (%)

Σιτάρι	ΤΟΥ ΚΟΚΚΟΥ	Άμυλο	Πρωτεΐνη	Λιπίδια	Τέφρα
Πίτυρα	15	0	20	30	68
Ενδοσπέρμιο	82	100	70	50	22
Φύτρο	3	0	10	20	10

(Τσιάρας, 1997)

2.1.5. Το σιτάρι ως πρώτη ύλη της αλευροβιομηχανίας

Το σιτάρι που χρησιμοποιείται στην αλευροβιομηχανία ως πρώτη ύλη είναι, είτε σκληρό είτε μαλακό. Οι αλευροβιομηχανίες ενδιαφέρονται για την παραλαβή σιταριού προς μεταποίηση κατάλληλης αλευροποιητικής ικανότητας, κατάλληλο προς αποθήκευση και με μεγάλη απόδοση σε αλεύρι καλής ποιότητας.

Κριτήρια ποιότητας του σιταριού σαν πρώτη ύλη για την αλευροβιομηχανία είναι:

- α) Καλή κατάσταση (χρώμα φυσιολογικό, στιλπνότητα, απρόσβλητο από καιρικές συνθήκες εντομολογικές και μυκητολογικές προσβολές, όχι βλαστημένο)
- β) Καθαρότητα (απαλλαγμένο από ξένες ύλες)
- γ) Υγρασία (όχι ανώτερη από 16% για άμεση άλεση και 15% όταν πρόκειται να αποθηκευτεί) (Μπούσμπουρας, 1989).

2.2. Παραγωγική διαδικασία αλεύρου

2.2.1.Γενικά

• Παραλαβή

Η παραλαβή του σιταριού γίνεται με φορητά αυτοκίνητα ή πλοία αναλόγως και της θέσης του κάθε μύλου. Παλαιότερα η εκφόρτωση από το πλοίο γινόταν με ειδικούς κάδους προσαρτημένους σε ανελκυστήρα, σήμερα όμως η εκφόρτωση γίνεται συνήθως με αναρρόφηση. Το σιτάρι κατά την εκφόρτωση ζυγίζεται, διέρχεται από μαγνήτη προκειμένου να αφαιρεθούν τυχόν μεταλλικά αντικείμενα και ακολούθως υποβάλλεται σε έναν αρχικό καθαρισμό που απομακρύνει με τη βοήθεια ροής αέρα μεγάλες σε σχήμα ξένες ύλες, ελαφρότερες του σιταριού, όπως ξύλα και χαρτιά. Στη συνέχεια αποθηκεύεται σε σιλό.

• Καθαρισμός

Το σιτάρι πριν αλεστεί πρέπει να καθαριστεί πλήρως από οποιαδήποτε ξένη προς αυτό ύλη και να υγρανθεί στο επιθυμητό επίπεδο για την άλεση. Οι ξένες ύλες που μπορεί να περιέχονται μέσα στο σιτάρι είναι: σπόροι άλλων δημητριακών (κριθάρι, σίκαλη, καλαμπόκι, βρώμη), άχυρο, χαρτί, πέτρες,

άμμος, σκόνη, κεχρί κ.ά. Ο διαχωρισμός των ακαθαρσιών από το σιτάρι γίνεται βάσει μεγέθους, ειδικού βάρους, σχήματος και αντίστασης στον αέρα. Πιο αναλυτικά:

- Διαχωρισμός βάσει μεγέθους: Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο το σιτάρι περνάει πάνω από μεταλλικά κόσκινα όπου διαχωρίζονται ξένες ύλες μεγέθους μικρότερου ή μεγαλύτερου από αυτό του σιταριού.

- Διαχωρισμός βάσει σχήματος: Ορισμένες ξένες ύλες δεν μπορούν να διαχωριστούν βάσει μεγέθους αλλά βάσει σχήματος. Για παράδειγμα, σιτάρι που περιέχει σφαιρικούς καρπούς, αν τροφοδοτηθεί σε ένα σπιράλ με κλίση, οι σφαιρικοί καρποί θα κινηθούν προς το εξωτερικό μέρος του σπιράλ από όπου θα μπορούν να συλληχθούν ξεχωριστά από το σιτάρι.

- Διαχωρισμός βάσει ειδικού βάρους: Ορισμένες ξένες ύλες όπως πέτρες ή γυαλιά έχουν το ίδιο σχήμα και μέγεθος όπως το σιτάρι και δεν μπορούν να διαχωρισθούν εύκολα. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να γίνει διαχωρισμός βάσει διαφοράς στο ειδικό βάρος, με τη βοήθεια κατάλληλης ροής αέρα που διαχωρίζει το σιτάρι από τις βαρύτερες από αυτό ύλες.

- Διαχωρισμός βάσει της αντίστασης στον αέρα: Ξένες ύλες που είναι ελαφρύτερες του σιταριού όπως η σκόνη και η άμμος μπορούν να απομακρυνθούν με τη βοήθεια ισχυρού ρεύματος αέρα που περνάει μέσα από ένα λεπτό στρώμα σιταριού.

• Διαβροχή

Η υγρασία του σιταριού πρέπει να διατηρείται σε συγκεκριμένα επίπεδα, ώστε να επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός του ενδοσπερμίου από τα πύτυρα. Η ποσότητα της προστιθέμενης υγρασίας και ο χρόνος παραμονής του σιταριού πριν την άλεση εξαρτάται από τη σκληρότητα του σιταριού, τις κλιματικές συνθήκες και τις προδιαγραφές υγρασίας του τελικού προϊόντος. Η διαβροχή του σιταριού επιτρέπει τον πιο αποτελεσματικό διαχωρισμό του πτύρου από το ενδοσπέρμιο και τον κατάλληλο βαθμό μαλακότητας του εσωτερικού του καρπού ώστε να επιτυγχάνεται καλή απόδοση κατά την άλεση.

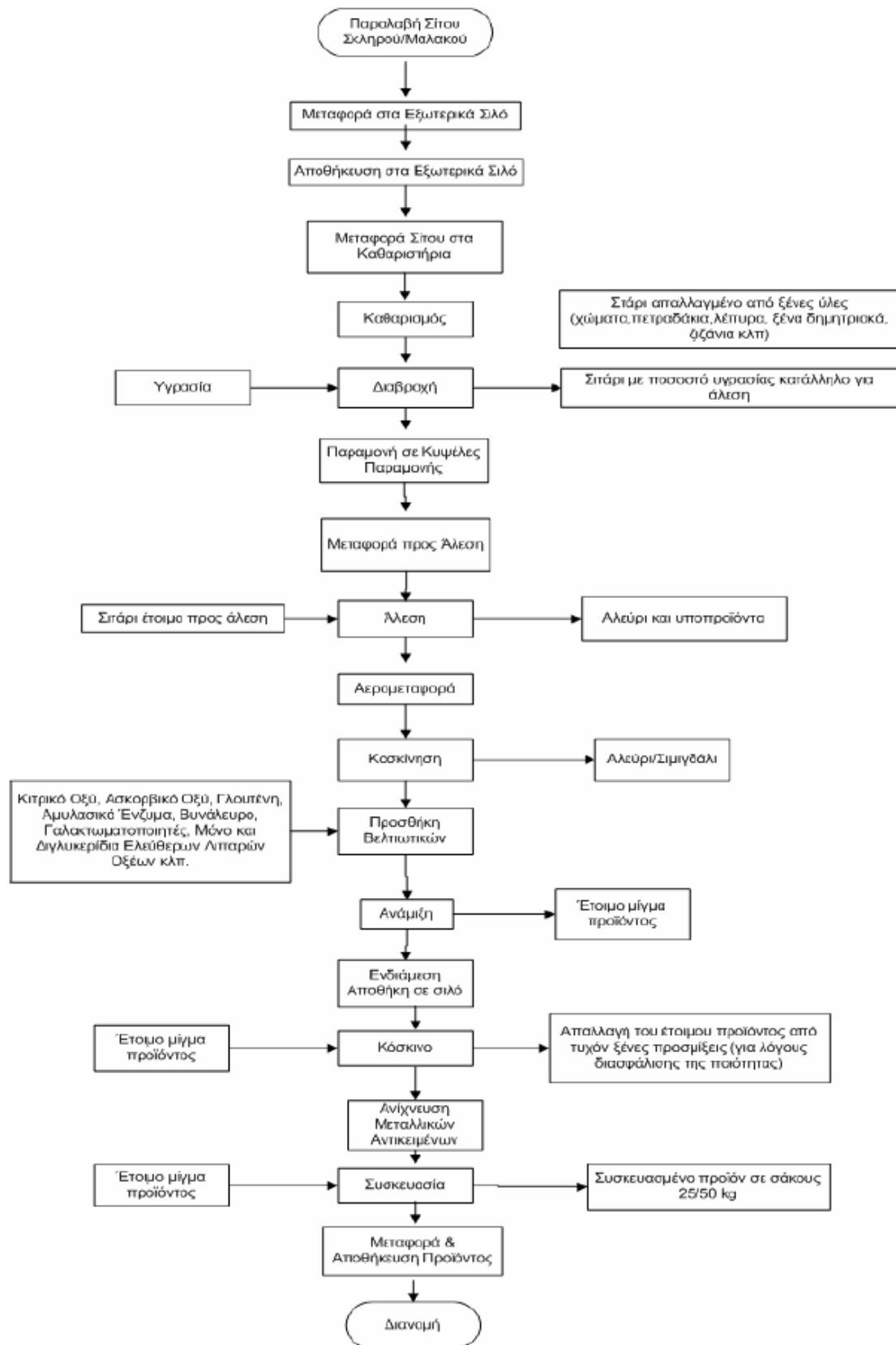
• Άλεση

Η διαδικασία της άλεσης έχει στόχο να ανοίξει το σπόρο του σιταριού και να αποξύσει το ενδοσπέρμιο, να απομακρύνει το πτύρο, να αλέσει το ενδοσπέρμιο σε αλεύρι και να κοσκινίσει το αλεύρι ώστε να αποκτήσει τη σωστή κοκκομετρία και χωρίς να περιέχει πτύρο και φύτρο. Η μυλωνική είναι

μια σύνθετη διεργασία που αποτελείται από συνεχείς αλέσεις και διαχωρισμούς. Η άλεση πραγματοποιείται με τη βοήθεια κυλίνδρων και αποτελείται από τρία μέρη: α) Το σύστημα σπασίματος, που διαχωρίζει και απομακρύνει το ενδοσπέρμιο από το πίτυρο σε σχετικά μεγάλα κομμάτια, β) το σύστημα απόξυσης, που απομακρύνει μικρά κομμάτια πίτυρου και φύτρου που είναι προσκολλημένα στο ενδοσπέρμιο και γ) το σύστημα μείωσης, που αλέθει το ενδοσπέρμιο σε αλεύρι. Κατά τη φάση του διαχωρισμού γίνεται το κοσκίνισμα και ο καθαρισμός. Το κοσκίνισμα, γενικά, επιτυγχάνει την ταξινόμηση του ενδοσπερμίου ανάλογα με το μέγεθος. Ο καθαρισμός είναι η διεργασία κατά την οποία το σιμιγδάλι και τα άλλα κλάσματα που προκύπτουν από το σπάσιμο του καρπού καθαρίζονται από το πίτυρο.

• **Αποθήκευση και συσκευασία**

Το παραγόμενο από την άλεση αλεύρι μεταφέρεται σε σιλό αποθήκευσης, κατασκευασμένο από ατσάλι ή τσιμέντο. Από εκεί το αλεύρι είτε θα οδηγηθεί κατευθείαν στη συσκευασία είτε στον αναμείκτη ώστε να αναμειχθεί με κάποιας άλλης ποιότητας αλεύρι και βελτιωτικά (γλουτένη, ασκορβικό οξύ, διάφορα ένζυμα, όπως η αμυλάση κ.ά.). Η τελική συσκευασία του αλεύρου ποικίλλει από πακέτο του 0,5 Kg μέχρι σακί των 50 Kg. Μπορεί όμως το αλεύρι να φορτώνεται και σε σιλοφόρο 25 τόνων. Αμέσως πριν την τελική συσκευασία πρέπει να μεσολαβεί κόσκινο κατάλληλης διαμέτρου και μεταλλικός ανιχνευτής για την απομάκρυνση τυχόν ξένων προς το αλεύρι υλικών, που για οποιοδήποτε λόγο δεν μπόρεσαν να απομακρυνθούν στα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας του σιταριού.



Σχήμα 1: Διάγραμμα ροής αλευροβιομηχανίας

2.2.2. Άλεση σίτου

Με την κυρίως άλεση επιτυγχάνονται ακριβώς οι στόχοι της ξηρής άλεσης. Στους αρχαίους χρόνους η ελάττωση του μεγέθους γινόταν σε οικιακή κλίμακα με γουδί. Αργότερα εξελίχθηκαν οι μύλοι με μυλόπετρες.

Οι μύλοι με μυλόπετρες έχουν δύο μειονεκτήματα:

α) Ο διαχωρισμός του πιτύρου είναι ατελής με αποτέλεσμα το αλεύρι να είναι πρακτικώς πιτυρούχο.

β) Η θερμότητα που αναπτύσσεται κατά την άλεση συσσωρεύεται, ζεσταίνει τις μυλόπετρες, και το αλεύρι βγαίνει πολύ ζεστό με ότι συνεπάγεται αυτό για τη γλουτένη. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι το ψωμί να γίνεται σκούρο και με σφιχτή δομή. Ειδικότερα η σφιχτή δομή εξαρτάται και από τον τρόπο αρτοποιήσης.

Για να ξεπεραστούν αυτά τα μειονεκτήματα αναπτύχθηκε η τεχνολογία της άλεσης με κυλίνδρους. Αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι το σιτάρι περνά πολύ γρήγορα από το ζεύγος των κυλίνδρων, οπότε δεν προλαβαίνει να θερμανθεί αρκετά. Στη συνέχεια κάνει μεγάλη διαδρομή, περνά από κόσκινα, οπότε ψύχεται. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι η άλεση γίνεται διαδοχικά σε πολλά στάδια, οπότε και ο διαχωρισμός του πιτύρου από το αλεύρι μπορεί να είναι πλήρης.

Τα βασικά στοιχεία του κυλινδρόμυλου είναι τα ζεύγη των κυλίνδρων και τα κόσκινα που ακολουθούν. Οι κύλινδροι τοποθετημένοι σε <<κυλινδρομηχανές>> περιστρέφονται κατ' αντίθετη φορά και με διαφορετική ταχύτητα ο καθένας. Το πλήθος των ζευγών των κυλίνδρων – και επομένως και τα στάδια της άλεσης – διαφέρει ανάλογα με το σχεδιασμό του αλευρόμυλου. Τα στάδια διακρίνονται σε στάδια σπασίματος και στάδια λειοτρίβησης. Τα πρώτα περιλαμβάνουν κυλίνδρους με χαραγμένη την επιφάνειά τους κατά το μήκος τους. Οι κύλινδροι αυτοί χαρακτηρίζονται ως σπαστήρες. Τα στάδια λειοτρίβησης περιλαμβάνουν κυλίνδρους με σχεδόν λεία έως τελείως λεία επιφάνεια. Τα στάδια του σπασίματος είναι και τα περισσότερα. Οι κύλινδροι αυτών των σταδίων έχουν στην επιφάνειά τους αυλακώσεις με παράλληλες ακμές που σχηματίζουν μικρή γωνία με τη γενέτειρα του κυλίνδρου. Εκεί που οι δύο κύλινδροι πλησιάζουν ο ένας τον άλλον (χωρίς όμως να εφάπτονται) μερικές ακμές του ενός βρίσκονται σε γωνία με μερικές ακμές του άλλου. Όταν οι κύλινδροι είναι

σταματημένοι, δύο ακμές αντικριστά σχηματίζουν το γράμμα Χ. Αν ανάμεσά τους βρεθεί ένας κόκκος τότε θα σφηνωθεί στη γωνία του Χ. Με την περιστροφή των κυλίνδρων η ακμή του αργού κυλίνδρου θα κρατήσει τον κόκκο από τη μία άκρη και η ακμή του γρήγορου κυλίνδρου θα παρασύρει την άλλη άκρη του κόκκου προς την κατεύθυνση της περιστροφής της. Έτσι η μία άκρη του κόκκου θα πρέπει να κινηθεί σε σχέση με την άλλη άκρη του και για να γίνει αυτό θα πρέπει οι δύο άκρες να χωρίσουν. Ο κόκκος θα δεχθεί διατμητικές τάσεις και θα σπάσει.

Στο πρώτο σπάσιμο οι κόκκοι σπάζουν σε μεγάλα κομμάτια τα οποία υφίστανται ξύσιμο από τις ακμές, καθώς αυτές κινούνται με διαφορετική ταχύτητα, και απελευθερώνεται το ενδοσπέρμιο. Τα κομμάτια που τελικά προκύπτουν, έχουν διαφορετικά μεγέθη και οδηγούνται σε σειρά από κόσκινα για να διαχωριστούν ανάλογα με το μέγεθός τους.

Στο έτοιμο αλεύρι μπορούν να προστεθούν βελτιωτικά ή και να αναμειχθεί με άλλο αλεύρι, προκειμένου να αποκτήσει χαρακτηριστικά κατάλληλα για τη χρήση που προορίζεται. Στη συνέχεια περνά από μηχανήμα απεντόμωσης, μαγνήτες και κόσκινα ασφαλείας για να συγκρατηθούν τυχόν αντικείμενα που έπεσαν κατά λάθος στο αλεύρι (βίδες, ρινίσματα, θραύσματα από τα μηχανήματα) και συσκευάζεται.

Από την περιγραφή της διαδικασίας της κυρίως άλεσης προκύπτει ότι το εσωτερικό του ενδοσπερμίου αποχωρίζεται για να αλευροποιηθεί ήδη από τα πρώτα σπασίματα. Όσο προχωρεί η άλεση στα επόμενα σπασίματα λαμβάνεται αλεύρι από την περιφέρεια του ενδοσπερμίου, και στη συνέχεια αλεύρι από τα όρια μεταξύ ενδοσπερμίου και στιβάδας της αλευρόνης. Το τελικό άλευρο – ανάλογα με τον τύπο στον οποίο ανήκει – περιέχει διάφορες αναλογίες από τα παραπάνω κλάσματα. Στους μύλους που παράγουν σιμιγδάλι (από σκληρό σιτάρι) δεν υπάρχει το στάδιο των λείων κυλίνδρων, και έχουν προστεθεί οι σιμιγδαλίστρες που είναι μηχανήματα διαχωρισμού του σιμιγδαλιού ανάλογα με την κοκκομετρία του (ψιλό, χονδρό και τυχόν ενδιάμεσες διαβαθμίσεις). (Κεφαλάς, 2009)

2.2.3. Τύποι αλεύρων σίτου

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

α) Πολύ λευκό αλεύρι από το εσωτερικό του ενδοσπερμίου. Το βάρος του αντιστοιχεί στο 45-55% του βάρους των κόκκων.

β) Λευκό αλεύρι από το εσωτερικό και την περιφέρεια του ενδοσπερμίου. Το βάρος του αντιστοιχεί περίπου στο 70% του βάρους των κόκκων.

