

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**  
**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

**ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ**  
**ΨΩΜΙΟΥ ΤΟΥ ΤΟΣΤ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**  
**ΠΟΠΠΟΥ ΑΡΓΥΡΩ**

**ΚΑΛΑΜΑΤΑ**  
**2017**

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**  
**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

**ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ**  
**ΨΩΜΙΟΥ ΤΟΥ ΤΟΣΤ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**  
**ΠΟΠΠΟΥ ΑΡΓΥΡΩ**

**Επιβλέπων καθηγητής: Βαρζάκας Θεόδωρος**  
**Εξεταστική Επιτροπή: Αγριοπούλου Σοφία**  
**Κουτρομπής Φώτιος**

**ΚΑΛΑΜΑΤΑ**

**2017**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ψωμί αποτελεί σημαντικό προϊόν για την καθημερινή διατροφή του ανθρώπου και αποτελείται από αλεύρι, νερό, μαγιά και αλάτι. Τις τελευταίες δεκαετίες η αρτοποιία έχει αναπτυχθεί έχοντας μια έντονη τάση για μείωση της χρήσης χημικών και προσθέτων που χρησιμοποιούνται στα αρτοσκευάσματα όπως το ψωμί του τοστ.

Στη παρούσα εργασία γίνεται αναφορά στα συστατικά αρτοποιήσης και στις πρόσθετες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ψωμιού του τοστ. Αναλύονται τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας όπου είναι η ανάμειξη συστατικών, η ανάπαυση και μορφοποίηση, η ωρίμαση, το ψήσιμο και τέλος η συσκευασία του προϊόντος.

Επίσης αναλύονται τρόποι για τον έλεγχο την ποιότητας του τελικού προϊόντος.

## **ABSTRACT**

Bread is an important product for daily human consumption and is made of flour, water, yeast and salt. In recent decades, the bakery has been developed and there is a strong tendency to reduce the use of chemicals and additives used in bakery products such as bread toast.

In this paper reference is made to baking ingredients and additives used to toast bread. Analyzed the stages of the production process wherein the blending components, the rest and molding, the curing, cooking, and finally packaging the product.

Also discussed ways to control the quality of the final product.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Με την ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας και των σπουδών μου θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που με βοήθησαν και ήταν δίπλα μου μέχρι το τέλος, ο καθένας με το δικό του ξεχωριστό τρόπο.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Βαρζάκα Θεόδωρο, για τη συνεργασία και την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους ανθρώπους που με στήριξαν και με βοήθησαν ο καθένας με τον τρόπο του και τις γνώσεις του στην ολοκλήρωση των σπουδών μου.

## Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΣΙΤΗΡΩΝ.....	9
2.1 Σιτάρι.....	9
2.2 Σημασία των σιτηρών για τη διατροφή.....	11
2.3 Ο σπόρος και η δομή του σιταριού.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΛΕΥΡΙ.....	14
3.1 Σύσταση αλεύρου.....	17
3.2 Ποιοτικός έλεγχος αλεύρων.....	22
3.3 Αναλύσεις αλεύρων.....	22
3.4 Αναλύσεις σχετικές με την πρωτεΐνη.....	24
3.5 Αναλύσεις σχετικές με την δραστικότητα των αμυλασών.....	26
3.6 Ρεολογικές μετρήσεις.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΨΩΜΙΟΥ ΤΟΥ ΤΟΣΤ.....	36
4.1 Συστατικά αρτοποιίας.....	37
4.1.1 Αλεύρι.....	37
4.1.2 Νερό.....	37
4.1.3 Αλάτι.....	38
4.1.4 Μαγιά.....	38
4.2 Πρόσθετα.....	39
4.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ.....	50
5.1 Ποιοτικός έλεγχος τροφίμων.....	50
5.1.1 Υφή.....	51
5.1.2 Γεύση.....	52
5.1.3 Οσμή.....	53
5.1.4 Ανάλυση εικόνας (Image tool).....	53
5.1.5 Ανάλυση χρώματος.....	54
5.2 Ποιοτικός έλεγχος αρτοσκευασμάτων.....	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΜΠΑΓΙΑΤΕΜΑ ΨΩΜΙΟΥ ΤΟΥ ΤΟΣΤ.....	60
6.1 Μηχανισμός μπαγιατέματος.....	61
6.2 Αντιμετώπιση του μπαγιατέματος.....	62
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	63

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αρτοποιία είναι μια τέχνη που υπάρχει εδώ και χιλιάδες χρόνια, η εξέλιξη της οποίας έχει προχωρήσει μέσα από πολλές δοκιμές. Τα τελευταία 50 χρόνια υπάρχει μια τάση για μείωση της χρήσης χημικών και προσθέτων που χρησιμοποιούνταν για να προσδώσουν επιθυμητές ιδιότητες στα αρτοσκευάσματα. Αυτή η τάση έχει δημιουργήσει ένα μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων των συστατικών και των μεθόδων επεξεργασίας των αρτοσκευασμάτων. Η κατανόηση αυτή οδηγεί σε όλο και περισσότερες αλλαγές στην παραγωγική διαδικασία. (Owens, 2001)

Στη χώρα μας παρασκευάζονται πολλές κατηγορίες ψωμιού με μικρές διαφορές που αφορούν την διαδικασία παραγωγής και τις ύλες της ζύμης. Εκτός από την επεξεργασία, τις αναλογίες και τον τύπο αλεύρου, ανάλογα με τις απαιτήσεις της βιομηχανίας επηρεάζεται και η ποιότητα του τελικού προϊόντος. (Μποσδίκος, 2005). Η αρτοποιητική ικανότητα των σιτάλευρων καθορίζεται κατά ένα μεγάλο μέρος από την ποσότητα και την ποιότητα των πρωτεϊνών του. (Caballero *et al.*, 2006) Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια μεγάλη τάση στην ανάπτυξη και εξέλιξη των αρτοσκευασμάτων από άλευρα ολικής άλεσης λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους και της αυξημένης διατροφικής αξίας τους. (Μποσδίκος, 2005). Τα αρτοσκευάσματα ολικής άλεσης είναι πλούσια σε φυτικές ίνες. Η διατροφική σημασία των φυτικών ινών είναι μεγάλη και έχει αποδειχθεί από πολλές μελέτες. Η πιο κοινή πηγή φυτικών ινών είναι τα πίτυρα των δημητριακών. Ωστόσο όταν τα πίτυρα προστίθενται στα άλευρα ολικής άλεσης έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση του όγκου του ψωμιού και την απώλεια της ελαστικότητας της ψίχας. (Katina *et al.* 2005)

Το βασικότερο συστατικό στην αρτοποιία για την παραγωγή προϊόντων είναι το αλεύρι. Υπάρχουν διαφορές ως προς τη καταλληλότητα του αλεύρου οι οποίες επηρεάζονται από την ποιότητα του σιταριού αλλά και από τις συνθήκες άλεσης στις οποίες υποβάλλεται στους μύλους. Επίσης υπάρχουν διαφορές και ως προς τις κατηγορίες των αλεύρων οι οποίες διαμορφώνονται ανάλογα με τη διαδικασία άλεσης η οποία είναι πολλαπλών φάσεων. Η σύγχρονη αλευροβιομηχανία έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει και να προσφέρει στην αρτοποιία άλευρα άριστης αρτοποιητικής ικανότητας. (Δημόπουλος, 1987)

Κάθε αρτοποιητικό προϊόν που έχει μαλακή και σπογγώδη μορφή μπαγιατεύει. Το μπαγιατέμα ή παλαίωση είναι ανάλογο με την περιεχόμενη υγρασία. Όσο υψηλό διατηρείται το επίπεδο της αρχικής υγρασίας τόσο μεγαλύτερη είναι και η διατηρησιμότητα των προϊόντων. Το μπαγιατέμα των αρτοσκευασμάτων είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η βιομηχανία αρτοποιίας. Οι φυσικοχημικές αλλαγές κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης του ψωμιού οδηγούν στην απώλεια σταθερότητας της ψίχας, στην αλλαγή της γεύσης καθώς και στο μαλάκωμα της κόρας. Η ταχύτητα μπαγιατέματος εξαρτάται από την θερμοκρασία και συγκεκριμένα είναι μεγαλύτερη στις χαμηλότερες θερμοκρασίες και ιδιαίτερα στους 0°C. Το ψωμί δεν μπαγιατεύει είτε σε χαμηλές θερμοκρασίες δηλαδή κάτω από -18°0 είτε σε υψηλές θερμοκρασίες πάνω από 43°C



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΣΙΤΗΡΩΝ

Τα σιτηρά ή δημητριακά είναι μέλη της μονοκοτυλήδονης οικογένειας των αγροστωδών (*Graminae*). Οι καρποί τους είναι ξηροί και περιέχουν ένα μόνο σπέρμα και τους ονομάζουμε σπόρους ή κόκκους. Τα κυριότερα σιτηρά είναι το σιτάρι, το κριθάρι, το καλαμπόκι, η βρώμη, το ρύζι, η σίκαλη, το κεχρί και το σόργο. (Κεφαλάς 2002)

