



ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ενσωμάτωση αλεύρου από φαγόπυρο στην αρτοποιία αλεύρου
σίτου**

Incorporation of buckwheat in wheat breads

ΜΠΟΥΡΣΙΝΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΘΕΟΔΩΡΙΔΟΥ ΜΑΡΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2018

Ενσωμάτωση αλεύρου από φαγόπυρο στην αρτοποιία αλεύρου σίτου

ΜΠΟΥΡΣΙΝΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΘΕΟΔΩΡΙΔΟΥ ΜΑΡΙΑ

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. 24/05/2018

Ευχαριστίες

Για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους όσους συνέβαλαν σε αυτήν.

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στην υπεύθυνη Αναπλ. καθηγήτρια κ. Μαρία Παπαγεωργίου για το χρόνο που μας διέθεσε, για την καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές της.

Ευχαριστίες αποδίδονται στον κ. Αθανάσιο Κόκκαλη, για την πολύτιμη βοήθεια του, το ενδιαφέρον του και την εμπειρία του κατά την διεξαγωγή του πειραματικού μέρους της πτυχιακής μας εργασίας.

Επίσης, οφείλουμε ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς οι οποίοι όλα αυτά τα χρόνια είναι δίπλα μας και μας στηρίζουν με κάθε τρόπο. Τέλος, ευχαριστούμε το φιλικό μας περιβάλλον για την ψυχολογική τους υποστήριξη και κατανόηση.

Ενσωμάτωση αλεύρου από φαγόπυρο στην αρτοποιία αλεύρου σίτου

ΜΠΟΥΡΣΙΝΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΘΕΟΔΩΡΙΔΟΥ ΜΑΡΙΑ

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

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί προσπάθεια αξιολόγησης των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των συστατικών του φαγόπυρου, τις ιδιότητες που προσδίδει στο ζυμάρι κατά την ενσωμάτωση του σε αλεύρι σίτου και στην παρασκευή άρτου.

Πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση αλεύρου σίτου τύπου 70% και δυο εμπορικών δειγμάτων φαγόπυρου (YEMIOH και SOJUS) σε σχέση με α) υγρασία, β) πρωτεΐνες, γ) τέφρα, δ) ξηρή, υγρή γλουτένη, ποιότητα και ενυδάτωση γλουτένης.

Επιπλέον αξιολογήθηκε η ρεολογική συμπεριφορά των παραγόμενων ζυμαριών με ενσωμάτωση ποσοστών 0, 5, 10, 15, 20, 25, και 30% ολικού αλέσματος φαγόπυρου και των δυο δειγμάτων φαγόπυρου, μέσω α) φαρινογραφίας και β) εξτενσιογραφίας.

Τέλος, έγινε αρτοποιία του σίτου με ποσοστά ενσωμάτωσης ολικού αλέσματος αλεύρου φαγόπυρου (0, 10, 20, 30%) της εταιρίας SOJUS και οι έλεγχοι που διεξάχθηκαν είναι οι ακόλουθοι: α) υγρασία άρτου β) όγκος άρτου γ) απόδοση αλεύρου σε άρτο δ) οργανοληπτικός έλεγχος και ε) προφίλ υφής (Texture Profile Analysis, TPA). Σημειώνεται ότι για την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα Minitab 17 και συγκεκριμένα εφαρμόστηκε η μέθοδος two-way ANOVA για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του οργανοληπτικού ελέγχου των άρτων.

Τα αποτελέσματα για τα άλευρα από φαγόπυρο έδειξαν μικρή αμυλασική δράση, και υψηλά ποσοστά τέφρας και πρωτεΐνης που πιστοποιούν τη διατροφική του υπεροχή, μεταβολές στις ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού, λόγω προσθήκης του φαγόπυρου καθώς και αλλαγές των ιδιοτήτων των άρτων με αύξηση της υγρασίας και της απόδοσης σε ψωμί και παράλληλη μείωση του όγκου του. Τέλος, από τον οργανοληπτικό έλεγχο προέκυψε ότι τα ψωμιά με προσθήκη φαγόπυρου παρουσίασαν μεγαλύτερη αρεστότητα σε σχέση με τον μάρτυρα.

Περιεχόμενα

1.Εισαγωγή.....	1
2.Βιβλιογραφική ανασκόπηση	1
2.1.Γενικά για τα σιτηρά	1
2.1.1.Σιτάρι.....	2
2.1.2.Βασικά μέρη του σίτου.....	3
2.2.Αλεύρι σίτου.....	4
2.2.1. Άλεση μαλακού σίτου	4
2.2.2.Σύσταση αλεύρου	6
2.2.3. Τύποι αλεύρων	12
2.3.Ψευδοδημητριακά(Pseudocereals)	15
2.3.1.Κινόα	15
2.3.2.Αμάρανθος.....	15
2.3.3.Φαγόπυρο	16
2.4. Αρτοποιία	17
2.4.1. Στάδια αρτοποιίας	17
2.4.2. Συστατικά αρτοποιίας	20
2.5. Ποιοτικός έλεγχος σιτηρών και αλεύρων.....	22
2.5.1. Προσδιορισμός της υγρασίας	22
2.5.2. Προσδιορισμός τέφρας.....	23
2.5.3. Προσδιορισμός γλουτένης.....	24
2.5.4. Προσδιορισμός πρωτεΐνης.....	24
2.5.5. Προσδιορισμός αριθμού πτώσης (FALLING NUMBER)	24
2.5.6. Φαρινογράφος BRABENDER	25
2.5.7. Εξτενσιογραφία BRABENDER	25
2.5.8. Ανάλυση υφής (TPA).....	26
3. Σκοπός της εργασίας	29
4. Υλικά και μέθοδοι.....	30
4.1. Διεξαγωγή πειραματικής διαδικασίας	30
4.2.Υλικά.....	30
4.3.Μέθοδοι.....	30
4.3.1.Μέθοδος υπολογισμού υγρασίας.....	30
4.3.2.Μέθοδος αποτέφρωσης	31
4.2.3.Μέθοδος υγρής γλουτένης.....	31
4.2.4.Μέθοδος προσδιορισμού πρωτεΐνης- Kjeldahl.....	32
4.3.5.Μέθοδος προσδιορισμού αριθμού πτώσης (FALLINGNUMBER)	34

4.3.6.Μέθοδος Φαρινογραφίας.....	35
4.3.7.Μέθοδος Εξτενσιογραφίας.....	36
4.3.8.Μέθοδος αρτοποιήσης.....	37
4.3.9.Μέθοδος προσδιορισμού όγκου άρτου.....	37
4.3.10.Μέθοδος προσδιορισμού απόδοσης αλεύρου σε ψωμί.....	38
4.3.11.Μέθοδος οργανοληπτικού ελέγχου.....	38
4.3.12.Μέθοδος ανάλυσης υφής (TPA).....	39
5.Αποτελέσματα- Συζήτηση.....	40
5.1. Αναλύσεις στα άλευρα.....	40
5.1.1. Υγρασία.....	40
5.1.2. Τέφρα.....	40
5.1.3. Γλουτένη.....	41
5.1.4. Πρωτεΐνες.....	41
5.1.5.Αριθμός πτώσης FN.....	42
5.2.Αναλύσεις στο ζυμάρι.....	42
5.2.1.Φαρινογραφία.....	42
5.2.2. Εξτενσιογραφία.....	43
5.3.Αναλύσεις στο ψωμί.....	44
5.3.1.Υγρασία ψωμιού.....	44
5.3.2.Όγκος ψωμιού.....	45
5.3.3.Απόδοση αλεύρου σε ψωμί.....	45
5.4.Οργανοληπτικός έλεγχος.....	46
5.5.Μελέτη υφής (TPA).....	49
5.Συμπεράσματα.....	51
Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	53
Βιβλιογραφία.....	53
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	59

1.Εισαγωγή

Ο άνθρωπος καλλιεργεί τα σιτηρά σαν βασικό μέρος της διατροφής του εδώ και χιλιάδες χρόνια. Τα τρόφιμα από σιτηρά είναι μια μεγάλη κατηγορία των φυτικών τροφίμων. Είναι ίσως η σπουδαιότερη διότι τα τρόφιμα αυτά διατηρούνται πολύ περισσότερο από τα άλλα φυτικά τρόφιμα και παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία. Άλλα από αυτά καταναλώνονται ύστερα από κάποια μικρή επεξεργασία και άλλα αποτελούν τη βάση πολύπλοκων τροφίμων για τα οποία μερικές φορές προηγείται βιομηχανική επεξεργασία.(Κεφάλας, 2009). Ένα από τα βασικότερα προϊόντα είναι η παραγωγή αλεύρου.

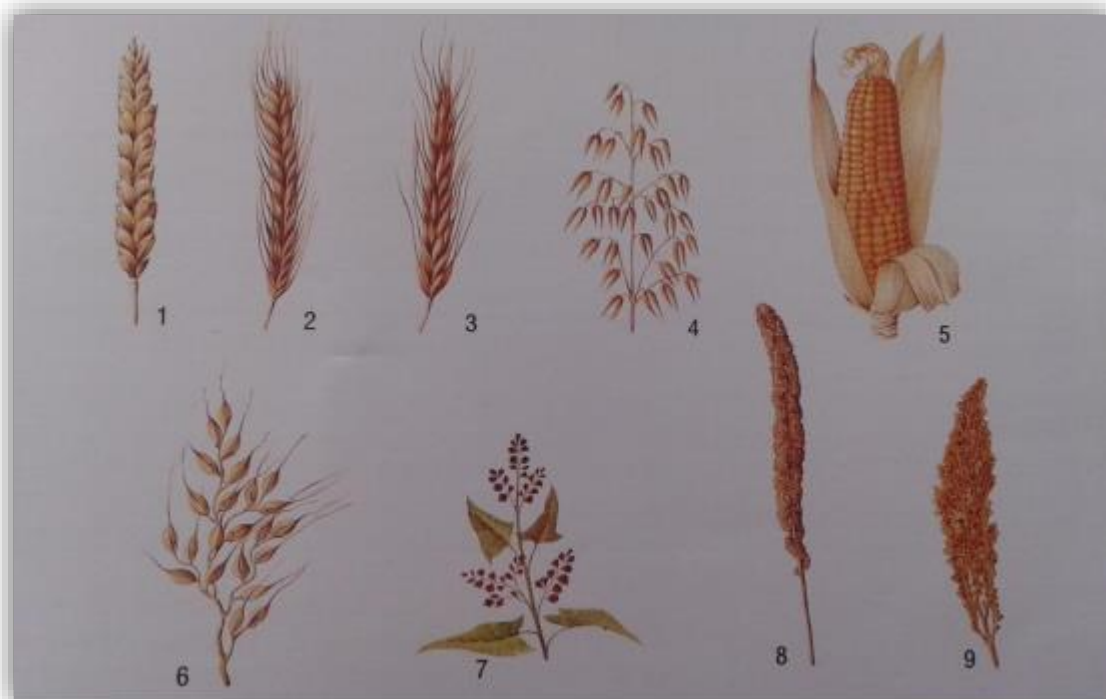
Το αλεύρι αποτελεί το κύριο και απαραίτητο συστατικό διαφόρων γλυκών και απλών αρτοσκευασμάτων. Στον κλάδο της αλευροβιομηχανίας δραστηριοποιούνται αρκετές επιχειρήσεις, οι οποίες παράγουν αλεύρι, σιμιγδάλι και τα υποπροϊόντα αυτών, από την άλεση σκληρού και μαλακού σίτου. Το μεγαλύτερο μέρος των προϊόντων του κλάδου της αλευροβιομηχανίας απορροφάται από τις βιομηχανίες παραγωγής τροφίμων και από τη βιοτεχνική αρτοποιία. Ο άρτος αποτελεί ένα από τα βασικότερα συστατικά της διατροφής των περισσότερων λαών της Ευρώπης, της Αμερικής, της Μέσης Ανατολής καθώς και της Βόρειας Αφρικής και αναφέρεται συχνά ως η ουσία της ζωής.

Η ιστορία του άρτου από σίτο αρχίζει χιλιάδες χρόνια πριν και ξεδιπλώνεται στο βάθος των αιώνων, όπως και η παραγωγή αρτοσκευάσματος από φαγόπυρο. Η περιοχές καλλιέργειας του φυτού *Fagopyrum esculentu* (φαγόπυρο) είναι η Κεντρική Ασία και το Θιβέτ και εν συνεχεία καλλιεργήθηκε στη Μέση Ανατολή και την Ευρώπη. Προϊόντα από φαγόπυρο σε παλιότερα χρόνια είναι οι χυλοπίτες από φαγόπυρο που έχουν καταναλωθεί από ανθρώπους του Θιβέτ και της βόρειας Κίνας για αιώνες, στην Ινδία κατά τις Ινδουιστικές ημέρες νηστείας, οι κάτοικοι των βορείων πολιτειών της Ινδίας οι οποίοι νηστεύουν, τρώνε είδη φτιαγμένα από αλεύρι φαγόπυρου. Σήμερα το χρησιμοποιούν ως πλιγούρι στη δυτική Ασία και την Ανατολική Ευρώπη. Πλέον την μεγαλύτερη παραγωγή έχει η Ρωσία και η Κίνα.

2.Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1.Γενικά για τα σιτηρά

Τα σιτηρά ή δημητριακά από βοτανικής άποψης είναι οι ώριμοι αποξηραμένοι καρποί ορισμένων καλλιεργούμενων φυτών, μελών της μονοκοτυλήδονης οικογένειας των αγροστωδών (*Gamineae*) (Δημόπουλος, 1987). Οι καρποί τους είναι ξηροί και περιέχουν ένα μόνο σπέρμα και συνήθως τους ονομάζουμε σπόρους, σπέρματα ή κόκκους. Οι καρποί αυτοί ανήκουν στον τύπο «καρύοψις». Καρύοψις είναι ο καρπός που περιέχει μόνο σπέρμα, παραμένει κλειστός κατά την ωρίμανση, το περικάρπιο συμφύεται με το περισπέρμιο και το ενδοσπέρμιο μαζί με το έμβρυο γεμίζουν εντελώς την κοιλότητα της ωοθήκης (Κεφάλας, 2009). Τα κυριότερα σιτηρά είναι το σιτάρι, το καλαμπόκι, η βρώμη, το ρύζι, το κριθάρι, η σίκαλη, το κεχρί, και το σόργο (Εικόνα 1). Χρησιμοποιείται και η διασταύρωση σίτου και σίκαλης, το τριτικάλε. Το καθένα από τα παραπάνω αποτελεί ξεχωριστό γένος των αγροστωδών. Κάθε γένος υποδιαιρείται σε είδη και κάθε είδος σε ποικιλίες.(Κεφάλας, 2009).



Εικόνα 1. Απεικόνιση των σιτηρών 1) Σιτάρι, 2) Σίκαλη, 3) Κριθάρι, 4) Βρώμη, 5) Καλαμπόκι, 6) Ρύζι, 7) Μαυροσίταρο, 8) Κεχρί μακρύ, 9) Κεχρί κοντό (Κεφαλάς, 2009)

Το καλαμπόκι, το ρύζι και το σιτάρι καλύπτουν το 87% της παγκόσμιας παραγωγής δημητριακών. Τα δημητριακά ακόμα και σήμερα αποτελούν τη βάση της διατροφής των λαών. Οι δυτικές κοινωνίες παίρνουν περίπου το 25% των θερμίδων και των βασικών θρεπτικών συστατικών από τα δημητριακά, ενώ σε Ασία και Αφρική το ποσοστό ανέρχεται στο 70%. Οι βασικοί λόγοι που παίζουν τόσο σημαντικό ρόλο στην διατροφή του ανθρώπου, είναι ότι καλλιεργούνται εύκολα, είναι άφθονα, φτηνά, μπορούν να αποθηκευτούν για μεγάλα χρονικά διαστήματα και χρησιμοποιούνται σαν βάση για την παρασκευή μεγάλης ποικιλίας εύγευστων τροφίμων. Επίσης, τα σιτηρά εκτός από την χρήση τους στην παρασκευή τροφίμων και ποτών χρησιμοποιούνται για πτηνοτροφές, ζωοτροφές καθώς και σε άλλες βιομηχανίες όπως υφαντουργία, χαρτοποιία κ.α. (Lorenzo et al., 2009).

2.1.1. Σιτάρι

Το σιτάρι είναι το σπουδαιότερο από τα σιτηρά λόγω της ποικιλίας και της σπουδαιότητας των προϊόντων που παράγονται από αυτό. Το είδος και η ποικιλία ενός σιτηρού έχουν σημασία στην ποιοτική αξιολόγηση του για μια συγκεκριμένη χρήση. 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. Οι αμερικάνικες Hard red ποικιλίες είναι περιζήτητες για την εξαιρετική αρτοποιητική ικανότητα των αλεύρων που παράγονται από αυτές. Στην Ελλάδα τα

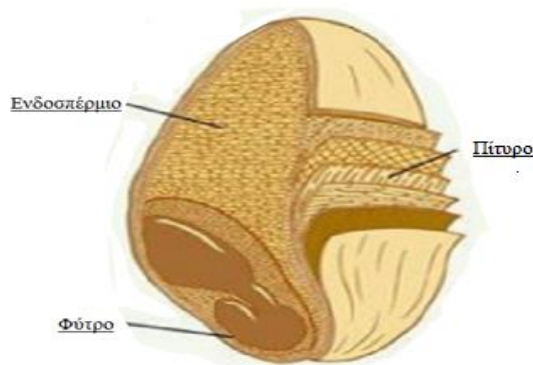
σιτάρια αυτά χαρακτηρίζονται ως «ημίσκληρα» για να μη γίνεται σύγχυση με το «σκληρό» (*durum*) (Κεφαλάς, 2009). β) Το σκληρό σιτάρι (*Triticum durum*) γνωστό διεθνώς ως «*durum*». Ανήκει στο γένος *Triticum* και είναι ένα μονοκοτυλήδοιο της οικογένειας *Gamiaeae*, της φυλής *Triticeae*, και της υποφυλής *Triticinae*. Συγκαταλέγεται στα επονομαζόμενα χειμερινά σιτηρά και ανήκει στα αγρωστώδη (Βούτσινος, 2003). 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 κυρίως για ζωοτροφές (Κεφαλάς, 2009). 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 αδύναμη 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. (Κεφαλάς, 2009).

2.1.2. Βασικά μέρη του σίτου

Το αλεύρι συνιστά το κύριο υλικό κατά την παρασκευή του άρτου και οι ιδιότητές του εξαρτώνται σημαντικά από τις ιδιότητες των σιτηρών από τα οποία έχει παραχθεί. Πριν από την ανάπτυξη της βιομηχανίας και την εξέλιξη των μηχανημάτων, καταναλώνονταν ολόκληροι. Σήμερα, η ανάπτυξη της τεχνικής του αλέσματος και της επεξεργασίας των σιτηρών καθιστά δυνατή την επεξεργασία των σπόρων, δηλαδή το διαχωρισμό και την αφαίρεση του πιτύρου και του φύτρου με αποτέλεσμα την παραγωγή αλεύρου με κύριο συστατικό το αμυλούχο ενδοσπέρμιο. Ο σπόρος ή, αλλιώς, πυρήνας ενός σιταριού διαμορφώνεται, όπως φαίνεται και στην εικόνα 2, από το ενδοσπέρμιο (*endosperm*) που αποτελείται κυρίως από άμυλο και πρωτεΐνες, το φύτρο (*germ*) που αποτελείται κυρίως από λιπίδια και πρωτεΐνες και, τέλος, το πίτυρο (*bran*) με κύριο συστατικό τις φυτικές ίνες (Marquart et al., 2007).

Ειδικότερα:

- Το ενδοσπέρμιο (80 – 85% του πυρήνα) συνιστά τροφοδότη για το φύτρο, παρέχοντάς του την απαραίτητη ενέργεια. Καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του πυρήνα και περιέχει αμυλούχους υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, και σε μικρότερη αναλογία φυτικές ίνες, βιταμίνες του συμπλέγματος Β και Ε, σελήνιο και ιχνοστοιχεία.
- Το φύτρο (περίπου 3% του πυρήνα) αποτελεί το έμβρυο, από το οποίο θα προκύψει το καινούριο φυτό όταν βρεθεί υπό κατάλληλες συνθήκες. Περιέχει απαραίτητα ακόρεστα λιπαρά οξέα, 13 βιταμίνες του συμπλέγματος Β, βιταμίνη Ε, σελήνιο και άλλα αντιοξειδωτικά, φυτοστερόλες και άλλες βιοδραστικές ενώσεις.
- Το πίτυρο (12-17% του πυρήνα) είναι το πολυεπίπεδο εξωτερικό περίβλημα του καρπού, που μαζί με το φλοιό, προστατεύει το εσωτερικό του καρπού (ενδοσπέρμιο και φύτρο) από την ηλιακή ακτινοβολία, τα έντομα και το νερό. Περιέχει φυτικές ίνες, μεταλλικά στοιχεία όπως σίδηρο, ψευδάργυρο, χαλκό και μαγνήσιο αλλά και βιταμίνες του συμπλέγματος Β, βιταμίνη Ε καθώς και βιοδραστικές ενώσεις. Οι τελευταίες είναι κυρίως τα φλαβονοειδή και τα καροτενοειδή, τα οποία μαζί με τις φυτικές ίνες φαίνεται να είναι υπεύθυνες για τα οφέλη των δημητριακών ολικής άλεσης στον οργανισμό. (Slavin et al., 2013, Fardet et al., 2010)



Εικόνα 2. Πυρήνας σίτου

(<http://estia.hua.gr>)

2.2. Αλεύρι σίτου

Ως άλευρο σίτου ή απλώς άλευρο νοείται αποκλειστικά και μόνο το προϊόν της άλεσης υγιούς σίτου βιομηχανικά καθαρισμένο από κάθε ανόργανη ή οργανική ουσία. Το αλεύρι είναι το κύριο συστατικό του ψωμιού, το οποίο είναι βασικό τρόφιμο σε πολλές χώρες, και επομένως η διαθεσιμότητα και επάρκεια του αλευριού είναι συχνά ένα σημαντικό οικονομικό και πολιτικό ζήτημα

Σπουδαιότητα έχουν κυρίως τα καλούμενα άλευρα της αρτοποιίας, δηλαδή τα άλευρα σίτου και σίκαλης, γιατί μόνο αυτά δίνουν ψωμί πορώδες και εύγευστο. Το σιτάλευρο, σε αντίθεση με τα άλευρα άλλων σιτηρών και καρπών, μπορεί να προσδώσει μοναδικά χαρακτηριστικά στη δομή και εμφάνιση των διαφόρων προϊόντων στα οποία χρησιμοποιείται. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όταν αναμιχθεί με νερό μπορεί να δώσει συνεκτικά και ελαστικά ζυμάρια. Τόσο η ποιότητα του σιταριού, όσο και οι συνθήκες αλέσεως στις οποίες αυτό υποβάλλεται, μπορούν να οδηγήσουν σε διαφορές ως προς την καταλληλότητα του αλεύρου για ένα συγκεκριμένο σκοπό.

2.2.1. Άλεση μαλακού σίτου

Η ποιότητα του σιταριού επηρεάζει άμεσα τη ποιότητα του αλεύρου. Επομένως το σιτάρι πρέπει να έχει ορισμένα χαρακτηριστικά προκειμένου να θεωρηθεί κατάλληλο για άλεση. Τα ποιοτικά αυτά χαρακτηριστικά είναι:

1. Οι κόκκοι να έχουν καλή εμφάνιση, να έχουν φυσιολογικό χρώμα, να είναι απαλλαγμένο από βακτηριακές ή μυκητολογικές προσβολές, να μην είναι φυτρωμένοι και να είναι απαλλαγμένοι από οσμή μούχλας.
2. Οι κόκκοι να είναι ελεύθεροι, χωρίς σπασίματα ή τρύπες που έχουν προκληθεί από έντομα και να μην έχουν υποστεί υπερβολική θέρμανση
3. Να μην περιέχει μεγάλες ποσότητες ξένων υλών, όπως χώμα. Άχυρο. Ξένους κόκκους.
4. Να είναι κατάλληλο για αποθήκευση με υγρασία όχι πάνω από 16%.

Εφόσον ελεγχθούν τα παραπάνω χαρακτηριστικά το σιτάρι είναι έτοιμο για άλεση. Σκοπός της όλης διεργασίας είναι ο καλύτερος διαχωρισμός του ενδοσπερμίου από το πίτυρο και το φύτρο και η λειοτρίβηση του ενδοσπερμίου προς αλεύρι τέτοιας λεπτότητας ώστε να περνά από κόσκινο με τετράγωνες τρύπες μήκους πλευράς 1,40mm. Το φύτρο και το πίτυρο μαζί με το ελάχιστο σε αυτά προσκολλημένο ενδοσπέρμιο (αλεύρι), αποτελούν τα υποπροϊόντα της άλεσης του σιταριού και χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή. Η άλεση του μαλακού σιταριού γινόταν στα παλιά τα χρόνια με μυλόπετρες ενώ σήμερα χρησιμοποιούνται σύγχρονοι κυλινδρόμυλοι όπου η άλεση χωρίζεται σε έξι κύριες φάσεις:

Οι κύριες φάσεις της διαδικασίας άλεσης είναι:

1. Καθαρισμός σιταριού
2. Κοντισιονάρισμα
3. Αποφλοιώση
4. Διαλογή κόκκων κατά μέγεθος
5. Άλεση και κοσκίνιση
6. Τελικός διαχωρισμός

Καθαρισμός σιταριού

Στην πρώτη φάση καθαρισμού απομακρύνονται οι ξένες ύλες όπως άχυρα, σκόνη σπόροι άλλων φυτών, μικρές πέτρες και μεταλλικά αντικείμενα, γενικά οτιδήποτε δεν είναι υγιές. Στην δεύτερη φάση του καθαρισμού απομακρύνονται τα ανεπιθύμητα συστατικά του κόκκου του σιταριού, όπως το πίτυρο, το φύτρο και το γένη. Ο καθαρισμός του σιταριού γίνεται με διάφορες συσκευές διαφόρων μεγεθών όπως κόσκινα, σαλίγκαρο, λιχνιστήρια, τριέρια, πετροδιαχωριστές και μαγνήτες για τα μεταλλικά αντικείμενα.(Μεράκος, 2000)

Κοντισιονάρισμα

Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, το σιτάρι διαβρέχεται με νερό σε καθορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας και χρόνου. Ο σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι η ομοιόμορφη κατανομή της υγρασίας στον κόκκο του σιταριού και η υψηλότερη απόδοση του κόκκου σε άλευρο, διότι με την υγρασία μαλακώνει το πίτυρο και διαχωρίζεται ευκολότερα από το ενδοσπέρμιο. Αυτό έχει σαν συνέπεια λευκότερο άλευρο, αφού υπάρχουν ελάχιστα ποσοστά του φλοιού. Επίσης, ο φλοιός γίνεται πιο εύθρυπτος και ελαστικός και έτσι καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια κατά την άλεση. Τέλος, ο συνδυασμός θερμοκρασίας, υγρασίας και χρόνου, επιδρά ευνοϊκά στις αρτοποιητικές ιδιότητες του παραγόμενου αλεύρου, βελτιώνοντας την ποιότητα της κυρίας πρωτεΐνης του, της γλουτένης. Η άριστη υγρασία του σιταριού για την άλεση ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του σιταριού. Γενικά για τα σκληρά σιτάρια απαιτείται υψηλότερη υγρασία (16-17,5%) από ότι για τα μαλακά (15-16%). Στην πράξη γενικά ρυθμίζουμε την υγρασία γύρω στο 15,5% ώστε η υγρασία των αλεύρων που θα πάρουμε να μην υπερβαίνει τα όρια που προβλέπει ο Κώδικας Τροφίμων και Ποτών η οποία κυμαίνεται στο 14-14,5%.(Δημόπουλος, 1987). Το κοντισιονάρισμα διακρίνεται σε α) ψυχρό και σε β) θερμό.