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

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

Όπως είναι ευνόητο, η πρώτη επιλογή είναι το πολύ λευκό αλεύρι από το εσωτερικό του ενδοσπερμίου. Η απόδοση του μύλου σ' αυτό το αλεύρι θα είναι μικρή, δηλαδή το βάρος του αλεύρου θα είναι μικρό σε σχέση με το βάρος των κόκκων που εισέρχονται στο πρώτο σπάσιμο. Το ποσοστό αυτό σε άλλες χώρες είναι 45-55% ενώ στην Ελλάδα συνηθίζεται να είναι 55%. Από τον ελληνικό Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (ΚΤΠ) χαρακτηρίζεται ως αλεύρι κατηγορίας Π (Π = πολυτελείας). Είναι τελείως λευκό αλεύρι, χωρίς στίγματα και ελάχιστο ποσοστό της πρωτεΐνης του δεν είναι γλουτένη (Κεφαλάς, 2009).

Στους άλλους τύπους αλεύρων το ποσοστό της πρωτεΐνης που δεν είναι γλουτένη είναι μεγαλύτερο. Περιέχει τα μικρότερα ποσοστά πεντοζανών και ανόργανων αλάτων σε σχέση με τα άλλα αλευρα. Λόγω του μεγάλου ποσοστού πρωτεΐνης που είναι γλουτένη έχει την καλύτερη αρτοποιητική

ικανότητα από όλους τους άλλους τύπους αλεύρου που μπορούν να παραχθούν από το ίδιο σιτάρι. Σύμφωνα με τον ΚΤΠ το αλεύρι αυτό πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 28% υγρή γλουτένη και ανώτατο όριο τέφρας το 0,45%(0,5% για σίτο αλλοδαπής). Με την ανάπτυξη των βελτιωτικών των αλεύρων η αξία του τύπου αυτού περιορίστηκε κάπως, και η ζήτησή του οφείλεται κυρίως στη λευκότητά του (Κεφαλάς, 2009) . Καθώς και υγρασία όχι μεγαλύτερη από 14% κατά την διάρκεια της χειμωνιατικής περιόδου (16/11-14/06) και υπόλειμμα τετραχλωράνθρακα όχι <0,015%. (Γεωργόπουλος,2010) Η επόμενη επιλογή είναι η προσθήκη στο προηγούμενο αλεύρι κλασμάτων από την περιφέρεια του ενδοσπερμίου. Στην περίπτωση αυτή προκύπτει το άσπρο αλεύρι που είναι και το πιο συνηθισμένο. Η απόδοση του μύλου σ' αυτό το αλεύρι θα είναι λίγο πάνω από 70% και χαρακτηρίζεται από τον ΚΤΠ ως αλεύρι τύπου 70%. Είναι λιγότερο άσπρο από το προηγούμενο, γιατί κατά τη θραύση και απόξεση των τεμαχιδίων από τους κυλίνδρους είναι αναπόφευκτο να αποσπαστούν και θραύσματα από την στοιβάδα της αλευρόνης που είναι σκούρη. Εργαστηριακά το αλεύρι τύπου 70% μπορεί να ταυτοποιηθεί από την τέφρα του. Σύμφωνα με τον ΚΤΠ η τέφρα του δεν πρέπει να είναι ανώτερη από 0,50% και η γλουτένη του πρέπει να είναι τουλάχιστον 25% (Κεφαλάς, 2009).

Το χρώμα του αλεύρου τύπου 70% είναι κατάλληλο για όλα τα παρασκευάσματα αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής που χρειάζονται λευκό αλεύρι, εκτός ίσως από τα πολύ λευκά ψωμάκια (Κεφαλάς, 2009).Για τα άλευρα τ. 70% από αλλοδαπής σίτο η τέφρα <0,55%, η γλουτένη <28%.(Γεωργόπουλος,2010)

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

προστεθεί στο αλεύρι. Το μείγμα που θα προκύψει θα χαρακτηριστεί ειδικό αλεύρι σύμφωνα με τις διατάξεις του ΚΤΠ (Κεφαλάς, 2009).

Τα πιτυρούχα άλευρα (τύπου 90% και ολικής άλεσης) όπως βγαίνουν από την άλεση, υστερούν σημαντικά σε αρτοποιητική ικανότητα από τα λευκά άλευρα από το ίδιο σιτάρι, λόγω του μικρότερου ποσοστού γλουτένης, και της παρουσίας κυτταρίνης και ημικυτταρινών που ενυδατώνονται και παρεμβάλλονται στο πλέγμα της γλουτένης. Το μειονέκτημα αυτό εξαλείφεται με προσθήκη ξηρής γλουτένης (το απαιτεί ο ΚΤΠ για τα άλευρα τύπου 90%) και άλλων βελτιωτικών. Στον ΚΤΠ δεν προβλέπεται τύπος αλεύρου ολικής άλεσης για αρτοποίηση παρά μόνο για μακαρονοποιία. Η κυκλοφορία αλεύρου ολικής άλεσης για αρτοποίηση έχει επιτραπεί με αγορανομική διάταξη(Κεφαλάς, 2009).

Τα ποσοστά απόδοσης που αναφέρθηκαν και χαρακτηρίζουν τους τύπους των αλεύρων καλούνται και «τράβηγμα» ή βαθμός άλεσης. Το τράβηγμα υπολογίζεται ζυγίζοντας τα κιλά του αλεύρου που παρήχθησαν από 100 κιλά καθαρισμένου και βρεγμένου σιταριού (Κεφαλάς, 2009).

2.2.4. Αλεύρι σίτου

Το αλεύρι ανήκει στις πρώτες ύλες, οι οποίες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη διατροφή, καθώς το ψωμί συγκαταλέγεται ανάμεσα στα πιο σημαντικά παράγωγά του (Lorenz & Kuip, 1991). Από τεχνολογική άποψη ο μετασχηματισμός του σιταριού σε ψωμί περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια: άλεση σιταριού και παραγωγή αλεύρου, ανακάτεμα και ζύμωμα αλεύρου, νερού, αλατιού και μαγιάς, ωρίμανση ζυμαριού και ανάπτυξη ιδιοτήτων μαγιάς, και τελικά τη διαδικασία αρτοποίησης. Το ενδιαφέρον στην όλη διαδικασία είναι, ότι το αλεύρι και το ψωμί δεν διαφέρουν σημαντικά ως προς τη χημική τους σύσταση, με εξαίρεση το περιεχόμενό τους σε νερό. Η κύρια διαφορά τους έγκειται στη δομή τους (Matz, 1989). Το αλεύρι είναι το βασικό συστατικό της ζύμης. Η πρωτεΐνη στο αλεύρι έχει την ιδιότητα όταν ενυδατώνεται να δίνει συνεκτική και ελαστική μάζα. Η μοναδική αυτή ιδιότητα της πρωτεΐνης του αλεύρου, να αποδίδει δηλαδή στο ζυμάρι συνεκτικότητα και ελαστικότητα αποδίδεται στη γλουτένη, η οποία είναι και η κύρια αποθηκευτική πρωτεΐνη του αλεύρου (Κεφαλάς, 2009).

Η εκτατότητα της γλουτένης καθώς και το ποσοστό της σχηματιζόμενης γλουτένης καθορίζουν εάν το προϊόν θα είναι εύθρυπτο, με μια τάση να είναι συνεκτικό και σκληρό ή αν θα είναι μαλακό και αφράτο. (Shuey, 1975). Άλευρα με υψηλό ποσοστό πρωτεΐνης αποδίδουν περισσότερη γλουτένη με αποτέλεσμα να παράγουν ζύμη μεγαλύτερης συνεκτικότητας σε αντίθεση με άλευρα χαμηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη ή απλά άλευρα που δεν μπορούν να διατηρήσουν το σχήμα τους (Macrae et al. 1993).

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

Ειδικότερα όσον αφορά την πρωτεΐνη διαφέρει η ποσότητα και η ποιότητα της γλουτένης. Οι ιδιότητες της γλουτένης, με βάση τις οποίες χαρακτηρίζεται η ποιότητά της, καθώς και το ποσοστό αυτής στο αλεύρι έχουν άμεση σχέση με τις ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού που θα προκύψει. Οι ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού επηρεάζουν τη συμπεριφορά του κατά την αρτοποιητική διαδικασία και αυτές οι ιδιότητες είναι δυνατόν να μελετηθούν με ειδικά όργανα που είναι ο φαρινογράφος και δύο τύποι εξτενσιογράφου (εξτενσιογράφος Brabender και αλβεογράφος Chopin). Επίσης γίνονται και άλλες αναλύσεις όπως ο προσδιορισμός υγρής γλουτένης από την οποία υπολογίζεται και η ποιότητα της γλουτένης (δείκτης γλουτένης – gluten index), καθώς και το τεστ τιμής καθίζησης (zeleny test) το οποίο δείχνει, την ικανότητα ενυδάτωσης της γλουτένης (Κεφαλάς, 2009).

2.2.4.1. Χημική σύσταση αλεύρου

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

Υδατάνθρακες

Το μεγαλύτερο ποσοστό άμεσα στους υδατάνθρακες, καταλαμβάνει το άμυλο (περίπου 70%), καθώς επίσης και διάφορα διαλυτά σάκχαρα, κυτταρίνη και πεντοζάνες. Σε γενικές γραμμές δεν παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του αλεύρου, επηρεάζουν όμως το σχηματισμό της κόρας του ψωμιού ή γενικά το σχηματισμό του σκληρού τμήματος του τροφίμου, τη διόγκωση, την

απορρόφηση-δέσμευση του νερού και το μπαγιάτεμά του, λόγω της αναδιάταξης του αμύλου (Κριτσαντώνης, 2006).

Το άμυλο στο σιτάλευρο συναντάται σε μορφή αμυλόκοκκων και είναι υπεύθυνο για το λευκό χρώμα του αλεύρου. Αποτελείται από δύο συστατικά: την αμυλόζη, έναν γραμμικό πολυσακχαρίτη αποτελούμενο από 250-2000 περίπου μονάδες D-γλυκόζης ενωμένες με γλυκοζιτικούς δεσμούς α-1,4, η οποία αποτελεί το 10-30% του αμύλου, και την αμυλοπηκτίνη, έναν διακλαδισμένο πολυσακχαρίτη αποτελούμενο και αυτόν από μονάδες D-γλυκόζης ενωμένες με γλυκοζιτικούς δεσμούς α-1,4 στην ευθεία αλυσίδα και με α-1,6 στις διακλαδώσεις. Γενικά οι αμυλόκοκκοι είναι αδιάλυτοι στο κρύο νερό. Όταν, όμως το υδατικό αυτό διάλυμα θερμανθεί, οι αμυλόκοκκοι απορροφούν νερό σε ποσοστό περίπου 30%. Όταν η θερμοκρασία φτάσει στους 65 °C, οι κόκκοι προσροφούν νερό σε ποσοστά 300-2500% και διογκώνονται αλλοιώνοντας το σχήμα τους.

Τα άλλα σάκχαρα που περιέχονται στο άλευρο είναι: η γλυκόζη και η φρουκτόζη, η ζαχαρόζη και η μαλτόζη, η ραφινόζη, τα οποία είναι υδατοδιαλυτά σάκχαρα και περιέχονται στο άλευρο σε ποσοστό 1,5-3%. Τα περισσότερα από αυτά είναι ζυμώσιμα, υποβοηθώντας έτσι την υφή της ζύμης, ενώ η γλυκιά γεύση που τους προσφέρει στην τελική γεύση του αρτοσκευάσματος. Επίσης, υπάρχουν και πολυσακχαρίτες σε πολύ μικρότερα ποσοστά, όπως η κυτταρίνη, η πεντοζάνη και κάποια κόμμεα. Είναι αδιάλυτα στο νερό και έχουν την ιδιότητα να απορροφούν σημαντικές ποσότητες νερού. (Μποσδίκος, 2005)

Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες είναι πολυμερείς ενώσεις μεγάλου μοριακού βάρους, αποτελούμενες από αμινοξέα ενωμένα μεταξύ τους με πεπτιδικούς δεσμούς και με απόλυτα ορισμένη την διαδοχική τους σειρά. Οι πρωτεΐνες των σταριών ονομάζονται αλβουμίνες και αποτελούνται κυρίως από γλουτένη, σε ποσοστό περίπου 80-85%, και από άλλες υδα/τές πρωτεΐνες. Γενικά, τα σάκια έχουν περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες από 6-21%, ανάλογα με την ποικιλία και τις εδαφικές και κλιματολογικές συνθήκες. Στην Ελλάδα το πρωτεϊνικό περιεχόμενο των σταριών κυμαίνεται γύρω στο 12-13%.

Η γλουτένη είναι η υγρή, κολλώδης και ελαστική μάζα που μένει στα χέρια μας μετά από συνεχή μάλαξη ζυμαριού κάτω από τρεχούμενο νερό. Αποτελείται από δύο κυρίως πρωτεϊνικά κλάσματα: τη γλοιαδίνη, σε ποσοστό 70%, και την γλουτενίνη, σε ποσοστό 30%.

Είναι αδιάλυτη στο νερό, έχει όμως την ικανότητα να απορροφά νερό διπλάσιο του βάρους της. Είναι ελαστική δηλ. εκτείνεται χωρίς να σπάει και επανέρχεται όταν αφεθεί. Δημιουργεί ένα πλέγμα, έτσι ώστε να συνδέσει τα συστατικά του ζυμαριού μεταξύ τους και εγκλωβίζει μεγάλο μέρος των αερίων που παράγονται από την ζύμωση της μαγιάς με αποτέλεσμα τη διόγκωση των προϊόντων. Κύριο χαρακτηριστικό ενός αλεύρου που καθορίζει τη χρήση του είναι η δύναμη, η οποία διαφέρει όχι μόνο από ποικιλία σε ποικιλία σε σιτάρι, αλλά και από τύπο σε τύπο αλεύρου.

Δύναμη: ορίζουμε τη δυνατότητα ενός αλεύρου να δώσει αρτοσκευάσματα με ικανοποιητικά χαρακτηριστικά (διόγκωση, δομή, εμφάνιση). Έτσι, λοιπόν, η δύναμη είναι ένας συντελεστής και εξαρτάται από την % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και γλουτένη. Δεν εξαρτάται μόνο από το ποσοστό αλλά και από τις ιδιότητες αυτής που είναι η ελαστικότητα, η αντοχή, η σταθερότητα που καθορίζουν την ποιότητα αλλά και την καταλληλότητα ενός αλεύρου για το προϊόν που πρόκειται να παρασκευαστεί. (Μποσδίκος, 2005)

Λιπίδια

Το άλευρο του σταριού περιέχει λιπαρές ύλες σε ποσοστό 1-2%. Τα λιπίδια αυτά αποτελούνται από γλυκερίδια και λεκιθίνες, ενώ στο υπόλοιπο λιπιδικό κλάσμα κυριαρχεί η σιτοστερόλη. Τα συναντάμε κυρίως στο φύτρο του σταριού σε ποσοστό 12% περίπου, αλλά και στο ενδοσπέρμιο σε ποσοστό 1,5% και στη στοιβάδα της αλευρόνης σε ποσοστό 8%. (Μποσδίκος, 2005) Τα σκουρόχρωμα άλευρα περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα λιπιδίων σε σχέση με τα λευκά άλευρα. Λόγω της διακύμανσης της περιεκτικότητας των αλεύρων σε λιπαρά, δεν έχουμε ιδιαίτερη επίδραση στις αρτοποιητικές ικανότητες του. Είναι όμως γεγονός ότι επιδρούν θετικά ως προς την ελαστικότητα της γλουτένης. (Κριτσαντώνης, 2006)

Ανόργανα συστατικά

Πρόκειται για όξινα φωσφορικά άλατα καλίου (K) και μαγνησίου (Mg), φωσφορικά και χλωριούχα άλατα νατρίου (Na) και ασβεστίου (Ca), οξειδία

μετάλλων, καθώς και διάφορα ιχνοστοιχεία, όπως μόλυβδο (Pb), κασσίτερο (Zn) και άργυρο (Ag). Τα συναντάμε κυρίως στο πίτυρο σε ποσοστό 7% και στη στοιβάδατης αλευρόνης (10%) καθώς και στο φύτρο (5%). (Μποσδίκος, 2005) Η περιεκτικότητα του αλεύρου σε ανόργανα συστατικά διαφέρει ανάλογα με την ποικιλία του σταριού, την κάθε σοδειά και τον τρόπο αποθήκευσης. Έχει θετική επίδραση πάνω στη γλουτένη ιδιαίτερα κατά το ψήσιμο. (Κριτσαντώνης, 2006) Η περιεκτικότητα του αλεύρου σε ανόργανα συστατικά (τέφρα) αποτελεί κριτήριο καθορισμού του τύπου που ανήκει το άλευρο, σε πολλές χώρες. (Μποσδίκος, 2005)

Βιταμίνες

Το σάρι είναι πλούσιο σε βιταμίνη E και B (B1, B2, B6). Περιέχει ικανοποιητικό αριθμό βιταμινών κυρίως στο φύτρο και το πίτυρο του καρπού, γι' αυτό και όσο πιο λευκό είναι ένα αλεύρι τόσο πιο φτωχό είναι σε βιταμίνες (Κριτσαντώνης, 2006).

Υγρασία

Η περιεχόμενη υγρασία του σταριού και κατά συνέπεια του αλεύρου, προκειμένου να μην προκαλέσει προβλήματα, δε θα πρέπει να ξεπερνά το 15%. Με μεγαλύτερη υγρασία έχουμε ανάπτυξη μυκήτων, δυσάρεστων οσμών, προσέλκυση εντόμων, ταχεία αποσύνθεση της γλουτένης, μικρότερη απορρόφηση νερού από το ζυμάρι (Κριτσαντώνης, 2006).