Η μεγάλη διάδοση και συμβολή των σιτηρών στη διατροφή του ανθρώπου οφείλεται στο ότι είναι εύκολη η καλλιέργεια τους, ,πορούν να εναποθηκευθούν για μεγάλα χρονικά διαστήματα και μπορούν να παρασκευαστούν από αυτά, εύκολα ,φαγώσιμα προϊόντα εύγευστα ,εύπεπτα και φτηνά. (Δημόπουλος, 1987)

### 2.1 Σιτάρι

Σύμφωνα με τους επιστήμονες, το σιτάρι προήλθε από την περιοχή της Μέσης Ανατολής και ειδικότερα από την κοιλάδα της Μεσοποταμίας που αποτελεί σήμερα τμήμα του Ιράκ. Μία μορφή σιταριού φυόταν στην κοιλάδα αυτή από το 7000 π.Χ., ενώ αναφορές στο σιτάρι - χρονολογούμενες από το 3000 π.Χ. έχουν γίνει από τους Ασσύριους και τους Βαβυλώνιους. Σήμερα οι καλλιέργειες σιταριού καλύπτουν τη μεγαλύτερη επιφάνεια γης από οποιοδήποτε άλλο δημητριακό και όχι τυχαία, καθώς το σιτάρι αποτελεί για μεγάλη μερίδα του παγκόσμιου πληθυσμού βασικό παράγοντα διατροφής. (Σαμακίδης, 2006)

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. Υπάρχουν 15 είδη σιταριού από τα οποία μόνο τρία έχουν εμπορική σημασία:

Το μαλακό σιτάρι (*Triticum vulgare*). Από τις διάφορες ποικιλίες του παίρνουμε τα αλεύρια αρτοποιίας, μπισκοτοποιίας και ζαχαροπλαστικής. Έχουν δομή μαλακή και η τομή των κόκκων τους είναι συνήθως αλευρώδης. Είναι το περισσότερο καλλιεργούμενο είδος σιταριού πλέον το 90% της παγκόσμιας παραγωγής.

Το σκληρό σιτάρι (*Triticum durum*). Από τις διάφορες ποικιλίες του παίρνουμε τα σιμιγδάλια για την παρασκευή ζυμαρικών. Οι κόκκοι του είναι συνήθως πολύ σκληροί και η τομή τους είναι υαλώδης, ενώ το πρωτεϊνικό τους περιεχόμενο είναι υψηλότερο. Το είδος αυτό αντιπροσωπεύει το 6% της παγκόσμιας παραγωγής. Για την αρτοποιία είναι μάλλον ακατάλληλο.

Το είδος *Triticum Compactum*. Οι κόκκοι του είναι κόκκινοι και άσπροι, όμως κατά κανόνα καλλιεργούνται οι άσπρες ποικιλίες. Η δομή των κόκκων είναι μαλακή και με χαμηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο. Είναι ακατάλληλο για την αρτοποιία, αλλά άριστο για ορισμένα είδη κέικ καθώς και στην ζαχαροπλαστική που χρειάζεται αδύνατη γλουτένη και χαμηλό ποσοστό πρωτεϊνών. (Τσιάρας, 1987)

## 2.2 Σημασία των σιτηρών για τη διατροφή

Τα σιτηρά αποτελούν τη σπουδαιότερη πηγή υδατανθράκων για τον άνθρωπο. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη περιεκτικότητά τους σε άμυλο (60-70%). Η υδρόλυση του αμύλου αξιοποιείται και σε βιομηχανική κλίμακα για να παραχθούν γλυκαντικές ύλες (γλυκόζη, φρουκτόζη) καθώς και αλκοολούχα ποτά (μπύρα, ουίσκι, σάκε).

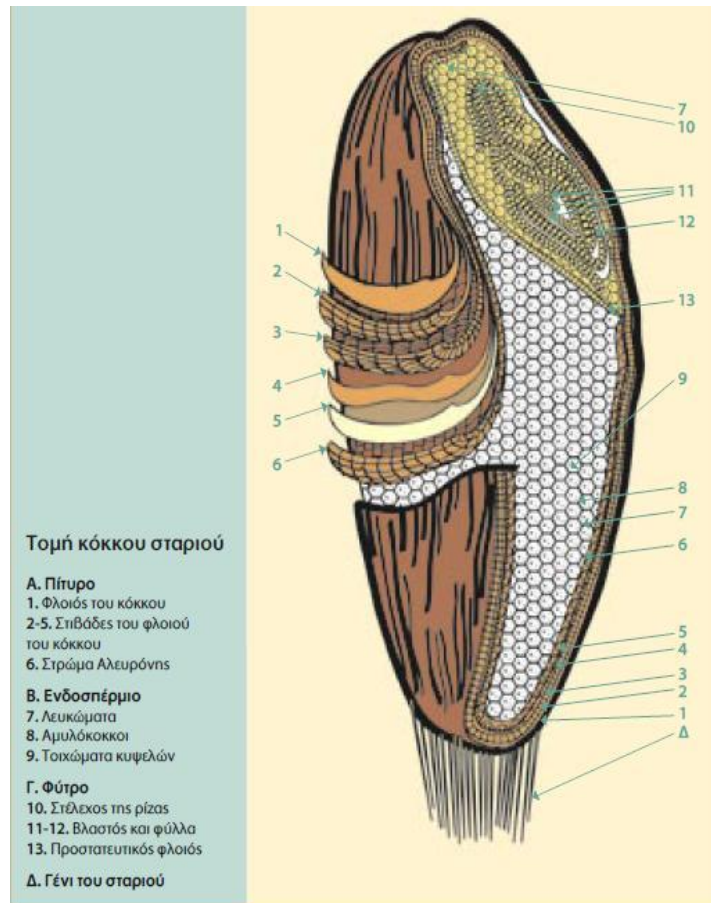
Το δεύτερο σε αναλογία συστατικό των σιτηρών είναι η πρωτεΐνη που έχει εύλογα μεγάλη σημασία για τη διατροφή. Υστερεί όμως από τις ζωικές πρωτεΐνες σε διατροφική αξία, διότι περιέχει μικρότερα ποσοστά απαραίτητων αμινοξέων.

Τα δευτερεύοντα συστατικά τους όπως τα έλαια των σιτηρών (αραβοσιτέλαιο, σιτέλαιο), οι βιταμίνες (κυρίως Β, Ε, νιασίνη, φολικό οξύ) και η κυτταρίνη έχουν επίσης μεγάλη σημασία.

Τα σιτηρά έχουν ακόμη κάποια πλεονεκτήματα τα οποία συνετέλεσαν στη μεγάλη διάδοσή τους. Αυτά είναι τα εξής: α) η εύκολη καλλιέργειά τους, β) αποθήκευση σε συνθήκες περιβάλλοντος για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να αλλοιωθούν, γ) μεταφορά και αποθήκευση χωρίς να απαιτείται συσκευασία και δ) παρασκευή εύγευστων, εύπεπτων και φθηνών προϊόντων. (Κεφαλάς, 2002)

## 2.3 Ο σπόρος και η δομή του σιταριού

Οι σπόροι του σιταριού αποτελούνται από τρία κυρίως μέρη (Σχήμα 1): α) Το εξωτερικό πίτυρο, το οποίο καλύπτει το 13-15% του κόκκου, β) το εσωτερικό ενδοσπέρμιο, το οποίο καλύπτει το 82-83% και αποτελεί το κυρίως τμήμα του κόκκου και μας προσφέρει το αλεύρι και γ) το φύτρο από το οποίο θα προέλθει το νέο φυτό και καλύπτει το 1-3% του κόκκου. Όσον αφορά τη χημική σύσταση των μερών του σίτου, περιλαμβάνονται οι ακόλουθες ουσίες: άμυλο, πρωτεΐνες, κυτταρίνη (ακατέργαστες ίνες), σάκχαρα, λιπαρά και ανόργανα άλατα. (Κριτσαντώνης, 2006)



**Σχήμα 1:** Τομή κόκκου σταριού (Κριτσαντώνης, 2006)

Το φύτρο ή έμβρυο χωρίζεται από τον υπόλοιπο κόκκο με μια μεμβράνη, το ασπίδιο. Στο έμβρυο και στο ασπίδιο είναι συγκεντρωμένα ένζυμα (αμυλάσες, πρωτεάσες, οξειδάσες και λιπάσες). Σε αυτό το τμήμα του κόκκου υπάρχει η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη σε σχέση με τα άλλα τμήματά του. Επιπλέον, στο έμβρυο περιέχονται διαλυτά ζάχαρα (κυρίως ζαχαρόζη, πεντοζάνες, γλυκόζη, φρουκτόζη και μαλτόζη), βιταμίνη Β, τέφρα, έλαιο και βιταμίνη Ε. Το έμβρυο συχνά αφαιρείται κατά το άλεσμα επειδή είναι η αιτία για το τάγγισμα των λιπών κατά την αποθήκευση του αλεύρου. Ωστόσο, επειδή είναι θρεπτικά πολύτιμο συχνά πωλείται ξεχωριστά ή προστίθεται σε άλλα προϊόντα. Πιο συγκεκριμένα, η σύσταση του καρπού σε κάθε τμήμα του κόκκου δίνεται αναλυτικά στον Πίνακα 1. (Αντωνίου, 2004)

Σύσταση καρπού	Ενδοσπέρμιο	Έμβρυο	Περιβλήματα
Άμυλο 63-71%	71.0	14.0	8.6
Πρωτεΐνες 8-15%	9.6	28.5	14.4
Κυτταρίνη 2.0-2.5%	0.2	7.5	21.4
Λίπη 1.5-2.0%	1.4	10.4	4.7
Διαλυτά ζάχαρα 2.0-3.0%	1.1	16.2	4.6
Τέφρα 1.5-2.0%	0.7	4.5	6.3
Ημικυτταρίνες 2.5-3.0%	1.8	6.8	26.2

Πίνακας 1: Χημική σύσταση του καρπού του σιταριού (σε υγρασία 14%) και των κυρίων τμημάτων του (σε ποσοστά %) (Αντωνίου, 2004)

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΛΕΥΡΙ

Ως άλευρο σίτου ή απλώς άλευρο νοείται αποκλειστικά και μόνο το προϊόν της άλεσης υγιούς σίτου βιομηχανικά καθαρισμένο από κάθε ανόργανη ή οργανική ουσία. (Κ.Τ.Π., 2009).