Αποφλοιώση

Μετά το κοντισιονάρισμα ακολουθεί η αποφλοιώση του κόκκου, καθώς και η απομάκρυνση των φύτρων και των σπασμένων κόκκων.(Μασούρας, 2000).

Διαλογή κόκκων κατά μέγεθος

Στο σημείο αυτό γίνεται διαλογή ώστε οι χοντροί κόκκοι να οδηγηθούν σε κυλίνδρους με μικρότερο «πάτημα» (μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ των κυλίνδρων άλεσης) από ότι οι μικροί κόκκοι, ώστε να υπάρξει ομοιόμορφο μέγεθος αλευρόκκοων στο τελικό προϊόν (Δημόπουλος, 1987).

Άλεση και κοσκίνιση

Ο σκοπός της άλεσης είναι η παραγωγή αλεύρου όσο το δυνατόν απαλλαγμένου από πίτυρα, που να διαθέτει και τις επιθυμητές υψηλές αρτοποιητικές ιδιότητες. Για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται σιτάρι με σταθερή υγρασία και κόκκους της ίδιας σκληρότητας και διαστάσεων.(Δημόπουλος, 1987). Οι σπόροι περνούν από τους σιδερένιους περιστρεφόμενους κυλίνδρους άλεσης. Οι κύλινδροι ρυθμίζονται (ταχύτητα περιστροφής) ανάλογα με το προϊόν που πρόκειται να παραχθεί και, παράλληλα, επιλέγεται και το μέγεθός τους. Η πίεση και οι διατμητικές δυνάμεις που ασκούνται στους κόκκους οδηγούν στη μείωση του μεγέθους τους μέχρι το σχηματισμό σωματιδίων που, στη συνέχεια, διαχωρίζονται με τη βοήθεια κόσκινων ποικίλων διαμέτρων.(Dexter et al., 2004, Posner et al., 2005).

Τελικός διαχωρισμός

Πραγματοποιείται με βάση το μέγεθος ή τη διάμετρο των σωματιδίων. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η παραλαβή αλεύρου, φύτρου και πιτύρου ξεχωριστά. Το αλεύρι σικάλεως προκύπτει από την ανάμειξη λευκού αλεύρου με ένα μέρος πιτύρου και φύτρου, ενώ για το αλεύρι ολικής άλεσης όλα τα επιμέρους συστατικά που αρχικά διαχωρίστηκαν, αναμειγνύονται ξανά. Ο διαχωρισμός των αλεύρων επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα αρτοποιήσης που εξαρτάται και από την ποικιλία του σιτηρού. Τέλος, η ποιότητα εξαρτάται από την προέλευση του αλεσμένου προϊόντος το εσωτερικό ή το εξωτερικό τμήμα του ενδοσπερμίου. (Belitz et al., 2004).

2.2.2.Σύσταση αλεύρου

Η χημική σύσταση του αλεύρου καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τις τεχνολογικές ιδιότητες και την θρεπτική του αξία. Η αναλογία των συστατικών εξαρτάται από την χημική σύσταση του καρπού, το βαθμό άλεσης και την διαδικασία άλεσης. Τα κύρια συστατικά του αλεύρου είναι τα εξής:

- Πρωτεΐνες 8-11% (ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του σιτάλευρου)
- Υδατάνθρακες 70-85%
- Λιπίδια 1-2%
- Υγρασία 14%
- Βιταμίνες
- Ένζυμα
- Ανόργανα Συστατικά

Πρωτεΐνες

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά ενός αλεύρου είναι οι περιεχόμενες πρωτεΐνες με σπουδαιότερη την γλουτένη, την ποσότητα και την ποιότητά της, η ικανότητα απορρόφησης νερού, καθώς και η ικανότητα διάστασης σε ιόντα. Παράλληλα, διακρίνονται και σε δύο ακόμη κατηγορίες πρωτεϊνών ανάλογα με τις ιδιότητες της γλουτένης.

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις πρωτεΐνες που δε διαθέτουν τις ιδιότητες της γλουτένης και διαδραματίζουν μηδενικό ή ελάχιστο ρόλο στην παρασκευή ψωμιού και των προϊόντων αρτοποιίας. Οι πρωτεΐνες αυτές, αλβουμίνες και γλοβουλίνες στην πλειοψηφία τους, αποτελούν το 15-20% των συνολικών πρωτεϊνών του αλεύρου και προέρχονται κυρίως από τα εξωτερικά στρώματα του καρπού του σίτου.

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τις πρωτεΐνες γλουτένης, γλοιαδίνες και γλουτενίνες, με αδιαμφισβήτητη σημασία για την αρτοποιία. Αποτελούν το 80-85% των συνολικών πρωτεϊνών του αλεύρου και προέρχονται από το ενδοσπέρμιο των σπόρων του σιταριού. Οι πρωτεΐνες γλουτένης εμφανίζουν πολύ μικρή διαλυτότητα στο νερό η σε διαλύματα αλάτων και η διάλυση τους προϋποθέτει την αλλαγή της δομής τους. Οι πρωτεΐνες αυτές όταν έρθουν σε επαφή με το νερό, ενυδατώνονται και σχηματίζουν ένα συνεχές ιξωδοελαστικό δίκτυο. Κατά την ωρίμανση της ζύμης, το λεγόμενο φούσκωμα, το πλέγμα της γλουτένης κατακρατά το διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από την αλκοολική ζύμωση των υδατανθράκων με τη μορφή φουσαλίδων (Goesaert et al., 2005, Shewry et al., 2002, VanderBorgh et al., 2005). Κατά το επόμενο στάδιο, το ψήσιμο, μεταβάλλεται κατά πολύ η δομή των πρωτεϊνών γλουτένης λόγω της υψηλής θερμοκρασίας. Οι αλλαγές αυτές σε συνδυασμό με τις αλλαγές που διαδραματίζονται στο άμυλο είναι υπεύθυνες για τον σχηματισμό της αφρώδους δομής της ψίχας. (Goesaert et al., 2005).

Πρέπει κατά την επιλογή του αλεύρου να ληφθεί υπόψη η ποσότητα και η ποιότητα των πρωτεϊνών της γλουτένης. Οι γλουτενίνες είναι πολυμερή μόρια και σχηματίζουν ένα δίκτυο που παρέχει δύναμη δηλαδή αντίσταση στην παραμόρφωση και ελαστικότητα στο ζυμάρι. Αντιθέτως, οι μονομερείς γλοιαδίνες έχουν τη δράση πλαστικοποιητών του δικτύου της γλουτενίνης παρέχοντας πλαστικότητα (ελαστικότητα) στη ζύμη. Η αναλογία γλοιαδινών-γλουτενινών, επομένως, είναι άκρως σημαντική για την δημιουργία ενός ποιοτικού τελικού προϊόντος.

Ενώ με βάση τη διαλυτότητα των πρωτεϊνών διακρίθηκαν οι εξής κατηγορίες:

- αλβουμίνες, διαλυτές στο νερό.
- γλοβουλίνες, διαλυτές σε αραιά διαλύματα αλάτων.
- γλοιαδίνες, διαλυτές σε αλκοόλες και ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία των προλαμινών.
- γλουτενίνες, διαλυτές σε αραιά διαλύματα οξέων και αλκαλίων και οι οποίες ανήκουν στις γλουτελίνες.

Υδατάνθρακες

Το άλευρο του σιταριού περιέχει κατά κύριο λόγο υδατάνθρακες (σάκχαρα). Τα κυριότερα σάκχαρα είναι:

1. Το άμυλο με ποσοστό περίπου 70%-85%. Αποτελείται από αμυλόκοκκους χαρακτηριστικής μορφής με διάμετρο που κυμαίνεται μεταξύ 0,002mm έως 0,05mm. Τα κύρια συστατικά του αμύλου είναι η αμυλόζη και η αμυλοπηκτίνη. Το μόριο της αμυλόζης είναι μια ευθύγραμμη αλυσίδα αποτελούμενη από άτομα γλυκόζης συνδεδεμένα μεταξύ τους με α,1-4 γλυκοσιδικούς δεσμούς. Η αμυλόζη βρίσκεται στο εσωτερικό τμήμα των αμυλόκοκκων αποτελούμενη από στενόμακρους κόκκους οι οποίοι παρουσία ιωδίου χρωματίζονται μπλε. Το μόριο της αμυλοπηκτίνης που αποτελείται από μικροσφαιρικούς κόκκους είναι μια διακλαδιζόμενη αλυσίδα αποτελούμενη από μόρια γλυκόζης συνδεδεμένα μεταξύ τους με α,1-4 γλυκοσιδικούς δεσμούς στο ευθύγραμμο τμήμα της αλυσίδας και με α,1-6 γλυκοσιδικούς δεσμούς στα σημεία όπου γίνεται η διακλάδωση.(Tester et al., 2000).

2. Η κυτταρίνη είναι το κύριο συστατικό του φύτρου στο κόκκο του σιταριού, η οποία όμως απομακρύνεται κατά την άλεση. Η κυτταρίνη βρίσκεται με δυο φυσικές μορφές στο σιτάρι, πρώτον δυνατή, ξυλώδης κυτταρίνη, η οποία αποτελεί το κύριο σώμα του πιτύρου και το εξωτερικό περίβλημα του κόκκου και δεύτερον η λιγότερη ανθεκτική κυτταρίνη, η οποία σχηματίζεται στα τοιχώματα των παρεγχυματικών κυττάρων του ενδοσπερμίου. Η κυτταρίνη είναι μια πολυμερής ένωση της γλυκόζης όπως το άμυλο με την διαφορά ότι οι δεσμοί που συνδέουν τα μόρια είναι β-γλυκοσιδικοί δεσμοί. Η κυτταρίνη και η ημικυτταρίνη μαζί αποτελούν τις ονομαζόμενες ακατέργαστες ίνες. Η περιεκτικότητα του κόκκου σε ίνες είναι περίπου 2% , του ενδοσπερμίου 0,1%, ενώ του πιτύρου 12-14%. Η περιεκτικότητα του αλεύρου σε ίνες χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του τύπου του αλεύρου (δηλαδή τα μέρη βάρους του αλεύρου που παράγονται από την άλεση 100μ.β. καθαρισμένου και πλυμένου σιταριού), όπου όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα σε ίνες τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός τραβήγματος (Γρεβενιώτη 1982).

3. Οι πεντοζάνες είναι πολυσακχαρίτες που περιέχουν πεντόζες, αραβινόλη, ξυλόζη και γλυκοπρωτεΐνες. Υπάρχουν στις ημικυτταρίνες και αποτελούν το 2-3% του λευκού αλεύρου. Υπάρχουν δυο είδη πεντοζανών, οι αδιάλυτες στο νερό και οι διαλυτές στο νερό. Οι διαλυτές στο νερό είναι μικρού μοριακού βάρους και παίζουν σημαντικό ρόλο στις ρεολογικές ιδιότητες της αρτομάζας.(Γρεβενιώτη 1982).

4. Δεξτρίνες και απλά σάκχαρα. Το αλεύρι περιέχει μικρές ποσότητες δεξτρόζης, μαλτόζης, σακχαρόζης, φρουκτόζης. Επίσης περιέχει δεξτρίνες (προϊόντα διάσπασης των αλεύρων) και μία ομάδα ενώσεων που ονομάζεται αμυλοϊνη όπου είναι σύμπλοκα δεξτρινών με διάφορες ποσότητες μαλτόζης. Τα σάκχαρα όπως γλυκόζη, σακχαρόζη ονομάζονται απευθείας ζυμώσιμα σάκχαρα ενώ η μαλτόζη, μελιβιόζη διασπώνται, η πρώτη από το ένζυμο μαλτάση σε δυο μόρια γλυκόζης και η δεύτερη από το ένζυμο μελιβιάση σε γαλακτόζη και γλυκόζη ακολουθώντας η ζύμωση. Στον Πίνακα 1 δίνεται η εκατοστιαία κατανομή του συνόλου των κυριότερων χημικών συστατικών του σιταριού στα κυριότερα μορφολογικά μέρη του κόκκου.

Πίνακας 1. Εκατοστιαία κατανομή του συνόλου των χημικών συστατικών του σιταριού στα κυριότερα μορφολογικά μέρη του κόκκου.

Μέρος Κόκκου	Βάρος (%) /100γρ. Κόκκου	Άμυλο	Πρωτεΐνη	Κυτταρίνη	Λάδι	Ανόργανα συστατικά(Τέφρα)
Πίτυρο	15	0	20	93	30	67
Ενδοσπέρμιο	82	100	72	5	50	23
Φύτρο & Ασπίδιο	3	0	8	3	20	10

(Μασούρας, 2000)

Παρατηρούμε στο παραπάνω πίνακα ότι τα συστατικά που βρίσκονται στο κόκκο του σιταριού είναι κυρίως το άμυλο, οι πρωτεΐνες, η κυτταρίνη, τα σάκχαρα, τα λιπαρά συστατικά και το νερό. Η κατανομή των συστατικών στο κόκκο δεν είναι ομοιόμορφη. Το άμυλο είναι συγκεντρωμένο στο ενδοσπέρμιο, οι κυτταρίνες βρίσκονται στο πίτυρο ενώ οι πρωτεΐνες βρίσκονται σε όλα τα μέρη του κόκκου (Γρεβενιώτη 1982).

Μη αμυλούχοι πολυσακχαρίτες

Οι μη αμυλούχοι πολυσακχαρίτες είναι τα πρωταρχικά συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων και εντοπίζονται στα εξωτερικά τμήματα του καρπού.(VanderBorghet et al., 2005). Στους πολυσακχαρίτες ανήκουν οι αραβινοξυλάνες, οι β-γλυκάνες, η σελλουλόζη και τα πεπτίδια αραβινογαλακτάνης που αποτελούν διαιτητικές ίνες. Οι πιο διαδεδομένοι είναι οι αραβινοξυλάνες που διακρίνονται σε εκχυλίσιμες στο νερό (Water Extractable Arabinoxylans) και μη εκχυλίσιμες (Water Unextractable Arabinoxylans) (Pareyt et al., 2008). Οι αραβινοξυλάνες αποτελούν μόνο το 2% του αλεύρου αλλά επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό τις ιδιότητές του και, συνεπώς τα χαρακτηριστικά των προϊόντων αρτοποιίας, όπως την υφή, την δομή, την σταθερότητα της ψίχας και τον όγκο.(Hug et al., 1999).

Λιπίδια

Το ποσοστό των ενδογενών λιπιδίων στο σιτάλευρο ανέρχεται μόλις στο 2,0-2,5% και, όπως οι αραβοξυλάνες, μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την ποιότητα των προϊόντων αρτοποιίας. Η περιεκτικότητα των αλεύρων σε λιπίδια ποικίλει και εξαρτάται από γενετικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, παράγοντες που σχετίζονται με την παραγωγή του αλεύρου και, κυρίως την άλεση (Parantonίου et al., 2003, Paryet et al., 2011). Διακρίνονται σε αμυλούχα (ISL) και μη αμυλούχα λιποειδή (NSL) με τα τελευταία να αποτελούν το 70-75% της συνολικής ποσότητας λιπιδίων και να διακρίνονται περαιτέρω σε ελεύθερα και δεσμευμένα λιπίδια. Περιλαμβάνουν κατά κύριο λόγο τριακυλογλυκερόλες, καθώς και άλλα μη πολικά λιποειδή, και διγαλακτοζυλοδιγλυκερίδια (DGDG).

Τα ελεύθερα λιποειδή μπορούν να κατηγοριοποιηθούν επιπλέον σε πολικά (25% των ελεύθερων μη αμυλούχων λιποειδών) και μη πολικά (75% των ελεύθερων λιπιδίων). Από την άλλη πλευρά, τα αμυλούχα λιποειδή είναι πολικά και κυρίως είναι

λυσοφωσφολιπίδια (Paryet etal., 2011, GoesaertBorghet etal., 2005). Όπως προαναφέρθηκε, επηρεάζουν τις ιδιότητες των αρτοσκευασμάτων με τα μη αμυλούχα λιποειδή (NSL) να καθορίζουν σημαντικά την τελική ποιότητα του αλεύρου. Τα αμυλούχα λιποειδή λόγω του ότι είναι ισχυρά συνδεδεμένα στους αμυλοκόκκους δεν επηρεάζουν τη ζύμη πριν από την έναρξη της ζελατινοποίησης. Ο ρόλος των λιπιδίων οφείλεται πιθανά στην ικανότητα τους να σταθεροποιούν τις φυσαλίδες αέρα που συγκρατούνται στο πλέγμα της γλουτένης. Τέλος, η αναλογία πολικών και μη πολικών ελεύθερων μη αμυλούχων λιποειδών φαίνεται να συσχετίζεται με τον όγκο του τελικού προϊόντος.(GoesaertBorghet etal., 2005).

Πίνακας 2. Περιεκτικότητα του σιταριού και των μερών του σε λιπαρά οξέα.

ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΙΤΑΡΙΟΥ ΣΕ ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ			
	Κόκκος	Φύτρο	Ενδοσπέρμιο
Λιπαρά οξέα	%	%	%
Κορεσμένα			
C14:0 Μυριστικό	0,7		
C16:0 Πατμικό	24,5	18,5	10,0
C18:0 Στεαρικό	1,0	0,4	1,2
Ακόρεστα			
C16:1 Παλμιτολεϊκό	0,8	0,7	1,0
C18:1 Ολεϊκό	11,5	17,3	19,4
C18:2 Λινολεϊκό	56,3	57,0	56,2
C18:3 Λινολενικό	3,7	5,2	3,1
Άλλα λιπαρά οξέα & ασαπιονοποιητό κλάσμα	1,9	0,8	1,1

(Γρεβενιώτη 1982)

Υγρασία

Η περιεκτικότητα του σιταριού σε υγρασία και η κατανομή της στο κόκκο είναι ιδιαίτερα σημαντική. Υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία αυξάνει τις πιθανότητες προσβολής του σιταριού από μύκητες ή βακτήρια και ευνοεί το «άναμμα» του σιταριού λόγω αύξησης της ενζυματικής δραστηριότητας. Υγρό σιτάρι είναι δύσκολο στο χειρισμό αλλά και ένα ξηρό σιτάρι είναι πολύ εύθραυστο. Η περιεκτικότητα του σιταριού σε υγρασία ενδιαφέρει τον αλευροβιομήχανο για την τιμή που θα δώσει στον παραγωγό αλλά και για την διαδικασία του κοντισιοναρίσματος. Η περιεκτικότητα του σιταριού ανάλογα με την υγρασία χωρίζεται:

- Ξηρό μέχρι 14% υγρασία
- Μέτρια ξηρό μέχρι 14-15%
- Μέτρια υγρό μέχρι 15.5-17% υγρασία
- Υγρό πάνω από 17% υγρασία

Για να είναι η άλεση επιτυχημένη με μεγάλη απόδοση και το αλεύρι που θα παραχθεί να έχει ικανοποιητική περιεκτικότητα σε υγρασία το σιτάρι πρέπει να έχει τα παρακάτω ποσοστά σε υγρασία, αν το σιτάρι είναι σκληρό θα πρέπει να έχει υγρασία 16-17,5%, ενώ αν το σιτάρι είναι μαλακό θα πρέπει να έχει υγρασία 15-16% (Γρεβενιώτη 1982).

Βιταμίνες

Όπως σε όλα τα δημητριακά έτσι και στο σιτάρι περιέχονται σημαντικής ποσότητας βιταμινών. Οι κυριότερες είναι βιταμίνες του συμπλόκου Β, περιέχει επίσης και κίτρινες χρωστικές αλλά δεν περιέχει βιταμίνες C, ενώ απουσιάζει και η βιταμίνη D. Το μεγαλύτερο μέρος των βιταμινών περιέχονται στο φύτρο και στα εξωτερικά στρώματα του καρπού. Επομένως όσο αυξάνεται ο βαθμός άλεσης του σιταριού αυξάνεται και η περιεκτικότητά του σε βιταμίνες και αντίστροφα (Μασούρας, 2000).

Ένζυμα

Τα σημαντικότερα ένζυμα που συναντάμε στα άλευρα είναι τα εξής:

- Αμυλολυτικά (αμυλάση α,β)
- Πρωτεολυτικά
- Οξειδάσες
- Λιπολυτικά
- Πρωτεϊνάσες

Τα περισσότερα ένζυμα βρίσκονται στο διαλυτό κλάσμα των πρωτεϊνών και ενώ η ποσότητά τους κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα παίζουν σημαντικό ρόλο στις ιδιότητες των αλεύρων και των προϊόντων τους. Η δράση των αμυλασών γίνεται με την παρασκευή της αρτομάζας και ο χρόνος δράσης τους είναι περιορισμένος. Επίσης η αμυλάση δρα μόνο σε σπασμένους αμυλόκοκκους. Μεγάλο ποσοστό σπασμένων αμυλόκοκκων έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής μαλτόζης επομένως την μεγάλη παραγωγή αερίου (CO₂) κατά την ζύμωση και ωρίμανση της αρτομάζας.

Η αυξημένη δράση της α-αμυλάσης είναι ανεπιθύμητη γιατί έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή μεγάλου ποσού απλών δεξτρινών, οι οποίες δημιουργούν κολλώδη και γλοιώδη ψίχα στο ψωμί. Η δράση της α-αμυλάσης είναι αυξημένη από την προσβολή των εντόμων στο σιτάρι γι' αυτό αλεύρι από παραγόμενο από βλαστημένο σιτάρι δίνει ψωμί κακής ποιότητας.

Τα ένζυμα που αποικοδομούν τις πρωτεΐνες και τα προϊόντα αποικοδομήσεως ονομάζονται πρωτεάσες. Τα αλεύρια που προέρχονται από υγιή σιτάρια περιέχουν μικρό ποσοστό πρωτεασών. Οι πρωτεάσες οι οποίες απελευθερώνουν σημαντικές ποσότητες της α-β αμυλάσης, που βρίσκονται ενωμένες με τις πρωτεΐνες, παίζουν ρόλο στην ωρίμανση του ζυμαριού.

Επίσης το αλεύρι περιέχει λιπάσες, λιποξειδάσες και φυτάσες. Οι λιπάσες καταλύουν την υδρόλυση των γλυκεριδίων του αλεύρου προς γλυκερίνη και λιπαρά οξέα ενώ οι λιποξειδάσες καταλύουν την υδρόλυση των γλυκεριδίων και των καροτινοειδών σε αποχρωματισμό του αλεύρου. Η φυτάση υδρολύει το φυτικό οξύ (εξασφορικός εστέρας της ινοσιτόλης) και τα άλατά του προς ινοσιτόλη και φωσφορικό οξύ κατά την διάρκεια της ζύμωσης και των πρώτων σταδίων του ψησίματος. Αυτό έχει διαιτητική σημασία γιατί διαφορετικά το φυτικό οξύ σχηματίζει σύμπλοκα άλατα με το ασβέστιο και το σίδηρο κάνοντας τα στοιχεία μη αφομοιώσιμα (Γρεβενιώτη 1982).

Ανόργανα Συστατικά

Το μεγαλύτερο μέρος των ανόργανων ουσιών περιέχεται στο πίτυρο και στη στιβάδα της αλευρώνης. Η περιεκτικότητα του αλεύρου σε τέφρα αποτελεί δείκτη του βαθμού άλεσης του αλεύρου. Η περιεκτικότητα ωστόσο σε ανόργανα συστατικά αποτελεί και ποικιλιακό χαρακτηριστικό, έτσι, άλευρα του ίδιου τύπου(τραβήγματος) από δύο διαφορετικές ποικιλίες σιταριού είναι δυνατόν να διαφέρουν σε τέφρα. Γενικά σιτάρια με αλευρώδη δομή δίνουν αλεύρια με λιγότερη τέφρα από ότι τα ημίσκληρα σιτάρια. Επίσης η τέφρα ενός σιταριού ποικίλλει από εσοδεία σε εσοδεία όπου ξηροθερμικές συνθήκες κατά την ωρίμανση προκαλούν μικρή αύξηση των ανόργανων συστατικών. Η περιεκτικότητα σε τέφρα ενός αλεύρου αποτελεί γενικά μέτρο της λευκότητας ενός αλεύρου και σε μερικές χώρες όπως και την δική μας αποτελεί ένα από τα κυριότερα κριτήρια καθορισμού του τύπου τραβήγματος. (Γρεβενιώτη 1982).

2.2.3. Τύποι αλεύρων

Ο όρος τύπου αλεύρου εκφράζει το ποσοστό του καθαρισμένου και πλυμένου σιταριού, το οποίο μετατρέπεται σε αλεύρι κατά την διαδικασία άλεσης. Συνήθως, εκφράζεται ως επί της % ποσοστό του αλεύρου είτε της πρώτης ύλης είτε των τελικών προϊόντων. Έτσι ανάλογα με τον βαθμό άλεσης, έχουμε και τον τύπο κάθε αλεύρου. Όσο αυξάνει ο βαθμός άλεσης, αυξάνεται η τέφρα, η πρωτεΐνη, το σκούρο χρώμα, το λίπος, τα στίγματα και οι ινώδεις ουσίες διότι στο αλεύρι συμμετέχει σε μεγαλύτερο ποσοστό το εξωτερικό περίβλημα του σπόρου.