Ένζυμα

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

2.3. Χρήσεις διάφορων τύπων αλεύρων

Το κατάλληλο αλεύρι για κάποια συγκεκριμένη χρήση πρέπει να έχει καθορισμένη ποσότητα και ποιότητα υγρής γλουτένης μέσα σε κάποιο εύρος τιμών, καθώς και τις ρεολογικές ιδιότητες. Το αλεύρι εκτός από την υγρή γλουτένη και τις ιδιότητες που σχετίζονται με αυτήν, δηλ. ποσότητα, ποιότητα,

ρεολογία, πρέπει να έχει και ορισμένα χαρακτηριστικά όσο αφορά τον τύπο του, το χρώμα, και τη δραστικότητα της α-αμυλάσης. Έτσι τα άλευρα χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με την χρήση τους.(Κεφαλάς, 2009)

2.3.1. Προϊόντα αρτοποιίας

Αυτά διακρίνονται σε άλευρα για μηχανικό ζυμωτήριο και άλευρα για ζύμωμα με το χέρι. Και τα δύο πρέπει να έχουν ικανοποιητική αμυλολυτική δραστικότητα που ελέγχεται με τις δοκιμές του δείκτη μαλτόζης, του αριθμού πτώσεως και της αμυλογραφίας. Η ανάγκη για τη δραστικότητα αυτή προέρχεται από το ότι χρησιμοποιείται μαγιά αρτοποιίας η δράση της οποίας προϋποθέτει ύπαρξη ζυμωσίμων ζαχάρων. Ικανοποιητική ποσότητα από αυτά μπορεί να προέλθει μόνο από την υδρόλυση του αμύλου, εκτός αν προστεθούν ως συστατικά του μείγματος στο ζυμωτήριο. Οι επόμενες προδιαγραφές αφορούν τη γλουτένη. Για ένα πολύ καλό αποτέλεσμα το ποσοστό της υγρής γλουτένης πρέπει να είναι πάνω από 27% αν και σε περιπτώσεις πολύ καλής ποιότητας γλουτένης αρκεί και 25%. Τα ποσοστά αυτά της υγρής γλουτένης προϋποθέτουν ένα ανάλογο πρωτεϊνικό περιεχόμενο του σίτου. Από αυτό προκύπτει ότι σιτάρια με μικρό ποσοστό πρωτεΐνης λιγότερο από 10% επί ξηρού δεν είναι κατάλληλα για αλεύρι αρτοποιίας, είναι όμως κατάλληλα για χρήσεις που δεν χρειάζονται τόση γλουτένη. Το εξτενσιογράφημα πρέπει να έχει ένα ελάχιστο όριο ενέργειας όμως ανάλογα με την συνταγή του αρτοσκευάσματος υπάρχει και κάποιο ανώτατο όριο στην ενέργεια, διότι διαφορετικά το CO₂ δεν θα μπορεί να διογκώσει το παρασκεύασμα και να διατηρήσει τη διόγκωση. Στην περίπτωση αυτή το ζυμάρι θα φέρνει αντίσταση στο φούσκωμα και θα έχει μεγάλη τάση να επιστρέψει στο αρχικό σχήμα πριν τη διόγκωση, μόλις χαλαρώσει η πίεση CO₂. Η αντίσταση στο εξτενσιογράφημα μπορεί να είναι μέτρια για αλεύρι που προορίζεται για μηχανικό ζυμωτήριο μεγάλης ισχύος, αλλά μικρή όταν προορίζεται για χειροποίητο ψωμί ή απλό ζυμωτήριο. Στο απλό ζυμωτήριο και ακόμα περισσότερο με το ζύμωμα στο χέρι, η διαθέσιμη δύναμη είναι μικρή και δεν μπορεί να υπερνικήσει την αντίσταση που φέρνει το ζυμάρι. Η ενέργεια του εξτενσιογραφήματος πρέπει να μένει σταθερή ή να αυξάνεται για όσο χρονικό διάστημα διαρκεί η αρτοποιία, για αυτό και γίνονται 3

εξτενσιογραφήματα. Η αντίσταση μπορεί να αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου της εξτενσιογραφίας, εφόσον το αλεύρι προορίζεται για ζυμωτήριο μεγάλης ισχύος το οποίο καταπονεί την γλουτένη. Η αύξηση της αντίστασης αντισταθμίζει κατά κάποιο τρόπο τις συνέπειες της καταπόνησης. (Κεφαλάς, 2009)

2.3.2. Προϊόντα σφολιάτας

Εδώ αναφερόμαστε στα προϊόντα που παρασκευάζονται με αλληπάλληλες στρώσεις ζυμαριού και μαργαρίνης (συμπεριλαμβάνεται και το κρουασάν). Αρχικά, γίνεται η προετοιμασία του ζυμαριού και στη συνέχεια η μαργαρίνη κλείνεται με μορφή φακέλου ή όλα τα υλικά τοποθετούνται μαζί στο ζυμωτήριο(μέθοδος κουρού). Στη συνέχεια, το ζυμάρι τοποθετείται στη σφολιατομηχανή και με διαδοχικά περάσματα, ώστε να μειωθεί το πάχος του ζυμαριού, γίνονται τα διπλώματα του φύλλου το άνοιγμα και το δίπλωμα, όσες φορές το απαιτεί η συνταγή του προϊόντος.

Να σημειώσουμε ότι αυτά τα προϊόντα διογκώνονται, κυρίως με τον ατμό που δημιουργείται κατά την διάρκεια του ψησίματος. Κατά την προσπάθεια διαφυγής του ατμού, δημιουργείται η διόγκωση και κατ' επέκταση ο διαχωρισμός των στρώσεων μεταξύ ζύμης και μαργαρίνης. Επίσης, να σημειωθεί ότι και στα κρουασάν χρησιμοποιείται και μαγιά που είναι υπεύθυνη κατά ένα μέρος για τη διόγκωση των προϊόντων αυτών. Εδώ πρέπει να χρησιμοποιηθεί αλεύρι όχι μόνο με ικανοποιητικό ποσοστό σε γλουτένη, αλλά με κύριο χαρακτηριστικό την καλή εκτατότητα.

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην μαζεύει το ζυμάρι όχι μόνο κατά τη διαδικασία της επεξεργασίας της σφολιάτας αλλά και κατά την διαδικασία της κοπής των τεμαχίων. Έτσι, τα τελικά προϊόντα θα έχουν το κατάλληλο σχήμα και εμφάνιση.(Μποσδίκος, 2005)

2.3.3. Προϊόντα ζαχαροπλαστικής

Εδώ η αναφορά γίνεται στα προϊόντα τα οποία διογκώνονται είτε μηχανικά με εγκλωβισμό αέρα στη μάζα τους κατά το χτύπημα είτε χημικά π.χ. με τη χρήση μπέικιν πάουντερ.

1. Στην περίπτωση των κέικ και παντεσπανιών, η ποσότητα της γλουτένης πρέπει να είναι τόση ώστε να δημιουργηθεί η δομή και η συνεκτικότητα του προϊόντος.

2. Στα βουτήγματα-μπισκότα χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά, όπως μαργαρίνη, ζάχαρη, και αυγά. Η ποσοτική σχέση των υλικών αυτών επηρεάζει και διαφοροποιεί σε σημαντικό βαθμό τα χαρακτηριστικά της ζύμης, οπότε προκύπτουν και ποικιλίες προϊόντων, αλλά και ποιοτικά προβλήματα. Έτσι, σε αυτή την περίπτωση θέλουμε ζυμάρι αφράτο(όχι σφιχτό), συνεκτικό, και να απλώνει ικανοποιητικά. Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί ένα κοινό αλεύρι T.70%, θα είναι δύσκολο να σχηματιστεί. Όμως, και μεγαλύτερη περιεκτικότητα να έχουμε σε γλουτένη, θα προκληθεί γρήγορο στέγνωμα του προϊόντος με συνέπεια την ποιοτική του υποβάθμιση. Η καλύτερη λύση είναι η χρήση του μαλακού αλεύρου ή ζαχαροπλαστικής.

3. Το τσουρέκι είναι ένα παραδοσιακό προϊόν με μαγιά, στο οποίο χρησιμοποιούνται υλικά σε μεγάλες σχετικά αναλογίες. Τα υλικά αυτά (ζάχαρη, μαργαρίνη, αυγά) πιέζουν το πρωτεϊνικό πλέγμα της γλουτένης με αποτέλεσμα να απαιτείται ένα αρκετά δυνατό αλεύρι με μεγάλη αναλογία σε γλουτένη. Αυτό λέγεται συνήθως τύπου Αμερικής.

Υπάρχουν, όμως περιπτώσεις συνταγών, οι λεγόμενες πολιτικές, όπου η αναλογία των υλικών είναι πολύ μεγαλύτερη και κατά περίπτωση η μαργαρίνη έχει αντικατασταθεί από βούτυρο. Αυτού του είδους οι συνταγές δίνουν προϊόν με πιο χαμηλή διόγκωση, πιο σκούρο χρώμα, πιο γλυκιά γεύση και σχήμα πιο απλωμένο. Λόγω της μεγαλύτερης αναλογίας σε υλικά, αλλά και του μεγαλύτερου χρόνου στη στόφα, απαιτείται ακόμη μεγαλύτερο ποσοστό γλουτένης. Έτσι θα μπορέσει το ζυμάρι λόγω της ακόμη μεγαλύτερης αντοχής και σταθερότητας να κρατήσει καλύτερα το προϊόν.(Μποσδίκος, 2005)

2.4. Πρόσθετες ύλες

Ξηρή Γλουτένη

Ξηρή γλουτένη είναι η γλουτένη του σίτου που αποχωρίστηκε από το άμυλο και έρχεται στο εμπόριο υπό μορφή σκόνης με πολύ χαμηλή υγρασία. Ανάλογα με την ποιότητά της είναι περισσότερο ή λιγότερο καθαρή και αυτό γίνεται αντιληπτό από το ποσοστό της πρωτεΐνης που περιέχει. Μεγάλη σημασία για την ποιότητά της έχει η ελαστικότητά της. Γλουτένη που έχει πολύ καλή ελαστικότητα χαρακτηρίζεται ως «ζωντανή» («vital»). Η ελαστικότητα είναι πολύ εύκολο να χαθεί κατά τη διαδικασία παραγωγής της στο στάδιο της ξήρανσης. Αν κατά την ξήρανση δεν ληφθούν ορισμένες προφυλάξεις, η γλουτένη υφίσταται μερική μετουσίωση εξαιτίας της οποίας χάνει την ελαστικότητά της. Η ξηρή γλουτένη αποχωρίστηκε από το άμυλο και βρίσκεται σε μορφή σκόνης με πολύ χαμηλή υγρασία. Η ποιότητα της επηρεάζεται από την ελαστικότητά της. (Κεφαλάς, 2009)

Η ποιότητα της προστιθέμενης ξηρής γλουτένης εξαρτάται:

- Από την ποιότητα των σιταριών από όπου προέρχεται
- Από τις καιρικές συνθήκες της καλλιέργειας
- Από τις συνθήκες επεξεργασίας των αλεύρων κατά των διαχωρισμό από το άμυλο
- Από την παρουσία πίτουρου στην γλουτένη

(Γεωργόπουλος, 2010)

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

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

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

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

Λαμβάνοντας υπόψη τις μοναδικές ιδιότητες της γλουτένης σίτου, δεν μας εκπλήσσει ότι έχει αποτελέσει το αντικείμενο της έντονης προσοχής από τη βιομηχανία τροφίμων. Το ενδιαφέρον έχει επεκταθεί στον εμπορικό διαχωρισμό της γλουτένης από το άμυλο και τις διαλυτές πρωτεΐνες του αλεύρου. Στην πραγματικότητα, είναι η συνεκτική ιδιότητα της γλουτένης που

κάνει την εμπορική προετοιμασία της μια σχετικά απλή διαδικασία (Day et al. 2006).

Ασκορβικό οξύ (E300)

Το ασκορβικό οξύ είναι το μόνο βελτιωτικό με οξειδωτική δράση στο αλεύρι σίτου που επιτρέπεται στην Ελλάδα. Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών η ανώτατη επιτρεπόμενη δόση είναι 0,3‰ στο αλεύρι. Κανονικά το ασκορβικό οξύ είναι αναγωγική ουσία, αλλά στο ζυμωτήριο, μόλις το αλεύρι έρθει σε επαφή με το νερό, δρα το ένζυμο οξειδάση του ασκορβικού οξέος το οποίο οξειδώνει το ασκορβικό οξύ σε δεϋδροασκορβικό οξύ. Με την επίδραση του ασκορβικού οξέος ως οξειδωτικού, το ζυμάρι γίνεται πιο ανθεκτικό και συνεκτικό αλλά όχι ιδιαίτερα ελαστικό. (Κεφαλάς,2009)Επίσης, το ζυμάρι γίνεται σπογγώδης στην υφή, η συγκράτηση των αερίων βελτιώνεται, ο όγκος του ψωμιού αυξάνεται, η ψίχα του τελικού προϊόντος βελτιώνεται.(Γεωργόπουλος,2010)

Κυστεΐνη

Το μέγιστο ποσοστό χρήσης είναι 0,05%.Η κυστεΐνη μειώνει τον χρόνο ανάμειξης του ζυμαριού και αυξάνει την εκτατότητα του. Προϊόντα όπως ψωμάκια πολυτελείας πρέπει το ζυμάρι τους να είναι σταθερό και να διατηρούν το σχήμα τους. Η προσθήκη κυστεΐνης ώστε να δώσουμε εκτατότητα στα ζυμάρια θα έχει ως αποτέλεσμα το ζυμάρι να μην αποκτήσει σταθερότητα και την κατάλληλη δόμη της ψίχας. Για να πετύχουμε την κατάλληλη σταθερότητα και εκτατότητα χρειάζεται να προσθέσουμε κυστεΐνη και μικρή ποσότητα ασκορβικού οξέος.

Η κυστεΐνη είναι σημαντική στην αρτοποιία γιατί βρίσκεται:

- Στην γλουτένη του αλεύρου ως φυσικό συστατικό
- Στην γλουταθειόνη της μαγιάς που προσθέτουμε
- Στα ελεύθερα αμινοξέα ως πρόσθετο στο αλεύρι

Όταν μόρια της γλουτένης οξειδώνονται κατά την ανάμειξη το ζυμάρι ενδυναμώνεται και μειώνεται η εκτατότητα. Κατά την ανάμειξη αυτοί οι δεσμοί σπάνε με αποτέλεσμα η εκτατότητα να αυξάνεται που είναι απαραίτητη για να

πάρει το σωστό σχήμα. Η διαδικασία είναι αντιστρεπτή και η δομή της γλουτένης αποκτά την αρχική δομή κατά την διάρκεια του στοφαρίσματος και του ψησίματος. Οι δεσμοί αυτοί που σπάνε κατά την ανάμειξη είναι δυνατόν να σπάσουν και με την προσθήκη της κυστεΐνης. Τότε έχουμε το φαινόμενο της ανταλλαγής δισουλφιδίων.(Γεωργόπουλος,2010)

Κιτρικό οξύ-τρυγικό οξύ

Η προσθήκη είναι συνηθισμένη μέθοδος στην Ελλάδα για τη βελτίωση των ιδιοτήτων της γλουτένης. Η μέγιστη δόση σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών είναι 1‰ στο αλεύρι. Η δράση αυτή οφείλεται κυρίως στη μείωση του pH του ζυμαριού σε επίπεδα που να μηδενίζεται σχεδόν η δραστηριότητα της πρωτεάσης των πεντατομιτών.(Κεφαλάς,2009)

A-αμυλάση

Η α-αμυλάση είναι ενδοένζυμο, δηλ. υδρολύει δεσμούς στο εσωτερικό του μορίου του αμύλου. Οι δεσμοί που υδρολύει είναι οι α-1,4 γλυκοζιτικοί δεσμοί και οι θέσεις που προσβάλλονται είναι τυχαίες. Εξ αιτίας του τυχαίου των θέσεων που προσβάλλονται, συμβαίνει ταχύτατη μείωση του μεγέθους των μορίων του αμύλου και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του ιξώδους του ζελατινοποιημένου αμύλου. Η παρατεταμένη δράση της α-αμυλάσης έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή μεγαλύτερης ποσότητας δεξτρινών από τη συνηθισμένη, γεγονός που καθιστά την ψίχα των αρτοσκευασμάτων υγρή και κολλώδη. Όταν η αμυλολυτική δραστηριότητα του αλεύρου είναι χαμηλή τότε προστίθενται ως βελτιωτικά παρασκευάσματα α-αμυλάσης. Τα παρασκευάσματα αυτά είναι σε μορφή χονδρόκοκκου αλεύρου και το ένζυμο προέρχεται από τις τρεις κυρίως πηγές:

- *Μυκητιακές α-αμυλάσες:* χρησιμοποιούνται περισσότερες από όλες γιατί αδρανοποιούνται σε χαμηλή θερμοκρασία και σε περίπτωση υπέρβασης της δοσολογίας δεν προκαλούνται ανεπιθύμητα αποτελέσματα. (Κεφαλάς,2009) Δίνουν κυρίως μαλτόζη και σε μικρότερη ποσότητα γλυκόζη. (Γεωργόπουλος,2010)
- *Βακτηριακές α-αμυλάσες:* είναι θερμοάντοχες και χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις και εφόσον η ποσότητα που θα προστεθεί μπορεί να

μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια και να εξασφαλιστεί η τέλεια διασπορά.(Κεφαλάς,2009)Δίνουν κυρίως δεξτρίνες και σε μικρότερη ποσότητα μαλτόζη.(Γεωργόπουλος,2010)

- *Βύνη υπο μορφή βυνάλευρου.*

(Κεφαλάς,2009)

B-αμυλάση

Είναι εξωένζυμο, υδρολύει τους δεσμούς που βρίσκονται στα άκρα του μορίου του υποστρώματος. Προσβάλλει τον δεύτερο α-1,4 γλυκοζιτικό δεσμό από το μη αναγωγικό άκρο απελευθερώνοντας ένα μόριο μαλτόζης.(Κεφαλάς, 2009)Δρα σε θερμοκρασίες 50-65 °C, υδρολύοντας το 60% της θεωρητικής ποσότητας του αμύλου.(Μποσδίκος, 2005)

Πρωτεολυτικά ένζυμα

Οι πρωτεάσες υδρολύουν τους πεπτιδικούς δεσμούς που συνδέουν τα αμινοξέα μεταξύ τους στο μόριο της πρωτεΐνης. Η μελέτη της δράσης των πρωτεασών έχει μεγάλη σημασία για την αρτοποιία, επειδή τα ένζυμα αυτά αποικοδομούν τη γλουτένη, με αποτέλεσμα να μειώνεται η αντοχή και η ελαστικότητα του ζυμαριού. Στη ζαχ/κή ο ρόλος των πρωτεασών ποικίλει. Προϊόντα όπως η σφολιάτα, το φύλλο κρούστας, το τσουρέκι χρειάζονται δυνατό αλεύρι με συνεκτική, ανθεκτική και ελαστική γλουτένη, οπότε είναι επιβλαβείς. Προϊόντα όπως το κέικ και τα μπισκότα χρειάζονται πολύ μαλακό αλεύρι δηλ. με γλουτένη που φέρνει μικρή αντίσταση στην επιμήκυνση και χωρίς μεγάλες απαιτήσεις συνεκτικότητας και ελαστικότητας έτσι σε αυτά τα προϊόντα προστίθεται πρωτεάση.(Κεφαλάς,2009)

Λεκιθίνη

Παράγεται από τη σόγια και η χρήση της ως βελτιωτικό αλεύρου αποσκοπεί να βελτιώσει την εμφάνιση των προϊόντων, να αυξήσει τον όγκο των αρτοσκευασμάτων με την καλύτερη συγκράτηση αερίων και την ομοιόμορφη κατανομή του λίπους. Το μέγιστο ποσοστό που επιτρέπεται είναι 2%.

Μονο-δι-γλυκερίδια

Τα μονο-δι-γλυκερίδια είναι μόρια γλυκερίνης στα οποία είναι ενωμένα ένα ή δυο λιπαρά οξέα. Παράγονται κυρίως από υδρογονωμένα φυτικά έλαια. Θεωρούνται ισχυροί γαλτές. Προσθήκη μονογλυκεριδίων σε ποσοστό 0,5% μεγιστοποιεί την καθυστέρηση του μπαγιατέματος.(Γεωγόπουλος,2010)

DATEM

Είναι οι εστέρες μονογλυκεριδίων. Χρησιμοποιούνται συχνά οι διακετυλιωμένοι εστέρες του τρυγικού οξέος με μονογλυκερίδια που ενισχύουν τη ζύμη. Το αποτέλεσμα αυτής της ιδιότητας είναι ότι η ουσία αυτή αντιδρά με τη γλουτένη του αλεύρου με αποτέλεσμα την καλύτερη κατακράτηση αερίων, την αντοχή στις μηχανικές καταπονήσεις, τιας μεταβολές στους χρόνους ζυμώματος, τη συγκράτηση της ώριμης ζύμης από το ξεφούσκωμα, πτώση και εξισορρόπηση των διαφορετικών ποιοτήτων αλεύρου και άλλων πρώτων υλών.