Το αλεύρι αποτελεί το απαραίτητο συστατικό των διαφόρων προϊόντων της αρτοποιίας, μπισκοτοποιίας και των περισσοτέρων προϊόντων ζαχαροπλαστικής. 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.

Το αλεύρι παράγεται από άλεση του σιταριού. Ανάλογα με το βαθμό άλεσης προκύπτει και ο τύπος του κάθε αλεύρου. Τα μέρη βάρους αλεύρου που παράγονται από την άλεση 100 μερών βάρους σιταριού μας δίνουν και την ονομασία του τύπου είδους αλεύρου. Κατ' αυτόν τον τρόπο έχουμε τα άλευρα τύπου 90%, τύπου 70%, άλευρα πολυτελείας τύπου 85%, Μ, Κ και Π.

Η σύγχρονη αλευροβιομηχανία έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει και να προσφέρει για κατανάλωση άλευρα άριστης ποιοτικής ικανότητας. Η διαδικασία της άλεσης, η οποία είναι πολλαπλών φάσεων, δίνει τη δυνατότητα παραγωγής υψηλών απαιτήσεων διότι αναπτύσσεται η διαφορετικότητα των τύπων αλεύρων προσαρμόζοντας τις ιδιαιτερότητες του αλεύρου που θα παραχθεί για το αντίστοιχο προϊόν παρασκευής. Οι κύριες φάσεις που ακολουθούνται για την παραγωγή των διαφόρων τύπων αλεύρου είναι: καθαρισμός του σιταριού, κοντισιονάρισμα, αποφλοίωση, διαχωρισμός κόκκων ανά μέγεθος και άλεση. (Δημόπουλος, 1987)

Τα παρακάτω καθοριζόμενα ανώτατα όρια υγρασίας και πτητικών ουσιών (Πίνακας 2) επιτρέπεται να είναι αυξημένα κατά 0,5 μονάδες σε όλους τους τύπους αλεύρων για το χρονικό διάστημα από 15 Σεπτεμβρίου μέχρι και 15 Ιουνίου του επόμενου χρόνου.

Η γλουτένη των αλεύρων πρέπει να είναι καλής ποιότητας, δηλαδή πρέπει να είναι συνεκτική, ελαστική και όλκιμη. Άλευρα με ιξώδη ή διαρρέουσα υγρή γλουτένη θεωρούνται

σαν μη κανονικά και αποκλείονται από την άμεση κατανάλωση. Τέτοια άλευρα, μετά από σχετική γνωμοδότηση του Α.Χ.Σ. είναι δυνατόν να διατεθούν για άλλες ειδικές χρήσεις (π.χ. για την παρασκευή προϊόντων ζαχαροπλαστικής, μπισκοτοποιίας κ.λ.π.). Σε περίπτωση χρησιμοποίησης θερμικής επεξεργασίας (κοντισιονέρ) η γλουτένη μπορεί να είναι 18% τουλάχιστον, αντί των καθορισμένων για κάθε τύπο αλεύρου ποσοστών. Η εφυδάτωση της γλουτένης, η ικανότητα δηλαδή συγκρατήσεως νερού, πρέπει να είναι τέτοια ώστε το ποσοστό του νερού σε υγρή γλουτένη να μην είναι κατώτερο του 62%.

Το ποσοστό των πιτύρων πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των παρακάτω καθορισμένων για κάθε τύπο αλεύρου, ανωτάτων και κατωτάτων ορίων. Ο δε προσδιορισμός αυτών να γίνεται όταν η τέφρα εκτρέπεται από τα καθορισμένα όρια για αυτή ή όταν η κατά PECKAR δοκιμασία δεν ανταποκρίνεται στον δηλούμενο τύπο αλεύρου.

Η κατά PECKAR δοκιμασία ενεργείται με συγκριτική εξέταση του δείγματος προς συνήθη δείγματα αλεύρου αντίστοιχου τύπου που έχουν ελεγχθεί.

Η εξέταση της λεπτότητας των πιτύρων γίνεται σε άλευρα τύπου 85%. Το άλευρο τύπου 85% θεωρείται μη κανονικό για την λεπτότητα των πιτύρων, όταν 100 γραμμάρια αυτού, κοσκινισμένα πλήρως με κόσκινο από ύφασμα μεταξιού "για σιμιγδάλια Νο. 24" αφήνουν στο κόσκινο ποσό πιτύρων ανώτερο των 2 γραμμαρίων (2%).

Στο ανώτατο όριο οξύτητας κάθε τύπου αλεύρου δίνεται επιπλέον ανοχή 10% για την περίοδο από 15 Ιουνίου μέχρι και 15 Σεπτεμβρίου. Άλευρα με οξύτητα σε θειικό οξύ ανώτερα του 0,15% θεωρούνται σαν ακατάλληλα προς βρώση και δεν μπορούν με οποιονδήποτε τρόπο να χρησιμοποιηθούν σαν τρόφιμα. Τέτοια άλευρα αφού μετουσιωθούν κατάλληλα μπορούν να διατίθενται για ζωοτροφές, μετά από σύμφωνη γνώμη της Κτηνιατρικής Υπηρεσίας, η οποία και θα καθορίζει και τον τρόπο μετουσίωσης.

Επικουρικά μπορεί να ενεργείται προσδιορισμός των λιπαρών ουσιών για τον καθορισμό του τύπου ή του βαθμού άλεσης των αλεύρων.

Ως "υπόλειμμα σε τετραχλωράνθρακα" νοούνται οι ουσίες που καθιζάνουν κατά την κατεργασία του αλεύρου με τετραχλωράνθρακα με την καύση αυτών σε 400°C περίπου και πλύση με υδροχλωρικό οξύ. Άλευρα που έχουν υπόλειμμα σε τετραχλωράνθρακα ανώτερο των ανωτάτων καθορισμένων ορίων για κάθε τύπο αλεύρου αποκλείονται της κατανάλωσης.

Άλευρα που παρουσιάζουν τριγμό κατά την μύσηση, ανεξάρτητα από το περιεχόμενο σε αυτά ποσοστό υπολείμματος σε τετραχλωράνθρακα, αποκλείονται από την κατανάλωση.

(Κ.Τ.Π., 2009)

Τύποι Αλεύρων	Μέγιστη Υγρασία %	Κατώτατη Υγρή Γλουτένη %	Ανώτατη Οξύτητα σε SO <sub>4</sub> %	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	-

Πίνακας 2: Τύποι αλεύρων και όροι για τη διάθεσή τους (Κ.Τ.Π., 2009)



### 3.1 Σύσταση αλεύρου

Το αλεύρι, από πλευράς σύστασης αποτελείται από υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπαρές ύλες, ανόργανα συστατικά, υγρασία και ένζυμα. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικότερα τα συστατικά αυτά.

#### ***Υγρασία***

Η περιεχόμενη υγρασία του σιταριού και κατά συνέπεια του αλεύρου, δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 15% προκειμένου να μην προκαλέσει πρόβλημα. Με μεγαλύτερη υγρασία έχουμε ανάπτυξη μυκήτων, δυσάρεστων οσμών, ταχεία αποσύνθεση της γλουτένης και μικρότερη απορρόφηση νερού από το ζυμάρι.