Οι συνηθέστεροι τύποι αλεύρων είναι:

Άλευρο τύπου 90%

Πρόκειται για αλεύρι που παράγεται από ολόκληρο τον κόκκο του μαλακού σιταριού. Χρησιμοποιείται για ψωμί ολικής άλεσης με μεγάλη περιεκτικότητα σε πίτυρα και θρεπτικά συστατικά. Στο πιτυρούχο 90% από τα 100 κιλά σιτάρι βγαίνουν 90 κιλά αλεύρι έναντι των 70 κιλών στο κλασικό τύπο 70%, αφαιρείται δηλαδή μόνο μέρος του πίτυρου. Το ψωμί από τέτοιου τύπου άλευρο μας δίνει ψωμί με μικρό όγκο, ωστόσο έχει το πλεονέκτημα της παρουσίας πίτυρου, γνωστού παράγοντα υγιεινής διατροφής. Μπορεί όμως να ενισχύσει κανείς τον όγκο του ψωμιού με μικρό ποσοστό 5-10% ενός ενισχυμένου αλεύρου και να προσφέρει την ικανοποίηση ενός αφράτου πιτυρούχου ψωμιού.

Κατά την Παρασκευή διάφορων αρτοσκευασμάτων, συχνά απαιτούνται άλευρα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Τα άλευρα αυτά κυκλοφορούν στο εμπόριο εμπλουτισμένο με διογκωτικές ουσίες όπως baking powder ή βελτιωτικά, όσο και ενισχυμένα ως προς την ποσότητα σε πρωτεΐνη. Ωστόσο υπάρχει και το αλεύρι ολικής άλεσης τύπου 100% για μαύρο πιτυρούχο ψωμί μεγάλης θρεπτικής αξίας.

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών τα άλευρα τύπου 90% πρέπει να πληρούν τους παρακάτω όρους:

- Υγρασία: μέγιστο 14% για θερινή περίοδο Υγρασία: μέγιστο 14,5% για χειμερινή περίοδο
- Τέφρα: 1,25-1,35%
- Γλουτένη καλής ποιότητας: ελάχιστο 25%
- Οξύτητα σε θειικό οξύ: μέγιστο 0,15%

- Υπόλειμμα σε τετραχλωράνθρακα: μέγιστο 0,03%
- Πίτουρο: 10-13,5%.

Άλευρο τύπου 70%

Το αλεύρι αυτής της κατηγορίας παράγονται από επιλεγμένα μαλακά σιτάρια χωρίς πίτυρα και χρησιμοποιούνται στην αρτοποιία για την παραγωγή χωριάτικου και λευκού ψωμιού, είναι κατάλληλο για ταχύζυμωτήριο και για ψωμιά με μεγάλη διόγκωση και καλή κυψέλωση. Τα άλευρα τύπου 70% έχουν διαβάθμιση ιδιοτήτων που επιτρέπουν στον αρτοποιό την δυνατότητα παραγωγής ζυμαριών με μεγάλη ελαστικότητα (δυνατά ζυμάρια) ή ζυμάρια με μικρή ελαστικότητα (μαλακά ζυμάρια).

Οι τέσσερις κατηγορίες είναι οι εξής:

1. T70% ΔΥΝΑΤΟ
2. T70% ΜΑΛΑΚΟ
3. T70% ΑΠΑΛΟ
4. T70% SUPER ΑΠΑΛΟ

Έτσι δίνεται η δυνατότητα στον αρτοποιό να παρασκευάσει μια μεγάλη ποικιλία από αρτοσκευάσματα. Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών τα άλευρα τύπου 70% πρέπει να πληρούν τους παρακάτω όρους:

- Υγρασία: το μέγιστο 13,5%
- Γλουτένη υγρή: τουλάχιστον 26%
- Οξύτητα σε θειικό οξύ: μέγιστο 0,08%
- Τέφρα: μέγιστο 0,50%
- Υπόλειμμα σε τετραχλωράνθρακα: μέγιστο 0,015%
- Λιπαρές ουσίες: μέγιστο 1,10%.

Άλευρο τύπου Π55%

Πρόκειται για αλεύρι ισορροπημένα δυνατό το οποίο χρησιμοποιείται είτε μόνο του για την παραγωγή μεγάλης ποικιλίας αρτοσκευασμάτων είτε σαν βάση για την παραγωγή αρτοσκευασμάτων πολυτελείας και σνακ. Σε ανάμιξη με άλλα άλευρα όπως ολικής, πολύσπορο, σίκαλης, πιτυρούχο, παράγονται προϊόντα υψηλής ποιότητας ιδιαίτερης γεύσης και επιθυμητής διόγκωσης όπως οι φρυγανιές και κράκερ. Ωστόσο μπορεί να συνδυαστεί και με ενισχυμένα άλευρα deluxe, όπου πρόκειται για άλευρα με μεγάλη εκτατότητα στα στάδια παραγωγής, μεγάλη αντοχή στο ζύμωμα και ελαστικότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα για την παραγωγή προϊόντων πολυτελείας όπως ψωμί για τοστ, κρουασάν, σφολιάτα. Το κύριο πλεονέκτημα του αλεύρου κατηγορίας Π55% είναι η καταλληλότητα του για παραγωγή νωπής και καταψυγμένης ζύμης. Με αλεύρι τύπου Π55% παράγονται επίσης υψηλής ποιότητας αρτοσκευάσματα όπως λευκό ψωμί πολυτελείας, ψωμάκια σάντουιτς, κριτσίνια, κουλούρι Θεσσαλονίκης. Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών τα άλευρα κατηγορίας Π55% πρέπει να πληρούν τις παρακάτω όρους:

- Τέφρα: όχι μεγαλύτερη του 0,45%
- Υπόλειμμα σε τετραχλωράνθρακα: όχι μεγαλύτερη του 0,015%
- Υγρασία: όχι μεγαλύτερη του 13,5% για την καλοκαιρινή περίοδο και όχι ανώτερη του 14% για την χειμερινή περίοδο
- Οξύτητα σε θειικό οξύ: όχι ανώτερη του 0,07%

- Γλουτένη καλής ποιότητας: 28% τουλάχιστον.

Άλευρο κατηγορίας «Μ» κίτρινο

Τα άλευρα αυτά προέρχονται από επιλεγμένα σκληρά σιτάρια με χαρακτηριστικό κίτρινο χρώμα. Τα κίτρινα άλευρα διακρίνονται από πλευράς κοκκομετρίας σε χονδρά και ψιλά και η επιλογή τους εξαρτάται από την τεχνική αρτοποιήσης που ακολουθείται και τον μηχανικό εξοπλισμό. Τα αρτοσκευάσματα που παράγονται από τα κίτρινα άλευρα έχουν μικρότερη διόγκωση σε σχέση με τα αρτοσκευάσματα που παράγονται από άλευρα τύπου 70%, έχουν χαρακτηριστικό χρώμα και χαρακτηριστική γλυκιά γεύση. Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών τα άλευρα κατηγορίας «Μ» θα πρέπει να πληρούν τους παρακάτω όρους:

- Τέφρα: μέγιστη 0,90%
- Υπόλειμμα σε τετραχλωράνθρακα: μέγιστη του 0,03%
- Υγρασία: μέγιστη 14% για την καλοκαιρινή περίοδο και μέγιστη 14,55% για την χειμερινή περίοδο
- Οξύτητα σε θειικό οξύ: μέγιστη 0,15%
- Γλουτένη καλής ποιότητας: 25%.

Τέλος υπάρχουν οι εξής τύποι αλεύρων σίτου, 405 που είναι για οικιακή χρήση, σίτου 550 για ψωμάκια, λευκό ψωμί και μπαγκέτες, χονδρό αλεύρι πιτυρούχο 1050, χονδρό αλεύρι πιτυρούχο 170, άλευρα σίκαλης τύπων 997 και 1150, ιδανικά για ψωμί, χονδρό σίκαλης τύπου 1800, αλεύρι σίτου αυτοδιογκούμενο αλλά και βιολογικά άλευρα. (Κεφαλάς, 2009)



Εικόνα 3. Τύποι αλεύρων : α) κίτρινο β) άσπρο γ) ολικής άλεσης. (Κεφαλάς, 2009)

Πίνακας 3. Τύποι αλεύρων και όροι για τη διάθεσή τους

Τύποι Αλεύρων	Μέγιστη Υγρασία %	Κατώτατη Υγρή Γλουτένη %	Ανώτατη Οξύτητα σε SO ₂ %	Ανώτατο Όριο Τέφρας %	Ανώτατο Όριο Τετραχλωράνθρακα %	Πίτυρα %
70%	13.5	26	0.08	0.50	0.015	-
85%	14	25	0.13	0.90	0.30	4-5
90%	14	25	0.15	1.35	0.030	10-13.5
Ολικής Άλεσης 100%	14.5	24	0.15	1.60	0.030	18-22
Κατηγορίας Π	13.5	25	7.00	0.45	0.015	-
Κατηγορίας Μ	14.5	25	0.15	0.90	0.030	-
Κατηγορίας Κ	14.5	25	0.15	1.40	0.030	-

(Κεφαλάς, 2009)

2.3. Ψευδοδημητριακά (Pseudocereals)

Με τον όρο ψευδοδημητριακό (pseudocereal) καλούνται τα πλατύφυλλα φυτά τα οποία χρησιμοποιούνται με τρόπο παρόμοιο με τα δημητριακά (τα οποία ανήκουν στα αγρωστώδη). Οι σπόροι τους μπορούν να γίνουν αλεύρι ή να καταναλωθούν σαν τα δημητριακά. Παραδείγματα ψευδοδημητριακών είναι, η κινόα (*Chenopodium quinoa*), ο αμάρανθος (*Amaranthus*) και το φαγόπυρο (*Fagopyrum esculentum*). Η βασική διαφορά τους από τα κλασσικά δημητριακά είναι ότι περιέχουν πολύ καλύτερης ποιότητας φυτική πρωτεΐνη, καθώς περιέχουν εκείνα τα αμινοξέα τα οποία δε μπορεί να συνθέσει ο οργανισμός και ονομάζονται απαραίτητα. Επίσης, δεν περιέχουν γλουτένη ή συστατικά της και μπορούν να καταναλωθούν άφοβα και από άτομα με δυσανεξία στη γλουτένη (κοιλιοκάκη). (Jovana et al. 2017).

2.3.1. Κινόα

Θεωρείται υπερτροφή και ονομάζεται «Χρυσή Τροφή» από τους λαούς της Αμερικής, οι οποίοι την καταναλώνουν σε μεγάλη ποσότητα. Η περιεκτικότητα του σπόρου της κινόα σε πρωτεΐνη συνήθως είναι 13%, κυμαίνεται από 8% έως 22%, ποσοστό πολύ μεγαλύτερο από το σιτάρι και τα υπόλοιπα δημητριακά. Είναι ασυνήθιστα πλούσια σε αμινοξέα, κυρίως σε λυσίνη, σε αντίθεση με το ρύζι και το σιτάρι. Περιέχει όλα τα απαραίτητα αμινοξέα και θεωρείται πλήρης πρωτεΐνη, ισάξια με αυτή των ζωικών τροφίμων. Έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε γλουτένη, πολλές φυτικές ίνες και χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη. Περιέχει ω-3 λιπαρά, σίδηρο, ασβέστιο, ψευδάργυρο, φώσφορο και βιταμίνες Β και Ε. (Jovana et al. 2017).

2.3.2. Αμάρανθος

Η ονομασία του συγκεκριμένου δημητριακού σημαίνει ότι είναι ένα φυτό που δεν μαραίνεται ποτέ. Περιέχει πρωτεΐνη υψηλής βιολογικής αξίας (18%) και η περιεκτικότητά του στα απαραίτητα αμινοξέα λυσίνη και μεθειονίνη είναι αρκετά υψηλή. Ο αμάρανθος περιέχει μόνο 9gr λιπαρών ανά 100gr σπόρου, από τα οποία περίπου το 77% είναι ακόρεστα λιπαρά οξέα με υψηλή περιεκτικότητα σε λινελαϊκό οξύ. Παράλληλα, περιέχει τις μεγαλύτερες ποσότητες σιδήρου και μαγνησίου από όλα τα δημητριακά. Επίσης, είναι μια καλή πηγή βιταμίνης Α, C, φυλλικού οξέος,

θειαμίνης, νιασίνης, ριβοφλαβίνης και ασβεστίου, ψευδαργύρου, χαλκού και μαγγανίου. Δεν περιέχει γλουτένη και μπορεί να καταναλωθεί και από άτομα που πάσχουν από κοιλιοκάκη. (Muhali et al. 2018).

2.3.3. Φαγόπυρο

Το φαγόπυρο καλλιεργείται το καλοκαίρι και ανήκει στην οικογένεια Πολυγονίδες (Polygonaceae). Μεταξύ των διαφόρων ειδών φαγόπυρου, μόνο δύο καλλιεργούνται για κατανάλωση από τον άνθρωπο: το κοινό φαγόπυρο (*Fagopyrum esculentum* Moench), το οποίο αντιπροσωπεύει έως και 90% της συνολικής παραγωγής φαγόπυρου και το μαύρο φαγόπυρο (*Fagopyrum tataricum* Gaertner), με μικρότερο και πικρότερο σπόρο. Αν και το φαγόπυρο δεν ανήκει στην οικογένεια των αγρωστωδών, θεωρείται ψευδοδημητριακό επειδή το αλεύρι για τα τρόφιμα παράγεται από τους σπόρους του, όπως και τα δημητριακά είναι πλούσιοι σε σύνθετους υδατάνθρακες.

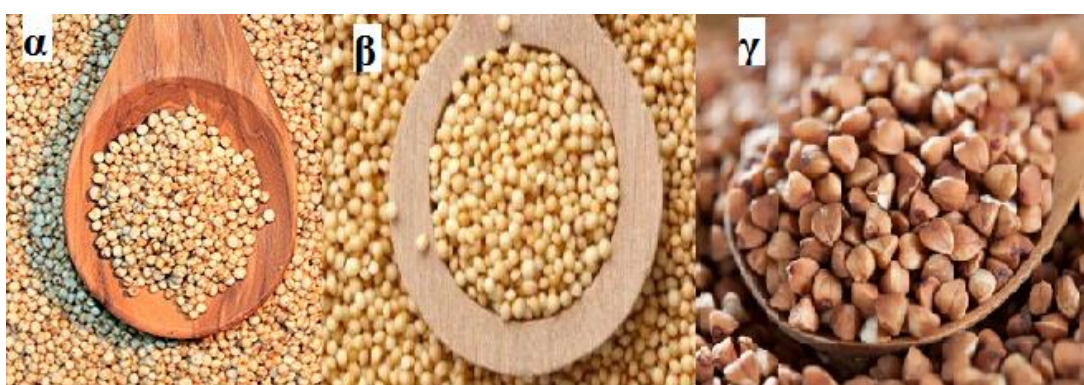
Το φαγόπυρο μπορεί να καλλιεργηθεί υπό ποικίλες κλιματολογικές συνθήκες σε μια ευρεία γκάμα εδαφών. Ολοκληρώνει τον κύκλο της καλλιέργειας γρήγορα, φθάνοντας σε ωριμότητα εντός 3-4 μηνών ή λιγότερο. Η καλλιέργεια αυτού του φυτού έχει πολύ χαμηλή επίδραση στο περιβάλλον, καθώς δεν απαιτεί τη χρήση φυτοφαρμάκων και ευδοκιμεί ακόμη και με χαμηλές δόσεις λιπάσματος και μειωμένους όγκους νερού. Για τους λόγους αυτούς, το φαγόπυρο θεωρείται μια εναλλακτική καλλιέργεια σιτηρών μικρής περιόδου. Παράγει χαρακτηριστικούς σκουρόχρωμους, τριγωνικούς, γεμισμένους με άμυλο σπόρους. Η ανάπτυξη είναι απροσδιόριστη, δηλαδή οι σπόροι δεν ωριμάζουν ταυτόχρονα. (Siracusa et al., 2017).

Είναι ιδιαίτερα εύπεπτο, έχει υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (13-14%) με καλά ισορροπημένη σύνθεση αμινοξέων, αποδίδει όλα τα απαραίτητα αμινοξέα για τον οργανισμό, ενώ περιέχει μεγάλη ποσότητα λυσίνης, μεθειονίνης και τρυπτοφάνης. Τα ποσοστά υγρασίας στον σπόρο κυμαίνονται από 11% μέχρι 14% ανάλογα την περιοχή καλλιέργειας. Είναι μια εξαιρετική πηγή μαγνησίου, βιταμινών του συμπλέγματος Β, βιταμίνης Ε και Κ, καθώς και πολλών μετάλλων και ιχνοστοιχείων, όπως ασβέστιο, σίδηρο, χαλκό, μαγγάνιο, μαγνήσιο, κάλιο, σελήνιο, αλλά και ψευδάργυρο. (Mota et al., 2016). Δεν περιέχει γλουτένη, και επομένως μπορεί να καταναλωθεί από άτομα με νόσο κοιλιοκάκη ή αλλεργίες γλουτένης. (Ikeda et al., 2002, Torbica et al., 2012). Είναι γνωστό ότι το φαγόπυρο περιέχει μεγάλη ποσότητα φαινολικών ενώσεων (Sakač et al., 2011, Kiprovski et al., 2015). Συγκεκριμένα, αποτελεί σημαντική πηγή ρουτίνης (Inglett et al., 2011, Verardo et al., 2010, Kiprovski et al., 2015). Η ρουτίνη είναι ένα φλαβονοειδές με γνωστές αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις, αντι-καρκινικές και αντι-αιμορραγικές επιδράσεις, καθώς και καρδιαγγειακά οφέλη και ιδιότητες προστασίας των αιμοφόρων αγγείων (Van Acker et al., 1996, Baumgartel et al., 2015). Το φαγόπυρο χρησιμοποιείται κυρίως ως συστατικό για ψωμί, ρύζι, σούπα, κέικ, ζυμαρικά, μπισκότα και ούτω καθεξής. Τα τελευταία χρόνια, επειδή το φαγόπυρο θεωρείται ως καρπός που προάγει την υγεία, εκτιμάται ιδιαίτερα στην παρασκευή των λεγόμενων λειτουργικών τροφίμων. (Liand et al., 2001, Gao et al., 2016).

Πίνακας 4. Συστατικά του φαγόπυρου

Μακροθρεπτικά Συστατικά (%)	
Νερό	11-14
Πρωτεΐνες	13-14
Υδατάνθρακες	70-75
Λίπη	3,5
Κορεσμένα	0,8
Μονοακόρεστα	1
Πολυακόρεστα	1,04

(Mota et al., 2016)



Εικόνα 4. Ψευδοδημητριακά: α)Κινόα, β) Αμάρανθος και γ) Φαγόπυρο

2.4. Αρτοποιήση

2.4.1. Στάδια αρτοποιήσης

Ποικιλία μεθόδων εφαρμόζεται κατά την αρτοποιήση, αλλά τα βασικά στάδια της παρασκευής άρτου παραμένουν τα ίδια: η ανάμειξη, η ζύμωση, ο σχηματισμός του άρτου και ο κλιβανισμός. Η κατασκευή όλων των ψημένων προϊόντων βασίζεται στις πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συστατικών, τη διαμόρφωση και τις μεθόδους επεξεργασίας. Αλλάζοντας μια πτυχή της σχέσης αυτής, αλλάζει η φύση των αλληλεπιδράσεων με αποτέλεσμα μια οι περισσότερες αλλαγές στην ποιότητα του προϊόντος. Η σημασία της αλληλεπίδρασης των συστατικών, που πραγματοποιείται στο πρώτο στάδιο της αρτοποιήσης, συχνά δεν αναγνωρίζεται καθώς η αλληλεπίδραση αυτή καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη δομή του προϊόντος. Αναπτύσσονται οι ιξωδοελαστικές ιδιότητες της γλουτένης και, παράλληλα, ενσωματώνεται αέρας επιδρώντας και στη ρεολογία και την υφή της ζύμης. Υπάρχει μια στενή σχέση μεταξύ της ανάμειξης, του αερισμού και των ρεολογικών ιδιοτήτων και ο σχεδιασμός και η λειτουργία του κατάλληλου μίξερ θα αναπτύξει αυτά τα χαρακτηριστικά και, αντιστρόφως, οι ρεολογικές ιδιότητες του τροφίμου θα επηρεάσουν την ισχύ και το χρόνο ανάμειξης ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα (Campbell et al., 1995, Campbell et al., 1999). Η ανάμειξη, επομένως, είναι καθοριστική για το τελικό προϊόν και περιλαμβάνει τις εξής διεργασίες:

1. Ομοιόμορφη κατανομή των συστατικών.

2. Διαλυτοποίηση, ενυδάτωση των συστατικών και διασπορά των διαφόρων υλικών και των συστατικών τους.
3. Ενυδάτωση των πρωτεϊνών του αλευρού που έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό του πλέγματος της γλουτένης.
4. Ενσωμάτωση αέρα με τη μορφή φυσαλίδων όπου θα εγκλωβιστεί το διοξείδιο του άνθρακα που θα παραχθεί από την αλκοολική ζύμωση με τη δράση της μαγιάς.

Παραδοσιακά, το ζύωμα πραγματοποιούταν με τα χέρια, ενώ πλέον πραγματοποιείται σχεδόν αποκλειστικά με τη χρήση ζυμωτηρίων. Στο ζυμωτήριο η μηχανική ανάμειξη επιτυγχάνεται με την καθορισμένη κίνηση μίας ή περισσότερων λεπίδων στο εσωτερικό του δοχείου όπου τοποθετήθηκαν τα υλικά. Η διαμόρφωσή του πλέγματος γλουτένης και η ενσωμάτωση αέρα στη ζύμη αποτελούν απαραίτητες διεργασίες για την παραγωγή άρτου και καθίστανται δυνατές λόγω της ενέργειας που μεταφέρεται κατά το ζύωμα. Η ενέργεια αυτή είναι τόσο σημαντική ώστε να μπορεί να θεωρηθεί ένα ακόμη «υλικό».

Κατά την ανάμειξη, αύξηση της μεταφερόμενης ενέργειας στο ζυμάρι συνεπάγεται αύξηση της δέσμευσης αέρα που με τη σειρά της συνεπάγεται αύξηση του όγκου του τελικού προϊόντος. Βέβαια, υπάρχει ένα βέλτιστο σημείο πέρα από το οποίο η αύξηση της ενέργειας δε συνεπάγεται περαιτέρω δέσμευση αέρα, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις οδηγεί σε απώλεια της ικανότητας δέσμευσης. Η αύξηση της ενέργειας οφείλεται σε αύξηση του χρόνου ανάμειξης και, κυρίως, στη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στη ζύμη. Συνεπώς, οι παράγοντες ενέργεια ανάμειξης, χρόνος ανάμειξης και θερμοκρασία είναι αλληλένδετοι και οι αρτοποιοί διαθέτουν πλέον τη δυνατότητα να τους ελέγχουν προκειμένου να παραχθεί το επιθυμητό προϊόν.

Έπεται η ωρίμανση της ζύμης, γνωστή και ως στοφάρισμα, κατά την οποία η διογκωμένη ζύμη μεταφέρεται από τον κάδο του ζυμωτηρίου σε θερμό περιβάλλον και αφήνεται ώστε να πραγματοποιηθεί η ζύμωση κατά την οποία οι φυσαλίδες αέρα που ενσωματώθηκαν στο ζυμάρι κατά την ανάμειξη διαστέλλονται δημιουργώντας τη χαρακτηριστική δομή του άρτου. Η διαστολή οφείλεται στην παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα και, παράλληλα, κατά τη διάρκεια της ζύμωσης μεταβάλλονται οι ρεολογικές ιδιότητες της ζύμης λόγω της ενζυμικής δράσης. Αναλυτικότερα, το άμυλο του αλεύρου διασπάται από τις αμυλάσες σε δεξτρίνες και σάκχαρα, κυρίως μαλτόζη, η οποία με τη σειρά της θα διασπαστεί σε μόρια γλυκόζης με τη δράση της μαλτάσης, ένζυμο που παράγεται από τις ζύμες. Η γλυκόζη ζυμώνεται προς παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και αιθυλικής αλκοόλης. Το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται κατά την αλκοολική αυτή ζύμωση των σακχάρων διαχέεται στις φυσαλίδες αέρα της ζύμης, προκαλώντας την αύξηση του μεγέθους τους και την περαιτέρω διόγκωση της ζύμης, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως. Αποτέλεσμα αυτής της διεργασίας είναι η αύξηση του ποσοστού των περιεχόμενων αερίων από 4-8% σε 80%. Παράλληλα, προϊόντα της ζύμωσης, όπως το γαλακτικό και οξικό οξύ μειώνουν το pH της ζύμης από 6,2 σε 5,7 επιδρώντας στις ρεολογικές της ιδιότητες και ενισχύοντας το σχηματισμό του πλέγματος της γλουτένης (Wehrle et al., 1997).

Η ζύμωση αναλόγως με την ποσότητα της μαγιάς, τη διάρκεια και τη θερμοκρασία διαμορφώνει ως ένα βαθμό και τη γεύση του παραγόμενου άρτου. Η ζύμωση πρέπει να πραγματοποιείται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο και επιθυμητό αποτέλεσμα. Ο ακριβής χρόνος ζύμωσης εξαρτάται από έναν αριθμό παραγόντων, συμπεριλαμβανομένου της συγκέντρωσης της μαγιάς και του αλατιού

στην εκάστοτε συνταγή και τη θερμοκρασία στην οποία διεξάγεται η ζύμωση. Υπάρχει στενή σχέση μεταξύ της δύναμης του αλεύρου και του απαιτούμενου χρόνου ζύμωσης. Άλευρα με υψηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο που αναπτύσσουν ισχυρά πλέγματα γλουτένης απαιτούν περισσότερο χρόνο ζύμωσης από ότι τα άλευρα με χαμηλότερες περιεκτικότητες πρωτεΐνης. Εκτός από τη διάρκεια της ζύμωσης, πρέπει να ελέγχονται οι συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Η βέλτιστη θερμοκρασία καθορίζεται από το είδος του ψωμιού και τη διαδικασία παραγωγής καθώς και από τη συγκέντρωση της μαγιάς. Κυμαίνεται ανάμεσα στους 27°C και 30°C, ενώ η σχετική υγρασία του χώρου πρέπει να είναι περίπου 85%. Τέλος, στενή σχέση υπάρχει και μεταξύ της θερμοκρασίας ζύμωσης και του απαιτούμενου χρόνου και, μάλιστα είναι αντιστρόφως ανάλογη (Collado et al., 2003).