SSL ΚΑΙ CSL

Είναι άλατα του δι-στεατυλο-γαλακτικού οξέος με νάτριο(SSL) ή ασβέστιο (CSL) τα οποία λειτουργούν στη ζύμη ως ενισχυτές για καλύτερη διόγκωση, λόγω αντιδράσεων με τη γλουτένη και ως ουσίες που μαλακώνουν την ψίχα για να καθυστερήσουν το μπαγιατέμα'.(Μποσδίκος, 2005)

Ο Κώδικας Τροφίμων και Ποτών επιτρέπει τη χρήση τους είτε αυτοτελώς είτε σε μίγμα με μέγιστο ποσοστό χρήσης 1%επι του αλεύρου. Πολλοί γαλτές προκαλούν ισχυροποίηση της γλουτένης. Άλλοι προκαλούν αύξηση της συνεκτικότητας της, γεγονός που συνεπάγεται και αύξηση της φαρινογραφικής σταθερότητας, και άλλοι σχηματίζουν ή ενισχύουν υμένα που συγκρατούν το CO₂. Οι γαλτές που χρησιμοποιούνται στην αρτοποιία σε καθαρή κατάσταση έχουν λιπαρή υφή και τάση για δημιουργία συσσωμάτων. Για αυτό συνήθως διακινούνται αναμειγμένοι με ουσίες που εμποδίζουν τη συσσωμάτωση.(Κεφαλάς,2009)

2.5. Ποιοτικός έλεγχος σιτηρών και αλεύρων

2.5.1. Υγρασία σίτου και αλεύρου

Μετά τον έλεγχο καθαρότητας του δείγματος η ανάλυση που ακολουθεί είναι ο προσδιορισμός της υγρασίας του. Η υγρασία είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για την ασφαλή αποθήκευση του σιτηρού αλλά και παράγοντας με οικονομική σημασία. Αυξημένη υγρασία αυξάνει τις πιθανότητες προσβολής του σιταριού από μύκητες ή βακτήρια και ευνοεί το άναμμα γιατί αυξάνονται οι ενζυματικές δραστηριότητες.

Υγρασία είναι η περιεκτικότητα των τροφίμων σε νερό. Η υγρασία είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για την ασφαλή αποθήκευση των τροφίμων και πρέπει να μην ξεπερνά ορισμένες τιμές-για κάθε περιοχή θερμοκρασιών-για να μην συμβούν ανεπιθύμητες αλλοιώσεις και ανάπτυξη μυκήτων και μικροοργανισμών.

Η υγρασία είναι επίσης παράγοντας με οικονομική σημασία: μια μικρή διακύμανση της υγρασίας συνεπάγεται με μεγάλη διαφορά βάρους, αν πρόκειται για μεγάλες ποσότητες τροφίμου, και αυτό μεταφράζεται σε μεγάλες χρηματικές διαφορές. (Κεφαλάς,2009)

Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε υγρασία διακρίνονται σε:

- Ξηρό μέχρι 14% υγρασία
- Μέτρια ξηρό 14-15,5% υγρασία
- Μέτρια υγρό 15,5-17% υγρασία
- Υγρό πάνω από 17% υγρασία (Κόκκαλης,2007)

2.5.2. Τέφρα αλεύρου

Τέφρα (Τ) μιας ουσίας ονομάζεται το λευκό υπόλειμμα που απομένει ύστερα από την τέλεια καύση όλων των οργανικών συστατικών της. Από τον ορισμό αυτό προκύπτει ότι το υπόλευκο θα αποτελείται από ανόργανα συστατικά. Προφανώς αυτά θα είναι προϊόντα θερμικής διάσπασης των ανόργανων αλάτων που βρίσκονται στην ουσία. Στο αλεύρι αυτά τα άλατα είναι όξινα φωσφορικά άλατα του καλίου και του μαγνησίου, μικρά ποσά φωσφορικών και χλωριούχων αλάτων νατρίου και του ασβεστίου, ίχνη θεικών αλάτων και ίχνη αλάτων αργιλίου και σιδήρου. Τα άλατα αυτά με τη θερμότητα του

κλιβάνου μετατρέπονται στα αντίστοιχα οξείδια, δηλ. K_2O , MgO , CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , P_2O_5 και ίχνη οξειδίων άλλων στοιχείων. Γενικά ο προσδιορισμός της τέφρας επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων χρήσιμων για το χαρακτηρισμό και την εκτίμηση της ποιότητας και της γνησιότητας ενός τροφίμου. Στο αλεύρι ειδικά, αποτελεί δείκτη και μέτρο του τύπου του αλεύρου. (Κεφαλάς 2009) Επίσης, με αύξηση του βαθμού άλεσης έχουμε αύξηση της τέφρας των αλεύρων και τα άλευρα έχουν σκουρότερο χρώμα και αύξηση της περιεκτικότητας σε πίτυρο. Το ποσοστό της τέφρας και των ακατέργαστων ινών στο σιτάρι συσχετίζεται με την ποσότητα του πίτυρου στο σιτάρι και άλευρου και επομένως επηρεάζει σημαντικά την απόδοση του άλευρου. Οι μικροί κόκκοι έχουν συνήθως περισσότερο ποσοστό πίτυρου και περισσότερη περιεκτικότητα σε τέφρα και λιγότερη απόδοση σε αλεύρι σε σχέση με τους μεγάλους κόκκους. Η ποσότητα της τέφρας εκτός από τον βαθμό άλεσης επηρεάζεται και από την ποικιλία της τέφρας, το καθάρισμα και το πλύσιμο του σιταριού όπου αφαιρούνται οι ξένες ύλες, διαβροχή του σίτου. (Γεωργόπουλος, 2010)

2.5.3. Υγρή γλουτένη σίτου και αλεύρου

Ο προσδιορισμός υγρής γλουτένης βασίζεται στο σχηματισμό αδιάλυτης μάζας ενυδατωμένης γλουτένης, η οποία αποχωρίζεται από τα υπόλοιπα συστατικά με έκπλυση υπό συνεχή μάλαξη. Ο προσδιορισμός γίνεται σε αλεύρι ή σε ολικό άλεσμα. Από μικρή ποσότητα αυτού παρασκευάζεται ζυμάρι, το οποίο μαλάσσεται και πλένεται σε ρεύμα νερού, ενώ από κάτω τοποθετείται κόσκινο όπου συγκρατούνται τεμαχίδια που παρασύρονται από το νερό. Η γλουτένη ενυδατώνεται και από την επίδραση του ενζύμου γλουτενάση θρομβώνεται και παραμένει στο κόσκινο, ενώ τα υπόλοιπα συστατικά παρασύρονται από το ρεύμα νερού, είτε ως αιώρημα είτε ως διάλυμα. Η μάζα της γλουτένης συμπιέζεται για να φύγει το πλεονάζον νερό και ζυγίζεται. Το αποτέλεσμα εκφράζεται σε ποσοστό επί του βάρους αλεύρου.

Ενδιαφέρουσα είναι η μέθοδος Clutomatic από την ομώνυμη συσκευή της Σουηδικής εταιρείας Falling Number. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί ως ζυμωτήριο και πλυντήριο το ίδιο σκεύος επιτυγχάνοντας έτσι την ελάχιστη επέμβαση του αναλυτή. Η γλουτένη στεγνώνεται με φυγοκέντρηση σε δοχεία

με διάτρητο πυθμένα, από όπου μαζί με το νερό περνάει και μέρος της γλουτένης. Όσο λιγότερο συνεκτική είναι η γλουτένη τόσο μεγαλύτερο μέρος της περνάει από τις οπές του πυθμένα και αντίστροφα. Το αποτέλεσμα αποτελεί μέτρο της ποιότητας της γλουτένης και εκφράζεται ως κλάσμα της ποσότητας που πέρασε προς τη συνολική ποσότητα της γλουτένης.

Η υγρή γλουτένη μετά το ζύγισμα μπορεί να ξηρανθεί ανάμεσα σε θερμαινόμενες πλάκες, οπότε προκύπτει η ξηρή γλουτένη. Από τη διαφορά του βάρους υγρής-ξηρής γλουτένης μπορεί να υπολογιστεί η ενυδάτωση της γλουτένης (Κεφαλάς, 2009).

Για την αξιολόγηση της γλουτένης λαμβάνονται υπόψιν και τα εξής κριτήρια:

- 1) Το χρώμα (καλύτερης ποιότητας είναι οι ανοιχτόχρωμες)
- 2) Η όψη (η καλή γλουτένη είναι γυαλιστερή ενώ η κακής ποιότητας δεν είναι)
- 3) Η ελαστικότητα (αυτή εξαρτάται από την αντοχή και την εκτατότητα) (Τσιάρας, 1999)

2.5.4. Πρωτεΐνη σίτου και αλεύρου

Ο προσδιορισμός του ολικού αζώτου ως βάση για τον υπολογισμό της ολικής πρωτεΐνης των τροφίμων είναι ο πιο συνηθισμένος. Ως γενικός συντελεστής μετατροπής του N σε πρωτεΐνη χρησιμοποιείται ο αριθμός 6,25(=100/16), επειδή η περιεκτικότητα των καθαρών πρωτεϊνών σε άζωτο διαφέρει και παρά το γεγονός ότι έχουν γίνει δεκτοί διάφοροι συντελεστές μετατροπής, θα ήταν σκόπιμο να αναφέρεται στις αναλύσεις των τροφίμων η περιεκτικότητα σε N και όχι σε πρωτεΐνη.

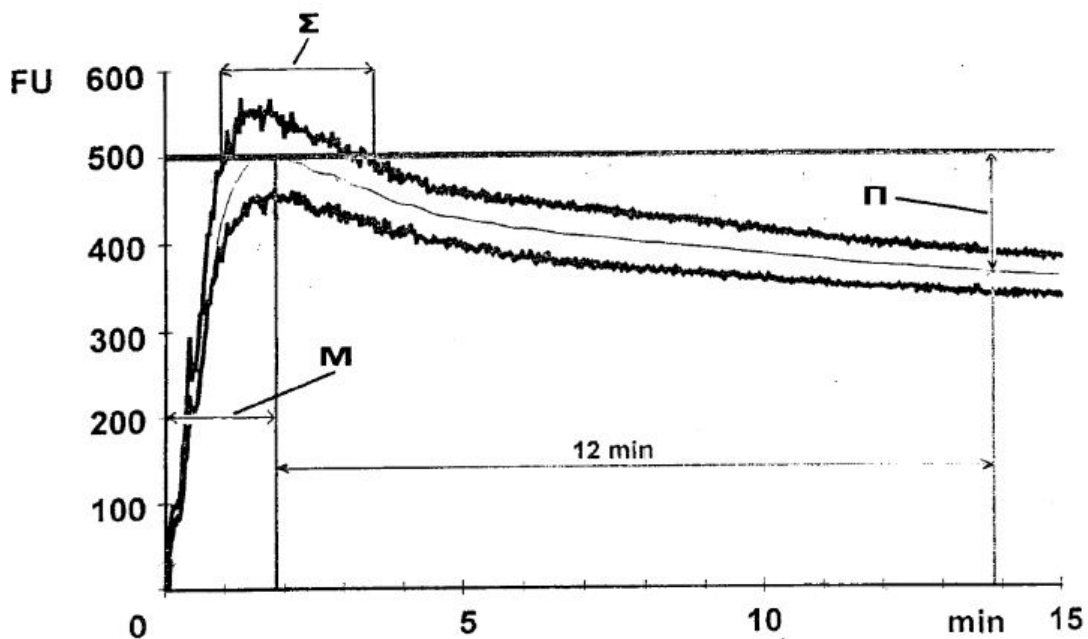
Η κυριότερη και γενικά παραδεκτή μέθοδος προσδιορισμού του οργανικού αζώτου είναι η μέθοδος Kjeldahl. Περιλαμβάνει την καύση της οργανικής ουσίας του τροφίμου με πυκνό H₂SO₄ και την παράλληλη μετατροπή του οργανικού αζώτου σε αμμωνία, η οποία δεσμεύεται από την περίσσεια του οξέος ως (NH₄)₂SO₄. Στη συνέχεια η αμμωνία απελευθερώνεται με προσθήκη αλκάλειου, αποστάζεται και προσδιορίζεται κατά διάφορους τρόπους.

Η καύση γίνεται σε ειδικές απιοειδής φιάλες και επιταχύνεται με την χρήση καταλυτών, όπως CuSO₄, HgO, ή Se. Προστίθεται επίσης και K₂SO₄, το οποίο ανεβάζει το σημείο ζέσεως του μείγματος.

Κατά την απόσταξη η αμμωνία είτε αντιδρά με γνωστή ποσότητα πρότυπου διαλύματος οξέος, του οποίου η περίσσεια στη συνέχεια επανογκομετρείται με πρότυπο αλκάλι, είτε δεσμεύεται σε διάλυμα βορικού οξέος και ογκομετρείται με πρότυπο οξύ. Είναι ακόμη δυνατός ο χρωματομετρικός προσδιορισμός της αμμωνίας με απόσταγμα με τη χρήση αντιδραστηρίου Nessler ή νινυδρίνης. Η μέθοδος Kjeldahl αποτελεί μέθοδο αναφοράς για τον προσδιορισμό αζώτου (και πρωτεϊνών) στα τρόφιμα (Πολυχρονιάδου-Αληχανίδου Α., 1996).

2.5.5. Φαρινογραφία

Ο φαρινογράφος είναι όργανο το οποίο εξετάζει τα ρεολογικά χαρακτηριστικά των αλεύρων. Ειδικότερα μας δίνει πληροφορίες για την ικανότητα των αλεύρων να απορροφούν νερό, για την αντοχή του ζυμαριού στη μηχανική καταπόνηση, και τον προσδιορισμό της ενζυματικής δράσης (πρωτεολυτικά ένζυμα) στο αλεύρι (Τσιάρας, 1999). Ο φαρινογράφος είναι ένα πρότυπο ζυμωτήριο χωρητικότητας 300g αλεύρου συνδεδεμένο με μηχανισμό που καταγράφει την αντίσταση που εκδηλώνεται από το ζυμάρι κατά την ανάμειξή του. Η συσκευή αποτελείται από ένα θερμοστατούμενο στους 30°C ζυμωτήριο με δύο μαχαιρωτούς βραχιόνες ανάμειξης συνδεδεμένους με δυναμόμετρο, οι οποίοι περιστρέφονται με σταθερή ταχύτητα. Το σχήμα και οι διαστάσεις του ζυμωτηρίου και των βραχιόνων είναι απολύτως καθορισμένα σε τέτοιο σημείο που η παραμικρή φθορά τους έχει επιπτώσεις στα αποτελέσματα. Πάνω από το ζυμωτήριο είναι στερεωμένη προχοϊδα για την προσθήκη του νερού στο αλεύρι που αυτό βρίσκεται στο ζυμωτήριο. Τα αποτελέσματα λαμβάνονται υπό μορφή διαγράμματος στο οποίο ο οριζόντιος άξονας είναι βαθμολογημένος σε min και ο κάθετος άξονας σε φαρινογραφικές μονάδες (FU). Οι φαρινογραφικές μονάδες αντιπροσωπεύουν την συνεκτικότητα του ζυμαριού η οποία γίνεται αντιληπτή από την αντίσταση που αυτό προβάλλει στην κίνηση των βραχιόνων ανάμειξης μέσα στη μάζα του.



Σχήμα 2: Φαρινογράφημα αδύνατου σίτου (M: Μέγιστο, Σ: Σταθερό ότητα, Π: Φαρινογραφική πτώση σε 12 min) (Κεφαλάς, 2009)

Οι χρησιμοποιούμενες μετρήσεις είναι:

1. Απορρόφηση (%)

Είναι το ποσοστό του νερού 30 °C που χρειάζεται για να φθάσει το ζυμάρι σε συνεκτικότητα 500 FU. Κατά προσέγγιση είναι η ποσότητα νερού που θα προσθέσει ο αρτοποιός σε 100 μέρη βάρους αλεύρου για να παρασκευάσει κανονικό ζυμάρι. Αναφέρεται σε υγρασία αλεύρου 14% και σε περίπτωση διαφορετικής υγρασίας πρέπει να γίνει η σχετική διόρθωση.

2. Χρόνος άφιξης (min)

Είναι ο χρόνος σε λεπτά που χρειάζεται η κορυφή του φαρινογραφήματος να φτάσει τη γραμμή των 500FU. Ο χρόνος άφιξης είναι μέτρο της ταχύτητας με την οποία προσλαμβάνεται το νερό από το αλεύρι και είναι τόσο μεγαλύτερος όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη του αλεύρου.

3. Χρόνος ανάπτυξης της ζύμης

Είναι ο χρόνος σε λεπτά από την αρχή του φαρινογραφήματος μέχρι το σημείο της μέγιστης συνεκτικότητας και μετριέται στο πλησιέστερο μισό λεπτό. Καλείται και μέγιστο και παρέχει κάποια ένδειξη για τον απαιτούμενο χρόνο ανάπτυξης του ζυμαριού. Στην περίπτωση που υπάρχουν δύο μέγιστα, το δεύτερο λαμβάνεται ως χρόνος ανάπτυξης.

4. Σταθερότητα(min)

Είναι η διαφορά μεταξύ χρόνου άφιξης και του χρόνου αναχώρησης, δηλ. του χρόνου κατά τον οποίο η κορυφή της καμπύλης εγκαταλείπει τις 500FU. Μετριέται στο πλησιέστερο μισό λεπτό. Δείχνει την αντοχή του ζυμαριού στη μηχανική καταπόνηση από το ζυμωτήριο.