#### ***Ένζυμα***

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

#### ***Υδατάνθρακες***

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

### ***Γλουτένη***

Η γλουτένη είναι μια σύνθετη πρωτεΐνη που βρίσκεται στα σιτηρά. Πιο συγκεκριμένα, η γλουτένη είναι η σύνθεση της γλοιαδίνης και της γλουτενίνης που υπάρχουν συνδεδεμένες με το άμυλο στο ενδοσπέρμιο των κόκκων των σιτηρών. Η γλοιαδίνη και η γλουτενίνη περιλαμβάνουν περίπου το 80% της πρωτεΐνης που περιέχεται σε σπόρους σίτου. Όντας αδιάλυτη στο νερό, μπορεί να διαχωριστεί από το άμυλο. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η γλουτένη είναι μια πηγή πρωτεΐνης, τόσο στα τρόφιμα που παρασκευάζονται άμεσα από τις πηγές που το περιέχουν, όσο και ως πρόσθετο σε τρόφιμα με χαμηλή πρωτεΐνη. Αυξάνει την ελαστικότητα στη ζύμη βοηθώντας να αυξάνεται και να διατηρείται το σχήμα του και συχνά δίνει στο τελικό προϊόν μια λαστιχωτή σύσταση. (Zaidel et al. 2007)

Οι ιδιότητες της γλουτένης ποικίλουν ανάλογα με τη σύνθεσή της, η οποία διαφέρει ανάλογα με την πηγή. Έτσι όταν το σιτάρι έχει υποστεί λεύκανση και αναμειγνύεται με νερό, σχηματίζει μια ζύμη με μοναδικές ρεολογικές ιδιότητες όπως η διατήρηση φυσαλίδων αερίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ζύμη να είναι κατάλληλη για να χρησιμοποιηθεί σε ένα μεγάλο εύρος προϊόντων. Αυτές οι ιδιότητες είναι που καθιστούν την γλουτένη κατάλληλη για την προετοιμασία μιας μεγάλης ποικιλίας προϊόντων διατροφής όπως το ψωμί, τα ζυμαρικά, τα μπισκότα, το κέικ, τα γλυκά και πολλά άλλα τρόφιμα. Οι ρεολογικές ιδιότητές της είναι η βάση των λειτουργικών χρήσεων της ζωτικής γλουτένης. Από τη φύση της η γλουτένη είναι μια πρωτεΐνη που είναι αδιάλυτη στο νερό. Ενώ μπορεί να υπάρχουν μικρές ποσότητες των υδατοδιαλυτών πρωτεϊνών παγιδευμένες στη γλουτεϊνική μήτρα, αυτές ουσιαστικά δεν είναι εξαγωγίμες σε νερό υπό κανονικές συνθήκες. Παρά το άλυτο και υδρόφοβο χαρακτήρα της η γλουτένη απορροφά περίπου δύο φορές το βάρος της σε νερό διαμορφώνοντας μια ενυδατωμένη ελαστική κολλώδη μάζα. Η ελαστικότητα της γλουτένης είναι ευαίσθητη στη θερμότητα και τη μετουσίωση που είναι αποτελέσματα των διάφορων χημικών ουσιών. Επίσης μπορεί εύκολα να αποξηρανθεί με μικρή απώλεια της αρχικής υγρασίας ή με αλλαγή στις ιδιότητες ψησίματος. (Masci et al., 1995)

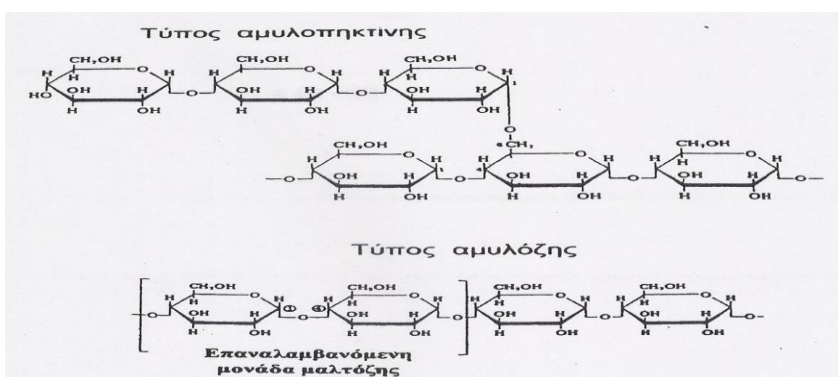
## Άμυλο

Το άμυλο είναι το κύριο σάκχαρο του σταριού και αλεύρου. Βρίσκεται υπό μορφή αμυλοκόκκων. Η δομή των αμυλοκόκκων είναι σφαιροκρυσταλλική. Η περιεκτικότητα σε αμυλόζη είναι κατά μέσο όρο 25% και το υπόλοιπο 75% είναι αμυλοπηκτίνη. Οι αμυλόκοκκοι είναι αδιάλυτοι στο νερό. Όταν ένα υδατικό αιώρημα αυτών θερμαίνεται, τότε απορροφούν νερό, διογκώνονται και διαρρηγνούνται, δηλαδή τα άπειρα μόρια αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης που περιέχονται στον κάθε αμυλόκοκκο διασκορπίζονται στο νερό. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως ζελατινοποίηση του αμύλου. (Δημόπουλος, 1987).

Το άμυλο αποτελείται από δύο συστατικά, την αμυλόζη και την αμυλοπηκτίνη (Σχήμα 2).

Η αμυλόζη είναι γραμμικό πολυμερές της γλυκόζης. Τα μόρια της γλυκόζης ενώνονται μεταξύ τους με  $\alpha$ -1,4 γλυκοζιτικούς δεσμούς σε μια μακριά αλυσίδα χωρίς διακλαδώσεις. Ορισμένα όμως πειραματικά δεδομένα δείχνουν ότι υπάρχουν και κάποιες διακλαδώσεις. Η αλυσίδα αυτή καμπυλώνεται στο χώρο και παίρνει σχήμα έλικας, μέσα στην οποία μπορούν να παγιδευτούν μόρια ιωδίου με αποτέλεσμα να αποκτήσει η αμυλόζη κυανόμαυρο χρώμα. Το μοριακό της βάρος είναι περίπου 250.000.

Η αμυλοπηκτίνη είναι και αυτή πολυμερές της γλυκόζης. Τα μόρια της γλυκόζης στην αμυλοπηκτίνη σχηματίζουν διακλαδισμένη αλυσίδα, η οποία παίρνει σχήμα δέντρου. Στα ευθύγραμμα τμήματα της αλυσίδας, τα μόρια της γλυκόζης ενώνονται μεταξύ τους με  $\alpha$ -1,4 γλυκοζιτικούς δεσμούς, ενώ στα σημεία των διακλαδώσεων υπάρχουν επιπλέον και  $\alpha$ -1,6 γλυκοζιτικοί δεσμοί. Το μοριακό βάρος της αμυλοπηκτίνης είναι της τάξεως του 1.000.000. (Κεφαλάς, 2002)



Σχήμα 2: Πολυμερή αμύλου (Κεφαλάς, 2002)

### **Ζελατινοποίηση του αμύλου**

Τα μόρια του αμύλου δε διαλύονται στο κρύο νερό. Όταν όμως θερμανθούν, απορροφούν νερό και διογκώνονται. Αρχικά, η διογκωση είναι αντιστρέψιμη, αλλά γίνεται μη αντιστρέψιμη καθώς η θερμοκρασία αυξάνει.

Με την αύξηση της θερμοκρασίας, τα μόρια του αμύλου δονούνται έντονα, σπάνε οι ενδομοριακοί δεσμοί που κρατούν τα μόρια σε συνοχή και επιτρέπουν στους δεσμούς υδρογόνου να δεσμεύουν περισσότερα μόρια νερού. Η δέσμευση του νερού οδηγεί σε αυξανόμενο διαχωρισμό των αλυσίδων του αμύλου με αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού και του μεγέθους των κρυσταλλικών περιοχών. Αν συνεχίσουμε τη θέρμανση έχουμε οριστική απώλεια της κρυσταλλικής ιδιότητας του αμύλου.

Σε αυτό το σημείο, το “ιζώδες” του συστήματος είναι όμοιο με αυτό ενός στερεού σώματος. Το σημείο αυτό αναφέρεται ως σημείο ζελατινοποίησης. Στο ψωμί, η ιζώδης ζύμη γίνεται ένα στερεό σφουγγάρι στο σημείο ζελατινοποίησης. Η παραπάνω διαδικασία στα προϊόντα αρτοποιίας γίνεται μεταξύ 60°-90°C. Στο ψωμί, τα μόρια του αμύλου μπορεί να είναι είτε πλήρως ζελατινοποιημένα, είτε σε μια πλήρη απώλεια της τάξης και με διαφορετικούς βαθμούς έκχυσης των πολυσακχαριτών.

Οι πολυσακχαρίτες που έχουν χάσει υγρασία συμπεριφέρονται σαν καουτσούκ, ενώ η αμυλοπηκτίνη θα βρίσκεται σε μια ελαστική κατάσταση. Όταν η περιεκτικότητα του νερού είναι μεγαλύτερη από 20%-30% w/w, όπως συμβαίνει στο ψωμί, θα έχουμε την επαναδιάταξη του αμύλου. (Κουντούρης, 2007)

### **Πρωτεΐνες**

Το πρωτεϊνικό περιεχόμενο είναι αυτό που επηρεάζει όσο τίποτε άλλο τις αρτοποιητικές ικανότητες ενός αλεύρου. Οι πρωτεΐνες αποτελούνται κυρίως από τη γλουτένη, η οποία καθορίζει τις ικανότητες του κάθε αλεύρου. Η γλουτένη είναι αδιάλυτη στο νερό, έχει όμως την ικανότητα να απορροφά νερό τουλάχιστον στο διπλάσιο του βάρους της και να διογκώνεται δημιουργώντας έτσι το πλέγμα – ιστό των ζυμαριών, συνδέοντας τα συστατικά του ζυμαριού μεταξύ τους και εγκλωβίζοντας τα παραγόμενα αέρια. Η ποσότητα και η ποιότητα της γλουτένης είναι αυτή που χαρακτηρίζει ένα άλευρο ως “δυνατό” ή “αδύνατο”. (Masci et al. 1995)

### ***Λιπίδια***

Τα σκουρόχρωμα αλεύρα περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα λιπαρών σε σχέση με τα λευκά αλεύρα. Λόγω της διακύμανσης της περιεκτικότητας των αλεύρων σε λιπαρά, δεν έχουμε ιδιαίτερη επίδραση στις αρτοποιητικές ικανότητες τους. Είναι γεγονός όμως ότι επιδρούν θετικά ως προς την ελαστικότητα της γλουτένης.