Τελευταίο στάδιο της αρτοποιήσης αποτελεί ο κλιβανισμός των άρτων αφού προηγουμένως έχει διαμορφωθεί το επιθυμητό σχήμα τους (καρβέλι, φραντζόλα, αρτίσκος κ.ά.). Η διαδικασία διαμόρφωσης ενός τμήματος της ζύμης είναι τυπικά διαδικασία δύο σταδίων που παρεμβάλλονται από μία μικρή περίοδο «ξεκούρασης» της ζύμης. Και στα δύο στάδια, οι ρεολογικές ιδιότητες της ζύμης είναι πολύ σημαντικές για τον καθορισμό της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι να μη καταστραφεί η λεπτή δομή των φυσαλίδων αέρα κατά τη δημιουργία του σχήματος της ζύμης. Αν υποστεί βλάβη το πλέγμα της γλουτένης που διαχωρίζει τις φυσαλίδες τότε θα συγχωνευτούν άμεσα δημιουργώντας μεγάλες τρύπες και αποχρωματισμένη σκληρή ψίχα κατά το ψήσιμο. Μερική καταστροφή του πλέγματος είναι αναπόφευκτη, αλλά η χρήση κατάλληλων τεχνικών περιορίζει την καταστροφή στο ελάχιστο.

Ο κλιβανισμός που ακολουθεί αποτελεί καθοριστικό στάδιο για την παρασκευή άρτου με τα προσδοκώμενα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Λόγω της θερμότητας που αναπτύσσεται πραγματοποιούνται πλήθος φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών όπως:

- εξάτμιση του περιεχόμενου νερού,
- μετουσίωση πρωτεϊνών,
- σχηματισμός του πορώδους της ζύμης,
- αύξηση του όγκου (περαιτέρω διαστολή του διοξειδίου του άνθρακα),
- ζελατινοποίηση του αμύλου,
- σχηματισμός της χαρακτηριστικής κόρας του άρτου (Mondal et al., 2008).

Αρχικά, η ζύμη που έχει υποστεί ζύμωση τοποθετείται στον κλίβανο και η θερμοκρασία μεταφέρεται σταδιακά από το εξωτερικό προς το εσωτερικό της. Η ανομοιόμορφη αυτή κατανομή της θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα τη διαμόρφωση της κόρας καθώς η θερμοκρασία στην επιφάνεια ξεπερνά τους 100°C και τη διαμόρφωση της ψίχας στο εσωτερικό όπου η θερμοκρασία δεν υπερβαίνει τους 100°C. Κατά τη διάρκεια των πρώτων λεπτών (5-10') η θερμοκρασία προσεγγίζει τους 50°C όπου οι ζύμες εμφανίζουν τη μέγιστη δραστηριότητα τους και, συνεπώς, τη μέγιστη ζύμωση των σακχάρων και παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα. Επιτυγχάνεται, έτσι, ο μέγιστος όγκος της ζύμης. Σύντομα, οι ζύμες θα απενεργοποιηθούν λόγω της θέρμανσης. Στη συνέχεια, η θερμοκρασία φτάνει τους 100°C η οποία είναι η θερμοκρασία εξάτμισης του νερού. Το νερό μεταφέρεται από το εσωτερικό προς το εξωτερικό της ζύμης και εξατμίζεται από την επιφάνεια όπου σχηματίζεται σταδιακά και η κόρα. Η διάρκεια του ψησίματος θα καθορίσει το πάχος της. Όταν η θερμοκρασία

ξεπεράσει τους 100°C εξατμίζονται και οι χημικές ενώσεις με σημείο βρασμού κάτω από τη θερμοκρασία αυτή όπως η αιθανόλη, το διοξείδιο του άνθρακα, και κάποιες αρωματικές ενώσεις που σχηματίζονται κατά τη ζύμωση και το ίδιο το ψήσιμο (Collado et al., 2003).

Συγχρόνως, η θέρμανση των υδατανθράκων και, κυρίως της σουκρόζης και των αναγόντων σακχάρων οδηγεί σε μία σειρά αντιδράσεων γνωστή ως καραμελοποίηση. Η καραμελοποίηση σε συνδυασμό με την αντίδραση Maillard μεταξύ σακχάρων και πρωτεϊνών (ή πεπτιδίων ή αμινοξέων) είναι υπεύθυνη για το χαρακτηριστικό καφέ χρώμα του άρτου. Το καφέ χρώμα οφείλεται στις μελανοΐδινες, τα προϊόντα της παραπάνω αντίδρασης που έχουν το αντίστοιχο χρώμα. Επιπρόσθετα, λαμβάνει χώρα η αντίδραση Strecker από την οποία προκύπτουν αλδεΐδες και πυραζίνες. Οι ενώσεις αυτές προσδίδουν στα προϊόντα άρτου το χαρακτηριστικό ευχάριστο άρωμα τους (Purulis et al., 2010).

Κατά τον κλιβανισμό, τέλος, πραγματοποιούνται η ζελατινοποίηση του αμύλου και η μετουσίωση των πρωτεϊνών που μετατρέπουν το ιξώδες ζυμάρι σε μία ελαστική ψίχα. Σημειώνεται ότι η διάρκεια και η θερμοκρασία ψήσιματος είναι καίριας σημασίας και εξαρτώνται από παράγοντες όπως ο φούρνος, το μέγεθος του άρτου και το είδος του. Η ιδανική θερμοκρασία βρίσκεται ως επί το πλείστον μεταξύ 200 και 275°C και επιλέγεται με βάση το μέγεθος του προϊόντος, αλλά και τη συνεκτικότητα της ζύμης. Ζύμες με χαμηλή συνεκτικότητα απαιτούν υψηλότερη θερμοκρασία κλιβανισμού από τις ζύμες με υψηλή συνεκτικότητα και μικρή περιεκτικότητα νερού. Η σχετική υγρασία του χώρου, ακόμα, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όπως και στο στάδιο του στοφαρίσματος (Collado et al., 2003).

2.4.2. Συστατικά αρτοποιίας

Νερό

Το νερό διαδραματίζει σημαντικό ρόλο κυρίως στο ψήσιμο του άρτου, αλλά και στα χαρακτηριστικά του παραγόμενου προϊόντος και τη διατηρησιμότητα του παρά την απλότητα του. Υπάρχει φυσικά στο αλεύρι ως συστατικό του (~14% υγρασία), και παράλληλα προστίθεται ως συστατικό του άρτου. Το νερό που χρησιμοποιείται στην αρτοποιία πρέπει να είναι πόσιμο. Βασικός ρόλος είναι η διαλυτοποίηση των υπόλοιπων συστατικών που προστίθενται για την παρασκευή του ζυμαριού, ενώ, συμμετέχει στο σχηματισμό του πλέγματος της γλουτένης που προϋποθέτει, άλλωστε, την ενυδάτωση των πρωτεϊνών. Τέλος, ευθύνεται για την ενυδάτωση των αμυλοκόκκων και εν συνεχεία τη ζελατινοποίηση τους και συνεισφέρει στη διόγκωση του ζυμαριού. Για τους παραπάνω λόγους πρέπει να επιλέγεται με προσοχή η ποσότητα του νερού που θα προστεθεί στο μίγμα ώστε να διαμορφωθεί τόσο το επιθυμητό ζυμάρι όσο και το επιθυμητό τελικό προϊόν. Στο τελευταίο, μάλιστα, το νερό με τη μορφή της περιεχόμενης υγρασίας θα καθορίσει το χρόνο ζωής του. (Cauvain et al., 2006) .

Αλάτι

Το αλάτι (χλωριούχο νάτριο, NaCl) κατέχει σημαντική θέση στην αρτοποιία. Πέρα από τη γεύση που προσδίδει στο τελικό προϊόν είναι υπεύθυνο και για:

1. την ενδυνάμωση του πλέγματος της γλουτένης που γίνεται και πιο ελαστική
2. τον έλεγχο της ανάπτυξης της μαγιάς και, συνεπώς, της ζύμωσης και
3. τον έλεγχο της ενεργότητας του νερού

Η ποσότητα του προστιθέμενου άλατος πρέπει να επιλέγεται με προσοχή και σύμφωνα με τους κανονισμούς να μη ξεπερνά το 1,5% του συνολικού βάρους των υλικών και να πληροί τους όρους του μαγειρικού άλατος. Η προσθήκη μεγάλης ποσότητας αλατιού επιβραδύνει τη ζύμωση, ενώ προσθήκη ανεπαρκούς ποσότητας επιταχύνει τη ζύμωση. (Cauvain etal., 2006, Mondal etal., 2008).

Διογκωτικά μέσα

Η διόγκωση ή αλλιώς το φούσκωμα του άρτου είναι η παραγωγή ή η ενσωμάτωση αερίων σε ένα προϊόν προκειμένου να αυξηθεί ο όγκος του και να διαμορφωθεί το σχήμα και η υφή της ψίχας. Ο όρος διογκωτικό μέσο χαρακτηρίζει μια πηγή αερίου που προκαλεί την ανύψωση μίας ζύμης ή ενός μίγματος. Τα αέρια αυτά πρέπει να παραμείνουν στο προϊόν έως ότου η δομή (ανάπτυξη πλέγματος γλουτένης, ζελατινοποίηση αμύλου) γίνει αρκετά σταθερή για να διατηρηθεί το σχήμα. Τα τρία βασικότερα διογκωτικά μέσα που χρησιμοποιούνται στην αρτοποιία είναι το νερό, η μαγιά και τα χημικά διογκωτικά.

Η παρασκευή του άρτου πραγματοποιείται ως επί το πλείστον από αλεύρι σκληρού σταριού το οποίο λόγω του πρωτεϊνικού περιεχομένου του και τη διαμόρφωση της γλουτένης απαιτεί τη χρήση μαγιάς. Σε μαλακά αλεύρια που χρησιμοποιούνται κυρίως στη ζαχαροπλαστική, επιλέγονται συνήθως χημικά διογκωτικά λόγω των χαμηλότερων επιπέδων γλουτένης που δε μπορούν να συγκρατήσουν τα αέρια της μαγιάς. Τα χημικά διογκωτικά αποτελούν μία γρηγορότερη και ευκολότερη μέθοδο από τη μαγιά. Βέβαια, αρκετές φορές επιλέγεται συνδυασμός μαγιάς και χημικών για τη διόγκωση του προϊόντος. Όσον αφορά το νερό, το οποίο περιέχεται σχεδόν σε όλα τα προϊόντα αρτοποιίας, φαίνεται να προκαλεί διόγκωση λόγω του ατμού που παράγεται κατά την θέρμανση. Η διόγκωση αυτή, ωστόσο, συνεισφέρει σε μικρό βαθμό στη συνολική διόγκωση που προκαλούν τα προστιθέμενα διογκωτικά.

Μαγιά

Η μαγιά αποτελεί ένα κλασικό διογκωτικό παράγοντα του άρτου και των συναφών προϊόντων αρτοποιίας. Αλληλοεπιδρά με τα σάκχαρα από την ενζυμική υδρόλυση του αμύλου ή τα προστιθέμενα και τα μετατρέπει σε αιθυλική αλκοόλη και διοξείδιο του άνθρακα το οποίο προκαλεί και την επιθυμητή διόγκωση. Η μαγιά είναι ένας ζωντανός οργανισμός ευαίσθητος σε υψηλές θερμοκρασίες γι' αυτό και παραμένει δραστική μεταξύ των 0°C και 55°C. Επιπροσθέτως, σε θερμοκρασία μικρότερη των 20°C και μεγαλύτερη των 40°C εμφανίζει μειωμένη δραστηριότητα με το μέγιστο ρυθμό πολλαπλασιασμού να εμφανίζεται περίπου στους 26°C και το μέγιστο ρυθμό ζύμωσης των σακχάρων στη βέλτιστη θερμοκρασία των 35°C.

Η μαγιά διακρίνεται σε νωπή και ξηρή και η επιλογή της μορφής εξαρτάται από την διαδικασία αρτοποίησης που θα ακολουθηθεί, το κόστος και τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Παράλληλα, η ποσότητα της μαγιάς που προστίθεται στη συνταγή καθορίζεται με αρκετή δυσκολία εξαιτίας των διαφορετικών μεθόδων και τις εναλλαγές στη δραστηριότητά της. Τέλος, η μαγιά εκτός από τη ζύμωση των σακχάρων και τη διόγκωση του ζυμαριού ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για τη χαρακτηριστική γεύση και οσμή των παραγόμενων προϊόντων αρτοποιίας μέσω των χημικών ενώσεων που παράγονται κατά τη ζύμωση (οργανικά οξέα, αιθυλική αλκοόλη, αλδεΐδες, εστέρες και κετόνες). Ορισμένες από αυτές τις χημικές ενώσεις έχουν τη

δυνατότητα να προκαλέσουν χαλάρωση του πλέγματος της γλουτένης αυξάνοντας την ελαστικότητα του ζυμαριού. (Hui et al., 2006).

Χημικά διογκωτικά μέσα

Τα χημικά διογκωτικά μέσα παράγουν διοξείδιο του άνθρακα είτε μέσω χημικής τους αποσύνθεσης λόγω της θέρμανσης είτε μέσω της αντίδρασης ενός οξέος με μία βάση. Το διττανθρακικό νάτριο, γνωστό και ως μαγειρική σόδα, καθώς και το διττανθρακικό αμμώνιο αποτελούν δύο βασικά συστατικά των χημικών διογκωτικών συστημάτων. Το διττανθρακικό κάλιο χρησιμοποιείται σε προϊόντα με χαμηλή περιεκτικότητα νατρίου όπου, όμως, απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητά του για να επιτευχθεί αποτέλεσμα ίδιο με αυτό του διττανθρακικού νατρίου. Η θέρμανση του τελευταίου οδηγεί σε παραπροϊόντα που υποβαθμίζουν τα χαρακτηριστικά του παραγόμενου ψωμιού (σκούρο χρώμα και ανεπιθύμητη γεύση) και γι' αυτό προστίθενται διάφορα οξέα που επιταχύνουν την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Τα οξέα αυτά εξουδετερώνουν και την περίσσεια της σόδας η οποία υποβαθμίζει, επίσης, το τελικό προϊόν. Ο χυμός λεμονιού, το ζύδι κ.ά. χρησιμοποιούνται συχνά, ενώ σε βιομηχανικό επίπεδο χρησιμοποιούνται ενώσεις, όπως φωσφορικό μονοασβέστιο (MCP), όξινο πυροφωσφορικό νάτριο (SAPP) κ.ά. Η προσθήκη οξέων επηρεάζει, ακόμη, τη δομή, το χρώμα, τη γεύση και το pH του προϊόντος. Η υφή επηρεάζεται διαφορετικά από το κάθε οξύ λόγω των διαφορετικών ιόντων. Για παράδειγμα, τα ιόντα ασβεστίου και αργιλίου ενδυναμώνουν τη δομή της ζύμης και ευνοούν τη διαμόρφωση σπογγώδους υφής. Το μπέικιν πάουντερ, τέλος, προκύπτει από την ανάμειξη ενός ή περισσότερων οξέων με διττανθρακικό νάτριο και συνήθως άμυλο το οποίο αποτρέπει την αντίδραση οξέος-βάσης κατά την αποθήκευση. Οι ζύμες στις οποίες χρησιμοποιείται μπέικιν θα αυξήσουν τον όγκο τους δύο φορές: όταν αναμιχθούν τα υγρά και τα στερεά συστατικά και κατά τη διάρκεια του ψησίματος.

2.5. Ποιοτικός έλεγχος σιτηρών και αλεύρων

2.5.1. Προσδιορισμός της υγρασίας

Το νερό συνιστά ένα από τα σημαντικότερα συστατικά πολλών τροφίμων, συμπεριλαμβανομένου και του άρτου καθορίζοντας αφενός την ποιότητα και αφετέρου τη σταθερότητα και τη διατηρησιμότητα. Ως υγρασία ορίζεται η ποσότητα νερού, η οποία έχει επικαθήσει ή προσροφηθεί από ένα σώμα χωρίς να έχει μοριακή ή χημική σύνδεση με αυτό και ο προσδιορισμός της είναι καίριας σημασίας κατά την επεξεργασία των τροφίμων και, κυρίως, κατά τον έλεγχο τους. Ο προσδιορισμός, άλλωστε, της υγρασίας αποτελεί προϋπόθεση για τον υπολογισμό της θρεπτικής αξίας του τροφίμου, την έκφραση των αποτελεσμάτων των αναλυτικών προσδιορισμών σε ενιαία βάση, καθώς και τη διατύπωση προδιαγραφών και νόμων σχετικά με τη σύσταση των τροφίμων. Έχει, ακόμη, και οικονομική σημασία αφού η απομάκρυνση της υγρασίας ενός τροφίμου οδηγεί στη ξηρά ουσία του (Pomeranz et al., 2000).

Μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ποικίλων μεθόδων που εμφανίζουν, ωστόσο δυσκολίες ως προς την ακρίβεια και την ταχύτητα των αποτελεσμάτων. Στα πλαίσια του ελέγχου της επεξεργασίας ενός τροφίμου και του αγορανομικού ελέγχου, τα βασικά κριτήρια με τα οποία επιλέγεται η μέθοδος προσδιορισμού είναι η ταχύτητα, η απλότητα και η επαναληψιμότητα. Η ακρίβεια της μεθόδου αποτελεί κύριο κριτήριο

κατά τη μελέτη της διατηρησιμότητας και των βέλτιστων συνθηκών αποθήκευσης (Πολυχροσιάδου, 1994). Οι παράγοντες που καθορίζουν τον προσδιορισμό της υγρασίας ενός τροφίμου είναι η πτητικότητα του νερού, η διαλυτική του ικανότητα, οι ηλεκτρικές του ιδιότητες και οι χημικές αντιδράσεις στις οποίες συμμετέχει.

Στα γεωργικά προϊόντα, όπως τα σιτηρά, ο προσδιορισμός πραγματοποιείται με την εκχύλιση με υγρό διαλύτη ή με ξήρανση σε φούρνο. Η δεύτερη μέθοδος προτιμάται λόγω ευκολίας και χρησιμοποιείται ευρέως για τον προσδιορισμό της περιεχόμενης υγρασίας. Το δείγμα του τροφίμου που μελετάται υπόκειται σε ξήρανση σε μία θερμοκρασία εντός του εύρους 70-105°C για ένα χρονικό διάστημα, που εξαρτάται από το ίδιο το τρόφιμο και την εφαρμόζουσα θερμοκρασία, έως ότου αποκτήσει ένα σταθερό βάρος. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει τον υπολογισμό της περιεκτικότητας υγρασίας με σχετική ακρίβεια και η διαφορά του βάρους του δείγματος, πριν και μετά την ξήρανση, στη θερμοκρασία και το χρόνο που απαιτείται για το εκάστοτε τρόφιμο, συνιστά την περιεχόμενη υγρασία του τροφίμου. Εφαρμόζεται στα γεωργικά προϊόντα σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα ISO 712, 1985, καθώς και με άλλα πρότυπα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η σωστή και ακριβής γνώση της περιεκτικότητας ενός τροφίμου σε υγρασία είναι, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, καίριας σημασίας για τη βιομηχανία των τροφίμων. Υποεκτίμηση οδηγεί στη παραγωγή ενός προϊόντος με αυξημένο κίνδυνο ποιοτικής υποβάθμισης (εκκίνηση μικροβιολογικών και ενζυμικών αντιδράσεων λόγω υψηλότερης ενεργότητας νερού από την προσδιοριζόμενη). (Karathanos et al., 1999).

2.5.2. Προσδιορισμός τέφρας

Τέφρα 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 υπόλειμμα 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 οξειδία, 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 πιτύρου στο σιτάρι και άλευρού, επομένως επηρεάζει σημαντικά την απόδοση του άλευρού. Οι μικροί κόκκοι έχουν συνήθως περισσότερο ποσοστό πιτύρου 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 το καθάρισμα και το πλύσιμο του σιταριού όπου αφαιρούνται οι ξένες ύλες και την διαβροχή του σίτου. (Γεωργόπουλος, 2010)

2.5.3. Προσδιορισμός γλουτένης

Το σημαντικότερο από τα συστατικά του σίτου είναι η πρωτεΐνη του, διότι έχει την μοναδική ιδιότητα όταν ενυδατωθεί να δώσει συνεκτική κι ελαστική μάζα. Έτσι το ζυμαρί που θα παραχθεί αν αναμειχθεί το αλεύρι σίτου με νερό, μπορεί να έχει τις ίδιες ιδιότητες. Την ιδιότητα αυτή την οφείλει η πρωτεΐνη στην γλουτένη η οποία είναι η κύρια αποθηκευτική πρωτεΐνη του κόκκου σιταριού. Γλουτένη λέγεται η υγρή, πλαστική και ελαστική μάζα που μένει στο χέρι μας ή στην κατάλληλη συσκευή μετά από ξέπλυμα και συνεχής μάλαξη ενός ζυμαριού κάτω από το τρεχούμενο νερό βρύσης. Κατά την έκπλυση φεύγει το άμυλο, το πίτυρο και ένα μικρό υδατοδιαλυτό της ολικής πρωτεΐνης. Η λαμβανόμενη υγρή γλουτένη ζυγίζεται και κατόπιν ελέγχονται οι ιδιότητές της, όπως το χρώμα και η ελαστικότητα. Στη συνέχεια ξηραίνεται και ζυγίζεται οπότε προσδιορίζεται η ξηρή γλουτένη. Οι δύο παραπάνω ζυγίσεις μας δίνουν την ικανότητα ενυδατώσεως της γλουτένης (Βαρζάκας, 2012). Ενδιαφέρουσα είναι η μέθοδος Glutomatic. 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.

2.5.4. Προσδιορισμός πρωτεΐνης

Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη προσδιορίζεται με τη μέθοδο Kjeldahl. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή το δείγμα θερμαίνεται σε θειικό οξύ παρουσία μείγματος καταλυτών και στη συνέχεια γίνεται χώνευση μέχρι να οξειδωθούν ο άνθρακας και το υδρογόνο και το πρωτεϊνικό άζωτο να αναχθεί σε θειικό αμμώνιο. Στη συνέχεια προστίθεται υδροξείδιο του νατρίου και το μείγμα θερμαίνεται μέχρι να ελευθερωθεί όλο το άζωτο υπό μορφή αμμωνίας και να δεσμευτεί σε ένα όγκο ενός διαλύματος οξέος. Το οξύ που δεν αντιδρά με την αμμωνία προσδιορίζεται και τα αποτελέσματα μετατρέπονται επί τοις % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες του αρχικού βάρους πολλαπλασιασμένα με ένα συντελεστή. Ο συντελεστής που χρησιμοποιείται για το σιτάρι και το αλεύρι είναι 5,75 και για το φαγόπυρο είναι 6,25 (Χίανα et al, 2006) και εξαρτάται από τη μέση περιεκτικότητα σε άζωτο των πρωτεϊνών του κάθε τροφίμου. Η δοκιμή kjeldahl είναι μια γρήγορη μέθοδος κατάλληλη για αναλύσεις ρουτίνας και προτιμάται για τον προσδιορισμό των πρωτεϊνών σε σιτάρι και αλεύρι. (Γρεβενιώτη, 1982).

2.5.5. Προσδιορισμός αριθμού πτώσης (FALLING NUMBER)

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

2.5.6. Φαρινογράφος BRABENDER

Ο φαρινογράφος είναι όργανο με παγκοσμίως αναγνωρισμένη χρησιμότητα στην εξέταση των ρεολογικών χαρακτηριστικών των αλεύρων. Ειδικότερα μας πληροφορεί για την ικανότητα του αλεύρου στην απορρόφηση νερού, την αντοχή του ζυμαριού στην μηχανική καταπόνηση κατά την κατεργασία και την υγιεινή του αλεύρου. Η αρχή λειτουργίας του οργάνου βασίζεται στη δύναμη που χρειάζονται οι δύο σιγμοειδείς βραχίονες του ζυμωτηρίου για να περιστραφούν με σταθερή ταχύτητα μέσα στη μάζα του ζυμαριού που έχει καθορισμένη αρχική σύσταση. Όσο προχωρά η εξέταση, η δύναμη που απαιτείται μεταβάλλεται ανάλογα, με τη φύση του εξεταζόμενου αλεύρου. Η απαιτούμενη δύναμη μετριέται με δυναμόμετρο που συνδέεται με ζυγό και καταγραφικό μηχανισμό. Το δημιουργούμενο διάγραμμα ονομάζεται φαρινογράφημα.

Ο φαρινογράφος απαρτίζεται από δύο κύρια μέρη. Τη φαρινογραφική μονάδα και το θερμοστάτη. Ο θερμοστάτης θερμαίνει απεσταγμένο νερό και το διατηρεί σε θερμοκρασία 30°C. Το νερό με τη βοήθεια αντλίας πίεσης διοχετεύεται από το θερμοστάτη στο υδροχιτώνιο του ζυμωτηρίου και διατηρεί τις παρειές του σε σταθερή θερμοκρασία 30°C. Από το θερμοστάτη με τη βοήθεια άλλου σωλήνα μπορούμε να πάρουμε νερό για τη θέρμανση άλλων οργάνων. Το νερό θερμαίνεται με ηλεκτρικά στοιχεία που βρίσκονται μέσα στο θερμοστάτη και ελέγχονται με ένα θερμοστατικό μηχανισμό ακρίβειας. Υπάρχει επίσης ένα θερμόμετρο. Η φαρινογραφική μονάδα αποτελείται από μια βάση χυτοσιδήρου με τέσσερις κοχλίες οριζοντίωσης και περιλαμβάνει ένα ζυμωτήριο μέσα στο οποίο γίνεται το μηχανικό ζύμωμα του εξεταζόμενου αλεύρου, έχει δύο σιγμοειδείς βραχίονες, παράλληλα τοποθετημένους στη βάση του ζυμωτηρίου που κινούνται με διαφορετικές ταχύτητες σε αναλογία 3:2. Υπάρχουν δύο τύποι ζυμωτηρίων, ο μεγάλος για 300gr αλεύρου και ο μικρός για 50gr. Ακόμα έχει ένα καταγραφικό μηχανισμό ο οποίος ενεργοποιείται μέσω ενός συστήματος μοχλών, από τη ροπή αντίδρασης του μοτέρ, που κινεί τους σιγμοειδείς βραχίονες και φέρεται σαν δυναμόμετρο. Παράλληλα, δίνει ένδειξη σε συνδεδεμένο ζυγό. Τέλος, υπάρχει ένας κύλινδρος πάνω στον οποίο καταγράφεται το φαρινογράφημα. Το φαρινογράφημα μας βοηθάει να καθορίσουμε την ποιότητα του αλεύρου από την άποψη:

- Ικανότητας απορρόφησης νερού.
- Σταθερότητας του ζυμαριού. Δηλαδή του χρόνου που διατηρείται σε ικανοποιητικά επίπεδα, η σύσταση του ζυμαριού.
- Αντοχή του ζυμαριού. Δηλαδή η ανεύρεση του χρόνου που χρειάζεται για να μεταβληθεί η σύσταση του.
- Βαθμό εξασθένησης του ζυμαριού. Δηλαδή πόσες φαρινογραφικές μονάδες αδυνατίζει το ζυμάρι, όταν η ανάμειξη του συνεχιστεί πέρα από το κανονικό.
- Προσδιορισμός της ενζυματικής δράσης στο σιτάρι ή στο αλεύρι και κατ' επέκταση της υγιεινότητάς τους. (Γρεβενιώτη, 1982, Δημόπουλος, 1987).