5. Φαρινογραφική πτώση (BU)

Είναι η απομάκρυνση της καμπύλης από τις 500FU ύστερα από ορισμένο χρονικό διάστημα συνεχούς ανάμειξης που μετριέται από τη στιγμή που η καμπύλη φθάσει στο μέγιστο. Δείχνει την εξασθένηση του ζυμαριού εξ αιτίας της μηχανική καταπόνησης. Όσο μικρότερη είναι, τόσο ισχυρότερη είναι η γλουτένη και τόσο λιγότερες οι πρωτεάσες.(Κεφαλάς,2009)

2.5.6. Εξτενσιογραφία

Με τον εξτενσιογράφο ελέγχουμε τις ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού και την επίδραση που έχουν σε αυτό οι οξειδωτικές και βελτιωτικές ουσίες. Ειδικότερα στον εξτενσιογράφο μετράμε τη δύναμη που χρειάζεται να εφαρμοσθεί, ώστε να ξεπεραστεί η αντίσταση την οποία εμφανίζει ένα κομμάτι ζυμαριού, έως ότου να κοπεί τελικά σε δύο κομμάτια. Αυτό εφαρμόζεται σε τρεις διαφορετικούς χρόνους των 45, 90, και 135min παραμονής σε ισόθερμο θάλαμο των 30 °C.(Ρουσοπούλου,2004)

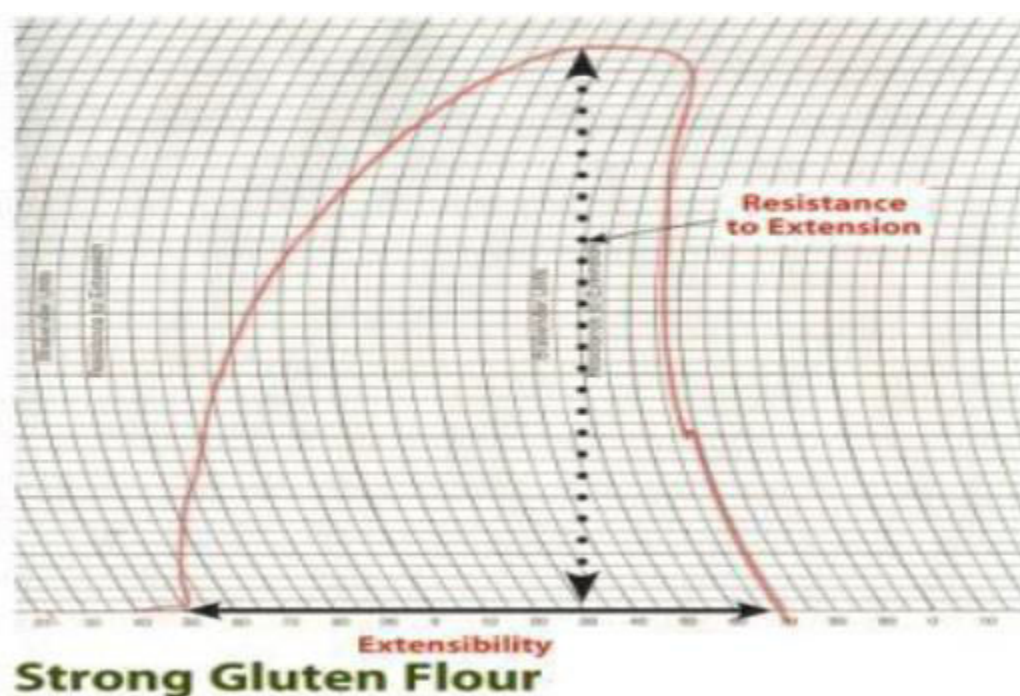
Ο εξτενσιογράφος αποτελείται από τρία κυρίως τμήματα:

α) Το τμήμα μορφοποίησης του ζυμαριού. Αυτό απαρτίζεται από ένα στρογγυλοποιητή που δίνει στο ζυμάρι σφαιρικό σχήμα και ένα κύλινδρο ο οποίος στη συνέχεια το μετατρέπει σε κυλινδρικό.

β) Ένα θερμοθάλαμο σταθερής θερμοκρασίας 30°C όπου μένουν τα ζυμάρια μετά το κυλίνδρισμα για καθορισμένο χρονικό διάστημα.

γ) Τη συσκευή για την έκταση του ζυμαριού μαζί με τον μηχανισμό μέτρησης και καταγραφής της αντίστασης του ζυμαριού.

Τα αποτελέσματα της εξέτασης (εξτενσιογραφία) δίδονται υπό μορφή διαγράμματος στο οποίο ο οριζόντιος άξονας είναι βαθμολογημένος σε mm μήκους του εκτεινόμενου ζυμαριού, και ο κάθετος άξονας είναι βαθμολογημένος σε EU (εξτενσιογραφικές μονάδες-πλαιότερα Μονάδες Brabender) που μετρούν την αντίσταση που αντιτάσσει το ζυμάρι στη δύναμη που το εκτείνει μέχρι να κοπεί σε δύο κομμάτια.



Σχήμα 3: Δυνατό άλευρο ως προς το εξτενσιογράφημα

Στις καμπύλες μετριοούνται τα εξής:

1. Η επιφάνεια κάτωθεν της καμπύλης. Μετρείται σε cm^2 με εμβαδόμετρο και αποτελεί μέτρο της ενέργειας που δαπανάται για την παραμόρφωση του ζυμαριού μέχρι αυτό να κοπεί. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια τόσο μεγαλύτερη ενέργεια χρειάζεται να δαπανηθεί για να παραμορφωθεί και να

κοπεί το ζυμάρι, άρα τόσο πιο δυνατή είναι η γλουτένη και κατ'επέκταση το αλεύρι.

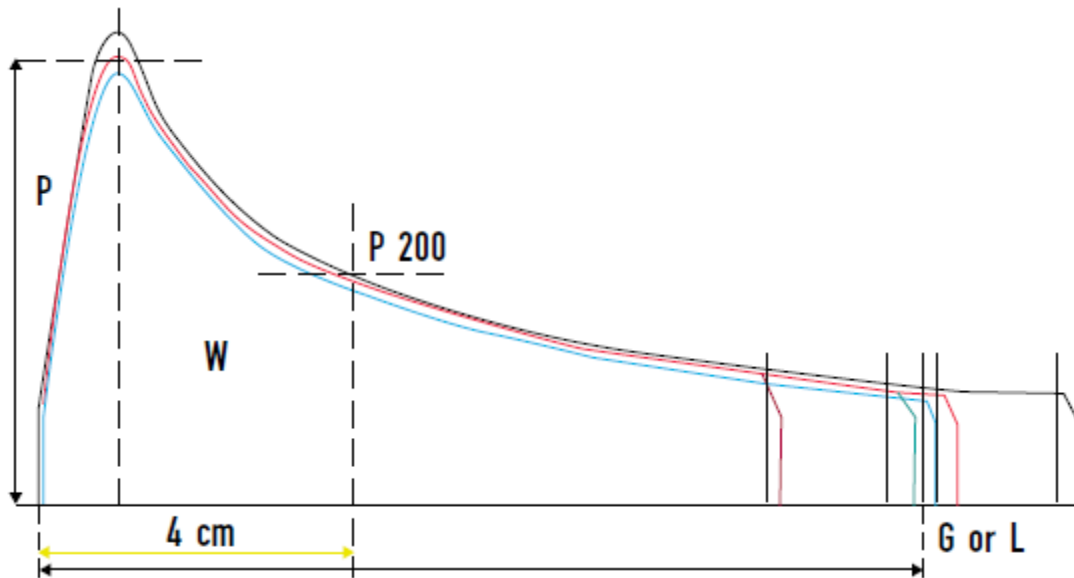
2. Η αντίσταση στην έκταση (B) λαμβάνεται από το ύψος της καμπύλης του εξτενσιογραφήματος σε απόσταση 5cm από την αρχή της. Εναλλακτικά μπορεί να ληφθεί στο μέγιστο της καμπύλης. Μετριέται σε EU.

3. Η εκτατότητα (C) είναι το μήκος του εξτενσιογραφήματος σε mm.

4. Ο λόγος $B/C=D$. Όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος αυτός τόσο πιο σφιχτό είναι το ζυμάρι. (Κεφαλάς, 2009)

2.5.7. Αλβεογραφία

Ο αλβεογράφος είναι ένα είδος εξτενσιογράφου. Οι μετρήσεις που γίνονται στην αλβεογραφία είναι, όπως στην εξτενσιογραφία, ενέργεια, αντίσταση στο μέγιστο (P) και εκτατότητα (L), διαφέρουν όμως στο ότι αφορούν την έκταση του ζυμαριού σε δύο διαστάσεις κάτω από την πίεση του αέρα για να σχηματισθεί η κυψελίδα. Από την άποψη αυτή οι πειραματικές συνθήκες είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα από ότι στην εξτενσιογραφία όπου εκτείνεται ένα κυλινδρικό δοκίμιο κατά μία μόνο διάσταση (στο μήκος). Ωστόσο οι άλλες συνθήκες του πειράματος κάνουν την αλβεογραφία να μην είναι τόσο χρήσιμη όσο η εξτενσιογραφία. Η αλβεογραφία έχει το πλεονέκτημα ότι ολοκληρώνεται πολύ πιο γρήγορα από την εξτενσιογραφία δηλαδή σε 30min περίπου έναντι των 2 . ωρών. Αυτό όμως αποτελεί και μειονέκτημα, γιατί δεν λαμβάνονται πληροφορίες για το πώς θα συμπεριφερθεί το ζυμάρι ύστερα από 2 ώρες, που μπορεί να διαρκέσει η παρασκευή κάποιου αρτοσκευάσματος μέχρι αυτό να μπει στο φούρνο. Παρόλα τα μειονεκτήματά της η αλβεογραφία είναι πολύ βολική αν πρόκειται να συγκριθούν σιτάρια που δεν έχουν προσβληθεί από πεντατομίτες, γιατί είναι πολύ πιο σύντομη από την εξτενσιογραφία και δίδει και αυτή επαναλήψιμα αποτελέσματα. (Κεφαλάς, 2009)



Σχήμα 4:Αλβεογράφημα αλεύρου.

Μετρήσεις αλβεογραφήματος:

1. Το μέγιστο ύψος P που μετριέται σε mm και εκφράζει την αντοχή του ζυμαριού
2. Το μήκος L που μετριέται σε mm και χαρακτηρίζει την εκτατότητα του ζυμαριού
3. Το εμβαδόν της επιφάνειας W που περικλείεται από την καμπύλη, μετριέται με εμβαδόμετρο σε cm^2 και αποτελεί μέτρο της αρτοποιητικής ικανότητας του αλεύρου.
4. P/L:λόγος P προς L
5. le (%) είναι ο δείκτης ελαστικότητας κατά την ανάπτυξη, προκύπτει από την $(P200/P)*100$. Η P200 είναι η πίεση στα 4 cm από την αρχή της καμπύλης.

Η αξιολόγηση του αλβεογραφήματος χαρακτηρίζεται με βάση τις τιμές της ενέργειας, της αντίστασης στην έκταση, της εκτατότητας, και του λόγου. Τα δυνατά άλευρα έχουν $P=80-90$ mm και $L=70-75$ mm. Τα αδύνατα άλευρα έχουν $P=30-40$ mm και $L=15-20$ mm. Το εμβαδόν είναι συνήθως τετραπλάσιο της εκτατότητας.(Κόκκαλης, 2007)

Ο αλβεογράφος αποτελείται από τρία κύρια μέρη:

1. Το ζυμωτήριο
2. Το τμήμα σχηματισμού της φυσαλίδας
3. Το μανόμετρο που συνδέεται με τον καταγραφικό μηχανισμό.

Η συσκευή διαθέτει και θερμοστάτη ο οποίος ρυθμίζει την κυκλοφορία του νερού και τη διατηρεί σε σταθερή θερμοκρασία 25 °C.

2.5.8. Αμυλογραφία

Παρασκευάζεται αιώρημα 80g και τοποθετείται σε ειδικό δοχείο της συσκευής στη θερμοκρασία των 30 °C. Το αιώρημα αναδεύεται με αναδευτήρα συνδεδεμένο με δυναμόμετρο και καταγράφεται η αντίσταση που δέχεται ο αναδευτήρας λόγω του ιξώδους του αιωρήματος. Το ιξώδες αυτό ορίστηκε στις 0 Αμυλογραφικές Μονάδες. Η θερμοκρασία του αιωρήματος αυξάνεται με σταθερή ταχύτητα 1,5 °C/min από τους 30 °C μέχρι τους 95°C. Από μια θερμοκρασία και πάνω αρχίζει η ζελατινοποίηση του αμύλου που προκαλεί αύξηση του ιξώδους του αιωρήματος. Το μέγιστο ιξώδες που επιτυγχάνεται κατά την διάρκεια της δοκιμής είναι δείκτης κυρίως της δραστηριότητας της α-αμυλάσης και της συμπεριφοράς του αμύλου του αλεύρου κατά την ζελατινοποίηση. Για το αλεύρι σίτου που προορίζεται για αρτοποιήση οι ενδεδειγμένες τιμές μέγιστου ιξώδους μεταξύ 400BU και 700BU.(Κεφαλάς,2009)

2.5.9. Φασματοσκοπία εγγύς υπέρυθρου (NIR)

Η μέθοδος φασματοσκοπίας Near Infrared Reflectance (NIR), με πολύ καλά αποτελέσματα για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας ενός δείγματος σε πρωτεΐνη και υγρασία. Η μέθοδος NIR βασίζεται στην ένταση ορισμένων απορροφήσεων από δεσμούς υδρογόνου με άνθρακα, άζωτο οξυγόνο στο εγγύς υπέρυθρο. Έχει το πλεονέκτημα ότι γίνεται ταχύτατα σε αλεσμένο δείγμα στην επιφάνεια του οποίου ανακλάται η προσπίπτουσα ακτινοβολία. Τα διάφορα συστατικά του δείγματος απορροφούν ορισμένες συχνότητες της ακτινοβολίας. Η ένταση της απορρόφησης για το κάθε συστατικό είναι ανάλογη με την περιεκτικότητά του στο δείγμα. Η υπόλοιπη ακτινοβολία ανακλάται και επιστρέφει στη συσκευή όπου μετρείται και υπολογίζεται το

ποσοστό της που απορροφήθηκε. Η συσκευή καταγράφει ποιες συχνότητες ακτινοβολίας απορροφήθηκαν από το δείγμα και σε τι ποσοστό της αρχικής έντασης. Ένας επεξεργαστής συγκρίνει τα αποτελέσματα από το δείγμα με τα αποτελέσματα από γνωστά δείγματα του ίδιου σιτηρού που είναι καταχωρισμένα στην μνήμη του και δίδει αμέσως την περιεκτικότητα από το συστατικό που ζητήθηκε. Για να έχουν ακρίβεια τα αποτελέσματα, τα δείγματα πρέπει να είναι αλεσμένα από τον ίδιο τύπο του μύλου ώστε τα άλευρα να έχουν την ίδια κατανομή μεγέθους κόκκων. Για ολόκληρους κόκκους σιτηρών κατάλληλος είναι ένας σφυρόμυλος ολικής άλεσης με κόσκινο. Μπορεί να είναι ο ίδιος σφυρόμυλος που χρησιμοποιείται για το τεστ Falling Number.(Κεφαλάς,2009)

Η περιοχή του φάσματος εγγύς υπερύθρου εκτείνεται από το ανώτερο μήκος κύματος της ορατής περιοχής, που είναι 770 nm μέχρι 2500nm. Οι σημαντικότερες χρήσεις της ακτινοβολίας εγγύς υπερύθρου αφορούν σε ποσοτικούς προσδιορισμούς ουσιών όπως υγρασία, πρωτεΐνες, λίπη κ.α. Η βαθμονόμηση ενός τέτοιου οργάνου είναι δύσκολη διαδικασία. Αρχικά συλλέγονται 30 ή περισσότερα δείγματα του υλικού που πρόκειται να μετρηθεί με περιεκτικότητες σε αναλυτή παρόμοιες με αυτές που αναμένονται στα δείγματα που θα μετρηθούν. Για παράδειγμα, για να προσδιοριστεί η πρωτεΐνη σε άλευρα απαιτούνται 30 έως 50 δείγματα αλεύρων με περιεκτικότητες σε πρωτεΐνη από 10% έως 20%. Στη συνέχεια καθένα απ'αυτά αναλύεται προσεκτικά με την πρότυπη μέθοδο kjeldahl για την ακριβή προσδιορισμό των πρωτεϊνών.(Skoog et al. 2005)

3. Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί προσπάθεια χωροταξικής διευθέτησης των διαφόρων τύπων αλεύρων από μαλακό σιτάρι σε συνθήκες βιομηχανικής παραγωγής πριν και μετά την προσθήκη πρόσθετων υλών.

Η αξιολόγηση γίνεται με βάση έξι ποιοτικά χαρακτηριστικά τα οποία εξετάζονται στον ποιοτικό έλεγχο της βιομηχανίας και είναι:

- 1) η γλουτένη (%),
- 2) η πρωτεΐνη (%),
- 3) η ενέργεια (J, αλβεογραφία),
- 4) ο λόγος P\L (αλβεογραφία),
- 5) ο δείκτης ελαστικότητας (% , αλβεογραφία)
- 6) το μέγιστο ιξώδες (AU, αμυλογραφία)

4. Πειραματικό μέρος

4.1 Διεξαγωγή πειραματικής διαδικασίας

Η διεξαγωγή του πειραματικού μέρους έγινε στο τμήμα του ποιοτικού ελέγχου της βιομηχανίας των Μύλων Μάρρα, στην περιοχή της Κορίνθου. Η Ετήσια παραγωγή σκληρών και μαλακών αλεύρων είναι 60.000 tn. Η δυναμικότητα άλεσης του μύλου στο σκληρό σιτάρι είναι 130 tn/d, ενώ στο μαλακό σιτάρι 240 tn/d. Τα σιλό έχουν χωρητικότητα 20.000 tn.

4.2 Υλικά

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν είναι σπόροι μαλακού σιταριού με προέλευση από την Ρωσία, Μολδαβία, Ελλάδα, Καζάκσταν, Ρουμανία και Βουλγαρία που αναμίχθηκαν και αλέστηκαν (Πίνακας 2). Προστέθηκαν πρόσθετες ύλες όπως ξηρή γλουτένη, κυστεΐνη, ασκορβικό οξύ, α-αμυλάση, μονο-διγλικερίδια και πρωτεάση (Πίνακας 3) με τελικό σκοπό την τυποποίηση αλεύρων με τις εξής ονομασίες: Σφολιάτα, Τσουρέκι, Κρουασάν, Αμερική, N1, N2, Extra, Απαλό, Ζαχ/κής, Πολυτελείας (Πίνακα 2).

Πίνακας 2: Πρώτες ύλες-Άλευρα χωρίς πρόσθετες ύλες –Τελικά προϊόντα με πρόσθετες ύλες.

Πρώτες ύλες	Άλευρα χωρίς πρόσθετες ύλες	Τελικά προϊόντα με πρόσθετες ύλες
Ρωσίας υψηλής	Ρωσίας υψηλής	Σφολιάτα Τσουρέκι Αμερικής Κρουασάν
Μίγμα σίτων (Ρουμανία, Καζακστάν, Μολδαβίας)	Μίγμα αλεύρου (Ρουμανία, Καζακστάν, Μολδαβίας)	N1 N2
Καζακστάν	Καζακστάν	Extra
Ελλάδας	Ελλάδας	Απαλό
Βουλγαρίας	Βουλγαρίας	Ζαχ/κής
Μίγμα σίτων (Μολδαβίας, Ρωσίας, Καζακστάν)	Μίγμα αλεύρου (Μολδαβίας, Ρωσίας, Καζακστάν)	Πολυτελείας

Πίνακας 3: Πίνακας πρόσθετων υλών.

Τελικά προϊόντα	Πρόσθετες ύλες					
	Ξηρή γλουτένη	Κυστεΐνη	Ασκορβικό οξύ	A-αμυλάση	Μονο-δι-γλυκερίδια	Πρωτεάση
Σφολιάτα	+	++	-	++	-	-
Τσουρέκι	++++	+	+++	++	+	-
Αμερικής	+++++	+	+++++	++	+	-
Κρουασάν	++	++	-	++	+	-
N1	-	+	+++	++	-	-
N2	-	++	++	++	-	-
Extra	-	++	+	++	-	-
Απαλό	-	-	+	-	-	-
Ζαχ/κής	-	+	-	-	-	+
Πολυτελείας	-	+	+++	++	-	-

4.3 Μέθοδοι

4.3.1. Φασματοσκοπία NIR

Η μέθοδος της φασματοσκοπίας μας δίνει τις μετρήσεις για το ποσοστό της υγρασίας, πρωτεΐνης και τέφρας στο σπόρο του σιταριού καθώς και στο αλεύρι.