### ***Ανόργανα συστατικά***

Η περιεκτικότητα του αλεύρου σε ανόργανα συστατικά διαφέρει ανάλογα με την ποικιλία του σταριού, την κάθε σοδειά και τον τρόπο αποθήκευσης. Έχει θετική επίδραση πάνω στην γλουτένη, ιδιαίτερα στο ψήσιμο.

### ***Βιταμίνες***

Το σιτάρι είναι πλούσιο σε βιταμίνες E και B. Περιέχει ικανοποιητικό αριθμό βιταμινών κυρίως στο φύτρο και πίτυρο του καρπού. Για αυτό και όσο πιο λευκό είναι το αλεύρι τόσο πιο φτωχό σε βιταμίνες.

### 3.2 Ποιοτικός έλεγχος αλεύρων

Το αλεύρι αρτοποιίας έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά από το αλεύρι για μπισκότα, ενώ ένα πολύ καλό αλεύρι για κέικ ίσως είναι ακατάλληλο για μπισκότα. Ο ποιοτικός έλεγχος αλεύρων γίνεται για να εξεταστεί η καταλληλότητα του παραγόμενου αλεύρου για το τελικό προϊόν. Οι αναλύσεις που χρησιμοποιούνται επιλέγονται ανάλογα με το είδος του επιδιωκόμενου αλεύρου. (Τσιάρας, 1987)

### 3.3 Αναλύσεις αλεύρων

#### ***Filth test***

Η δοκιμή αυτή δείχνει το κατά πόσον το αλεύρι είναι καθαρό από τεμαχίδια εντόμων ή τρίχες ποντικών κλπ. Για την εκτέλεση της δοκιμής αυτής εκχυλίζεται με βενζίνη υδατικό αιώρημα αλεύρου, διηθείται και το ίζημα εξετάζεται στο μικροσκόπιο. (Κεφαλάς, 2002)

#### ***Δοκιμή Peckar***

Είναι μια πολύ απλή δοκιμή που επιτρέπει την εκτίμηση του χρώματος του αλεύρου, την παρατήρηση της ύπαρξης και τη μέτρηση του πλήθους των μαύρων ή καφέ στιγμάτων. Η παραλλαγή αυτής της δοκιμής επιτρέπει την ανίχνευση της ύπαρξης κιτρικού ή τρυγικού οξέος, ασκορβικού οξέος και οξειδωτικών στο αλεύρι. Με την δοκιμή αυτήν μπορούν να συγκριθούν ως προς το χρώμα δύο άλευρα, αν αυτά τοποθετηθούν δίπλα-δίπλα στο ίδιο ξύλο και συμπιεστούν συγχρόνως με την ίδια λεία επιφάνεια. (Κεφαλάς, 2002)

#### ***Προσδιορισμός υγρασίας***

Υπάρχουν πολλοί τρόποι προσδιορισμού της υγρασίας. Οι διάφοροι μέθοδοι συνήθως δίνουν διαφορετικά αποτελέσματα για το ίδιο δείγμα. Συνήθως ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:

1. Βασικές μέθοδοι. Αυτές είναι σχετικά ακριβείς και έχουν επαναληψιμότητα, αλλά έχουν το μειονέκτημα ότι διαρκούν πολύ. Είναι οι επίσημες μέθοδοι. Χρησιμοποιούνται και σαν μέθοδοι αναφοράς των μεθόδων των δύο άλλων κατηγοριών.

2. Ηλεκτρικές μέθοδοι. Βασίζονται στις ηλεκτρικές και διηλεκτρικές μεθόδους. Είναι πολύ γρήγορες και απλές, αλλά έχουν μικρή ακρίβεια και επαναληψιμότητα.

3. Πρακτικές μέθοδοι. Η βαθμονόμηση τους γίνεται σε σχέση με τις βασικές μεθόδους. Είναι πολύ γρήγορες και με μικρή ακρίβεια και επαναληψιμότητα. (Τσιάρας, 1987)

### ***Προσδιορισμός οξύτητας***

Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές της μεθόδου για τον προσδιορισμό της. Όλες βασίζονται στην εκχύλιση του αλεύρου με εξουδετερωμένη αλκοόλη. Διαφέρουν μεταξύ τους στις συνθήκες εκχύλισης και στην περιεκτικότητα της αλκοόλης σε νερό. Η αλκοόλη εξουδετερώνεται με άλκαλι γιατί έχει απορροφήσει από την ατμόσφαιρα CO<sub>2</sub> και εμφανίζει όξινη αντίδραση. Τα εκχυλισθέντα λιπαρά οξέα καθώς και ίχνη άλλων οξέων (π.χ. όξινα φωσφορικά άλατα) ογκομετρούνται με γνωστής κανονικότητας διάλυμα αλκάλειου και το αποτέλεσμα εκφράζεται συμβατικά σε H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, επειδή δεν είναι γνωστό ποια ακριβώς οξέα περιέχει το δείγμα. (Κεφαλάς, 2002)

### ***Προσδιορισμός τέφρας***

Τέφρα μιας ουσίας ονομάζεται το υπόλειπο 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 τα άλατα αυτά είναι όξινα φωσφορικά άλατα του καλίου και του μαγνησίου, φωσφορικό νάτριο και ασβέστιο, χλωριούχο νάτριο και ασβέστιο, ίχνη θειικών αλάτων και ίχνη αλάτων αργιλίου και σιδήρου. Τα άλατα αυτά με τη θερμότητα του κλιβάνου μετατρέπονται στα αντίστοιχα οξειδία, δηλαδή K<sub>2</sub>O, MgO, CaO και ίχνη οξειδίων των υπόλοιπων στοιχείων. Η τέφρα στα άλευρα του σίτου δίνει πληροφορίες για το από ποια μέρη του κόκκου προέρχεται το αλεύρι που εξετάζεται. (Κεφαλάς, 2002)

### 3.4 Αναλύσεις σχετικές με την πρωτεΐνη

Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη έχει σημασία, όταν πρόκειται να γίνει μια πρώτη εκτίμηση για το αν το αλεύρι που θα προκύψει θα έχει ικανοποιητικό ποσοστό υγρής γλουτένης. Τα δύο αυτά μεγέθη δεν συνδέονται ικανοποιητικά μεταξύ τους, γιατί υπεισέρχεται ο παράγοντας του διαφορετικού βαθμού ενυδάτωσης της γλουτένης.

Ο προσδιορισμός της πρωτεΐνης παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι με την κλασική μέθοδο Kjeldahl μπορεί να γίνει σε πολλά δείγματα συγχρόνως. Με την φασματοσκοπία NIR (Near Infrared Reflectance) μπορεί να γίνει ταχύτατα. Σε αντίθεση με το πλήθος των δειγμάτων που μπορούν να αναλυθούν σε δεδομένο χρονικό διάστημα με τις δυο αυτές μεθόδους, ο προσδιορισμός της υγρής γλουτένης σε δείγματα σίτου απαιτεί κάποιο χρόνο για κάθε δείγμα.

Οι αναλύσεις που σχετίζονται με την πρωτεΐνη είναι ο προσδιορισμός πρωτεΐνης με την μέθοδο Kjeldahl, με την φασματοσκοπία NIR, ο προσδιορισμός ποσότητας και ποιότητας γλουτένης, το τεστ Zeleny, η φαινογραφία και η εξτενσογραφία. (Κεφαλάς, 2002)

#### ***Προσδιορισμός πρωτεΐνης με την χρωματογραφία NIR***

Η μέθοδος φασματοσκοπία NIR εφαρμόζεται με πολύ καλά αποτελέσματα για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας ενός δείγματος σε πρωτεΐνη και σε υγρασία. Έχει εφαρμογή και σε άλλες αναλύσεις αλλά με μικρότερη ακρίβεια.

Η μέθοδος NIR βασίζεται στην ένταση ορισμένων απορροφήσεων στο εγγύς υπέρυθρο. Έχει το πλεονέκτημα ότι γίνεται ταχύτατα σε αλεσμένο δείγμα στην επιφάνεια του οποίου ανακλάται η προσπίπτουσα ακτινοβολία. Η ένταση της απορρόφησης για το κάθε συστατικό είναι ανάλογη με την περιεκτικότητά του στο δείγμα. Η υπόλοιπη ακτινοβολία ανακλάται και επιστρέφει στην συσκευή όπου μετριέται και υπολογίζεται το ποσοστό της που απορροφήθηκε. Η συσκευή καταγράφει ποιες συχνότητες ακτινοβολίας απορροφήθηκαν από το δείγμα και σε τι ποσοστό της αρχικής έντασης. Ένας επεξεργαστής συγκρίνει τα αποτελέσματα από το δείγμα με τα αποτελέσματα από γνωστά δείγματα και δίνει αμέσως την περιεκτικότητα από το συστατικό που ζητήθηκε. Για να έχουν ακρίβεια τα αποτελέσματα, τα δείγματα πρέπει να είναι αλεσμένα από τον ίδιο τύπο μύλου ώστε τα άλευρα να έχουν την ίδια κατανομή μεγέθους κόκκων. (Κεφαλάς, 2002)



### ***Προσδιορισμός υγρής γλουτένης***

Ο προσδιορισμός της υγρής γλουτένης βασίζεται στον σχηματισμό αδιάλυτης μάζας ενυδατωμένης γλουτένης η οποία αποχωρίζεται από τα υπόλοιπα συστατικά με έκπλυση υπό συνέχει μάλαξη.