2.5.7. Εξτενσιογραφία BRABENDER

Αυτό το όργανο συμπληρώνει τις πληροφορίες που παίρνουμε από το φαρινογράφο. Με τον εξτενσιογράφο ελέγχουμε τις ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού και την επίδραση που έχουν σ' αυτό οι οξειδωτικές και βελτιωτικές ουσίες. Οι ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού καθορίζονται από την ποσότητα και κυρίως την ποιότητα της γλουτένης που χαρακτηρίζεται από την εκτατότητα και την αντοχή της. Αυτά

ελέγχονται με τη χρήση εξτενσιογράφου και μάλιστα χωρίς να διαχωρίζεται η γλουτένη από το ζυμάρι αλλά μένοντας ενσωματωμένη σ' αυτό. Ειδικότερα με τον εξτενσιογράφο μετράμε τη δύναμη που χρειάζεται να εφαρμοστεί για να ξεπεράσει η αντίσταση την οποία εμφανίζει ένα κομμάτι ζυμαριού μέχρι να κοπεί σε δύο κομμάτια, σε σχέση με το χρόνο.

Τα βασικά μέρη του οργάνου είναι:

- Το σκαφίδιο, όπου τοποθετείται το ζυμάρι μετά την κυλινδρική μορφοποίησή του. Το σκαφίδιο συνδέεται με το άκρο του βραχίονα του ζυγού.
- Το άγκιστρο, με το οποίο πραγματοποιείται η επιμήκυνση του ζυμαριού. Αυτό κινείται προς τα κάτω, έχοντας σταθερή ταχύτητα με τη βοήθεια μοτέρ.
- Το σύστημα μοχλών, στο οποίο μεταβιβάζεται η αντίσταση την οποία προβάλλει το ζυμάρι στην προσπάθεια του να διατηρήσει τις αρχικές του διαστάσεις, κατά την έλξη του από το άγκιστρο.
- Το μηχανισμό καταγραφής, ο οποίος συνδέεται με το σύστημα μοχλών και είναι παραπλήσιος με αυτόν του φαρινογράφου.
- Το σύστημα απόσβεσης, το οποίο αποτελείται από ένα κύλινδρο γεμάτο με ειδικό λάδι μέσα στον οποίο κινείται ένα έμβολο που συνδέεται με το σύστημα των μοχλών. Όταν κινούνται οι μοχλοί το έμβολο συμπιέζει το λάδι και ελαχιστοποιεί τις ταλαντώσεις τους και ρυθμίζει το πλάτος της καμπύλης του εξτενσιογράφου.

Ακόμα περιλαμβάνονται στον εξτενσιογράφο ένας στρογγυλοποιητής όπου γίνεται σφαιρικό το ζυμάρι, μια διάταξη για την κυλινδροποίηση του σφαιρικού ζυμαριού, τρεις θάλαμοι ωρίμανσης που έχουν θερμοκρασία 30°C και την κατάλληλη υγρασία όπου αφήνονται τα σκαφίδια με τα κυλινδρικά ζυμάρια προ της επιμήκυνσης και τέλος τρεις χρονοδιακόπτες. Ειδικότερα ο εξτενσιογράφος μας δίνει πληροφορίες για τις μεταβολές της γλουτένης:

- Στις διάφορες θερμοκρασίες που συντελείται η αρτοποιητική ζύμωση.
- Από την προσθήκη στο αλεύρι πρόσθετων ουσιών, βύνης, κ.α.
- Κατά τη χρονική παλαίωση των αλεύρων.

Το εξτενσιογράφημα έχει μεγάλη σημασία για τις αλευροβιομηχανίες. Οι αλευρόμυλοι αναζητούν το αλεύρι που προτιμούν οι αρτοποιοί και στη συνέχεια προσδιορίζουν το εξτενσιογράφημα. Ύστερα με συνάλεση σε καθορισμένα ποσοστά των διαφόρων ποικιλιών σιταριού που έχουν στις αποθήκες τους και γνωρίζουν τα εξτενσιογραφικά τους δεδομένα παράγουν αλεύρι με εξτενσιογράφημα παρόμοιο με εκείνο του επιθυμητού αλεύρου. (Γρεβενιώτη, 1982, Δημόπουλος, 1987).

2.5.8. Ανάλυση υφής (TPA)

Είναι μηχανήμα που κάνει μιμητικά τεστ δημιουργώντας προσομοίωση στις συνθήκες που αντιμετωπίζουν τα τρόφιμα στο στόμα μας ή στο πιάτο. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει και το Texture Profile Analyzer (TPA), (εικόνα 5) όργανο δοκιμής τροφίμων και υλικών συσκευασίας για την αντικειμενική αξιολόγηση υφής των τροφίμων και την μέτρηση των μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών συσκευασίας τροφίμων. Με βάση τα αποτελέσματα δοκιμών με το TPA μπορούν να καθοριστούν μέθοδοι και προδιαγραφές για την συγκομιδή, μεταφορά, επεξεργασία, συσκευασία και αποθήκευση πρωτογενών και τελικών προϊόντων. Χρησιμοποιώντας τα διάφορα

εξαρτήματα δοκιμής του οργάνου πραγματοποιούνται δοκιμές συμπίεσης, διάτρησης και διάτμησης των διάφορων υλικών που εξετάζονται. Οι δοκιμές αυτές εξετάζουν: την σκληρότητα (hardness), ευθραυστότητα (brittleness), συνεκτικότητα (cohesiveness), κολλητικότητα (Gumminess), μασητικότητα (Chewiness), ελαστικότητα (Springiness).

Η σκληρότητα ορίζεται ως η δύναμη που απαιτείται για να προκληθεί μία δεδομένη παραμόρφωση σε ένα τρόφιμο, ενώ οργανοληπτικά ορίζεται ως η δύναμη που απαιτείται για να συμπιεστεί ένα προϊόν από τους γομφίους, αναφερόμενοι σε στερεό τρόφιμο, και μεταξύ της γλώσσας και του ουρανίσκου, αναφερόμενοι σε ημιστερεό τρόφιμο (Szczeniak et al., 2002). Η δύναμη αυτή υπολογίζεται συνήθως από την καμπύλη παραμόρφωσης σε μία ανάλυση υψής TPA και ισούται με το μέγιστο φορτίο που εφαρμόζεται κατά την πρώτη συμπίεση (Kim et al., 2012). Εναλλακτικά υπολογίζεται από τη δύναμη (N) συναρτήσεως της απόστασης (mm) και εκφράζεται ως η επιφάνεια της περιοχής κάτω από την καμπύλη μέχρι μία δεδομένη απόσταση ή ως η κλίση της καμπύλης, όπως αυτή υπολογίζεται στην πρώτη κορυφή της (Ahmad et al., 2012). Η σκληρότητα ενός τροφίμου επηρεάζεται από ποικίλους παράγοντες που σχετίζονται με το τρόφιμο, τον τρόπο παρασκευής του, αλλά και τις συνθήκες αποθήκευσης. Αλλαγές στα μακροθρεπτικά συστατικά, όπως οι υδατάνθρακες, τα λιπαρά και οι φυτικές ίνες, φαίνεται να επιδρούν σημαντικά στη σκληρότητα του τελικού προϊόντος, είτε, η αλλαγή αφορά την ποσότητα είτε, το είδος του μακροθρεπτικού συστατικού (Wang et al., 2002, Kim et al., 2012, Laguna et al., 2013). Όσον αφορά τον τρόπο παρασκευής του τροφίμου και ειδικότερα του άρτου, η θερμοκρασία κλιβανισμού επιδρά κυρίως στον όγκο καρβελιού, ενώ ο χρόνος επιδρά στο βάρος καρβελιού, τη σκληρότητα και την πυκνότητα του ψωμιού (Shittu et al., 2007). Οι συνθήκες αποθήκευσης επηρεάζουν την περιεχόμενη υγρασία του τροφίμου και οδηγούν σε μεταβολή της σκληρότητας του άρτου και γενικότερα της υψής του. Συγκεκριμένα, αύξηση της υγρασίας συνεπάγεται σημαντική μείωση της σκληρότητας (Ahmad et al., 2012). Τέλος, το είδος του υλικού συσκευασίας επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την υφή του προϊόντος και τη διατήρηση της αρχικής του σκληρότητας (Piga et al., 2005).

Η ευθραυστότητα ορίζεται ως η δύναμη που χρειάζεται ένα υλικό για να σπάσει, περικλείοντας έτσι προϊόντα με μεγάλο βαθμό σκληρότητας και χαμηλή συνεκτικότητα ή ως η δύναμη με την οποία ένα δείγμα θρυμματίζεται, ραγίζει ή σπάει. Γενικότερα, η τάση ενός στερεού υλικού να καταρρέει απότομα μετά από μια πολύ μικρή παραμόρφωση ορίζεται ως ευθραυστότητα (brittleness) (Szczeniak et al., 2002). Ο προσδιορισμός της ιδιότητας αυτής πραγματοποιείται με τη χρήση των δοκιμασιών συμπίεσης ή διάτρησης, καθώς, και τη δοκιμή ανάλυσης προφίλ υψής και διαφέρει ανάλογα με το είδος του τροφίμου (Valles et al., 2000, Peleg et al., 2006). Η ευθραυστότητα, όπως και η σκληρότητα, επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά του τροφίμου, όπως το πορώδες στην περίπτωση του άρτου (Roudaut et al., 2002), τα συστατικά του τροφίμου και κυρίως την περιεκτικότητα των λιπαρών (Laguna et al., 2013), τον τρόπο παρασκευής και τις συνθήκες αποθήκευσης. Σημειώνεται ότι ο κλιβανισμός καθορίζει την ανάπτυξη της ευθραυστότητας και της τραγανότητας του τροφίμου και αύξηση της διάρκειάς του συνεπάγεται αύξηση της ευθραυστότητας (Piazza et al., 1997). Τέλος, η υγρασία στο περιβάλλον αποθήκευσης, αλλά και ο χρόνος

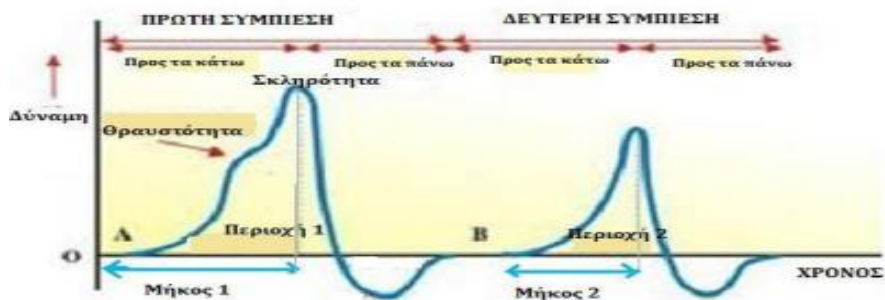
αποθήκευσης έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της περιεχόμενης υγρασίας του τροφίμου και κατ' επέκταση τη μείωση της ευθραυστότητας.

Η συνεκτικότητα ορίζεται ως η έκταση στην οποία ένα υλικό μπορεί να παραμορφωθεί προτού υποστεί θραύση ή ρήξη της δομής του ή ως ο βαθμός στον οποίο ένα υλικό μπορεί να συμπιεστεί από τα δόντια πριν να σπάσει. Αποτελεί τον λόγο των επιφανειών περιοχή 1/περιοχή 2 ενός διαγράμματος ανάλυσης προφίλ υφής (TPA), όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 1.

Η κολλητικότητα συνιστά την ενέργεια που απαιτείται για τη διαλυτοποίηση ενός ημιστερεού τροφίμου, ώστε να είναι έτοιμο προς κατάποση και αφορά τρόφιμα με μικρή σκληρότητα και μεγάλη συνεκτικότητα. Προκύπτει, τέλος, από το γινόμενο της σκληρότητας και της συνεκτικότητας.

Η μασητικότητα ορίζεται ως η ενέργεια που απαιτείται για τη μάσηση ενός στερεού τροφίμου έως ότου να είναι δυνατή η κατάποσή του και προκύπτει από το γινόμενο της κολλητικότητας και της ελαστικότητας. Συχνά ορίζεται και ως ο χρόνος που απαιτείται για τη μάσηση μέχρι το τρόφιμο να μπορεί να καταποθεί, εφαρμόζοντας σταθερό ρυθμό δύναμης.

Η ελαστικότητα ορίζεται ως ο βαθμός στον οποίο ένα υλικό που έχει υποστεί παραμόρφωση επιστρέφει στην αρχική του δομή ύστερα από την επίδραση δύναμης παραμόρφωσης. Αναφορικά με τα τρόφιμα, η ελαστικότητα εκφράζει το βαθμό στον οποίο ένα προϊόν επανέρχεται στην αρχική του μορφή, μετά από τη συμπίεσή του ανάμεσα στα δόντια με το τέλος δηλαδή της εφαρμογής δύναμης. Υπολογίζεται από το λόγο μήκος 1/μήκος 2 σε ένα διάγραμμα ανάλυσης υφής (σχήμα 1)(Szczeniak et al.,2002).



Σχήμα 1. Τυπική καμπύλη TPA



Εικόνα 5. Instron, Αναλυτής υφής (TPA)

3. Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό την παρασκευή αρτοσκευασμάτων, ενσωματώνοντας έξι διαφορετικά ποσοστά (0-30%) από ένα ανερχόμενο στην αγορά προϊόν με υψηλή διατροφική αξία όπως είναι το φαγόπυρο σε αλεύρι σίτου και η διερεύνηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νέου προϊόντος καθώς και της αρεστότητάς του από τον καταναλωτή.

4. Υλικά και μέθοδοι

4.1. Διεξαγωγή πειραματικής διαδικασίας

Η διεξαγωγή του πειραματικού μέρους έγινε στο εργαστήριο σιτηρών του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης.

4.2. Υλικά

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν είναι αλεύρι μαλακού σίτου T70%. Σπόροι φαγόπυρου από δύο εταιρίες YEMIOH και SOJUS οι οποίοι αλέστηκαν σε ολικό άλεσμα στο μύλο του εργαστηρίου με μέγεθος σπών κοσκίνου 0,8mm.

4.3. Μέθοδοι

4.3.1. Μέθοδος υπολογισμού υγρασίας

Υλικά και όργανα

- 5gr Αλεύρι σίτου T70% μαλακό και 5gr των δύο δειγμάτων ολικού αλέσματος φαγόπυρου (YEMIOH, SOJUS)
- Τρυβλία με καπάκι
- Κλίβανος θερμοκρασίας 130 °C
- Ξηραντήρας
- Αναλυτικός ζυγός ακρίβειας 0,0001gr

Διαδικασία

Τα τρυβλία τοποθετούνται για 10 λεπτά στο φούρνο στους 100-130 °C και έπειτα για 15 λεπτά στον ξηραντήρα μέχρι να κρυώσουν. Ζυγίζονται 5 gr αλεύρι σίτου και 5 gr από κάθε δείγμα φαγόπυρου (YEMIOH, SOJUS), αφού έχει ληφθεί το απόβαρό των τρυβλίων. Τα τρυβλία με τα δείγματα τοποθετούνται 90 λεπτά στον κλίβανο που λειτουργεί στους 130°C. Μετά το πέρας αυτής της ώρας τοποθετούνται στον ξηραντήρα (για να μην γίνει απορρόφηση υγρασίας από το περιβάλλον) μέχρι να κρυώσουν, γίνεται η ζύγισή τους και υπολογίζεται η επί τοις εκατό υγρασία με τον σχετικό τύπο:

$$\text{ΥΓΡΑΣΙΑ \%} = \frac{\beta - \gamma}{\alpha} * 100$$

όπου, α: βάρος δείγματος, β: βάρος τρυβλίου και δείγματος πριν τον κλίβανο και γ: βάρος τρυβλίου και δείγματος μετά τον κλίβανο.



Εικόνα 6. Κλίβανος για τον προσδιορισμό της υγρασίας.

4.3.2. Μέθοδος αποτέφρωσης

Υλικά και όργανα

- Αλεύρι σίτου T70% μαλακό 5gr και 5gr δύο δειγμάτων ολικού αλέσματος φαγόπυρου (YEMIOH, SOJUS)
- Κάψα πορσελάνης
- Ηλεκτρικό μάτι θέρμανσης
- Πυραντήριο
- Ξηραντήρας
- Αναλυτικός ζυγός ακρίβειας 0,0001 gr

Διαδικασία

Οι κάψες πορσελάνης τοποθετούνται για 10 λεπτά στο φούρνο στους 100-130 °C, έπειτα για 15 λεπτά στον ξηραντήρα μέχρι να κρυώσουν. Αρχικά, ζυγίζονται οι κάψες πορσελάνης, στις οποίες προστίθενται 5 gr από το αλεύρι σίτου και 5gr από κάθε δείγμα φαγόπυρου (YEMIOH, SOJUS), οι κάψες με τα άλευρα τοποθετούνται σε ηλεκτρικό μάτι με ήπια θέρμανση ώστε να απανθρακωθούν, και έπειτα στο πυραντήριο για 20 ώρες στους 780 °C αφού έχει προθερμαθεί. Με το πέρασμα των 20 ωρών απομακρύνονται από το πυραντήριο, τοποθετούνται σε ξηραντήρα μέχρι να κρυώσουν και ζυγίζονται ώστε να υπολογιστεί η επί τοις εκατό τέφρα με τον ακόλουθο τύπο:

$$TEΦΡΑ \% = \frac{\beta - \gamma}{\alpha} * 100$$

όπου, α: βάρος δείγματος, β: βάρος κάψας και δείγματος μετά το πυραντήριο και γ: βάρος κάψας.

4.2.3. Μέθοδος υγρής γλουτένης

Υλικά και όργανα

- Αλεύρι σίτου T70% 20 gr
- Γουδί πορσελάνης

- Ζυγός 0,0001gr
- Φυγοκεντριτής
- Κλίβανος θερμοκρασίας 155°C
- Νερό βρύσης
- Αλάτι 40gr

Διαδικασία

Μέσα σε γουδί πορσελάνης αναμιγνύονται 20gr αλεύρου με 10ml ψυχρού νερό. Το ζυμάρι παραλαμβάνεται και γίνεται με τα χέρια σφαιρικό. Αφήνεται σε ηρεμία για 10 λεπτά και την συνέχεια μαλάσσεται με τα χέρια, με ελαφριά ροή νερού βρύσης, πάνω από ξύλινο πλαίσιο. Κομμάτια γλουτένης που τυχόν αποσπαστούν και πέσουν ενσωματώνονται πάλι. Η έκλυση σταματά , όταν το νερό έκλυσης παύση να είναι γαλακτόμορφο. Τέλος, η γλουτένη συμπιέζεται ανάμεσα στα δάκτυλα για να φύγει το επιπλέον νερό και ζυγίζεται. Το ποσό της γλουτένης πολλαπλασιασμένο επί 10 δίνει την επί τοις % περιεκτικότητα σε υγρή γλουτένη. Όλη η διεργασία πρέπει να διαρκέσει 15 λεπτά περίπου. Στη συνέχεια η γλουτένη φυγοκεντρείται για να φύγει η περίσσεια νερού και ξηραίνεται σε κλίβανο στους 155°C για 30 λεπτά και ζυγίζεται. Με αυτό τον τρόπο υπολογίζεται η ξηρά γλουτένη. Η διαφορά υγρής και ξηρής γλουτένης, δίνει το ποσό του απορροφούμενου νερού. Το ποσό αυτό είναι ανάλογο με την περιεκτικότητα της γλουτένης. Ενυδάτωση γλουτένης ονομάζεται το ποσό του νερού που συγκρατούν 100gr υγρής γλουτένης. Πρέπει να είναι τουλάχιστον 62% και δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Ενυδάτωση γλουτένης} = \frac{\% \text{υγρής γλουτένης} - \% \text{ξηρής γλουτένης}}{\% \text{υγρής γλουτένης}} * 100$$

4.2.4.Μέθοδος προσδιορισμού πρωτεΐνης- Kjeldahl

Υλικά και όργανα

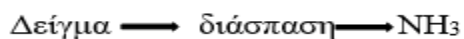
- Πυκνό H₂SO₄ 97%
- HCl 0,1N
- Ταμπλέτες Merck (καταλύτης)
- Διάλυμα NaOH (416 g/1L νερό)
- Διάλυμα H₃BO₄ (40g/1L νερό)
- Δείκτης methyl orange +methyl blue 0,5% +0,5% σε αλκοόλη
- Συσκευή καύσης και απόσταξης BUCHI
- Φιάλη BUCHI 500 ml
- Κωνική φιάλη των 250ml
- Σιφόνιο ή ντισπένσερ για 20 ml για 70 ml και επιθυμητό και για 50 ml (αντί για τον ογκομετρικό κύλινδρο)
- Ογκομετρικό κύλινδρο των 50 ml
- Προχοίδα

- Αλεύρι σίτου T70% μαλακό 1gr και 1gr δύο δειγμάτων ολικού αλέσματος φαγόπυρου (YEMIOH, SOJUS)

Διαδικασία

Ζυγίζεται σε αναλυτικό ζυγό 1 gr από κάθε δείγμα. Κατά την βιβλιογραφία το δείγμα ζυγίζεται σε ειδικό χαρτάκι το οποίο είναι ελεύθερο αζώτου ή σε διηθητικό χαρτί στο οποίο υπολογίζεται το άζωτο (λευκός προσδιορισμός) το χαρτάκι με το δείγμα τοποθετείται με προσοχή στο πάτο της ειδικής φιάλης BUCHI. Αν δε χρησιμοποιηθεί χαρτάκι το δείγμα πρέπει να πέσει κατευθείαν στον πάτο της φιάλης χωρίς να έρθει σε επαφή με τα τοιχώματα τα οποία πρέπει να είναι τελείως στεγνά. Σε κάθε φιάλη προστίθεται δύο ταμπλέτες καταλύτη και με σιφώνιο ή καλυτέρα με ντισπενσε 20 ml H₂SO₄. Οι φιάλες τοποθετούνται σε ειδικό στατό της συσκευής καύσης, η οποία βρίσκεται μέσα σε επαγωγό. Το στατό κλείνει και σφραγίζει με ειδικό καπάκι-απαγωγό των καυσαερίων. Αφού κλείνει το καπάκι ανοίγει η βρύση για να δημιουργηθεί κενό (το καπάκι της συσκευής καύσης συνδέεται με αντλία κενού πού λειτουργεί με τρεχούμενο νερό). Στη συνέχεια μπαίνει σε λειτουργία η συσκευή, πρώτα στη θερμοκρασία των 50 έως 60°C και σιγά σιγά αυξάνει. Στο σημείο αυτό σκοπός είναι να προκληθεί διάσπαση στο δείγμα με πυκνό θειικό οξύ παρουσία καταλύτη. Αφού περάσουν δύο ώρες που ολοκληρώνεται η καύση (το διάλυμα πρέπει να είναι διαυγές) απενεργοποιείται η συσκευή και κατεβαίνει το στατό. Το καπάκι ανοίγει μόνο όταν κρυώσει το διάλυμα και δεν διακρίνονται ατμοί, ενώ ταυτόχρονα κλείνει η βρύση. Σε κάθε φιάλη προστίθενται με ογκομετρικό κύλινδρο 50 ml απεσταγμένο νερό. Γίνεται προθέρμανση της συσκευής απόσταξης πατώντας το start (διάρκεια 4 λεπτών) έχοντας στη θέση του προς απόσταξη διαλύματος απεσταγμένο νερό. Η πρώτη απόσταξη μετά την προθέρμανση της συσκευής γίνεται με φιάλη χωρίς δείγμα στην οποία έχουν προστεθεί 70 ml νερό (δηλαδή όσο όγκο υγρών έχουν και οι φιάλες με τα δείγματα). Με ειδική πυράγρα τοποθετείται η φιάλη στην ειδική θέση στη συσκευή απόσταξης και προστίθενται 70 ml NaOH πατώντας το κουμπί REAGENT μέχρι η στάθμη του υγρού να αυξηθεί κατά 70 ml. Αυτό γίνεται ώστε να αποθηκευτεί στη μνήμη της συσκευής και στις επόμενες αποστάξεις η ποσότητα αυτή διοχετεύεται με ένα στιγμιαίο πάτημα του κουμπιού REAGENT. Στη συνέχεια μπαίνει σε λειτουργία η συσκευή απόσταξης με το κουμπί START και το απόσταγμα συλλέγεται σε κωνική φιάλη η οποία περιέχει 60 ml βορικό οξύ. Το σωληνάκι από το οποίο εξάγεται το απόσταγμα πρέπει να είναι βυθισμένο μέσα στο βορικό οξύ για να μη ξεφύγει η αμμωνία (αέριο) στο χώρο. Η αμμωνία σε αυτό το σημείο δεσμεύεται ποσοτικά ως βορικό αμμώνιο. Στο σχηματισθέν βορικό αμμώνιο προστίθεται 2-3 σταγόνες δείκτη και ακολουθεί ογκομέτρηση με διάλυμα HCl γνωστής κανονικότητας. Ο δείκτης από μωβ χρώμα που έχει αρχικά, αλλάζει σε πράσινο (σκούρο) στο κρίσιμο σημείο και στο ισοδύναμο σημείο το χρώμα του γίνεται γαλάζιο, οπότε σταματά η ογκομέτρηση.

Οι χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα είναι:



Υπολογίζεται η ποσότητα του αζώτου και από αυτή η πρωτεΐνη:

- Για αλεύρι σίτου $N*5,70=a\%$ βάρους του δείγματος
- Για τα δείγματα του φαγόπυρου $N*6,25=a\%$ βάρους του δείγματος

Τα ml του διαλύματος 0,1 N του HCl που αντιστοιχούν σε ένα γραμμάριο ουσίας πολλαπλασιαζόμενα επί 0,798 για αλεύρι σίτου και 0,875 για ολικό άλεσμα φαγόπυρου δίνουν την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη.