Όργανα και συσκευές:

- NIR (infraneo choprin)

Διαδικασία: Τα δείγματα σπόρου ή αλεύρου τοποθετούνται σε δειγματοφορέα στο infraneo και γίνεται η μέτρηση.

4.3.2. Μέθοδος προσδιορισμού υγρής γλουτένης σίτου και αλεύρου (ICC 155)

Όργανα και συσκευές:

1. Ζυγός ζυγιστικής ικανότητας τουλάχιστον 500g και ακριβείας 0,1g
2. Ογκομετρικός κύλινδρος των 10ml

3. Πλυντήριο γλουτένης και μπώλ με γουδί για το ζύμωμα της γλουτένης(Κεφαλάς,2009)
4. Νερό βρύσης
5. Μύλος ολικής άλεσης

Διαδικασία:

Ζυγίζονται 10g αλεύρου και τοποθετούνται στο μπωλ. Προστίθενται 5-7 ml νερού βρύσης και με τη βοήθεια σπάτουλας σχηματίζεται σφιχτό ζυμάρι και αφήνεται 5 min σε ηρεμία. Κατόπιν τοποθετείται στο πλυντήριο γλουτένης και τίθεται αυτό σε λειτουργία για 5 min. Η υγρή γλουτένη που σχηματίζεται στεγνώνεται με πίεση ανάμεσα στις παλάμες των δύο χεριών του αναλυτή. Οι παλάμες διαδοχικά σκουπίζονται σε καθαρή πετσέτα. Όταν η γλουτένη τείνει να κολλάει στην τεντωμένη παλάμη, τότε έχει στεγνώσει και ζυγίζεται. Το αποτέλεσμα εκφράζεται %.

Το απλό πλυντήριο είναι ακατάλληλο για πλύσιμο γλουτένης από σιμιγδάλι ή άλευρο ολικής άλεσης, γιατί δεν υπάρχει η δυνατότητα ενδιάμεσης αλλαγής του κόσκινου. Στην περίπτωση αυτή η γλουτένη πλένεται μέσα στο χέρι του αναλυτή κάτω από στάγδην ροή στην αρχή και κατόπιν μικρή ροή του νερού της βρύσης, ενώ κάτω από το χέρι τοποθετείται κόσκινο 300-600μm για τη συλλογή των τεμαχιδίων της γλουτένης που παρασύρονται από το νερό.(Κεφαλάς, 2009)

4.3.3. Φαρινογραφία (ICC 115/1)

Όργανα και συσκευές:

- Φαρινογράφος Brabender
- Ζυγός ακριβείας 0.1g
- Νερό βρύσης

Διαδικασία:

Ζυγίστηκαν 300g αλεύρι και προστέθηκαν στον αναμίκτη. Όταν συμπληρώθηκε ένα λεπτό ανάμιξης του αλεύρου χωρίς να σταματήσει η ανάμιξη - προστέθηκε νερό από την προχοίδα διαμέσου των κενών στο καπάκι του αναμίκτη. Το νερό πρέπει να προστεθεί εντός μισού λεπτού και σε τέτοια ποσότητα ώστε με την ανάπτυξη της ζύμης το κέντρο ταλάντωσης του δείκτη να είναι στις 500 μονάδες. Εάν επιτύχει αντίσταση 500 ± 20 F.U.

αφήνεται το φαρινογράφημα να εξελιχθεί. Εάν όχι, διακόπτεται, καθαρίζεται ο αναμίκτης και επαναλαμβάνεται με τη σωστή απορρόφηση. Μετά την προσθήκη του νερού, απομακρύνονται τυχόν συσσωματώματα από τα ανώτερα τοιχώματα του αναμίκτη με πλαστική σπάτουλα, διαμέσου των κενών στο καπάκι του αναμίκτη. Αφήνεται η ανάλυση να εξελιχθεί για 20 λεπτά (ICC Standard No. 115/1; Brabender, 1986)

4.3.4. Εξτενσιογραφία (ICC 114/1)

Όργανα και συσκευές:

1. Εξτενσιογράφος Brabender
2. Φαρινογράφος Brabender
3. Ζυγός ζυγιστικής ικανότητας τουλάχιστον 500g και ακριβείας 0,1g
4. Συσκευή μέτρησης του εμβαδού ενός σχήματος

Αντιδραστήρια:

1. NaCl
2. Παραφινέλαιο
3. Νερό βρύσης θερμοκρασίας 30 βαθμών Κελσίου

Διαδικασία:

Τοποθετούνται 300g αλεύρου στο ζυμωτήριο του φαρινογράφου το οποίο διατηρείται στους 30 βαθμούς Κελσίου με κυκλοφορία νερού σταθερής θερμοκρασίας. Διαλύονται 6g NaCl σε 65 ml νερού περίπου 30 βαθμών Κελσίου τίθεται σε λειτουργία το ζυμωτήριο, προστίθεται αμέσως το αλατούχο διάλυμα στο αλεύρι, πλένεται η κωνική φιάλη με λίγο νερό από τη προχοΐδα και αδειάζετε στο ζυμωτήριο. Στη συνέχεια απευθείας από τη προχοΐδα προστίθεται τόσο νερό ώστε στο τέλος του ενός λεπτού ανάμειξης η συνεκτικότητα σε FU να είναι τέτοια που να μη χρειάζεται κατά την επανάμειξη να προστεθεί περισσότερο από 0,5% (επί αλεύρου) νερό για να γίνει 500 FU. Με το πέρας του πρώτου λεπτού σταματάει το ζυμωτήριο και σκεπάζεται το ζυμάρι για 5 λεπτά. Μετά από 5 λεπτά τίθεται ξανά σε λειτουργία το

ζυμωτήριο για 2 λεπτά. Είναι δυνατόν κατά τη διάρκεια των 2 λεπτών να προστεθεί νερό σε διαστήματα μισού λεπτού ώστε να διατηρηθεί η συνεκτικότητα στα 500 FU. Κατά μία πρακτική το νερό πρέπει να προστεθεί εντός του πρώτου λεπτού της επανάμειξης και να μη ξεπερνάει το 0,5%.

Εξάγεται το ζυμάρι από το ζυμωτήριο και λαμβάνονται δύο κομμάτια των 150 g. Κάθε κομμάτι χωριστά πλάθεται επί 20 φορές στον στρογγυλοποιητή και κατόπιν τοποθετείται στον κύλινδρο. Εδώ το ζυμάρι των 150g μετατρέπεται σε κυλινδρικό δοκίμιο το οποίο ,με όσο το δυνατόν λιγότερο κράτημα στα χέρια, τοποθετείται στις ειδικές θήκες του εξτενσιογράφου. Οι δύο θήκες με το στήριγμά του εισάγονται στο θερμοθάλαμο και παραμένουν 45 λεπτά. Στα 45 λεπτά λαμβάνεται το πρώτο ζεύγος καμπυλών από τα δύο δοκίμια ως εξής:

- Τοποθετείται η θήκη με το δοκίμιο στην ειδική θέση δοκιμής του εξτενσιογράφου
- Ρυθμίζεται ο καταγραφέας και τίθεται σε κατακόρυφη κίνηση το άγκιστρο. Περνώντας το άγκιστρο από το μέσο του δοκιμίου εξασκεί πάνω του μια σταθερή δύναμη έως ότου εκείνο σπάσει. Το ζυμάρι αντιδρά στη έκταση και η αντίδραση αυτή συναρτήσει της επιμήκυνσης του ζυμαριού καταγράφεται ως μια καμπύλη. Οι δύο καμπύλες του ζεύγους των δοκιμών μπορεί να μη συμπίπτουν, οπότε λαμβάνεται ο μέσος όρος αυτών.
- Μετά τις μετρήσεις ξαναπλάθονται τα δύο ζυμάρια όπως και προηγουμένως και τοποθετούνται στο θερμοθάλαμο για άλλα 45 λεπτά. Μετά το τέλος του χρονικού αυτού διαστήματος λαμβάνεται το δεύτερο ζεύγος των καμπυλών, που αντιστοιχεί στα 90 λεπτά. Το ίδιο επαναλαμβάνεται για 45 λεπτά ακόμα ,οπότε λαμβάνεται και το τρίτο ζεύγος των καμπυλών (135 λεπτά).

Οι καμπύλες που λαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα, παρέχουν μια αντιπροσωπευτική εικόνα των μεταβολών που υφίσταται η ρεολογική κατάσταση του ζυμαριού με τη πάροδο του χρόνου.(Κεφαλάς,2009)

4.3.5. Αλβεογραφία (ICC 121)

Όργανα και συσκευές:

1. Αλβεογράφος CHOPIN
2. Ζυγός ζυγιστικής ικανότητας τουλάχιστον 500g και ακριβείας 0,1g

Αντιδραστήρια:

1. NaCl
2. Παραφινέλαιο
3. Νερό βρύσης θερμοκρασίας 30 βαθμών Κελσίου

Διαδικασία:

Με τον αλβεογράφο το αλεύρι αναμιγνύεται με συγκεκριμένη ποσότητα αλατισμένου νερού (2,5%). Μετά, τα ζυμάρια σχηματίζονται σε λεπτά φύλλα τα οποία αφήνονται σε ηρεμία για 20 min. Μετέπειτα τα ζυμάρια υπόκεινται σε πίεση με αέρα για να σχηματιστεί φούσκα έως του σπάσει. Η πορεία αυτής της διαδικασίας καταγράφεται σε καμπύλες που ονομάζονται αλβεογραφήματα. Το πλεονέκτημα του αλβεογράφου σε σύγκριση με τον εξτενσιογράφο είναι ο τρόπος τεντώματος του ζυμαριού. Το ζυμάρι τεντώνεται σε δύο διαστάσεις με μεταβαλλόμενο ρυθμό, έτσι αυτός ο τρόπος πλησιάζει κατά το στάδιο της ζύμωσης και στο πρώτο στάδιο ψησίματος. (Γεωργόπουλος, 2010)

4.3.6. Αμυλογραφία (ICC 126/1)

Όργανα και συσκευές:

- Αμυλογράφος Brabender
- Ζυγός ακριβείας 0.1g
- Νερό βρύσης

Διαδικασία:

Ζυγίζονται 80g αλεύρι με βάση 14% υγρασία στο δοχείο ανάμειξης. Προστίθενται 100ml νερό με την προχοΐδα στο αλεύρι. Αναμιγνύονται αλεύρι και νερό με τη σπάτουλα μέχρι να δημιουργηθεί ένας ομοιογενής πολτός. Ανακατεύοντας συνεχώς προστίθενται περίπου τα $\frac{3}{4}$ του υπολοίπου νερού στον πολτό έτσι ώστε να μείνει στην προχοΐδα περίπου 100ml. Το αιώρημα

μεταφέρεται στο δοχείο του αμυλογράφου. Εν συνεχεία, ρίχνεται το υπόλοιπο νερό από την προχοΐδα στο δοχείο. Αφού μεταφερθεί το υπόλοιπο νερό από το δοχείο ανάμειξης στο δοχείο του αμυλογράφου ξεκινάει η αμυλογραφία από τους 30°C. (Ρουσοπούλου, 2004)

4.4. Στατιστική επεξεργασία

Για την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα Minitab 16.0 και συγκεκριμένα η Ανάλυση των Κύριων Συνιστωσών (PCA).

Για την εφαρμογή της Ανάλυσης των Κύριων Συνιστωσών χρησιμοποιήθηκαν οι αναλύσεις από τους δέκα τύπους αλεύρων του Πίνακα 2 χωρίς και με πρόσθετες ύλες και χρησιμοποιήθηκαν έξι μεταβλητές: η ενέργεια (W), ο λόγος P/L , ο δείκτης ελαστικότητας (I_e), το μέγιστο ιξώδες (αμυλογραφία), η πρωτεΐνη καθώς και η υγρή γλουτένη. Κάθε μέτρηση είχε 2 έως 3 φορές επαναλήψεις.

Η Ανάλυση των Κύριων Συνιστωσών αποτελεί την απλούστερη και πλέον διαδεδομένη πολυμεταβλητή ανάλυση και στοχεύει στην ανεύρεση από ένα πλήθος p μεταβλητών ορισμένων νέων ολιγάριθμων μεταβλητών οι οποίες έχουν την ιδιότητα να είναι γραμμικοί συνδυασμοί των αρχικών μεταβλητών και παράλληλα να μη συσχετίζονται μεταξύ τους. Το μεγάλο πλεονέκτημα τους έγκειται στην ιδιαιτερότητα που διαθέτουν, λόγω της ανάλυσης, να επεξηγούν πολύ μεγάλο ποσοστό της ολικής μεταβλητότητας που αναπτύσσεται μεταξύ p μεταβλητών, το οποίο τελικά κατανέμεται στην παρουσία μερικών μόνο νέων. Έτσι το μέγιστο μέρος της πληροφόρησης που θα αντλούνταν αν λαμβανόταν υπόψη οι p μεταβλητές συγκρατείται με τη δημιουργία αυτών νέων μεταβλητών. (Πετρίδης, 2013)

5. Αποτελέσματα-Συζήτηση

5.1. Ποιοτικά χαρακτηριστικά των πρώτων υλών

Οι μετρήσεις του πίνακα 5 προέκυψαν με την μέθοδο της φασματοσκοπίας (NIR) και αφορούν τις περιεκτικότητες των χημικών συστατικών στους σπόρους του μαλακού σίτου.

Πίνακας 5: Χημική σύσταση των σπόρων του μαλακού σίτου. (%)

	Πρωτεΐνη	Γλουτένη	Υγρασία
Ρωσία υψηλής	16,1±0,3	33,2±0,3	11,7±0,3
Ρωσία	11,3±0,3	24,7±0,6	12,6±0,4
Μολδαβία	12,1±0,3	25,6±0,3	13,5±0,3
Ελλάδα	12,8±0,3	27,3±0,4	12,1±0,4
Καζακστάν	15,2±0,3	28,3±0,5	13,8±0,3
Ρουμανία	12,8±0,2	25,5±0,3	13,7±0,3
Βουλγαρία	12,1±0,3	25,6±0,5	11,6±0,4

5.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά των αλεύρων πριν την προσθήκη των πρόσθετων υλών

Οι μετρήσεις των πινάκων προέκυψαν με τις μεθόδους της φασματοσκοπίας (NIR), υγρής γλουτένης(ICC 155), αλβεογραφίας(ICC 121), εξτενσιογραφίας (ICC 114/1), φαρινογραφίας (ICC 115/1) και αμυλογραφίας (ICC 126\1).

Πίνακας 6: Χημική σύσταση των αλεύρων χωρίς πρόσθετες ύλες. (%)

	Υγρασία	Πρωτεΐνη	Τέφρα	Γλουτένη
Ρωσία υψηλής	14,5±0,2	15,3±0,1	0,55±0,02	39,0±0,4
Καζακστάν	14,5±0,2	14,0±0,1	0,56±0,01	34,0±0,5
Ελλάδα	13,9±0,1	11,7±0,3	0,65±0,03	28,2±0,3
Βουλγαρία	14,1±0,2	11,5±0,3	0,5±0,02	27,8±0,3
Μίγμα αλεύρων (Ρουμανία, Καζακστάν ,Μολδαβία)	14,5±0,2	12,4±0,2	0,53±0,02	30,3±0,5
Μίγμα αλεύρων (Μολδαβία, Ρωσία, Καζακστάν)	14,5±0,2	12,2±0,1	0,51±0,02	30,5±0,7

Πίνακας 7: Παράμετροι αλβεογραφίας των αλεύρων χωρίς πρόσθετες ύλες.

	P(mm)	L(mm)	W (J)	P/L	le (%)	Απορρόφηση νερού (ml)
Ρωσία υψηλής	95±1	125±1	425±11	0,76±0,02	65,4±1,2	124±0,9
Καζακστάν	146±1	62±1	336±3	2,36±0,03	65,0±1,0	124±0,9
Ελλάδα	65±1	105±1	159±15	0,62±0,03	52,5±3,5	126,6±0,4
Βουλγαρία	84±1	70±2	177±6	1,2±0,05	43,8±0,7	125,8±0,8
Μίγμα αλεύρου (Ρουμανία, Καζακστάν,Μολδαβίας)	81±1	88±1	247±18	0,92±0,03	52,2±0,5	124±0,9
Μίγμα αλεύρου (Μολδαβία, Ρωσία, Καζακστάν)	93±2	85±3	237±10	1,09±0,09	52,7±0,5	124±0,9

Πίνακας 8: Παράμετροι εξτενσιογραφίας, φαρινογραφίας και αμυλογραφίας των αλεύρων χωρίς πρόσθετες ύλες.

	Ενέργεια (cm ²)	Αντίσταση στην έκταση B (BU)	Εκτατό τητα C (mm)	Μέγιστο (BU)	Λόγος B/C	Λόγος max	Απορρόφηση ση νερού φαρ/τος(%)	Αμυλογραφία (AU)
Ρωσία υψηλής	146±5	389±6	177±4	653±8	2,2±0,1	3,7±0,1	55,6±0,5	1257±12
Καζακιστάν	138±3	591±7	139±2	780±8	4,2±0,2	5,6±0,2	58,3±0,7	730±10
Ελλάδα	25±7	66±9	144±7	77±3	0,5±0,1	0,5±0,1	55,8±0,3	290±14
Βουλγαρία	39±3	151±7	143±6	168±3	1,1±0,1	1,2±0,1	57,2±0,3	1606±12
Μίγμα αλεύρου (Ρουμανία, Καζακιστάν,Μολδαβίας)	58±6	184±6	166±4	239±18	1,1±0,1	1,4±0,2	56,1±0,4	912±13
Μίγμα αλεύρο(Μολδαβία,Ρωσία, Καζακιστάν)	57±8	185±8	171±6	239±8	1,1±0,1	1,4±0,1	56,3±0,3	1150±70

5.3. Ποιοτικά χαρακτηριστικά των τελικών προϊόντων με την προσθήκη των πρόσθετων υλών

Οι μετρήσεις των πινάκων προέκυψαν με τις μεθόδους της φασματοσκοπίας (NIR), υγρής γλουτένης(ICC 155), αλβεογραφίας(ICC 121), εξτενσιογραφίας (ICC 114/1), φαρινογραφίας (ICC 115/1) και αμυλογραφίας (ICC 126\1).

Πίνακας 9: Χημική σύσταση των τελικών προϊόντων με πρόσθετες ύλες. (%)

Άλευρα χωρίς πρόσθετες ύλες	Τελικά προϊόντα	Υγρασία	Πρωτεΐνη	Γλουτένη	Τέφρα
Ρωσία υψηλής	Σφολιάτα	14,4±0,2	17,6±0,3	44,5±1,3	0,71±0,01
	Αμερικής	14,0±0,4	22,8±0,1	58,2±1,8	0,96±0,01
	Τσουρέκι	14,1±0,2	21,8±0,4	54,5±0,7	0,78±0,03
	Κρουασάν	14,1±0,4	19,8±0,2	48,5±0,7	0,81±0,03
Μίγμα αλεύρου (Ρουμανία, Καζακστάν, Μολδαβίας)	N1	14,6±0,2	12,5±0,2	30,9±0,3	0,62±0,02
	N2	14,5±0,3	12,6±0,2	30,7±0,3	0,61±0,01
Βουλγαρία	Ζαχ/κής	13,5±0,5	11,7±0,4	27,6±1,1	0,66±0,03
Μίγμα αλεύρου(Μολδαβία, Ρωσία, Καζακστάν)	Πολυτελείας	13,7±0,5	12,1±0,2	30,5±0,7	0,62±0,01
Καζακστάν	Extra	14,1±0,2	14,0±0,1	34,3±0,2	0,62±0,02
Ελλάδα	Απαλό	13,4±0,3	10,9±0,3	28,2±0,3	0,59±0,02

Πίνακας 10: Παράμετροι αλβεογραφίας των τελικών προϊόντων με πρόσθετες ύλες.