Η γλουτένη είναι η υγρή, ελαστική μάζα που μένει μετά το ξέπλυμα και τις συνεχείς μαλάξεις ζυμαριού (αλεύρι και νερό) κάτω από το νερό της βρύσης. Με το πλύσιμο της ζύμης με νερό αφαιρείται το άμυλο και αυτό που μένει ονομάζεται γλουτένη. (Zaidel et al. 2007)

### ***Zeleny Test***

Το τεστ της τιμής καθίζησης (Zeleny test) είναι μια εύχρηστη μέθοδος από την άποψη ότι μπορούν να εξετασθούν πολλά δείγματα μαζί και να γίνει μια εκτίμηση της ποιότητας και ποσότητας της γλουτένης του καθενός. Επίσης είναι δυνατόν να διαπιστωθεί πολύ απλά αν το δείγμα προέρχεται από σιτάρι που έχει προσβληθεί από πεντατομίτη.

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην ενυδάτωση της πρωτεΐνης μέσα σε έγχρωμο διάλυμα για να διακρίνεται καλύτερα το μετέπειτα ίζημα. Κατόπιν, καταβυθίζεται με διάλυμα γαλακτικού οξέος. Όσο περισσότερη και καλύτερη είναι η γλουτένη, τόσο περισσότερο θα είναι το ίζημα. Αν όμως υπάρχουν πρωτεολυτικά ένζυμα στο χρονικό αυτό διάστημα, θα υδρολύσουν μέρος της γλουτένης και όταν θα προστεθεί το γαλακτικό οξύ, το ίζημα θα είναι λιγότερο. Συνεπώς με την εφαρμογή του τεστ σε δύο φάσεις έχουμε πολύ καλή ένδειξη για την ποσότητα και την ποιότητα της γλουτένης για πολλά δείγματα συγχρόνως και σε μικρό χρονικό διάστημα. (Κεφαλάς, 2002)

### 3.5 Αναλύσεις σχετικές με την δραστικότητα των αμυλασών

#### ***Δείκτης μαλτόζης***

Η μέθοδος του αριθμού μαλτόζης μετράει την αμυλασική δραστικότητα προσδιορίζοντας τη συγκέντρωση της μαλτόζης ως τελικού προϊόντος της υδρόλυσης του αμύλου του αλεύρου σε θερμοκρασία 27° ή 30° C για χρονικό διάστημα 60 min ανάλογα με τη μέθοδο. Οι θερμοκρασίες αυτές είναι αυτές που συνήθως εφαρμόζονται κατά τα στάδια της ανάπαυσης και της ωρίμανσης στη διαδικασία της αρτοποιίας. Συνεπώς η μέθοδος αυτή δίνει πληροφορίες για την παραγωγή ζυμώσιμων ζαχάρων στα στάδια αυτά. Η μέθοδος δεν δίνει πληροφορίες για το τι γίνεται σε άλλες θερμοκρασίες δεδομένου ότι με την αύξηση της θερμοκρασίας η δραστικότητα της α-αμυλάσης μεταβάλλεται διαφορετικά από ότι η δραστικότητα της β-αμυλάσης. (Κεφαλάς, 2002)

#### ***Μέθοδος FALLING NUMBER***

Με την μέθοδο Falling Number ή μέτρηση του δείκτη Hagberg, 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)

#### ***Φερμαντογραφία***

Η μέθοδος αυτή δίνει τον όγκο του CO<sub>2</sub> που παράγεται από ζυμάρι παρασκευής ψωμιού στους 30°C συναρτήσει του χρόνου. Τα αποτελέσματα εξαρτώνται από την ποιότητα της μαγιάς, το ποσοστό των σπασμένων αμυλοκόκκων και από την αμυλασική δραστικότητα. Αν οι δύο πρώτοι παράγοντες είναι σταθεροί, είναι δυνατόν να γίνει σύγκριση της δραστικότητας των αμυλασών δύο η περισσότερων αλεύρων από την ταχύτητα παραγωγής CO<sub>2</sub> και τον συνολικό όγκο του ύστερα από 4 ώρες. (Κεφαλάς, 2002)

### ***Ζυμοταχυγράφος και Rheofermentometer***

Ο ζυμοταχυγράφος προσδιορίζει συναρτήσει του χρόνου χωριστά τον όγκο του CO<sub>2</sub> που παράγεται, χωριστά τον όγκο του CO<sub>2</sub> που συγκρατείται από το ζυμάρι καθώς διογκώνεται και χωριστά τον όγκο του CO<sub>2</sub> που διαφεύγει από το ζυμάρι στην ατμόσφαιρα. Στο τέλος της ανάλυσης είναι δυνατόν να γνωρίζουμε τους συνολικούς όγκους του CO<sub>2</sub> στις τρεις παραπάνω σειρές μετρήσεων. Επιπλέον, το Rheofermentometer προσδιορίζει και την αντοχή του ζυμαριού συναρτήσει του χρόνου.

Οι πληροφορίες για την παραγωγή του CO<sub>2</sub> συναρτήσει του χρόνου, καθώς και της ικανότητας του ζυμαριού να το συγκρατεί είναι πολύ σημαντικές για τον έλεγχο της πορείας της ωρίμανσης στο θερμοθάλαμο κατά την διάρκεια της αρτοποιήσης. Είναι ένα βήμα παραπέρα από τις πληροφορίες που λαμβάνονται από τον φερμαντογράφο. (Κεφαλάς, 2002)

### ***Αμυλογραφία***

Η δραστηριότητα της β-αμυλάσης είναι πάντα σε ικανοποιητικά επίπεδα, άρα ενδιαφέρει κυρίως η δραστηριότητα της α-αμυλάσης. Οι περισσότερες μέθοδοι όμως, που χρησιμοποιούνται για αυτό από τους αλευρόμυλους και τις αρτοποιητικές μηχανές, προσδιορίζουν τη συνδυασμένη δραστηριότητα των δύο αμυλασών. Αιώρημα αλευρου με νερό τοποθετείται σε ειδικό δοχείο στη θερμοκρασία 30°C. Το αιώρημα αναδεύεται με αναδευτήρα συνδεδεμένο με δυναμόμετρο και καταγράφεται η αντίσταση λόγω του ιξώδους. Η θερμοκρασία του αιωρήματος αυξάνεται από τους 30-90°C. Αλεύρι σίτου που προορίζεται για αρτοποιήση, οι τιμές μεγίστου ιξώδους είναι 400-750BU. (Κεφαλάς, 2009)

### 3.6 Ρεολογικές μετρήσεις

Στις εργαστηριακές μεθόδους που αφορούν τη γλουτένη πρέπει να συμπεριληφθούν και οι μέθοδοι που προσδιορίζουν την συνεκτικότητα και την ελαστικότητα του ζυμαριού που παράγεται από το δείγμα του αλεύρου. Η πρώτη προσπάθεια έγινε με το test Kranz που μετρά την αντίσταση, την συνεκτικότητα, την αντοχή και την εκτατότητα της γλουτένης αφού προηγηθεί ο προσδιορισμός της υγρής γλουτένης. Κατά το Test Kranz η μάζα της υγρής γλουτένης εκτείνεται υπό την επίδραση βάρους και μετριέται το μήκος στο οποίο εκτείνεται μέχρι να κοπεί στα δύο. Η μέθοδος αυτή εγκαταλείπεται σήμερα και αντικαθίσταται με ειδικά όργανα που μετρούν τις ίδιες παραμέτρους, αλλά πλέον στο ζυμάρι. Τα πιο διαδεδομένα από τα όργανα αυτά είναι ο εξτενσιογράφος και ο αλβεογράφος. Παράλληλα με τον εξτενσιογράφο χρησιμοποιείται και ο φαρινογράφος στον οποίο γίνονται ορισμένες ρεολογικές μετρήσεις στο ζυμάρι και επιπλέον παρασκευάζεται το ζυμάρι που θα εξετασθεί στον εξτενσιογράφο. Ο φαρινογράφος και ο εξτενσιογράφος κατασκευάστηκαν για πρώτη φορά από το Γερμανό μηχανικό Brabender ο οποίος κατοχύρωσε τις ονομασίες αυτές.

Τα όργανα που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο έχουν καθιερωθεί για την αξιοπιστία τους και την επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων τους. Για αυτό χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία και στα ερευνητικά εργαστήρια για τη μελέτη της συμπεριφοράς των ζυμαριών που υφίστανται παραμόρφωση από την επίδραση δυνάμεων διάτμησης, πίεσης, έλξης και βαρύτητας. Η επιστήμη που μελετά τα φαινόμενα που έχουν σχέση με την παραμόρφωση της ύλης λέγεται ρεολογία και οι μετρήσεις που γίνονται με τα παραπάνω όργανα λέγονται ρεολογικές.