Εικόνα 7. Συσκευή καύσης και απόσταξης BUCHI

4.3.5. Μέθοδος προσδιορισμού αριθμού πτώσης (FALLINGNUMBER)

Υλικά, όργανα και συσκευές

- Συσκευή Falling Number
- Σωλήνες μέτρησης ιξώδους
- Πιπέτα με ικανότητα μέτρησης 25ml
- Ζυγός ακριβείας 0,05gr
- Αλεύρι σίτου T70% μαλακό 7gr και 7gr δύο δειγμάτων ολικού αλέσματος φαγόπυρου (YEMIOH, SOJUS)
- Απεσταγμένο νερό

Διαδικασία

Το υδατόλουτρο της συσκευής χρειάζεται απεσταγμένο νερό. Πρέπει να γεμίζει μέχρι το ύψος της υπερχείλισης και να βράζει έντονα πριν την τοποθέτηση του δείγματος. Ζυγίζονται 7 gr από το κάθε δείγμα, τοποθετούνται σε στεγνό και καθαρό σωλήνα μέτρησης του ιξώδους, προστίθενται 25ml απεσταγμένο νερό θερμοκρασίας 22-25°C, τοποθετείται το πόμα στον σωλήνα και γίνεται έντονη ανακίνηση με τα χέρια κατακόρυφα 40-50 φορές για να γίνει ένα ομοιόμορφο αιώρημα. Αφαιρείται το πόμα και ότι ποσότητα έχει μείνει πάνω του προστίθεται πάλι μέσα, με το τάρακτο καθαρίζονται οποιαδήποτε υδαρές επίχρισμα καλύπτει το πάνω μέρος του σωλήνα. Τοποθετείται ο σωλήνας με το ιξωδομετρικό τάρακτο στο ζέον υδατόλουτρο και

αρχίζει το τεστ αμέσως, ακριβώς 5 δευτερόλεπτα από την έναρξη της δοκιμής το όργανο σηκώνει το τάρακτο και αναμειγνύει το αιώρημα για 55 δευτερόλεπτα. Μετά από 60 δευτερόλεπτα από την έναρξη της δοκιμής το ιξωδομετρικό τάρακτο αποδεσμεύεται. Το τάρακτο θα πέσει κάτω από το βάρος μέχρι να ενεργοποιηθεί ένας μικροδιακόπτης και σημειώνεται το τέλος της δοκιμής. Στο τέλος της δοκιμής ο χρόνος δίνεται σε δευτερόλεπτα.

Αριθμός πτώσης μικρότερος από 150 σημαίνει σιτάρι φυτρωμένο , μεγάλη αμυλασική δράση ,μεγάλη πιθανότητα η ψίχα του ψωμιού να είναι κολλώδης και το δε χρώμα της κόρας σκούρο. Αριθμός πτώσης μεταξύ 200-250 σημαίνει μη φυτρωμένο σιτάρι και φυσιολογική αμυλασική δράση. Τέλος αριθμός πτώσης μεγαλύτερος από 300 σημαίνει μη φυτρωμένο σιτάρι, πολύ μικρή αμυλασική δράση, μεγάλη πιθανότητα ο όγκος του ψωμιού να είναι μικρός, η ψίχα στεγνή και το χρώμα της κόρας ανοικτό.

4.3.6. Μέθοδος Φαρινογραφίας

Υλικά, όργανα και συσκευές:

- Φαρινογράφος Brabender
- Ζυγός ακριβείας 0.1g
- Νερό βρύσης
- Αλεύρι σίτου T70% μαλακό και δείγματα ολικού αλέσματος φαγόπυρου (SOJUS, YEMIOH)

Διαδικασία:

Ζυγίστηκαν 300gr αλεύρι σίτου και προστέθηκαν στον αναμίκτη. Όταν συμπληρώθηκε ένα λεπτό ανάμιξης του αλεύρου χωρίς να σταματήσει η ανάμιξη, προστέθηκε νερό από την προχοϊδα 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 ή και περισσότερο. Το πείραμα επαναλαμβάνεται άλλες 6 φορές με ποσοστά 5, 10, 15, 20, 25, 30% ενσωμάτωσης των δειγμάτων ολικού αλέσματος φαγόπυρου (SOJUS, YEMIOH) σε αλεύρι σίτου.



Εικόνα 8. Φαρινογράφος Brabender εργαστηρίου σιτηρών(A.T.E.I.Θ)

4.3.7. Μέθοδος Εξτενσιογραφίας

Υλικά, όργανα και συσκευές:

- Εξτενσιογράφος Brabender
- Φαρινογράφος Brabender
- Ζυγός ζυγιστικής ικανότητας τουλάχιστον 500g και ακριβείας 0,1g
- Συσκευή μέτρησης του εμβαδού ενός σχήματος
- Αλεύρι σίτου T70% μαλακό και δείγματα ολικού αλέσματος φαγόπυρου (SOJUS, YEMIOH)
- NaCl
- Παραφινέλαιο
- Νερό βρύσης θερμοκρασίας 30 °C

Διαδικασία:

Τοποθετούνται 300gr αλεύρου στο ζυμωτήριο του φαρινογράφου το οποίο διατηρείται στους 30 °C με κυκλοφορία νερού σταθερής θερμοκρασίας. Διαλύονται 6gr NaCl σε 65 ml νερού περίπου 30°C 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 gr. Κάθε κομμάτι χωριστά πλάθεται επί 20 φορές στον στρογγυλοποιητή και κατόπιν τοποθετείται στον κύλινδρο. Εδώ το ζυμάρι των 150gr 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 δοκιμίων 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. Το πείραμα επαναλαμβάνεται με ποσοστά 5, 10, 15, 20, 25, 30%

ενσωμάτωσης των δειγμάτων ολικού αλέσματος φαγόπυρου (SOJUS, YEMIOH) σε αλεύρι σίτου.



Εικόνα 9. Εξτενσιογράφος εργαστηρίου σιτηρών (Α.Τ.Ε.Ι.Θ)

4.3.8. Μέθοδος αρτοποιήσης

Για την παρασκευή των άρτων χρησιμοποιήθηκαν το αλεύρι σίτου 70% και ολικό άλεσμα φαγόπυρου (SOJUS), μαγιά, νερό, αλάτι και παρασκεύασμα μυκητιακής αμυλάσης (το φαγόπυρο έχει χαμηλά αμυλασικά). Παρασκευάστηκαν συνολικά τέσσερις συνταγές άρτων με ποσοστά φαγόπυρου 0, 10, 20, 30% και χρησιμοποιήθηκαν 700gr συνολικής ποσότητας αλεύρων, 4,5 gr αλάτι, 6gr μαγιά και 0,06gr (0,2‰) αμυλάση. Οι ποσότητες αυτές κάλυψαν τις ανάγκες του οργανοληπτικού ελέγχου και τις αναλύσεις που έγιναν στους άρτους, όπως η υγρασία, ο όγκος, η απόδοση, οι μετρήσεις στο Instron.

Υλικά και όργανα

- Ζυγός 0,1gr
- Ζυμωτήριο
- Ταγί αλουμινίου μιας χρήσης
- Φούρνος
- Στόφα (θάλαμος σταθερής θερμοκρασίας)
- Αλεύρι σίτου και φαγόπυρου, νερό, μαγιά, αλάτι.

Διαδικασία:

Αρχικά, ζυγίζονται οι ποσότητες αλεύρων, μαγιάς, αλατιού, νερού. Τοποθετούνται τα υλικά σε μηχανικό ζυμωτήριο με σκοπό τον σχηματισμό ζυμαριού για 5 λεπτά. (η μαγιά διασπείρεται σε νερό χωριστά από τα υπόλοιπα συστατικά και μετά εισάγεται) Γίνεται ανάπαυση της ζύμωσης για 30 λεπτά σε θερμοκρασία περίπου ίση με τη θερμοκρασία του ζυμαριού (27-32°C), μορφοποιείται με τα χέρια σε τεμάχια των 560gr τοποθέτησή σε ταγί αλουμινίου, ακολουθεί ωρίμανση σε θάλαμο σταθερής θερμοκρασίας (στόφα) 40 με 45 λεπτά σε θερμοκρασία 32°C και ψεκασμός με νερό για να διατηρηθεί η σχετική υγρασία στο 65-75%. Ψήσιμο σε φούρνο θερμοκρασίας 200-210°C για 40 με 45 λεπτά.

4.3.9. Μέθοδος προσδιορισμού όγκου άρτου

Υλικά και όργανα

- Συσκευή μετρήσεως όγκου ψωμιού
- Σιναπόσπορος
- Ποτήρι ζέσεως
- Ζυγός

Διαδικασία:

Τοποθετείται το ψωμί στην συσκευή προσδιορισμού όγκου και συγκεκριμένα σε δοχείο γνωστού όγκου. Συμπληρώνεται ανοίγοντας τον σύρτη τα κενά με μικρούς συμμετρικούς κόκκους από σιναπόσπορο. Στην συνέχεια γίνεται μέτρηση της ποσότητας του σιναπόσπορου που περισσεύει απευθείας από τον ογκομετρικό κύλινδρο της συσκευής. Η αρχική ποσότητα του σιναπόσπορου είναι γνωστή.

4.3.10. Μέθοδος προσδιορισμού απόδοσης αλεύρου σε ψωμί

Υλικά και όργανα

- Ζυγός 0,01gr

Διαδικασία:

Ζυγίζονται τα δείγματα του άρτου μετά το ψήσιμο αφού έχουν αφεθεί να κρυώσουν. Η απόδοση υπολογίζεται από το παρακάτω τύπο:

$$\text{Απόδοση \%} = \frac{\alpha}{\beta} * 100$$

Όπου, α: τα γραμμάρια του άρτου μετά το ψήσιμο , β: η συνολική ποσότητα αλεύρου που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή του.

4.3.11. Μέθοδος οργανοληπτικού ελέγχου

Ως οργανοληπτική εξέταση νοείται η εκτίμηση της ποιότητας διάφορων προϊόντων με βάση τις πληροφορίες που λαμβάνονται από τις πέντε αισθήσεις: όραση, όσφρηση, γεύση, αφή και ακοή (Bourne, 2002).

Οι παράγοντες ποιότητας των τροφίμων είναι τέσσερις:

- Η εμφάνιση, η οποία περιλαμβάνει το χρώμα, το σχήμα, το μέγεθος και την λάμψη και χρησιμοποιεί την όραση.
- Η ευχυμία, που περιλαμβάνει την γεύση (γίνεται αντιληπτή από την γλώσσα) και την οσμή (γίνεται αντιληπτή από το οσφρητικό κέντρο της μύτης) και είναι η αντίδραση των υποδοχέων της στοματικής και ρινικής κοιλότητας στα χημικά ερεθίσματα.
- Η υφή, η οποία είναι κατά κύριο λόγο η αντίδραση της αίσθησης της αφής σε φυσικά ερεθίσματα τα οποία προέρχονται από την επαφή μεταξύ κάποιου μέρους του σώματος και του τροφίμου. Η αφή είναι η κυριότερη αίσθηση εκτίμησης της υφής. Επιπλέον, η κιναισθησία (η αίσθηση της κίνησης και της στάσης), η όραση (η ρευστότητα) και η ακοή (σχετίζεται με την τραγανιστή υφή) μπορούν, επίσης να εκτιμήσουν την υφή.
- Η διατροφική αξία, η οποία οφείλεται στα κύρια συστατικά των τροφίμων (υδατάνθρακες, λίπη, πρωτεΐνες), αλλά και σε ήσσονα συστατικά τους (ανόργανα

συστατικά, βιταμίνες, φαινολικά συστατικά) και δεν γίνεται αντιληπτή με της αισθήσεις (Bourne, 2002).

Ο οργανοληπτικός έγινε σε ειδικά διαμορφωμένη αίθουσα στο εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου του τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του ΑΤΕΙΘ με εκπαιδευμένο πάνελ δοκιμαστών. Η αίθουσα αυτή διαθέτει 10 ειδικούς χώρους με τον απαραίτητο φωτισμό για την οργάνωση και διεξαγωγή του ελέγχου. Για τον οργανοληπτικό οι 4 μεταχειρίσεις που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι 0%, 10%, 20% και 30% αντικατάστασης του αλεύρου σίτου με ολικό άλεσμα φαγόπυρου (SOJUS). Αφού δόθηκαν και έντυπες οδηγίες,(παράρτημα 1) οι 13 δοκιμαστές κλήθηκαν να αξιολογήσουν αντικειμενικά τα δείγματα ως προς το χρώμα, το πορώδες, το άρωμα, τη σκληρότητα, την ελαστικότητα, την ευθρυπτότητα και τη συνολική αποδεκτότητα. Στη συνέχεια, έπρεπε να αξιολογήσουν τα δείγματα ηδονικά (κατά πόσο δηλαδή τους αρέσουν). Η βαθμολόγηση της έντασης κάθε χαρακτηριστικού πραγματοποιήθηκε με τη χρήση αδιαβάθμητης κλίμακας μήκους 15cm και αυξανόμενης έντασης από το 0 μέχρι τα 15cm. Στην αντικειμενική αξιολόγηση η αριστερή άκρη της κλίμακας (0cm) αντιπροσωπεύει όλα τα χαρακτηριστικά «καθόλου» (καθόλου ένταση χρώματος, καθόλου πυκνό πορώδες, καθόλου ένταση αρώματος, καθόλου σκληρότητα, καθόλου ελαστικότητα και καθόλου ευθρυπτότητα), ενώ η δεξιά άκρη της κλίμακας (15cm) αντιπροσωπεύει όλα τα χαρακτηριστικά «πολύ» (πολύ ένταση χρώματος, πολύ πυκνό πορώδες, πολύ ένταση αρώματος κ.τ.λ.). Στον ηδονικό έλεγχο οι δοκιμαστές σημείωναν με X το πόσο τους άρεσε κάθε χαρακτηριστικό που μπορούσαν να αντιληφθούν στο δείγμα που είχαν επιλέξει ως πιο αποδεκτό. Το πείραμα είχε 4 μεταχειρίσεις (t=4), 13 δοκιμαστές (d=13) όπου κάθε δοκιμαστής παίρνει 4 δείγματα (k=4). Κατόπιν τυχαιοποίησης και κωδικοποίησης των ομάδων των δειγμάτων με τυχαίους αριθμούς από το 100 μέχρι το 999, πραγματοποιήθηκε ο οργανοληπτικός έλεγχος. Στους δοκιμαστές δόθηκαν 4 δείγματα άρτου, τα οποία είχαν ψηθεί την προηγούμενη και είχαν διατηρηθεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος σε αεροστεγή συσκευασία. Τα δείγματα άρτου είχαν κοπεί ομοιόμορφα και αποτελούνταν από την ψίχα και την κόρα.

4.3.12. Μέθοδος ανάλυσης υφής (TPA)

Ο προσδιορισμός της υφής των άρτων έγινε σε αναλυτή υφής Texture Profile Analyzer (TPA). Η υφή ορίζεται ως τα χαρακτηριστικά μιας ουσίας που προκύπτει από το συνδυασμό των φυσικών ιδιοτήτων και εκλαμβάνεται με τις αισθήσεις της αφής, της όρασης και της ακοής. Η μάσηση οδηγεί στην αξιολόγηση της υφής των τροφίμων. Τα δείγματα ψίχας των άρτων υποβλήθηκαν σε διπλή δοκιμασία συμπίεσης (50% συμπίεση) με σταθερή ταχύτητα 1 mm/s σε θερμοκρασία δωματίου σε κυλινδρικό σχήμα (2,5cm διάμετρος, 2,5cm ύψος). Οι παράμετροι της υφής (σκληρότητα, ελαστικότητα, συνεκτικότητα και κομμώδης υφή) υπολογίστηκαν από τις καμπύλες δύναμης-χρόνου που δημιουργούνται για κάθε δείγμα σε ποσοστά ενσωμάτωσης ολικού αλέσματος φαγόπυρου SOJUS (0, 10, 20, 30%) στο αλεύρι σίτου για την πρώτη ημέρα (24 ώρες), την τρίτη ημέρα (72 ώρες) και την πέμπτη ημέρα (120 ώρες) μετά την αρτοποιήση.

5.Αποτελέσματα- Συζήτηση

5.1. Αναλύσεις στα άλευρα

5.1.1. Υγρασία

Ο μέσος όρος του ποσοστού της υγρασίας, με την τυπική απόκλιση παρουσιάζονται στον πίνακα 5. Για τον προσδιορισμό της υγρασίας των αλεύρων (σιτάλευρο 70% μαλακό και δυο δείγματα ολικού αλέσματος φαγόπυρου (YEMIOH,SOJUS)) έγιναν δυο επαναλήψεις και πάρθηκε ο μέσος όρος των τιμών. Η μέθοδος προσδιορισμού της υγρασίας περιγράφεται στην παράγραφο 4.3.1.

Πίνακας 5. Ποσοστό (%) υγρασία σιτάλευρου και δειγμάτων φαγόπυρου.

Δείγματα	Υγρασία (%)	Μ.Ο. Υγρασίας (%)
Αλεύρι	13,97	13,96±0,01
	13,95	
SOJUS	12,25	12,2±0,02
	12,22	
YEMIOH	11,47	11,4±0,04
	11,39	

Από τα αποτελέσματα παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας το έχει το αλεύρι σίτου με 13,96% που όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 2.2.2. το αποδεκτό ποσοστό είναι μέχρι 14%. Ενώ τα δυο δείγματα φαγόπυρου έχουν μικρότερο ποσοστό υγρασίας από το αλεύρι σίτου.

5.1.2. Τέφρα

Η τέφρα προσδιορίστηκε σύμφωνα με τη μέθοδο που περιγράφεται στην παράγραφο 4.3.2. Στο πίνακα 6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της τέφρας του αλεύρου σίτου και των δειγμάτων ολικού αλέσματος φαγόπυρου (YEMIOH,SOJUS). Για τον προσδιορισμό της τέφρας έγιναν δυο επαναλήψεις σε κάθε δείγμα αλεύρου και πάρθηκε ο μέσος όρος των τιμών και οι τυπικές αποκλίσεις.

Πίνακας 6. Ποσοστό(%) τέφρας σε αλεύρι σίτου και φαγόπυρο.

Δείγματα	Τέφρα (%)	Μ.Ο. Τέφρας (%)
Αλεύρι	0,54	0,54±0,00
	0,54	
SOJUS	1,88	1,87±0,01
	1,86	
YEMIOH	1,74	1,77±0,03
	1,80	

Παρατηρείται ότι το ποσοστό της τέφρας στα δυο δείγματα φαγόπυρου είναι σχεδόν τριπλάσιο από το αλεύρι σίτου γεγονός που επιβεβαιώνει την υψηλή διατροφική αξία του φαγόπυρου λόγω ανόργανων συστατικών. Σημειώνεται ότι τα αποτελέσματα για

τα δείγματα φαγόπυρου αναφέρονται στο ολικό άλεσμα και άρα δικαιολογείται το υψηλότερο ποσοστό τέφρας. Για το αλεύρι, το ανώτερο όριο σύμφωνα με την νομοθεσία είναι 0,55%.

5.1.3. Γλουτένη

Ο προσδιορισμός της γλουτένης πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο που περιγράφεται στην παράγραφο 4.3.3. και τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 7. Για τον προσδιορισμό της γλουτένης (ξηρής και υγρής), της ικανότητας ενυδάτωσης της γλουτένης έγιναν δυο επαναλήψεις για το αλεύρι σίτου 70% και πάρθηκε ο μέσος όρος των τιμών.

Πίνακας 7. Ποσοστό (%) ξηρής και υγρής γλουτένης του αλεύρου σίτου, ικανότητα ενυδάτωσης και δείκτης γλουτένης(GI).

Αλεύρι σίτου	(%)	M.O.
Υγρή γλουτένη(%)	31,40	30,95±0,4
	30,50	
Ξηρή γλουτένη(%)	10,95	10,77±0,2
	10,59	
G.I.	96,07	96,61±0,5
	97,15	
Ενυδάτωση(%)	65,13	65,22±0,1
	65,31	

Η ενυδάτωση της γλουτένης πρέπει να είναι τουλάχιστον 62% και όσο περισσότερο νερό απορροφά τόσο καλύτερης ποιότητας είναι άρα με ποσοστό 65,22% είναι πολύ καλής ποιότητας το άλευρο. Επίσης η καλή ποιότητα της γλουτένης φαίνεται από τον δείκτη ποιότητας της γλουτένης (gluten index, GI) που από το 0 έως το 100 όσο πιο υψηλό είναι τόσο πιο καλής ποιότητας είναι (96,61). Η υγρή γλουτένη σύμφωνα με την νομοθεσία πρέπει να είναι τουλάχιστον 26% και ο μέσος όρος του δείγματος το ξεπερνάει κατά πολύ με 30,95%. Το πείραμα διενεργήθηκε και με ολικό άλεσμα φαγόπυρου (YEMIOH,SOJUS), για τα οποία λόγω απουσίας γλουτένης δεν παρέμεινε κάποια μάζα κατά την έκπλυσή του.

5.1.4. Πρωτεΐνες

Ο προσδιορισμός των πρωτεϊνών πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο που περιγράφεται στην παράγραφο 4.3.4. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 8. Για τον προσδιορισμό των πρωτεϊνών έγιναν δυο επαναλήψεις για κάθε δείγμα αλεύρου και πάρθηκε ο μέσος όρος των τιμών.

Πίνακας 8. Ποσοστό (%) πρωτεΐνες αλεύρου σίτου και δειγμάτων φαγόπυρου.

Δείγματα	πρωτεΐνες (%)	M.O. πρωτεϊνών (%)
Αλεύρι	11,74	11,80±0,06
	11,86	
SOJUS	12,50	12,47±0,04
	12,43	
YEMIOH	13,15	13,28±0,13
	13,40	

Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό σε πρωτεΐνες το έχουν τα δύο δείγματα ολικού αλέσματος φαγόπυρου σε σχέση με το αλεύρι σίτου.

5.1.5. Αριθμός πτώσης FN

Ο προσδιορισμός του αριθμού πτώσης πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο που περιγράφεται στην παράγραφο 4.3.5. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 9. Για τον προσδιορισμό του αριθμού πτώσης έγιναν δυο επαναλήψεις για κάθε δείγμα αλεύρου και πάρθηκε ο μέσος όρος των τιμών.

Πίνακας 9. Αριθμός πτώσης (FN) αλεύρου σίτου και δειγμάτων φαγόπυρου.

Δείγματα	FN	M.O. FN
Αλεύρι σίτου	420,0	436±15,5
	451,0	
SOJUS	>999	>999
YEMIOH	>999	>999

Παρατηρείται ότι το αλεύρι σίτου έχει πολύ μικρή αμυλασική δράση (>300), μη φυτρωμένο σιτάρι, μεγάλη πιθανότητα ο όγκος του ψωμιού να είναι μικρός, η ψίχα να είναι στεγνή και το χρώμα της κόρας ανοιχτό. Τα δείγματα φαγόπυρου είχαν τιμές πάνω από 999 δευτερόλεπτα (η συσκευή φτάνει ως 999) που είναι ένδειξη πολύ μικρής ποσότητας αμυλασικών. Με βάση τα παραπάνω δεδομένα αποφασίστηκε η προσθήκη παρασκευάσματος α-αμυλάσης κατά την αρτοποίηση.

5.2. Αναλύσεις στο ζυμάρι

5.2.1. Φαρινογραφία

Ο προσδιορισμός της φαρινογραφίας πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο που περιγράφεται στην παράγραφο 4.3.6. και τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 10. Για την δημιουργία των φαρινογραφημάτων πραγματοποιήθηκε μια φορά έλεγχος στο σκέτο αλεύρι σίτου, στα δύο δείγματα ολικού αλέσματος φαγόπυρου πραγματοποιήθηκαν έξι έλεγχοι με διαφορετικά ποσοστά ενσωμάτωσης φαγόπυρου σε αλεύρι σίτου (5, 10, 15, 20, 25, 30%).

Πίνακας 10. Αποτελέσματα φαρινογραφίας αλεύρου σίτου και ποσοστών των δυο δειγμάτων φαγόπυρων. (H₂O: απορρόφηση νερού, B (min): χρόνος ανάπτυξης, CD (min): σταθερότητα, E20 (FU): εξασθένιση, V12 (FU): βαλομετρική τιμή, Χρόνος άφιξης (min): χρόνος που η ζύμη φθάνει στο υψηλότερο σημείο.)

Δείγμα(%)	H ₂ O(%)	B(min)	CD(min)	E20(FU)	V12(FU)	Χρόνος άφιξης(min)
0%	60,2	6,7	10,3	80	86	1
SOJUS						
5%	63,9	5,2	7,6	100	89	2
10%	69,1	6,7	7,3	110	100	2
15%	75,1	7	7,1	120	105	2,1
20%	80,8	7,5	7	120	110	2,3
25%	84,6	9,9	6,9	85	106	2,8
30%	87,2	11,7	6,5	85	100	2,8
YEMIOH						
5%	64,1	5,3	7,7	95	87	2
10%	69,5	5	7,3	95	97	2
15%	75,5	6,4	7,2	110	113	2,2
20%	80,4	6,5	6,9	110	109	2,6
25%	85,2	9,2	6,2	95	106	2,8
30%	88,9	10,4	4,6	80	98	3

Παρατηρείται πως η απορρόφηση του νερού αυξάνει σημαντικά με την αύξηση του ποσοστού του φαγόπυρου στο αλεύρι σίτου πιθανότατα λόγω ινών στο ολικό άλεσμα φαγόπυρου οι οποίες απορροφούν περισσότερο νερό. Επίσης μεγαλύτερη απορρόφηση έχει το δείγμα YEMIOH που μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι είχε μικρότερο ποσοστό αρχικής υγρασίας(5.1.1.). Η σταθερότητα CD μειώνεται με την προσθήκη φαγόπυρου. Για 5-8 λεπτά σταθερότητας το άλευρο είναι κατάλληλο για αρτοποιήση. Άρα το αλεύρι σίτου με 10,3 λεπτά είναι πολύ καλό για αρτοποιήση ενώ με την προσθήκη φαγόπυρου έχουμε υποβάθμιση της ποιότητας που μπορεί να αποδοθεί στην απουσία γλουτένης από τα άλευρα του φαγόπυρου. Η εξασθένιση της ζύμης ορίζεται ως η μείωση της συνεκτικότητας του ζυμαριού μετά από ανάμιξη 20 λεπτών. Στο αλεύρι σίτου συγκρίνοντας την σταθερότητα CD και την εξασθένιση E20 βγαίνει το συμπέρασμα ότι είναι ένα δυνατό αλεύρι. Με την προσθήκη του φαγόπυρου όμως η εξασθένιση αυξάνεται όλο και περισσότερο μέχρι και το 20% και για τα δυο άλευρα. Ενώ μετά το 25% δεν μπορεί να εξαχθεί συμπέρασμα για ποιο λόγο μειώνεται το E20, πιθανόν εξαιτίας της μεγάλης απορροφητικότητας σε νερό το μέγιστο της κορυφής εξελίσσεται πιο αργά μέσα στα πλαίσια αυτού του χρόνου και δεν δίνει αξιόλογο αποτέλεσμα Το ίδιο ισχύει και για την παράμετρο V12 .