Άλευρα χωρίς πρόσθετες ύλες	Τελικά προϊόντα	P(mm)	L(mm)	W(J)	P/L	Ie(%)	Απορρόφηση νερού(ml)
Ρωσία υψηλής	Σφολιάτα	97±11	128±13	437±29	0,76±0,17	69,0±1,9	124,5±0,9
	Αμερικής	119±11	120±7	592±18	0,99±0,17	80,2±0,7	126,2±1,7
	Τσουρέκι	127±5	129±1	675±34	0,98±0,04	80,9±0,3	125,8±0,8
	Κρουασάν	90±6	142±4	460±54	0,63±0,06	70,6±4,3	125,7±1,7
Μίγμα αλεύρου (Ρουμανία, Καζακστάν, Μολδαβίας)	N1	96±5	77±5	281±14	1,25±0,15	63,5±1,5	123,6±0,8
	N2	78±7	85±7	241±12	0,93±0,2	62,4±0,8	124,0±1,7
Βουλγαρία	Ζαχ/κής	44±3	89±24	92±26	0,52±0,15	32,4±8,9	128,3±2,2
Μίγμα αλεύρου(Μολδαβία, Ρωσία,Καζακστάν)	Πολυτελείας	95±2	83±2	289±1	1,15±0,05	62,4±0,3	127,5±2,1
Καζακστάν	Extra	87±5	84±5	258±8	1,04±0,11	59,1±0,06	125,8±0,8
Ελλάδα	Απαλό	67±4	77±8	168±15	0,87±0,05	49,9±3,1	128,8±1,3

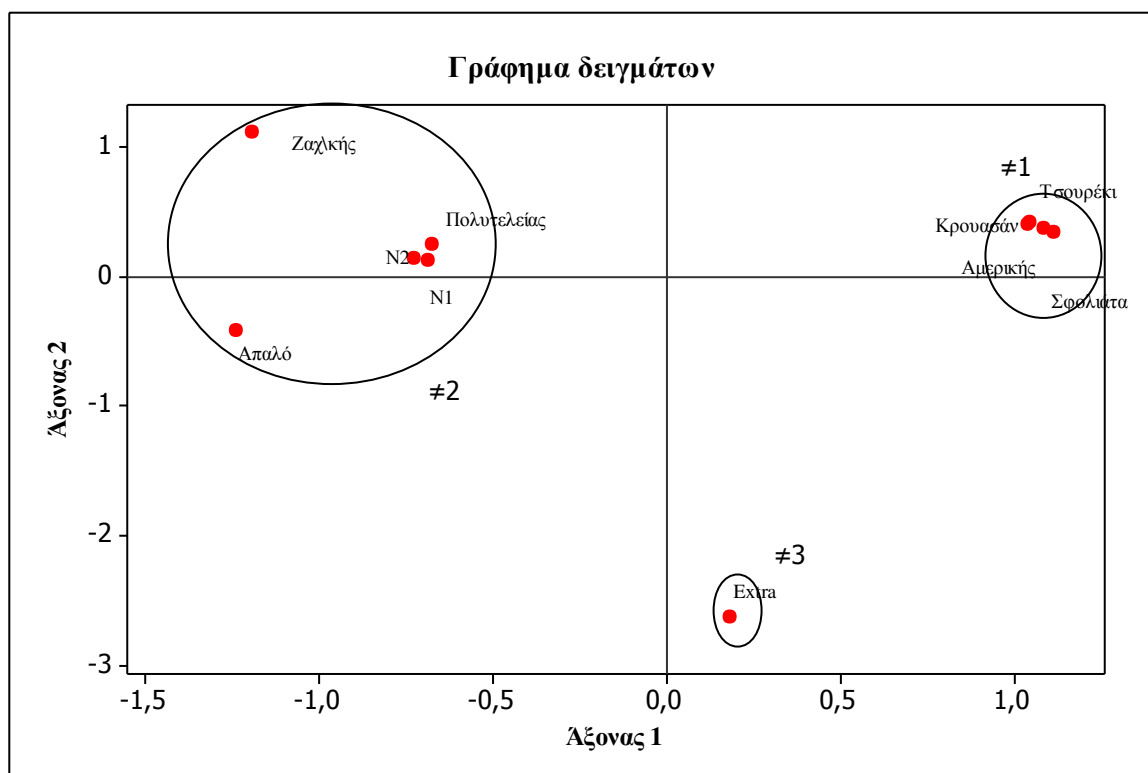
Πίνακας 11: Παράμετροι εξτενσιογραφίας, φαρινογραφίας και αμυλογραφίας των τελικών προϊόντων με πρόσθετες ύλες.

Άλευρα χωρίς πρόσθετες ύλες	Τελικά προϊόντα	Ενέργεια (cm ²)	Αντίσταση στην έκταση B (BU)	Εκτατότητα C (mm)	Μέγιστο (BU)	Λόγος B/C	Λόγος max	Απορόφηση νερού φαρ/τος(%)	Αμυλογραφία (AU)
Ρωσίας υψηλής	Σφολιάτα	145±19	412±114	188±11	610±101	2,2±0,7	3,2±0,7	57,1±0,6	633±15
	Αμερικής	142±9	1008±0	114±3	1008±0	8,8±0,2	8,8±0,2	60,5±0	710±14
	Τσουρέκι	157±4	1010±5	123±8	1020±20	8,2±0,4	8,3±0,0,2	59,0±0,7	700±14
	Κρουασάν	147±5	365±2	197±10	618±18	1,8±0,1	3,1±0,1	59,5±0,7	695±21
Μίγμα αλεύρου (Ρουμανία, Καζακστάν, Μολδαβίας)	N1	90±8	505±69	130±5	600±76	3,9±0,6	4,6±0,7	55,3±0,3	646±15
	N2	81±6	440±22	132±4	518±34	3,3±0,1	3,9±0,1	54,8±0,3	660±14
Βουλγαρία	Ζαχ/κής								663±15
Μίγμα αλεύρου(Μολδαβία, Ρωσία, Καζακστάν)	Πολυτελείας	78±2	484±31	125±10	535±43	3,9±0,5	4,3±0,7	56,0±1,4	630±0
Καζακστάν	Extra	90±10	623±104	117±4	682±96	5,3±1,06	5,8±1,0	56,6±0,1	636±47
Ελλάδα	Απαλό	59±6	293±25	138±14	306±55	2,1±0,3	2,2±0,6	56,7±0,4	645±7

5.4. Στατιστική επεξεργασία των έξι ποιοτικών χαρακτηριστικών

5.4.1. Στατιστική επεξεργασία των αλεύρων πριν την προσθήκη των πρόσθετων υλών

Στο σχήμα 5 παρατηρείται ότι τα άλευρα χωρίζονται σε 3 ομάδες. Η ομάδα 1 αποτελείται από τα Τσουρέκι, Αμερικής, Κρουασάν, Σφολιάτας που προέρχονται από άλευρο Ρωσίας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες. Η ομάδα 2 αποτελείται από τα Ζαχικής, Πολυτελείας, Απαλό, το N2 και N1 που αποτελούνται από άλευρο Βουλγαρίας, μίγμα αλεύρου (Ρωσίας, Καζακσάν, Μολδαβίας) Ελλάδα και μίγμα αλεύρου (Ρουμανίας, Καζακσάν, Μολδαβίας) αντίστοιχα. Η ομάδα 3 από το Extra που προέρχεται από άλευρο Καζακσάν.

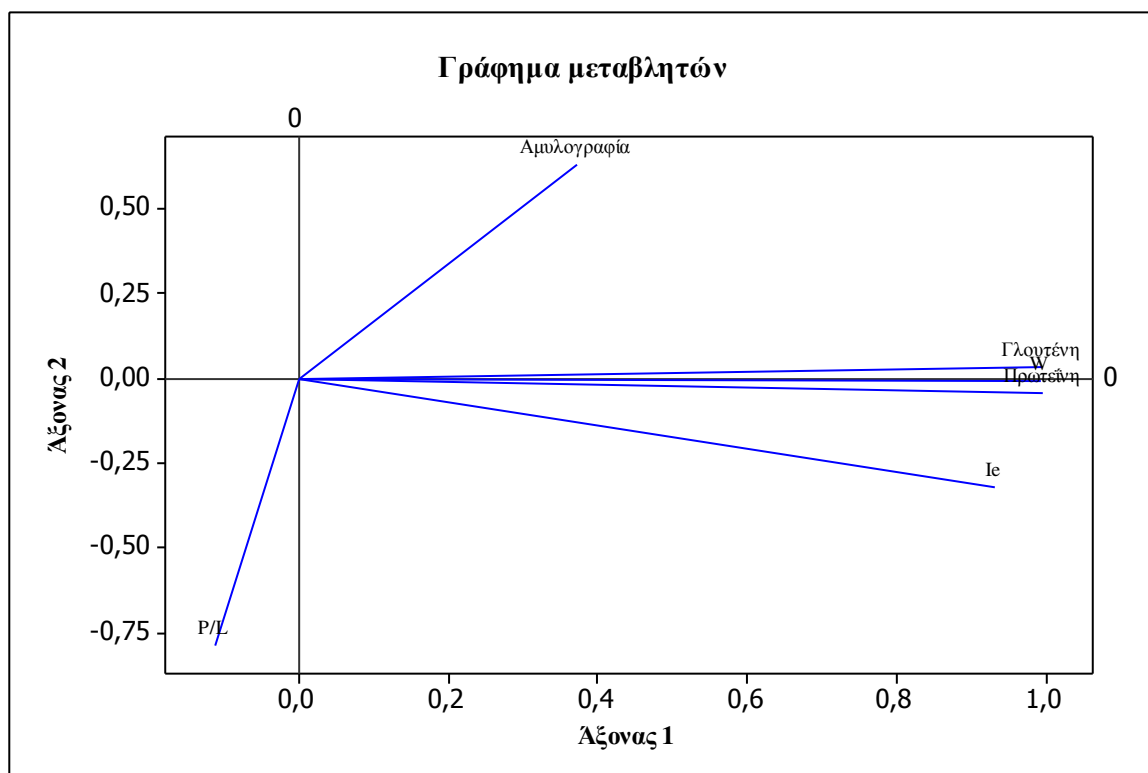


Σχήμα 5:Χωροταξική διεύθετηση των αλεύρων χωρίς πρόσθετες ύλες με βάση την Ανάλυση των Κύριων Συνιστωσών.

Στο σχήμα 6 παρατηρείται ότι οι μεταβλητές Πρωτεΐνη, Γλουτένη, ενέργεια (W), δείκτης ελαστικότητας (Ie) και του μέγιστου ιξώδους είναι χωροταξικά κοντά και έτσι συμπεραίνεται ότι αυτές οι πέντε μεταβλητές συσχετίζονται θετικά μεταξύ τους, λόγω της οξείας γωνίας που σχηματίζεται.

Η μεταβλητή του λόγου P/L έχει αρνητική σχέση με την μεταβλητή του μέγιστου ιξώδους, λόγω της αμβλείας γωνίας που σχηματίζεται.

Συγκρίνοντας τα σχήματα 5 και 6 εξάγονται σημαντικά συμπεράσματα. Η ομάδα 1 χαρακτηρίζεται από υψηλές μέσες τιμές στις μεταβλητές της Γλουτένης, Πρωτεΐνης, ενέργειας, δείκτη ελαστικότητας και του μέγιστου ιξώδους διότι όποιο από τα δείγματα βρίσκεται κοντά στην διεύθυνση που ορίζουν οι μεταβλητές, έχουν υψηλές τιμές. Η ομάδα 2, που βρίσκεται στην αντίθετη πλευρά από την ομάδα 1, χαρακτηρίζεται από χαμηλές μέσες τιμές στις ίδιες μεταβλητές. Ενώ η ομάδα 3 σχετίζεται με την μεταβλητή του λόγου P/L και χαρακτηρίζεται από υψηλή μέση τιμή σε αυτήν και χαμηλή στην μεταβλητή του μέγιστου ιξώδους.



Σχήμα 6: Γραφική παράσταση των συσχετίσεων των μεταβλητών στα άλευρα χωρίς πρόσθετες ύλες.

Μελετώντας το σχήμα 6 και τον πίνακα 12 παρατηρείται ότι για τον σχηματισμό του άξονα 1 συνεισφέρουν οι μεταβλητές Γλουτένη (0,997), Πρωτεΐνη (0,997), Ενέργεια (0,995), Δείκτη ελαστικότητας (0,932) οι οποίοι συσχετίζονται θετικά με τον άξονα 1. Αυτό σημαίνει ότι τα δείγματα που εμφανίζουν υψηλές θετικές τιμές στον άξονα 1 έχουν την μεγαλύτερη

ποσότητα σε αυτές τις μεταβλητές σε σχέση με τις υπόλοιπες ομάδες. Για τον σχηματισμό του άξονα 2 συνεισφέρει η μεταβλητή του λόγου P\L (-0,788) και το μέγιστο ιξώδες (αμυλογραφία) (0,63). Όσον αφορά την ολική διακύμανση το συνολικό ποσοστό είναι 85,4% που είναι ένα ικανοποιητικό ποσοστό για την επεξήγηση της διακύμανσης, που δημιουργείται από την συνεισφορά όλων των μεταβλητών για τους δύο άξονες .

Πίνακας 12: Πίνακας συσχετίσεων των μεταβλητών μετά την εφαρμογή της Ανάλυσης των Κύριων Συνιστωσών στα άλευρα χωρίς τις πρόσθετες ύλες.

Μεταβλητές	Άξονας 1	Άξονας 2
Γλουτένη	0,997	0,033
Πρωτεΐνη	0,997	-0,045
Ενέργεια (W)	0,995	-0,010
Δείκτης ελαστικότητας (Ie)	0,932	-0,323
Μέγιστο ιξώδες (Αμυλογραφία)	0,372	0,630
P\L	-0,112	-0,788
Διακύμανση	3,9964	1,1251
% Διακύμανση	66,6	18,8
% Ολική διακύμανση		85,4

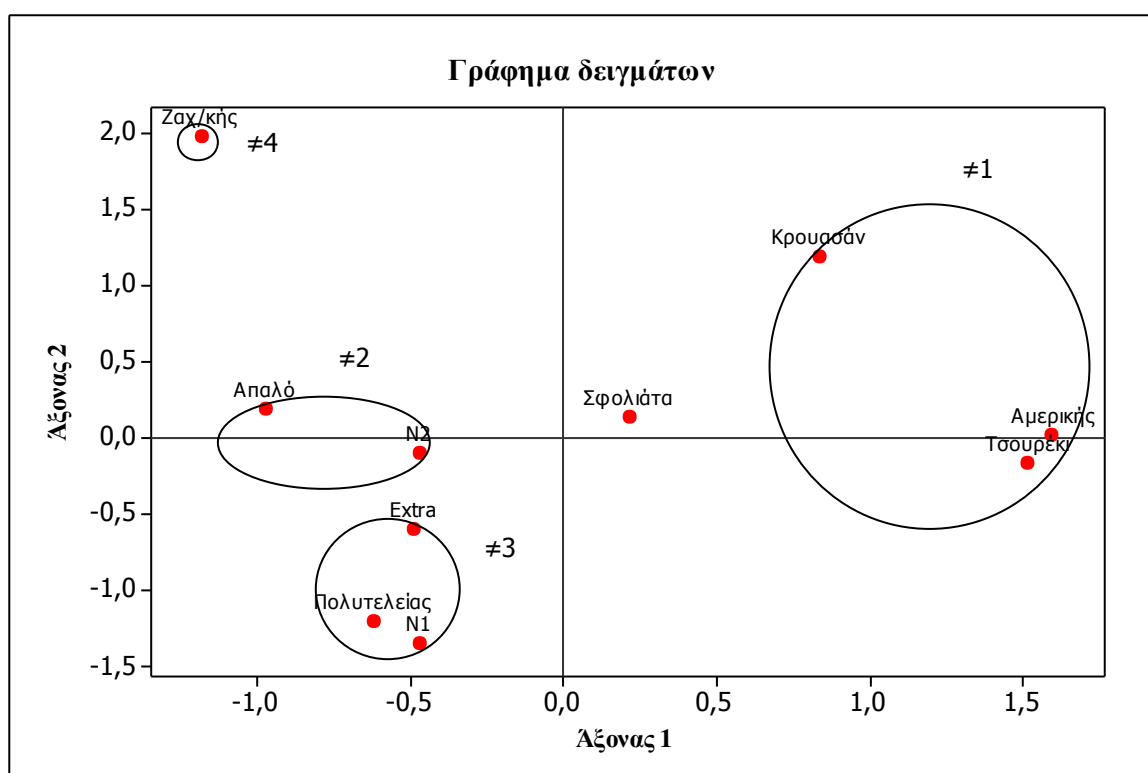
Παρατηρώντας τον πίνακα 13 βλέπουμε ότι η ομάδα 1 χαρακτηρίζεται από υψηλή μέση τιμή σε γλουτένη, πρωτεΐνη, ενέργεια, δείκτη ελαστικότητας και μέγιστο ιξώδες σε σχέση με την ομάδα 2 και οι δύο ομάδες χαρακτηρίζονται από αυτές τις μεταβλητές. Αναλυτικότερα η γλουτένη στην ομάδα 1 είναι 39,05 % σε αντίθεση με την ομάδα 2 που είναι 29,76 %, για την πρωτεΐνη η ομάδα 1 έχει μέση τιμή 15,27 % και η ομάδα 2 12,24 %. Όσον αφορά την ενέργεια η μέση τιμή της ομάδας 1 είναι διπλάσια από την ομάδα 2 και για τον δείκτη ελαστικότητας έχει αρκετά υψηλότερη μέση τιμή η ομάδα 1. Επίσης το μέγιστο ιξώδες στην ομάδα 1 είναι υψηλότερο από ότι στην ομάδα 2. Η ομάδα 3 χαρακτηρίζεται από χαμηλή μέση τιμή στο μέγιστο ιξώδες με 730 AU ενώ χαρακτηρίζεται από υψηλή μέση τιμή λόγος P\L με 2,35.

Πίνακας 13: Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις των μεταβλητών όπως κατανέμονται στις 4 ομάδες της PCA στα άλευρα χωρίς τις πρόσθετες ύλες.