Η παραμόρφωση που μπορεί να υποστεί ένα ζυμάρι εξαρτάται από τους εξής παράγοντες: α) την τάση αργά ή γρήγορα να πάρει το σχήμα του δοχείου στο οποίο βρίσκεται, άρα να συμπεριφέρεται ως ιξώδες υγρό, β) την ελαστική παραμόρφωση που συμβαίνει όταν η δύναμη που προκαλεί την παραμόρφωση δεν υπερβαίνει κάποια τιμή διαφορετική για κάθε ποιότητα γλουτένης και γ) την πλαστική παραμόρφωση όταν η δύναμη υπερβεί την παραπάνω τιμή. Από το φαρινογράφο λαμβάνονται πληροφορίες για την πλαστικότητα και την ροή του ζυμαριού που υπόκειται σε συνεχή ανάμειξη και η θερμοκρασία του διατηρείται σταθερή. Από τον εξτενσιογράφο λαμβάνονται πληροφορίες για την συμπεριφορά του ζυμαριού όταν αυτό εκτείνεται κάτω από την επίδραση σταθερής δύναμης. Ρεολογικές μετρήσεις στο ζυμάρι

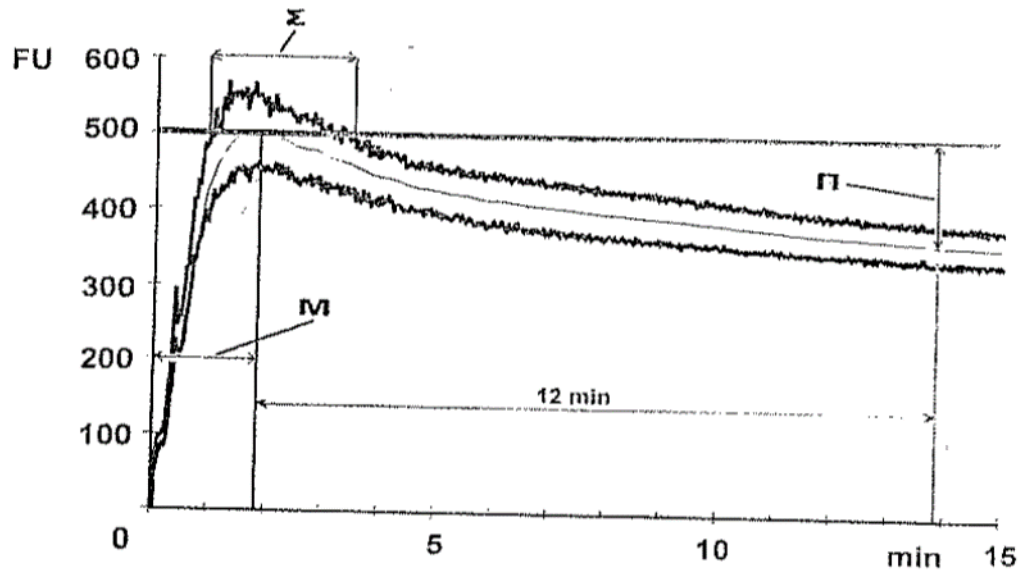
είναι δυνατόν να ληφθούν και με άλλα όργανα. Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα του φαρινογράφου και του εξτενσιογράφου είναι τα πιο αξιόπιστα.

Εξετάζοντας ρεολογικά το ζυμάρι (αντί για τη γλουτένη αυτή καθαυτή), λαμβάνονται αποτελέσματα πιο κοντά στο πώς θα συμπεριφερθεί το ζυμάρι κατά την αρτοποιήση, πράγμα που σε τελευταία ανάλυση είναι αυτό που ενδιαφέρει. Ειδικότερα κατά την εξέταση του ζυμαριού, στα αποτελέσματα εμφανίζονται και οι συνέπειες από την επίδραση των υπολοίπων παραγόντων του αλεύρου που επηρεάζουν την γλουτένη, διότι αυτοί οι παράγοντες θα υπάρχουν και κατά την αρτοποιήση. Συνεπώς με μια εξέταση μετριέται το συνολικό αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης όλων των παραγόντων που συμμετέχουν στην διαμόρφωση των ρεολογικών ιδιοτήτων του ζυμαριού. (Ρουσόπουλος, 2001)

### ***Φαρινογράφος***

Ο φαρινογράφος είναι από τα πιο διαδεδομένα όργανα στον κόσμο για την μέτρηση των ρεολογικών χαρακτηριστικών των αλεύρων. Μας πληροφορεί για την ικανότητα του αλεύρου στην απορρόφηση του νερού, την αντοχή του ζυμαριού στη μηχανική καταπόνηση κατά την κατεργασία και την υγιεινότητα 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 προχωρεί 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 . Στο (Σχήμα 3.) φαίνεται ένα τυπικό φαρινογράφημα. (Ρουσοπούλου, 2001)



**Σχήμα 3:** Τυπικό φαρινογράφημα (Κεφαλάς, 2009)

### *Αξιολόγηση του φαρινογραφήματος*

#### Απορρόφηση νερού

Απορρόφηση νερού είναι η ποσότητα του νερού (θερμοκρασίας 30<sup>0</sup>C) που απαιτεί το αλεύρι για να σχηματίσει ζυμάρι 500 φαρινογραφικών μονάδων. Κατά προσέγγιση είναι η ποσότητα νερού που θα χρησιμοποιηθεί για την αρτοποιία του αλεύρου.

#### Χρόνος ανάπτυξης του ζυμαριού

Χρόνος ανάπτυξης του ζυμαριού είναι ο χρόνος από την έναρξη της προσθήκης του νερού μέχρι το μέγιστο σημείο της καμπύλης. Σε περίπτωση που υπάρχουν δύο μέγιστα, το δεύτερο λαμβάνεται σαν χρόνος ανάπτυξης του ζυμαριού. Ο χρόνος ανάπτυξης εξαρτάται από την ποιότητα της γλουτένης. Όσο πιο δυνατό είναι ένα άλευρο, τόσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος ανάπτυξης.

### Σταθερότητα

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

### Εξασθένιση του ζυμαριού

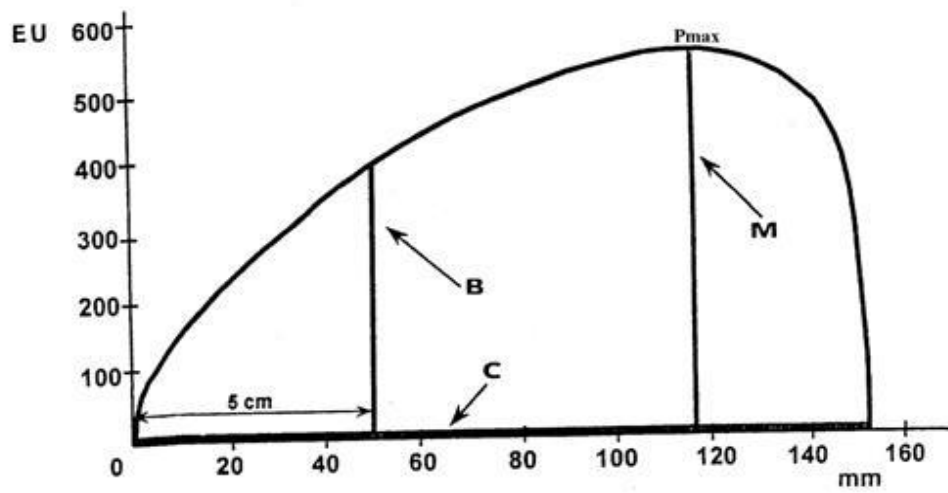
Εξασθένιση του ζυμαριού είναι η μείωση της συνεκτικότητας του ζυμαριού μετά από 10 ή 20 λεπτά ανάμειξης, δηλαδή είναι η διαφορά ανάμεσα στη συνεκτικότητα του χρόνου ανάπτυξης και στη συνεκτικότητα μετά από 10 και 20 λεπτά ανάμειξης. Αυτό εκφράζεται σε φαρινογραφικές μονάδες. (τα 20 λεπτά χρησιμοποιούνται μόνο για δυνατά άλευρα με μεγάλη σταθερότητα).

### Πτώση σε 12 λεπτά

Σημαντική είναι η πτώση του διαγράμματος 12 λεπτά μετά την έναρξη της πτώσης της καμπύλης (σημείο Π). Σχετίζεται με την εξασθένιση του ζυμαριού. (Ρουσόπουλος, 2001)

### **Εξτενσιογράφος**

Το μηχανολογικό σύστημα του εξτενσιογράφου αποτελείται από τρία κυρίως μέρη. Το τμήμα μορφοποίησης του ζυμαριού, ένα θερμοθάλαμο σταθερής θερμοκρασίας 30°C και τη συσκευή για την έκταση του ζυμαριού μαζί με τον μηχανισμό μέτρησης και καταγραφής της αντίστασης του ζυμαριού. Τα αποτελέσματα της εξέτασης στον εξτενσιογράφο δίνονται υπό την μορφή διαγράμματος οι οποίες μετρούν την αντίσταση που προβάλλει το ζυμάρι στη δύναμη που το εκτείνει μέχρι να το κόψει στα δύο. Ο εξτενσιογράφος συμπληρώνει τις πληροφορίες που μας δίνει ο φαρινογράφος για τα ρεολογικά χαρακτηριστικά του ζυμαριού και την επίδραση που έχουν σε 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 (δηλαδή την αντίσταση που προβάλλει κατά την επιμήκυνσή της). (Ρουσόπουλος, 2001)



Σχήμα4: Τυπικό εξτενσογράφημα (Κεφαλάς, 2009)



### Αξιολόγηση του εξτενσογραφήματος

Για την αξιολόγηση της ποιότητας ενός αλεύρου με τον εξτενσογράφο προσδιορίζονται διάφορες χαρακτηριστικές τιμές του εξτενσογραφήματος. Επίσης υπολογίζεται η απορρόφηση νερού που αντιστοιχεί σε ζυμάρι συνεκτικότητας 500 FU μετά την ανάπτυξη.