5.2.2. Εξτενσιογραφία

Ο προσδιορισμός της εξτενσιογραφίας πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο που περιγράφεται στην παράγραφο 4.3.7. και τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 11. Για την δημιουργία των εξτενσιογραφημάτων πραγματοποιήθηκε έλεγχος στο αλεύρι σίτου, στα δείγματα φαγόπυρου πραγματοποιήθηκαν έξι έλεγχοι με διαφορετικά

ποσοστά ενσωμάτωσης ολικού αλέσματος φαγόπυρου σε αλεύρι σίτου (5, 10, 15, 20, 25, 30%).

Πίνακας 11. Αποτελέσματα εξετησιογραφίας αλεύρου σίτου και ποσοστών ενσωμάτωσης των δυο δειγμάτων φαγόπυρου.

Χρόνος (min)	Ενέργεια (cm ²)			Αντοχή στην έκταση (BU)			Εκτατότητα (mm)			Max (BU)			Λόγος B/C			Λόγος B/C max			Απορρόφηση νερού(%)
	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	
0%	102	95	104	207	222	244	227	209	206	321	334	358	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	57,4
SOJUS																			
5%	90	85	89	207	227	232	209	193	196	305	326	327	1,0	1,2	1,2	1,5	1,7	1,7	61,5
10%	85	80	83	234	232	240	189	183	180	319	312	329	1,2	1,3	1,3	1,7	1,7	1,8	66
15%	72	62	66	212	202	200	180	168	179	267	266	270	0,6	1,2	1,1	1,2	1,6	1,5	73
20%	46	55	55	160	189	182	163	164	169	200	234	238	1,0	1,2	1,1	1,2	1,4	1,4	77,5
25%	47	51	52	192	215	200	142	148	152	222	252	253	1,4	1,4	1,3	1,5	1,7	1,7	82
30%	42	50	54	200	218	244	127	137	138	224	257	285	1,6	1,6	1,8	1,8	1,9	2,1	86,5
ΥΕΜΙΟΗ																			
5%	81	82	84	200	202	191	205	202	210	280	287	292	1,0	1,0	0,9	1,4	1,4	1,4	62,5
10%	67	73	76	190	186	185	186	202	203	255	260	275	1,0	0,9	0,9	1,4	1,3	1,4	68
15%	59	65	58	184	206	176	178	173	173	244	265	241	1,0	1,2	1,0	1,4	1,5	1,4	74
20%	49	53	44	184	184	156	154	160	157	226	238	207	1,2	1,2	1,3	1,5	1,5	1,3	79,5
25%	45	49	48	186	192	192	144	150	146	214	231	239	1,3	1,3	1,3	1,5	1,5	1,6	84
30%	45	48	47	212	225	218	135	134	130	231	252	259	1,6	1,7	1,7	1,7	1,9	2,0	87,5

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η ενέργεια που χρειάζεται να δαπανηθεί για να παραμορφωθεί και να κοπεί το ζυμάρι μειώνεται με την προσθήκη του φαγόπυρου στο αλεύρι. Μεγαλύτερη ενέργεια έχουν τα άλευρα με μεγάλη ποσότητα και καλή ποιότητα γλουτένης, οπότε με την αύξηση του φαγόπυρου μειώνεται το ποσοστό της γλουτένης στην συνολική μάζα του ζυμαριού και ελαττώνεται η ενέργεια. Η εκτατότητα όπως και η ενέργεια θα μειωθεί, αφού και αυτή η παράμετρος έχει να κάνει με την ποιότητα της γλουτένης. Επίσης, το max (BU) μειώνεται σε σχέση με το μαρτύρα (0%) ενώ στο 25% και 30% υπάρχει μια αύξηση της συνεκτικότητας όχι λόγω καλύτερης ποιότητας αλλά λόγω έλλειψης γλουτένης και μεγάλης απορρόφησης νερού, αφού με την αύξηση του ποσοστού του φαγόπυρου αυξάνεται και η απορρόφηση. Ο λόγος B/C αυξάνει σε όλες τις επεμβάσεις σε σχέση με το μάρτυρα, ένδειξη ότι έχει αυξηθεί σημαντικά η αντοχή του ζυμαριού με αποτέλεσμα το ζυμάρι που προκύπτει να είναι πιο σφιχτό.

5.3.Αναλύσεις στο ψωμί

5.3.1.Υγρασία ψωμιού

Η μέτρηση της υγρασίας του ψωμιού έγινε σε ποσοστά ενσωμάτωσης ολικού αλέσματος φαγόπυρου (SOJUS) 0, 10,20,30% για 1, 3 και 5 ημέρες αποθήκευσης όπως περιγράφεται στην παράγραφο 4.3.1, αφού έγιναν δύο επαναλήψεις για κάθε δείγμα πάρθηκαν οι μέσοι όροι των τιμών. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 12.

Πίνακας 12. Ποσοστό % υγρασίας ψωμιού

Υγρασία ψωμιού				
	0%	10%	20%	30%
1 μέρα	41,7±0,43	45±0,2	47,9±0,52	50,8±0,2
3 μέρα	37,1±0,19	43,5±0,15	46,3±1,3	48,8±1,2
5 μέρα	35,9±0,33	41,2±0,9	45±0,52	47,6±0,07

Παρατηρείται ότι με το πέρασμα των ημερών το ποσοστό της υγρασίας των ψωμιών μειώνεται. Την μεγαλύτερη υγρασία την είχε το 30% φαγόπυρου και μειώνοντας το ποσοστό του φαγόπυρου μειώνεται αντίστοιχα και η υγρασία στο ψωμί (0%<10%<20%<30%). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το φαγόπυρο απορροφά περισσότερο νερό από ότι το αλεύρι σίτου έτσι με την αύξηση του ποσοστού μέσα στο ψωμί θα χρειαστεί και μεγαλύτερη ποσότητα νερού στην ζύμη.

5.3.2. Όγκος ψωμιού

Για τη μέτρηση του όγκου έγιναν δύο επαναλήψεις για κάθε ποσοστό (0, 10, 20, 30%) ενσωμάτωσης του ολικού αλέσματος φαγόπυρου (SOJUS) στο ψωμί, όπως περιγράφεται στην παράγραφο 4.3.9. και πάρθηκε ο μέσος όρος των τιμών. Τα αποτελέσματα του όγκου σε cm³ παρουσιάζονται στον πίνακα 13.

Πίνακας 13. Όγκος ψωμιού.

Όγκος ψωμιού(cm ³)			
0%	10%	20%	30%
849±23,7	796±30,1	791±25,2	775±21,5

Ο όγκος στα ψωμιά μειώνεται όσο προστίθεται φαγόπυρο. Τη μεγαλύτερη διόγκωση έχει το ψωμί με 0% φαγόπυρο και την μικρότερη το ψωμί με 30%. Στα ψωμιά που περιέχουν φαγόπυρο η μείωση του όγκου οφείλεται στη μείωση του ποσοστού της γλουτένης, αφού όπως προαναφέρθηκε το φαγόπυρο δεν περιέχει γλουτένη. Έτσι, το 30% έχει μεγαλύτερη μείωση όγκου λόγω μεγαλύτερης απουσίας ποσοστού γλουτένης.

5.3.3. Απόδοση αλεύρου σε ψωμί

Για την απόδοση του αλεύρου των ψωμιών έγιναν δύο επαναλήψεις, όπως περιγράφεται στην παράγραφο 4.3.10. και πάρθηκε ο μέσος όρος των τιμών. Τα αποτελέσματα της απόδοσης του αλεύρου παρουσιάζονται στον πίνακα 14.

Πίνακας 14. Απόδοσης του αλεύρου σε ψωμί.

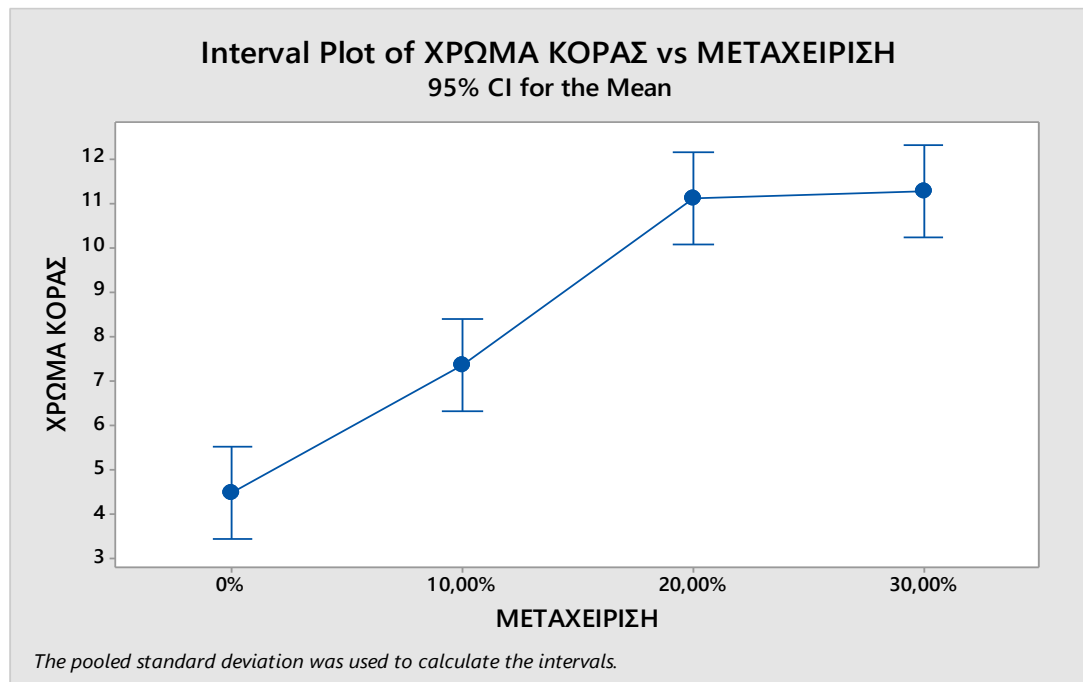
Απόδοση αλεύρου σε ψωμί(%)			
0%	10%	20%	30%
131,1±2,6	141±2	149,4±1,4	158,5±2,1

Η απόδοση του αλεύρου σε ψωμί αυξάνεται όσο προστίθεται φαγόπυρο μέσα στο ψωμί. Με ποσοστό 0% έχει τη μικρότερη απόδοση με τιμή 131,1%, ενώ τη μεγαλύτερη την έχει το 30% με απόδοση 158,5%. Το 10% και το 20% κυμαίνεται ανάμεσα με αποδόσεις 141 και 149,4 % αντίστοιχα. Στα ψωμιά που περιέχουν φαγόπυρο η αύξηση της απόδοσης οφείλεται στην αύξηση της απορροφητικότητας σε νερό του φαγόπυρου. Έτσι το 30% που απορροφά περισσότερο νερό, έχει και την μεγαλύτερη απόδοση.

5.4.Οργανοληπτικός έλεγχος

Χρώμα κόρας

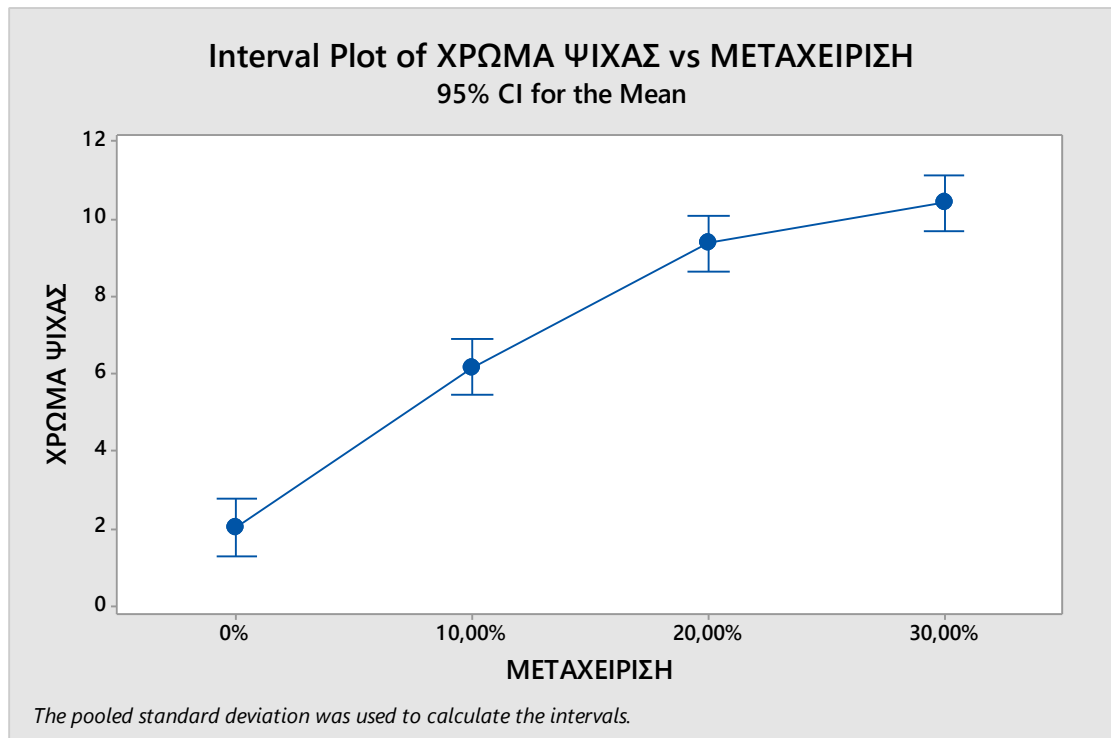
Στο χρώμα της κόρας υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά με $P= 0,000(P < 0,05)$ άρα οι μέσοι όροι δεν είναι ίσοι. Τη μεγαλύτερη τιμή την έχουν οι άρτοι με 20%-30% σε ολικό άλεσμα φαγόπυρου το οποίο έχει τιμή μέσων όρων 11,131 και 11,269 αντίστοιχα, ενώ τη μικρότερη το 0%, όπου η τιμή είναι 4,492. Στους άρτους που περιέχουν φαγόπυρο παρατηρείται ότι, όσο προστίθεται τόσο αυξάνεται το χρώμα της κόρας, ενώ στους άρτους με 20% και 30% δεν παρατηρείται διαφορά.



Σχήμα 2. Ένταση χρώματος κόρας

Χρώμα ψίχας

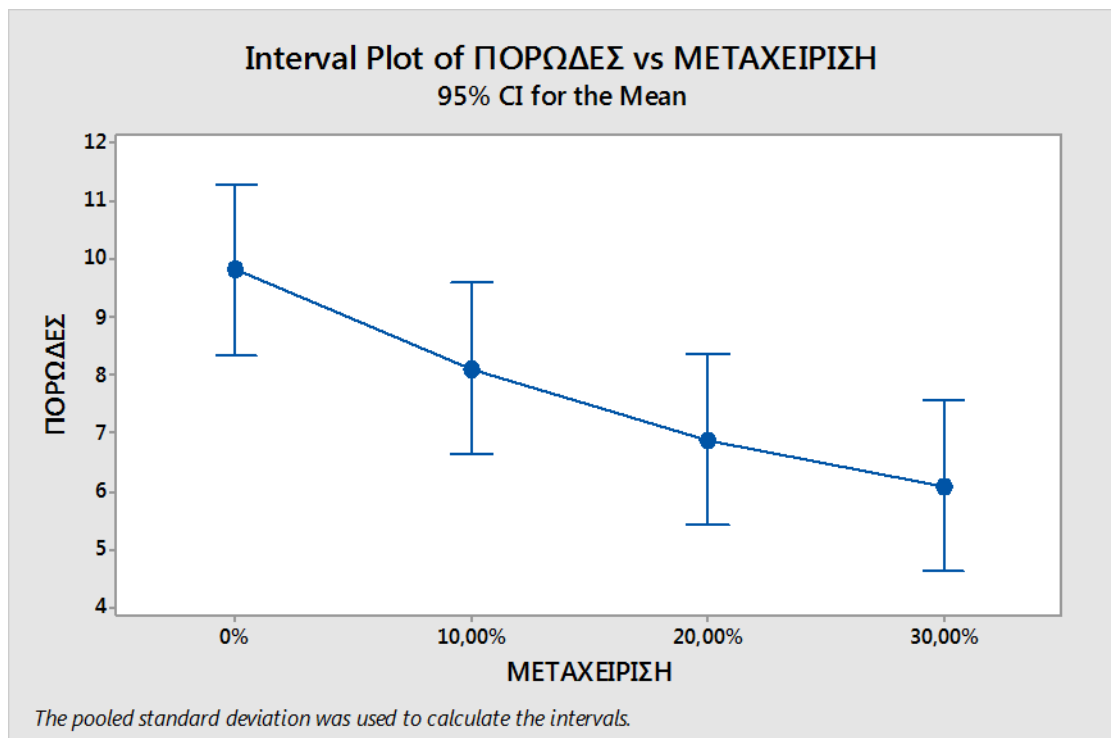
Η σύγκριση των μέσων όρων για το χρώμα της ψίχας έδειξε ότι υπάρχει σημαντικά στατιστική διαφορά αφού η τιμή $P= 0,000 (P < 0,05)$ άρα οι μέσοι όροι δεν είναι ίσοι. Το 30% και το 20% δεν έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά με μέσο όρο 10,431 και 9,392 αντίστοιχα ενώ το 0% είναι το μικρότερο με 2,038. Οπότε με την αύξηση του φαγόπυρου παρατηρείται και αύξηση στην ένταση του χρώματος της ψίχας ως και το 20%.



Σχήμα 3. Ένταση χρώματος ψίχας

Πορώδες

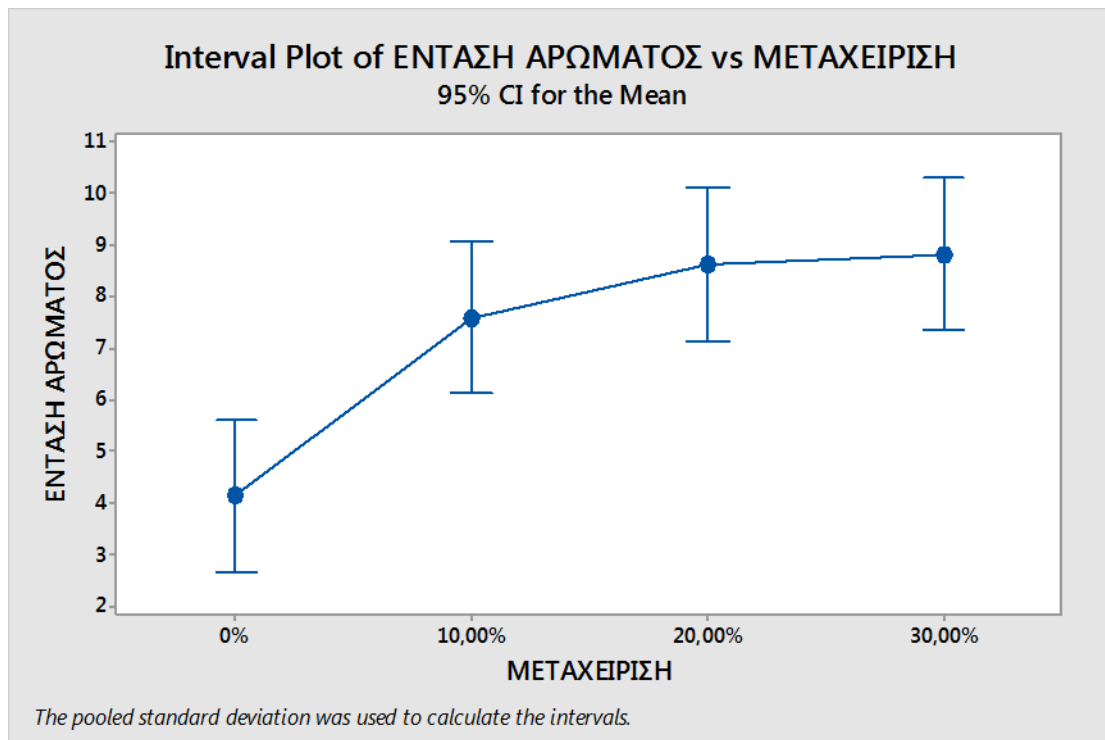
Στην σύγκριση των μέσων όρων για το πορώδες παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά με $P=0,003$ ($P<0,05$) άρα οι μέσοι όροι δεν είναι ίσοι. Με την αύξηση του ποσοστού του φαγόπυρου το πορώδες μειώνεται με το 0% να έχει τον μεγαλύτερο μέσο όρο 9,838 και το 30% να έχει τον μικρότερο με 6,100.



Σχήμα 4. Πορώδες άρτων σε σχέση με το ποσοστό του φαγόπυρου.

Ένταση αρώματος

Η σύγκριση των μέσων όρων για την ένταση του αρώματος έδειξε ότι οι μέσοι όροι δεν είναι ίσοι μεταξύ τους ($P < 0,05$). Διαφορά παρατηρείται με την προσθήκη φαγόπυρου, ο μέσος όρος για το 0% είναι 4,154 ενώ για το 10, 20 και 30% δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους.



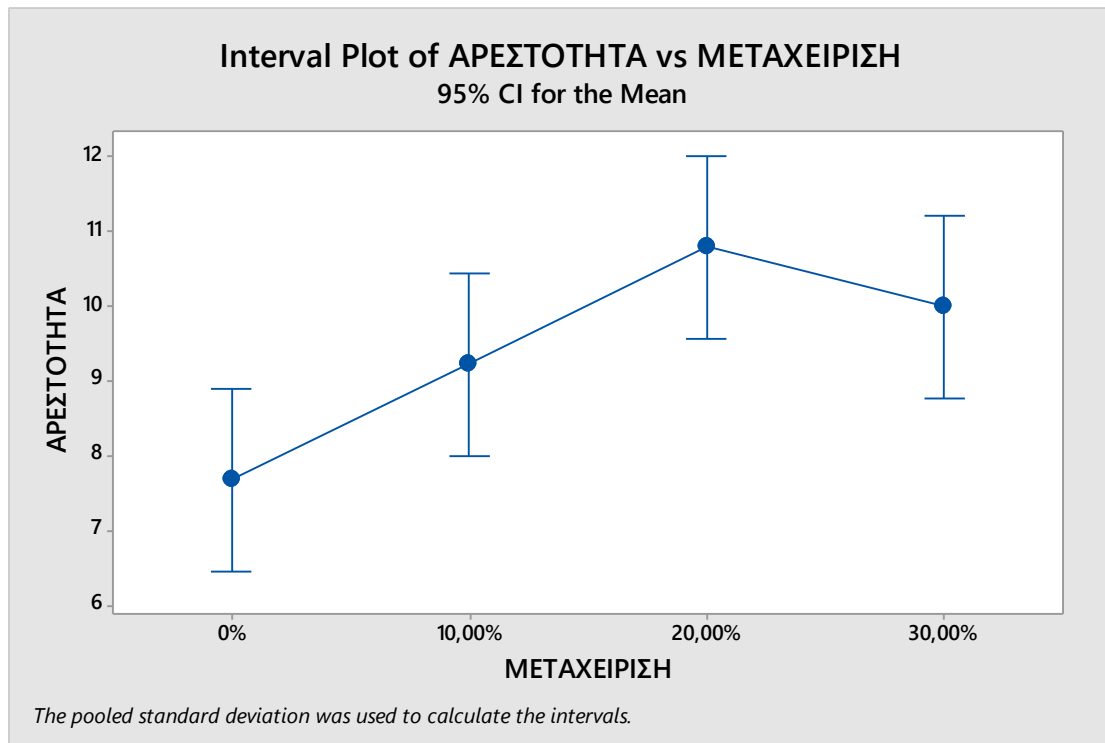
Σχήμα 5. Ένταση αρώματος

Σκληρότητα- Ελαστικότητα- Ευθρυπτότητα

Τα αποτελέσματα από την σύγκριση των μέσων όρων για την σκληρότητα, ελαστικότητα και ευθρυπτότητα έδειξαν ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα ποσοστά του φαγόπυρου και θεωρούνται ίσοι.

Αρεστότητα

Στην αρεστότητα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά με $P = 0,005$ ($P < 0,05$) άρα οι μέσοι όροι δεν είναι ίσοι. Τη μεγαλύτερη τιμή την έχουν οι άρτοι με 20%-30% φαγόπυρο το οποίο έχει τιμή μέσων όρων 10,8 και 10,0 αντίστοιχα, ενώ τη μικρότερη το 0% όπου η τιμή είναι 7,685. Στους άρτους που περιέχουν φαγόπυρο παρατηρείται ότι όσο προστίθεται φαγόπυρο τόσο αυξάνεται και οι αρεστότητα των δοκιμαστών.



Σχήμα 6. Αρεστότητα των άρτων του φαγόπυρου

5.5.Μελέτη υφής (TPA)

Για τον προσδιορισμό της υφής των άρτων μελετήθηκαν οι παράμετροι που περιγράφονται στην παράγραφο 4.3.12. με τη μέθοδο TPA, που είναι η σκληρότητα, ελαστικότητα, συνεκτικότητα και η κομμώδη υφή. Η υφή προσδιορίστηκε στους άρτους με ενσωμάτωση 0, 10, 20 και 30% ολικού αλέσματος φαγόπυρο (SOJUS) σε αλεύρι σίτου την πρώτη, την τρίτη και πέμπτη μέρα από την παρασκευή τους. Για κάθε άρτο πάρθηκαν τουλάχιστον τρεις επαναλήψεις για κάθε παράμετρο και στο τέλος πάρθηκε ο μέσος όρος των τιμών και οι τυπικές αποκλίσεις. Οι μέσοι όροι των παραμέτρων για κάθε συνταγή παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες, όπου, εντός της στήλης, οι τιμές με τον ίδιο ακόλουθο αριθμό δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ($p \leq 0,05$), όπως προσδιορίζεται από τη δοκιμή πολλαπλού εύρους Duncan και εντός της γραμμής, οι τιμές με το ίδιο επόμενο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ($p \leq 0,05$), όπως προσδιορίζεται από τη δοκιμή πολλαπλών τιμών της Duncan.