Προϊόντα	Άλευρα	Γλουτένη (%)		Πρωτεΐνη (%)		Ενέργεια W (J)		Δ. ελαστικότητας(%)		Μέγιστο ιξώδες(AU)	
		Μέση τιμή	St.Dev.	Μέση τιμή	St.Dev.	Μέση τιμή	St.Dev.	Μέση τιμή	St.Dev.	Μέση τιμή	St.Dev.
Ομάδα 1											
Αμερικής Κρουασάν Τσουρέκι Σφολιάτα	Ρωσίας υψηλής	39,05	0,39	15,27	0,13	425,6	10,7	65,44	1,21	1257,0	12,0
Ομάδα 2											
1)Απαλό 2)Ζαχ'κής 3)Πολυτελείας 4)α.N2 β.N1	1)Ελληνικό 2)Βουλγαρίας 3)Καζακ,Μολδ,Ρωσ. 4)Καζακ,Μολδ,Ρουμ.	29,76	1,67	12,24	0,64	228,1	50,3	51,6	5,43	986,0	405,0
Ομάδα 3		P\L								Μέγιστο ιξώδες (AU)	
		Μέση τιμή	St.Dev.							Μέση τιμή	St.Dev.
Extra	Καζακστάν	2,36	0,03							730,0	10,0

5.4.2. Στατιστική επεξεργασία των τελικών προϊόντων με την προσθήκη πρόσθετων υλών

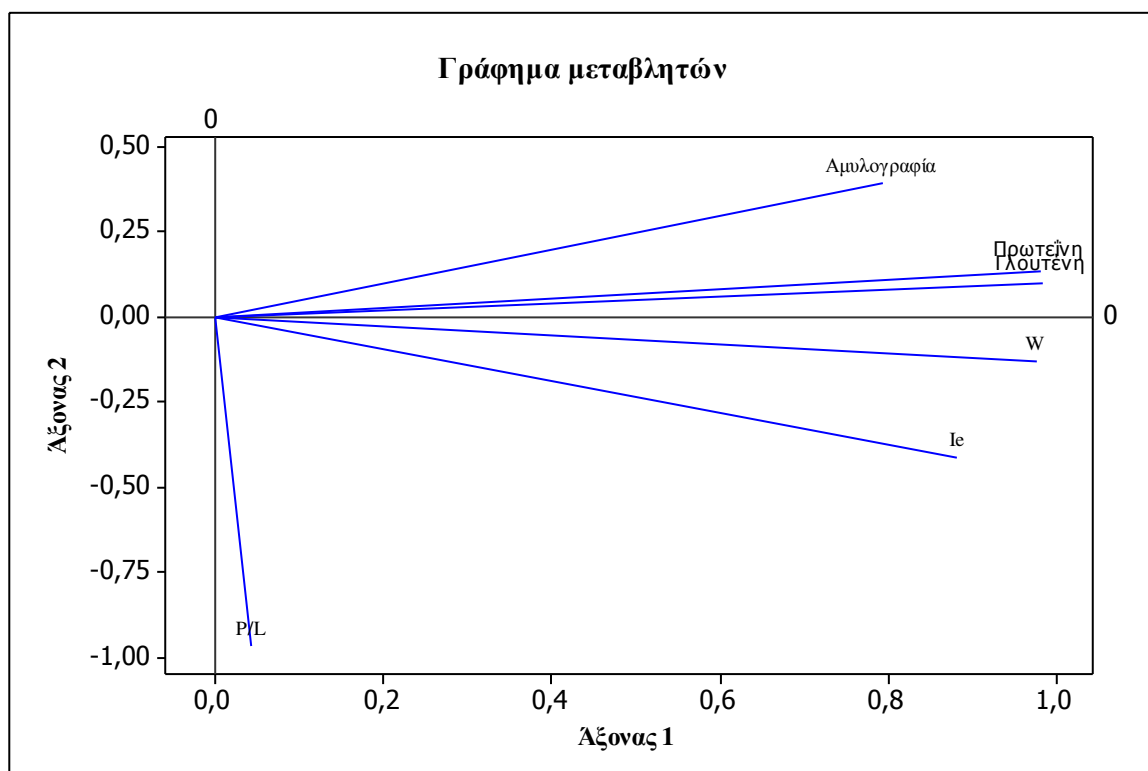
Στο σχήμα 7 παρατηρείται ότι τα τελικά προϊόντα χωρίζονται σε 4 ομάδες αυτή τη φορά λόγω των πρόσθετων ουσιών. Η ομάδα 1 αποτελείται από το Αμερικής, Τσουρέκι και το πιο απομακρυσμένο Κρουασάν. Η ομάδα 2 αποτελείται από το Απαλό και το Ν2. Η ομάδα 3 αποτελείται από το Extra, Πολυτελείας, Ν1 και η ομάδα 4 από το Ζαχ/κής. Η Σφολιάτα δεν ανήκει σε κάποια ομάδα λόγω του ότι βρίσκεται κοντά στο σημείο που τέμνονται οι 2 άξονες και εμφανίζει ουδέτερη συμπεριφορά.



Σχήμα 7: Χωροταξική διεύθυνση των τελικών προϊόντων με τις πρόσθετες ύλες με βάση την Ανάλυση των Κύριων Συνιστωσών.

Στο σχήμα 8 παρατηρείται ότι οι μεταβλητές Πρωτεΐνη, Γλουτένη, ενέργεια, μέγιστο ιξώδες και δείκτη ελαστικότητας είναι χωροταξικά κοντά και έτσι συμπεραίνεται ότι συσχετίζονται θετικά, λόγω της οξείας γωνίας που σχηματίζεται.

Συγκρίνοντας τα σχήματα 7 και 8 τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής: η ομάδα 1 χαρακτηρίζεται από υψηλές μέσες τιμές στις μεταβλητές του μέγιστου ιξώδους, της γλουτένης, πρωτεΐνης, ενέργειας και του δείκτη ελαστικότητας ενώ αντίθετα η ομάδα 2 χαρακτηρίζεται από χαμηλή σε αυτές τις μεταβλητές. Η ομάδα 3 χαρακτηρίζεται από υψηλές μέσες τιμές στην μεταβλητή του λόγου P/L ενώ η ομάδα 4 χαρακτηρίζεται από χαμηλή λόγω της αντίθετης διεύθυνσης.



Σχήμα 8: Γραφική παράσταση των συσχετίσεων των μεταβλητών στα τελικά προϊόντα με τις πρόσθετες ύλες.

Μελετώντας το σχήμα 8 και τον πίνακα 14 παρατηρείται ότι για τον σχηματισμό του άξονα 1 συνεισφέρουν οι μεταβλητές του μέγιστου ιξώδους (0,794), της γλουτένης (0,985), πρωτεΐνης (0,982), ενέργειας (0,977) και του δείκτη ελαστικότητας (0,883) οι οποίοι συσχετίζονται θετικά. Ενώ για τον άξονα 2 συνεισφέρει μόνο η μεταβλητή P/L(-0,969).

Η ολική διακύμανση που εκφράζουν οι 2 άξονες είναι 93,5% που είναι πολύ καλό ποσοστό για την επεξήγηση της διακύμανσης, που δημιουργείται από την συνεισφορά όλων των μεταβλητών για τους δύο άξονες.

Πίνακας 14: Πίνακας συσχετίσεων των μεταβλητών μετά την εφαρμογή της Ανάλυσης των Κύριων Συνιστωσών στα τελικά προϊόντα με τις πρόσθετες ύλες.

Μεταβλητές	Άξονας 1	Άξονας 2
Γλουτένη	0,985	0,096
Πρωτεΐνη	0,982	0,135
Ενέργεια (W)	0,977	-0,131
Δείκτης ελαστικότητας (Ie)	0,883	-0,415
Μέγιστο ιξώδες (Αμυλογραφία)	0,794	0,390
P\L	0,044	-0,969
Διακύμανση	4,3001	1,3081
% Διακύμανση	71,7	21,8
% Συνολική διακύμανση		93,5

Παρατηρώντας τον πίνακα 15 βλέπουμε ότι η ομάδα 1 χαρακτηρίζεται από υψηλές μέσες τιμές στις μεταβλητές της γλουτένης (53,75 %), πρωτεΐνης (21,53 %), του μέγιστου ιξώδους (702 AU), ενέργειας (575,3 J), του δείκτη ελαστικότητας (77,22 %) ενώ η ομάδα 2 αντίθετα από χαμηλές 29,5 %, 11,75 %, 653 AU, 204,3 J, 56,17 % αντίστοιχα, οι μεταβλητές αυτές χαρακτηρίζουν τις 2 αυτές ομάδες. Οι διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων είναι ότι σε όλες τις μεταβλητές εκτός του δείκτη ελαστικότητας, η ομάδα 1 έχει σχεδόν διπλάσιες μέσες τιμές από την ομάδα 2. Η ομάδα 3 χαρακτηρίζεται από υψηλή μέση τιμή της μεταβλητής του λόγου P\L (1,15) ενώ η ομάδα 4 από την χαμηλή μέση τιμή (0,52), η διαφορά μεταξύ τους είναι διπλάσια.

Πίνακας 15: Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις των μεταβλητών όπως κατανέμονται στις 4 ομάδες της PCA στα τελικά προϊόντα με τις πρόσθετες ύλες.

Προϊόντα	Γλουτένη (%)		Πρωτεΐνη (%)		Ενέργεια W (J)		Μέγιστο ιξώδες (AU)		Δείκτης ελαστικότητας Ie (%)	
	Μέση τιμή	St.Dev	Μέση τιμή	St.Dev.	Μέση τιμή	St.Dev.	Μέση τιμή	St.Dev.	Μέση τιμή	St.Dev.
Ομάδα 1										
Αμερικής Κρουασάν Τσουρέκι	53,75	4,92	21,53	1,53	575,30	108,50	702,0	8,0	77,22	5,53
Ομάδα 2										
Απαλό N2	29,50	1,77	11,75	1,17	204,30	52,0	653,0	11,0	56,17	7,42
Ομάδα 3	P\L									
	Μέση τιμή	St.Dev.								
Extra Πολυτελείας N1	1,15	0,10								
Ομάδα 4	P\L									
Ζαχικής	0,52	0,15								

5.4.3. Διαφορές πριν και μετά την προσθήκη των πρόσθετων υλών στα άλευρα

Οι διαφορές που παρατηρούνται πριν και μετά την προσθήκη των πρόσθετων υλών είναι ότι τα άλευρα N1 και Πολυτελείας ενώ αρχικά χαρακτηρίζονταν από χαμηλή μέση τιμή γλουτένης, πρωτεΐνης, ενέργειας (W), δείκτη ελαστικότητας (Ie) και μέγιστου ιξώδους μετά την προσθήκη των πρόσθετων υλών χαρακτηρίζονται από υψηλή μέση τιμή της μεταβλητής του λόγου P\L. Το Αμερικής, Τσουρέκι και Κρουασάν εξακολουθούν να χαρακτηρίζονται από υψηλή μέση τιμή των μεταβλητών γλουτένης, πρωτεΐνης, ενέργειας (W), δείκτη ελαστικότητας (Ie) και μέγιστου ιξώδους πριν και μετά τις πρόσθετες ύλες, με μόνη διαφορά ότι το Κρουασάν απομακρύνθηκε από τα υπόλοιπα 2. Το Σφολιάτας απέκτησε ουδέτερη συμπεριφορά. Το Extra συνεχίζει να χαρακτηρίζεται με την μεταβλητή του λόγου P\L. Επίσης, το Απαλό και N2, που χαρακτηριζόταν από χαμηλή μέση τιμή γλουτένης, πρωτεΐνης, ενέργειας (W), δείκτη ελαστικότητας (Ie) και μέγιστου ιξώδους, εξακολουθεί να χαρακτηρίζεται με τις ίδιες μεταβλητές. Το άλευρο Ζαχικής χαρακτηρίζεται μετά την προσθήκη των βελτιωτικών με χαμηλή μέση τιμή στον λόγο P\L, από χαμηλή μέση τιμή γλουτένης, πρωτεΐνης, ενέργειας (W), δείκτη ελαστικότητας (Ie) και μέγιστου ιξώδους πριν.

6. Συμπεράσματα

- Τα άλευρα Τσουρέκι, Αμερικής και Κρουασάν χαρακτηρίζονται από υψηλές μέσες τιμές στις μεταβλητές της γλουτένης, πρωτεΐνης, ενέργειας, μέγιστου ιξώδους και δείκτη ελαστικότητας πριν την προσθήκη των πρόσθετων υλών και αυτό οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες που έχει το σιτάρι σε σχέση με τα άλλα σιτάρια. Μετά την προσθήκη των πρόσθετων υλών συνεχίζουν να χαρακτηρίζονται από τις ίδιες μεταβλητές αλλά λόγω του διαφορετικού ποσοστού προσθήκης ξηρής γλουτένης και ασκορβικού οξέος υπάρχει μια μικρή διαφοροποίηση μεταξύ τους, και σαν συνέπεια αυτού η Σφολιάτα παίρνει ουδέτερη συμπεριφορά.
- Το N1 και N2 είναι άλευρα αρτοποιίας τύπου 70% που προέρχονται από το ίδιο μίγμα αλεύρου και έτσι όπως αναμενόταν χαρακτηρίζονται αρχικά από ίδιες μεταβλητές . Μετά την προσθήκη των πρόσθετων υλών το N1 χαρακτηρίζεται από υψηλή μέση τιμή του λόγου P\L, λόγω της μεγαλύτερης προσθήκης ασκορβικού οξέος, αυτό γίνεται δυνατότερο και πιο ανθεκτικό άλευρο ώστε μπορεί να επεξεργαστεί σε ταχυζυμωτήρια.
- Το άλευρο Extra χρησιμοποιείται για την αρτοποιία και χαρακτηρίζεται από υψηλή μέση τιμή στην μεταβλητή του λόγου P\L, πριν την προσθήκη των πρόσθετων υλών έχει υψηλότερη τιμή στον λόγο P\L και μετά την προσθήκη μειώνεται, αυτό οφείλεται στην προσθήκη της κυστεΐνης.
- Το άλευρο Πολυτελείας είναι τύπου 55% χρησιμοποιείται για αρτοσκευάσματα (ψωμάκια, σάντουιτς, κουλούρι Θεσ/νίκης, ζύμη πίτσας). Πριν την προσθήκη των πρόσθετων υλών χαρακτηριζόταν από χαμηλές μέσες τιμές στις μεταβλητές τις γλουτένης, πρωτεΐνης, ενέργειας, μέγιστου ιξώδους και δείκτη ελαστικότητας ενώ μετά την προσθήκη χαρακτηρίζεται από υψηλή τιμή στον λόγο P\L που οφείλεται στο ασκορβικό οξύ.
- Το άλευρο Ζαχικής ενώ αρχικά χαρακτηριζόταν από χαμηλές μέσες τιμές στις μεταβλητές τις γλουτένης, πρωτεΐνης, ενέργειας, μέγιστου ιξώδους και δείκτη ελαστικότητας στην συνέχεια χαρακτηρίζεται από χαμηλή μέση τιμή P\L λόγω της προσθήκης των πρωτεολυτικών ενζύμων που εξασθενούν το πλέγμα της γλουτένης και έτσι αυξάνεται η εκτατότητα του και μειώνεται η αντοχή του, το άλευρο αυτό προορίζεται για μπισκότα, παντεσπάνι λόγω του ότι δεν φουσκώνει.

- Το Απαλό άλευρο προέρχεται από ελληνικό μαλακό σιτάρι και χρησιμοποιείται για κουλούρι Θεσνίκης, βουτήματα και για άρτο. Δεν γίνεται σημαντική προσθήκη πρόσθετων υλών και έτσι δεν γίνεται καμιά μεταβολή στον χαρακτήρα των μεταβλητών του.
- Η βιομηχανία έχει την δυνατότητα με λίγες πρώτες ύλες να φθάσει σε μεγάλο αριθμό τελικών προϊόντων χρησιμοποιώντας τις πρόσθετες ύλες.

7.Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

- Επικαιροποίηση των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης χρησιμοποιώντας άλλον συνδυασμό ποιοτικών παραμέτρων.

8.Βιβλιογραφία

Ελληνική βιβλιογραφία

- Αυγουλάς, Χ., Ποδηματάς & Κ. & Παπαστυλιανού Π. (2003). *Φυτά μεγάλης καλλιέργειας*. [χ.τ.]: [χ.ε.]
- Γεωργόπουλος Θ.(2010). Εργαστηριακές σημειώσεις τεχνολογίας και ποιοτικού ελέγχου σιτηρών και αρτοσκευασμάτων, Τ.Ε.Ι.ΛΑΡ.
- Δημόπουλος, Ι. (1987) *Προσδιορισμός της περιεκτικότητας των τροφίμων σε πρωτεΐνες*. Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β.
- Καραμάνος, Α. (1990). *Τα σιτηρά των εύκρατων κλιμάτων*. [χ.τ.]: [χ.ε.]
- Κεφαλάς, Π.Σ. (2009). Τρόφιμα από σιτηρά, Α.Τ.Ε.Ι.Θ.
- Κόκκαλης Α.(2007). Συμπληρωματικές σημειώσεις για το εργαστήριο Τεχνολογίας και Έλεγχος ποιότητας σιτηρών.
- Κριτσαντώνης Δ. Αλέξανδρος, <<Σιτάρι, αλεύρι και ψωμί>>, Τεχνικός Σύμβουλος, Δεκέμβριος 2006, σελ.32-33.
- Ματσούκας, Ν. (1993). *Τύποι αλεύρων για διάφορες χρήσεις. Πρόσθετα και βελτιωτικά αλεύρων - Έλεγχος ποιότητας και προδιαγραφές αλεύρων*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο - Τομέας Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων
- Μπούσμπουρας, Γ. (1989). *Μελέτη κλάδου Αλευροβιομηχανιών*. Αθήνα
- Μποσδίκος Δ.(2005). *Από το σάρι στο ψωμί, τεχνολογία αρτοποιίας, Κορμός*
- Πετρίδης Δ. (2013). *Ανάλυση Πολυμεταβλητών Τεχνικών*. Θεσ/νικη
- Πολυχρονιάδου-Αληχανίδου, Α. (1996). *Ανάλυση τροφίμων*, Θεσσαλονίκη: Γαρταγάνη
- Ρουσοπούλου, Π. (2004). Εργαστηριακές σημειώσεις τεχνολογίας και ελέγχου ποιότητας σιτηρών, Α.Τ.Ε.Ι.Θ
- Τσιάρας, Ν. (1999). *Δύναμη των αλεύρων*. Αθήνα: Α.Τ.Ε.Ι. Αθήνας

Ξένη βιβλιογραφία

- Berg Jeremy M. , Tymoczko John L., Stryer Lubert,<< Βιοχημεία , Τόμος Ι>>, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης 2007, σελ.49.

- Day L., Augustin M.A., Batey I.L. and Wrigley C.W. (2006). Wheat-gluten uses and industry needs. Trends in Food Science & Technology, 17, 82-90.
- Grace G., (1989). Preparation of vital wheat gluten. In Proceeding of the World Congress on Vegetable Proteins, ADCS, 21, 114.
- International Association for Cereal Science and Technology (ICC). ICC Standard No. 115/1.
- Lorenz K.J. and Kulp K. (1991) Handbook of Cereal Science and Technology, Marcel Dekker.
- Matz S.A. (1989). Bakery Technology, Elsevier Science Publishers Ltd.
- Macrae, R., Robinson, R.K. and Sadler, M.J., (1993). Pastry Products. In Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition, Academic Press, London, 5, 3464.
- Shuey W. C. (1975). Practical Instruments for Rheological Measurements on Wheat Products. Cereal Chemistry, 52 (3), 43.
- Skoog D., Holler J., Nieman T., Principles of Instruments Analysis. Εκδόσεις Κωσταράκης. 2005. Σελ.493

Τεχνικά φυλλάδια των κάτωθι εταιρειών

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

Ηλεκτρονικές σελίδες

<http://www.icap.gr/>