Πίνακας 15. Μέσοι όροι των παραμέτρων της σκληρότητας του TPA για κάθε ποσοστό φαγόπυρου.

Ημέρες	Σκληρότητα (N)							
	0%		10%		20%		30%	
1	9,29±0,43*	1b	13,34±0,97	1c	12,27±1,54	1c	7,19±0,34	1a
3	12,85±0,62	2a	20,29±1,21	2b	17,96±2,28	2b	14,23±1,06	2a
5	17,69±0,52	3b	19,79±0,85	2c	22,24±0,78	3d	15,41±1,09	2a

*εντός της στήλης, οι τιμές με τον ίδιο ακόλουθο αριθμό δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ($p \leq 0,05$), εντός της γραμμής, οι τιμές με το ίδιο επόμενο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ($p \leq 0,05$)

Όπως αναμένονταν, παρατηρώντας τον Πίνακα 15, διαπιστώνεται μια αύξηση στη σκληρότητα όλων των δειγμάτων με το πέρας των ημερών με τη μέγιστη τιμή να παρατηρείται στην περίπτωση των δειγμάτων με ποσοστό ενσωμάτωσης 20%. Η παρατηρηθείσα αύξηση της σκληρότητας σε όλα τα δείγματα, ανεξάρτητα του ποσοστού ενσωμάτωσης, οφείλεται στην παλαίωση των ψωμιών με κύριο φαινόμενο στη αναδιάταξη της αμυλοπηκτικής.

Πίνακας 16. Μέσοι όροι των παραμέτρων της συνεκτικότητας του ΤΡΑ για κάθε ποσοστό φαγόπυρου.

Ημέρες	Συνεκτικότητα							
	0%		10%		20%		30%	
1	0,55±0,02*	3ab	0,53±0,04	2a	0,58±0,03	3b	0,59±0,01	2b
3	0,44±0,01	2a	0,38±0,07	1a	0,43±0,02	2a	0,44±0,02	1a
5	0,38±0	1a	0,38±0,02	1a	0,39±0,01	1a	0,42±0,02	1b

*εντός της στήλης, οι τιμές με τον ίδιο ακόλουθο αριθμό δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ($p \leq 0,05$), εντός της γραμμής, οι τιμές με το ίδιο επόμενο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ($p \leq 0,05$)

Παρατηρώντας τον Πίνακα 16 διαπιστώνεται ότι μια αύξηση στη συνεκτικότητα των δειγμάτων με αύξηση του ποσοστού ενσωμάτωσης του φαγόπυρου καθ'όλη τη διάρκεια αποθήκευσης των δειγμάτων. Επιπλέον, όπως φαίνεται στον Πίνακα 16, με το πέρας των ημερών η συνεκτικότητα των δειγμάτων μειώνεται με τις μέγιστες τιμές συνεκτικότητας να παρατηρούνται στα δείγματα με ποσοστό ενσωμάτωσης 20 και 30 % την 1^η ημέρα αποθήκευσης και τις χαμηλότερες τιμές συνεκτικότητας στα δείγματα με ποσοστό ενσωμάτωσης 0 και 10 % την 3^η ημέρα αποθήκευσης.

Πίνακας 17. Μέσοι όροι των παραμέτρων της κομμώδους υφής του ΤΡΑ για κάθε ποσοστό ενσωμάτωσης φαγόπυρου.

Ημέρες	Κομμώδη υφή							
	0%		10%		20%		30%	
1	5,06±0,15*	1a	7,12±0,58	1b	7,11±0,87	1b	4,21±0,18	1a
3	5,64±0,30	2a	7,72±1,79	1a	7,79±1,25	1a	6,25±0,65	2a
5	6,75±0,18	3a	7,51±0,66	1a	8,68±0,43	1b	6,53±0,65	2a

*εντός της στήλης, οι τιμές με τον ίδιο ακόλουθο αριθμό δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ($p \leq 0,05$), εντός της γραμμής, οι τιμές με το ίδιο επόμενο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ($p \leq 0,05$)

Τα αποτελέσματα που ελήφθησαν από την ανάλυση της κομμώδους υφής των δειγμάτων εμφάνισαν παρόμοια τάση με τα αποτελέσματα που ελήφθησαν από την ανάλυση της σκληρότητας.

Πίνακας 18. Μέσοι όροι των παραμέτρων της ελαστικότητας για κάθε ποσοστό ενσωμάτωσης φαγόπυρου.

Ημέρες	Ελαστικότητα							
	0%		10%		20%		30%	
1	0,93±0,04*	1a	0,98±0,04	1a	0,95±0,05	1a	0,94±0,05	1a
3	0,93±0,04	1a	0,93±0,04	1a	0,95±0,05	1a	1,18±0,48	1a
5	0,9±0	1a	1,43±0,91	1a	1,6±0,65	1a	0,96±0,05	1a

*εντός της στήλης, οι τιμές με τον ίδιο ακόλουθο αριθμό δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ($p \leq 0,05$), εντός της γραμμής, οι τιμές με το ίδιο επόμενο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ($p \leq 0,05$)

Παρατηρείται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δείγματα ούτε ως προς το ποσοστό ενσωμάτωσης ούτε ως προς τις μέρες παραμονής οπότε δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια διαφορά στην ελαστικότητα.

5. Συμπεράσματα

Για τα άλευρα

- Το ολικό άλεσμα φαγόπυρου έχει χαμηλότερα ποσοστά υγρασίας, υψηλότερα ποσοστά τέφρας (λόγω ολικού αλέσματος) από το αλεύρι σίτου.
- Δεν περιέχει γλουτένη αν και περιέχει ικανοποιητική ποσότητα πρωτεϊνών και έχει πολύ μικρή αμυλασική δραστηριότητα.

Για τα ζυμάρια

Φαρινογραφία

- Παρατηρείται σημαντική αύξηση απορροφητικότητας σε νερό καθώς αυξάνονται τα ποσοστά του φαγόπυρου όπως και σημαντική αύξηση της εξασθένησης του ζυμαριού σε σχέση με το χρόνο ανάμιξης. Επίσης, η σταθερότητα της ζύμης που σχετίζεται άμεσα με την ποιότητα του αλεύρου, μειώνεται σε σχέση με τα ποσοστά προσθήκης.

Εξτενσιογραφία

- Με την σταδιακή αύξηση της προσθήκης φαγόπυρου στο αλεύρι σιταριού παρατηρείται μείωση της ενέργειας και της έκτασης του ζυμαριού και αύξηση του λόγω B/C που οφείλεται όχι στην τόσο καλύτερη ποιότητα του μείγματος που προκύπτει, αλλά κυρίως στο ότι υπάρχει μείωση της έκτασης που συντελεί στην αύξηση του λόγου. Επίσης υπάρχει σημαντική αύξηση της απορροφητικότητας σε νερό.

Για τους άρτους

- Η υγρασία του ψωμιού όπως και η απόδοση του μίγματος σε ψωμί αυξάνεται εξαιτίας της μεγαλύτερης απορροφητικότητας του αλεύρου (μίγματος) σε νερό. Ο όγκος των ψωμιών μειώνεται καθώς αυξάνεται η ποσότητα φαγόπυρου (το φαγόπυρο δεν περιέχει γλουτένη).
- Το χρώμα της κόρας και το άρωμα αυξάνεται με την σταδιακή προσθήκη του φαγόπυρου ενώ το πορώδες του ψωμιού μειώνεται λόγω έλλειψης γλουτένης σε αυτό γιατί το αρτοσκεύασμα γίνεται περισσότερο συνεκτικό.
- Η ποσότητα φαγόπυρου σε ποσοστό 10, 20 και 30% δείχνει ότι αυξάνει την αρέσκεια στους καταναλωτές (δοκιμαστές).

- Κατά τη διάρκεια αποθήκευσης, παρατηρήθηκε μια προοδευτική αύξηση της σκληρότητας και μείωση της συνεκτικότητας των δειγμάτων. Το δείγμα με ποσοστό ενσωμάτωσης 20% εμφάνισε τη μέγιστη τιμή σκληρότητας την 3^η ημέρα αποθήκευσης ενώ οι χαμηλότερες τιμές συνεκτικότητας παρατηρήθηκαν στα δείγματα με ποσοστό ενσωμάτωσης 0 και 10 % την 3^η ημέρα αποθήκευσης.

Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

- Προσθήκη φαγόπυρου σε άμυλο ρυζιού ή ρυζάλευρου παρουσία άλλων συστατικών π.χ. (αλβουμίνης, ορού γάλακτος,DATEM) με σκοπό τη δημιουργία ενός προϊόντος που θα είναι κατάλληλο για ανθρώπους που πάσχουν από κοιλιοκάκη
- Το φαγόπυρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο για άλλα δημητριακά σε ζύθους χωρίς γλουτένη

Βιβλιογραφία

Ελληνική βιβλιογραφία

Βαρζάκας Θ. (2012), Σημειώσεις εργαστηρίου στην τεχνολογία και ποιότητα σιτηρών, ΑΤΕΙ Πελοποννήσου

Βούτσινος (2003). Τεχνολογία και ποιότητα σιτηρών, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, Παράρτημα Κατερίνης, Τμήμα Τυποποίησης και Διακίνησης Προϊόντων.

Γεωργόπουλος Θ.(2010). Εργαστηριακές σημειώσεις τεχνολογίας και ποιοτικού ελέγχου σιτηρών και αρτοσκευασμάτων, Τ.Ε.Ι.ΛΑΡ.

Γρεβενιώτη- Μπαμπατζιμοπούλου Μ., (1982). Σημειώσεις Ποιοτικού Ελέγχου Σιτηρών, Θεσσαλονίκη.

Δημόπουλος Ι.Σ., (1987). Τεχνολογία Σιτηρών Ι. Εκδόσεις διδακτικών βιβλίων Αθήνα.

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

Κεφαλάς Π.Σ., (2009). Τρόφιμα από σιτηρά, Χημεία - Βιοχημεία - Τεχνολογία. Εκδόσεις Γαρταγάνη. Θεσσαλονίκη. Ελλάς. Ε.Ε.

Μασούρας Θ., (2000). Σημειώσεις Τεχνολογίας Προϊόντων Αλεύρου - Αρτοποιίας- Ζαχαροπλαστικής- Μακαρονοποιίας, Αθήνα.

Μεράκος Σ., (2000). Αρτοποιία Ζαχαροπλαστική Αλεύρου, Πάτρα.

Πολυχρονιάδου – Αληχανίδου, Α., Ανάλυση Τροφίμων. 1994: Εκδόσεις Γαργατάνης.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Ahmad, F., Rehman, S., Mushtaq, Z. (2012). Impact of Xylitol on Physicochemical and Sensory Parameters of Rusks. *World Applied Sciences Journal*, **20** ,1287-1292

Bai C.Z. , Feng M.L. , Hao X.L. , Zhong Q.M. , Tong L.G. , Wang Z.H. (2015) .Rutin, quercetin, and free amino acid analysis in buckwheat (*Fagopyrum*) seeds from different locations. *Gen. Mol. Res.*, **14** ,19040-19048.

Baumgertel A., Grimm R. , Eisenbeib W. , Kreis W. (2003). Purification and characterization of flavonol 3-O- β -heterodisaccharidase from the dried herb of *Fagopyrum esculentum* Moench. *Phytochemistry*, **64** , 411-418.

Belitz, H.D., Grosch, W., Schieberle, P., (2004). Springer – Verlag Berlin Heidelberg New York. *Food Chemistry, 3rd Revised Edition*.

Bourne M.C (2002). Food texture and Viscosity: Concept and Measurement (pp 1-32, 108-188). Academic Press, 2nd, ed., USA.

Dexter, J.E., and Sarkar, A.K., (2004) Wheat: Dry Milling. In: *Encyclopedia of Grain Science*. 363- 375.

Fardet A. (2010). New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole- grain cereals: what is beyond fiber Nutrition Research Reviews, **23**, 65-134.

Collado-Fernandez, M. (2003). Bread, in Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. 627-637

Gao J., Kreft G., Chao Y., Wang X., Liu L., Wang P., Wang X., Gao B. (2016). FengTartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) starch a side product in functional food production, as a potential source of retrograded starch. *Food Chem.*, **190** , 552-558.

Campbell, G.(1995). New mixing technology for the food industry. *Food Technology International Europe*,.119-122.

Campbell, G., Shah, P. (1999). Entrainment and disentrainment of air during bread dough mixing, and their effect on scale-up of dough mixers. Bubbles in Food, ed. G.

Campbell, Webb, C., Pandiella, S.S., Niranjan, K., St Paul, Minnesota, USA.: American Association of Cereal Chemists.

Cauvain, S.P., Young, L.S. (2006). Baked Products : Science, Technology and Practice. Blackwell, UK.

Giménez-Bastida J.A. Zieliński, H. (2015) .Buckwheat as a functional food and its effects on health J. *Food Chem.*, **63** ,7896-7913.

Goesaert H., Brijs K., Veraverbeke, W.S., Courtin, C.M., Gebruers, K., Delcour, A. (2005). Wheat flour constituents: How they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology*, **16**, 12-30.

Collado-Fernandez, M.(2003). Dough Fermentation, in Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. 650-654.

- Hug-Iten, S., Handschin, S., Conde-Petit, B., Escher, F.,(1999).Changes in starch microstructure on baking and staling of wheat bread. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*,**32** , 255-260.
- Hui Y. (2006)*Bakery Products:Science and Technology*, Blackwell Publishing.
- Ikeda K. (2002). Buckwheat: composition, chemistry and processing S.L. Taylor (Ed.), *Advances in Food and Nutrition Research. Elsevier, Nebraska, USA*, **44** ,395-434.
- Inglett G.E., Chen D., Berhow M., Lee S. (2011). Antioxidant activity of commercial buckwheat flours and their free and bound phenolic compositions *Food Chem.*, **125** , 923-929.
- Jovana K, Jelena K, Nebojša I, Eva L, Lato P, Anamarija M, Marija B.S.(2017). Analysis of betaine levels in cereals, pseudocereals and their products. *Journal of Functional Foods*, **37** ,157–163.
- Karathanos, T. Vaios, (1999).Determination of water content of dried fruits by drying kinetics. *Journal of Food Engineering*, **39**, 337-344.
- Kim, E.H.J., Corrigan, V.K., Wilson, A.J., Waters, I.R., Hedderley, D.I., Morgenstern, M.P. (2012) .Fundamental fracture properties associated with sensory hardness of brittle solid foods. *Journal of Texture Studies*,**43** ,49-62.
- Kiproviski B., Mikulic-Petkovsek M., Slatnar A ,. Veberic R., Stampar F., Malencic D., Latkovic .(2015). Comparison of phenolic profile and antioxidant properties of European Fagopyrum esculentumcultivars. *Food Chem.*, **185** ,41-47.
- Laguna, L., Varela, P., Salvador, A., Fiszman, S. (2013). A new sensory tool to analyse the oral trajectory of biscuits with different fat and fibre contents. *Food Research International*,**51** , 544- 553.
- Li S.Q., Zhang H. (2001) Advances in the development of functional foods from buckwheat Crit. Rev. *Food Sci. Nutr.*, **41** , 451-464.
- Lorenzo, G., Zaritzky, N., Califano, A. (2008). Optimization of non-fermented gluten-free dough composition based on rheological behaviour for industrial production of empanadas and pie-crusts. *Journal of Cereal Science*,**48**, 224- 231.
- Marquart, J., McIntosh, Reicks & Poutanen, (2007). Whole grains and health. Ames, IA.
- Mondal, A., Datta, A.K. (2008). Bread baking – A review. *Journal of Food Engineering*,**86** ,465- 474.

- Mota, M. Santos, R. Mauro, N. Samman, A.S. Matos, D. Torres, I. Castanheira. (2016). Protein content and amino acids profile of pseudocereals. *Food Chem.*, **193** ,55-61.
- Muhali, O. J., Anthony, J. A ., Francis, B. L.(2018). Suitability of *Amaranthus* species for alleviating human dietary deficiencies. *South African Journal of Botany*. **115**.65-73.
- Papantoniou, E., Hammond, E.W., Tsiami, A.A., Scriven, F., Gordon, M.H., Schofield, J.D. (2003). Effects of Endogenous Flour Lipids on the Quality of Semisweet Biscuits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51** ,1057-1063.
- Pareyt, B., Delcour, A. (2008). The Role of Wheat Flour Constituents, Sugar, and Fat in Low Moisture Cereal Based Products: A review on Sugar-Snap Cookies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **48** , 824-839.
- Paryet, B., Finnie, S.M., Putseys, J.A., Delcour, J.A. (2011). Lipids in breadmaking: Sources, interactions, and impact on bread quality. *Journal of Cereal Science*, **54** , 266-279.
- Peleg, M. (2006). On fundamental issues in texture evaluation and texturization – A view. *Food Hydrocolloids*, **20** ,405-414.
- Piazza, L., Masi, P. (1997). Development of crispness in cookies during baking in an industrial oven. *Cereal Chemistry*, **74** ,135-140.
- Piga, A., Catzeddu, P., Farris, S., Roggio, T., Sanguinetti, A., Scano, E. (2005). Texture evolution of “Amaretti” cookies during storage. *European Food Research and Technology*, **221** ,387-391.
- Pomeranz, Y., Meloan, C.E. (2000). *Food Analysis: Theory and Practice*. 3rd ed.: Aspen Publishers, Inc.
- Posner, S. Elieser, Hibbs, N. Arthur. (2005). *Wheat Flour Milling*. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN.
- Purlis, E. (2010). Browning development in bakery products – A review. *Journal of Food Engineering*, **99** ,239-249.
- Roudaut, G., Dacremont, C., Vallès Pàmies, B., Colas B., Le Meste, M. (2002). Crispness: A critical review on sensory and material science approaches. *Trends in Food Science and Technology*, **6** ,217-227.
- Sakač M., Torbica A., Sedej I., Hadnađev M. (2011). Influence of breadmaking on antioxidant capacity of gluten free breads based on rice and buckwheat flours *Food Res. Intern.*, **44** ,2806-2813.
- Shewry, P.R., Halford, N.G., Belton, P.S., Tatham, A.S.,(2002). The structure and properties of gluten: an elastic protein from wheat grain. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* ,**357** ,133-142.

Shittu, T.A., Raji, A.O., Sanni, L.O. (2007). Bread from composite cassava-wheat flour: I. Effect of baking time and temperature on some physical properties of bread loaf. *Food Research International*, **40**, 280-290.

Siracusa L., Gresta F., Sperlinga E., Ruberto G.(2017). Effect of sowing time and soil water content on grain yield and phenolic profile of four buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) varieties in a Mediterranean environment. *Journal of Food Composition and Analysis*, **62** ,1-7

Slavin J., Tucker M., Harriman C., and Jonnalagaddaet S.S. (2013). Whole grains: Definitions, dietary recommendations and health benefits. *Cereals Foods World*,**58** , 191-198.

Szczesniak, A. (2002).Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*,**13** ,215- 225.

Tester, R.F., Debon, S. J. J. (2000). Annealing of starch. A review. *International Journal of Biological Macromolecules*,**27** ,1-12.

Torbica M., Hadnađev T.D. (2012).Rice and buckwheat flour characterization and its relation to cookie quality.*Food Res. Intern.*, **48** ,277-283.

Valles Pamies, B., Roudaut, G., Dacremont, C., Le Meste, M., Mitchell, J.R. (2000). Understanding the texture of low moisture cereal products: Mechanical and sensory measurements of crispness. *Journal of the Science of Food and Agriculture*,**80** ,1679-1685.

Van der Borght, A., Goesaert, H., Veraverbeke, W.S., Delcour, J.A. (2005). Fractionation of wheat flour into starch and gluten: overview of the main processes and the factors involved. *Journal of Cereal Science*, **41** ,221-237.

Van Hung P. , Morita N. (2008) Distribution of phenolic compounds in the graded flours milled from whole buckwheat grains and their antioxidant capacities *Food Chem.*, **109** ,325-331.

Verardo V., Arráez-Román D., Segura-Carretero A., Marconi E., Fernández-Gutiérrez A. (2010). Caboni Identification of buckwheat compounds by reverse phase high performance liquid chromatography-electrospray ionization-time of flight- mass spectrometry (PR-HPLC-ESI-TOF-MS).*J. Cereal Sci.*, **52** , 170-176.

Wang, J., Rosella, M.C., De Barbera, B.C. (2002). Effect of the addition of different fibers on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry*, **79** ,221-226.

Wehrle, K., Grau, H., Arendt, E.K. (1997). Effects of lactic acid, acetic acid and table salt on fundamental rheological properties of wheat dough. *Cereal Chemistry*, **74**, 739-744.

Xiaona G., HuiyuanY. (2006). Fractionation and characterization of tartary buckwheat flour proteins. *Food Chemistry*, **98**, 90-94.

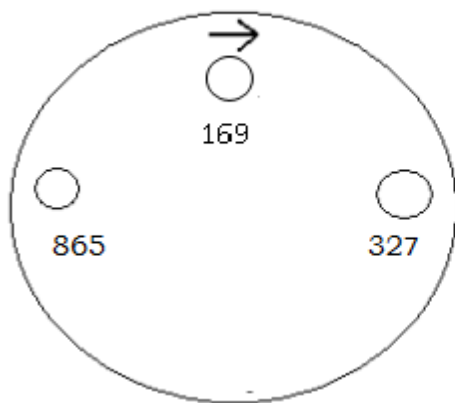
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Έντυπες οδηγίες οργανοληπτικού ελέγχου

Οδηγίες για τον αντικειμενικό οργανοληπτικό έλεγχο

Το πιάτο με τα δείγματα που θα σας δοθεί θα μοιάζει με το παρακάτω σχήμα. Κάθε δείγμα φέρει έναν τυχαίο τριψήφιο αριθμό.



Παράδειγμα
σημειώσεων περιθωρίου

327 > 169 > 865

Σας ζητείται σε κάθε ερώτηση να αξιολογήσετε ένα καθορισμένο χαρακτηριστικό ως προς την ένταση (π.χ. όταν σας ζητείται να «χαρακτηρίσετε τα δείγματα αυτά αναφορικά με το αφράτο» σημαίνει να τα βαθμολογήσετε με βάση την ένταση του αφράτου.)

1. Δοκιμάζετε τα 4 δείγματα με τη φορά που δείχνει το βέλος.
2. Πριν βάλετε τη βαθμολογία σας στην κλίμακα δοκιμάστε όλα τα δείγματα διαδοχικά για να έχετε μία πρώτη σύγκριση.
3. Κάθε φορά που δοκιμάζετε ένα δείγμα ξεπλένετε το στόμα σας πριν δοκιμάσετε το επόμενο.
4. Σημειώστε στο περιθώριο, για να θυμάστε, τους κωδικούς βάζοντάς τους σε αυξανόμενη σειρά ως προς την ένταση.
5. Τέλος, σημειώνετε πάνω στην κλίμακα βάζοντας μία κάθετη γραμμή και αναγράφοντας από πάνω της τον κωδικό του δείγματος (όπως απεικονίζεται παρακάτω).
6. Σε όποιο δείγμα χρειάζεται, δοκιμάστε ξανά πριν σημειώσετε στην κλίμακα.

0



- Μη διστάσετε να ρωτήσετε όποια απορία έχετε.
 - Μην ξεχάσετε να γράψετε το ονοματεπώνυμό σας.
- Ευχαριστούμε για τον χρόνο σας!

Ερωτηματολόγιο αντικειμενικού-ηδονικού οργανοληπτικού ελέγχου

Όνοματεπώνυμο :.....

Οργανοληπτικός έλεγχος ψωμιού

1. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση του χρώματος της κόρας.

Καθόλου σκούρο	Μέτρια σκούρο	Πολύ σκούρο
<hr/>		

2. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση του χρώματος της ψίχας.

Καθόλου σκούρο	Μέτρια σκούρο	Πολύ σκούρο
<hr/>		

3.Χαρακτηρίστε τα δείγματα αναφορικά με το πορώδες (δομή κυψελίδων).

Καθόλου πυκνή	Μέτρια Πυκνή	Πολύ πυκνή δομή
<hr/>		

4.Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση του αρώματος τους.

Καθόλου έντονο	Μέτρια έντονο	Πολύ έντονο
<hr/>		

5.Χαρακτηρίστε τα δείγματα αναφορικά με την σκληρότητα τους. Σκληρότητα: Η απαιτούμενη δυνατή για να συμπιεστεί ένα τρόφιμο μεταξύ των γομφίων του στόματος.

Καθόλου σκληρό	Μέτρια σκληρό	Πολύ σκληρό
<hr/>		

6.Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ελαστικότητα. Ελαστικότητα: Βαθμός επαναφοράς του δείγματος στην αρχική κατάσταση μετά την πρώτη μάσηση.

Καθόλου ελαστικό	Μέτρια μαλακό	Πολύ ελαστικό

7. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αναφορικά με την **ευθρυπτότητα** με ελαφριά συμπίεση με τις άκρες των δακτύλων (**πόσο εύκολα θρυμματίζεται**)

Καθόλου εύθρυπτο	Μέτρια εύθρυπτο	Πολύ εύθρυπτο

8. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την συνολική τους **αποδεκτότητα**.

Καθόλου αποδεκτό	Μέτρια αποδεκτό	Πολύ αποδεκτό

9. Αναφορικά με το δείγμα που είχε την μέγιστη βαθμολογία στην προηγούμενη ερώτηση, σημειώστε με X στον παρακάτω πίνακα τα χαρακτηριστικά εκείνα τα οποία πιστεύετε ότι διακρίνονται επαρκώς οργανοληπτικά, καθώς και την έντασή τους.

ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΟ ΝΑ ΕΚΤΙΜΗΣΕΤΕ ΟΛΑ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΑΡΑ ΜΟΝΟ ΟΣΑ ΑΝΤΙΛΑΜΒΑΝΕΣΤΕ ΕΠΑΡΚΩΣ

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΚΑΘΟΛΟΥ	ΛΙΓΟ	ΜΕΤΡΙΑ	ΑΡΚΕΤΑ	ΠΟΛΥ
ΧΡΩΜΑ ΚΟΡΑΣ					
ΧΡΩΜΑ ΨΙΧΑΣ					
ΠΟΡΩΔΕΣ					
ΑΡΩΜΑ					
ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ					
ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ					
ΕΥΘΡΥΠΤΟΤΗΤΑ					