### Αντίσταση στην έκταση

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

### Εκτατότητα

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

### Λόγος

Ο λόγος B/C είναι το πηλίκο της αντίστασης στην εκτατότητα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος αυτός τόσο πιο σφιχτό είναι το ζυμάρι.

### Μέγιστο

Εκτός από την αντίσταση στην επιμήκυνση, αξιολογείται και το μέγιστο ύψος του διαγράμματος και εκφράζεται σε EU .

### Ενέργεια

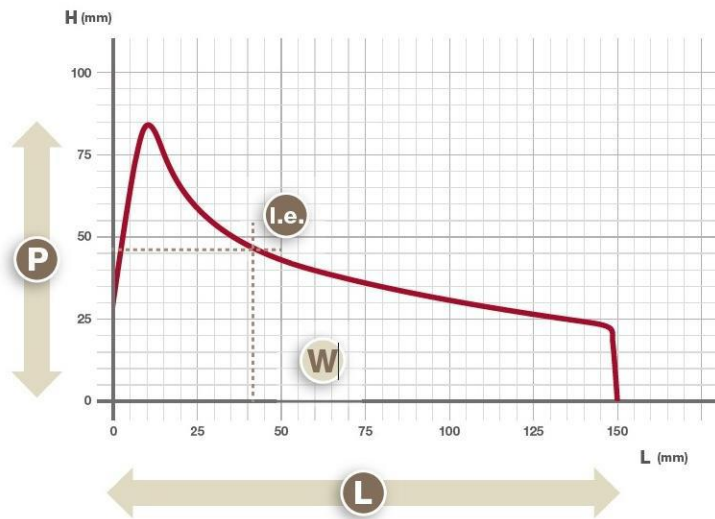
Είναι η επιφάνεια κάτω από την καταγραφείσα καμπύλη. Μετριέται σε cm<sup>2</sup> με εμβασμόμετρο και αποτελεί μέτρο της ενέργειας που δαπανάται για την παραμόρφωση του ζυμαριού μέχρι αυτό να κοπεί. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια τόσο μεγαλύτερη ενέργεια χρειάζεται να δαπανηθεί για την παραμόρφωση του ζυμαριού. (Κεφαλάς, 2009)

## **Αλβεογράφος**

Είναι μια συσκευή που είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην εξέταση των βασικών χαρακτηριστικών των ζυμαριών. Μας δίνει πληροφορίες για την αντοχή και τη εκτατότητα του ζυμαριού. Σε σχέση με τον Εξτενσιογράφο μειονεκτεί, γιατί δε δείχνει την επίδραση των βελτιωτικών στο ζυμάρι, καθώς και της ωρίμανσης. Ο Αλβεογράφος είναι όργανο πολύ ευαίσθητο στην ανίχνευση των ιδιοτήτων του κάθε ζυμαριού, για αυτό απαιτείται μεγάλη σχολαστικότητα στο χειρισμό του. Ο προσδιορισμός του ποσοστού υγρασίας του εξεταζόμενου δείγματος αλεύρου είναι μια σημαντική παράμετρος. Με βάση αυτό το ποσοστό καθορίζουμε και το ποσό του αλατούχου υδατικού διαλύματος (2,5%) που προσθέτουμε στο αλεύρι με τη βοήθεια του ειδικού πίνακα του κατασκευαστή. Ο τρόπος εργασίας περιγράφεται με συντομία στη συνέχεια.

Το εξεταζόμενο αλεύρι τοποθετείται στο ζυμωτήριο και στη συνέχεια προστίθεται το νερό που έχουμε υπολογίσει με το πίνακα. Μετά από ορισμένο χρόνο ζυμώματος γίνεται η εξαγωγή του και μετά κόβεται σε κομμάτια με ειδικό κύλινδρο. Τοποθετείται σε ειδικό μεταλλικό δισκάκι και ξεκουράζεται για ορισμένο χρόνο σε θάλαμο του οργάνου με σταθερή θερμοκρασία, μετά από ορισμένο χρόνο τοποθετούνται τα κομμάτια του ζυμαριού στη θέση σχηματισμού της φυσαλίδας. Αμέσως μετά διοχετεύεται αέρας στο κάτω μέρος του ζυμαριού και το ζυμάρι βαθμιαία εκτείνεται και σχηματίζει μια φυσαλίδα που τελικά σπάει. Ταυτόχρονα ένα μανόμετρο που συνδέεται με τον καταγραφικό μηχανισμό απεικονίζει σε ειδικό χαρτί τη πίεση του αέρα σε σχέση με το χρόνο μέσα στη φυσαλίδα. Η καμπύλη που προκύπτει ονομάζεται Αλβεογράφημα.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν κυρίως τα αποτελέσματα του είναι ο ρυθμός λειτουργίας του ζυμωτηρίου και ο χειρισμός του ζυμαριού. Επίσης χρήσιμο είναι να γίνονται οι εργασίες σε χώρο με ελεγχόμενη υγρασία και θερμοκρασία.



**Σχήμα 5:** Τυπικό Αλβεογράφημα (hel-lab-tech)

### Αξιολόγηση Αλβεογραφήματος

- 1) Το μέγιστο ύψος (P) που μετρείται σε χιλιοστά του μέτρου (mm) και εκφράζει την αντοχή του ζυμαριού
- 2) Το μήκος (L) που μετρείται σε χιλιοστά του μέτρου (mm) και χαρακτηρίζει την εκτατότητα του ζυμαριού και
- 3) Το εμβαδόν της επιφάνειας (W) που περικλείεται από την καμπύλη, μετρείται με εμβαδόμετρο σε cm<sup>2</sup> και αποτελεί μέτρο της αρτοποιητικής ικανότητας του αλεύρου. Τα δυνατά άλευρα έχουν μεγάλο εμβαδόν (W), ενώ τα αδύνατα μικρότερο
- 4) Το λόγο P/L (αριθμός που προκύπτει από τη διαίρεση του ύψους με το μήκος) και αποτελεί ένα χαρακτηριστικό κριτήριο για κάθε αλεύρι. (Βαρζάκας, 2014)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΨΩΜΙΟΥ ΤΟΥ ΤΟΣΤ

Σύμφωνα με τον κώδικα τροφίμων και ποτών Κ.Τ.Π. (άρθρο 111) ως άρτος ορίζεται το προϊόν που προκύπτει μετά το ψήσιμο ζύμης αποτελούμενης από αλεύρι, νερό, αλάτι και μαγιά. Ακόμα ως αρτοσκευάσματα ορίζονται τα προϊόντα που παρασκευάζονται όπως ο άρτος, διαφέρουν όμως ως προς την μακροσκοπική υφή τους και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους. Βασικός σκοπός της αρτοποιήσης είναι να μεταβάλλει το αλεύρι σε φαγώσιμη, εύπεπτη και ελκυστική μορφή, που είναι το ψωμί. (Κριτσαντώνης, 2006)

Η αρτοποιία είναι μια τέχνη που υπάρχει εδώ και χιλιάδες χρόνια, η εξέλιξη της οποίας έχει προχωρήσει μέσα από πολλές δοκιμές. Ένα ευρύ φάσμα προϊόντων έχει αναπτυχθεί ανά τον κόσμο. Ο εκσυγχρονισμός της αρτοποιίας είναι προϊόν των τελευταίων 50 χρόνων στα οποία υπάρχει και μία τάση για μείωση της χρήσης χημικών και προσθέτων που χρησιμοποιούνταν για να προσδώσουν επιθυμητές ιδιότητες στα αρτοσκευάσματα. Αυτή η τάση έχει δημιουργήσει ένα μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων των συστατικών και των μεθόδων επεξεργασίας των αρτοσκευασμάτων. Η κατανόηση αυτή οδηγεί όλο και σε περισσότερες αλλαγές στην παραγωγική διαδικασία. (Owens, 2001)

Εκτός από τις πρώτες ύλες που επιτρέπονται για την παρασκευή του άρτου, για την παρασκευή των αρτοσκευασμάτων, επιτρέπεται η χρήση και άλλων πρώτων υλών από τις επιτρεπόμενες από τον παρόντα Κώδικα, όπως γάλα και τα από αυτό προϊόντα, αυγά, φυσικές γλυκαντικές ύλες, γλεύκος, λιπαρές ύλες, αρτυματικές ύλες κ.λπ. (Κ.Τ.Π., 2009)

## 4.1 Συστατικά αρτοποιίας

### 4.1.1 Αλεύρι

Η αρτοποιητική αξία ενός αλεύρου είναι εκείνη που καθορίζει τις τεχνολογικές του ιδιότητες. Επιπλέον, αντιπροσωπεύει τις ικανότητές του να δώσει ένα ωραίο και νόστιμο ψωμί κάτω από άριστες συνθήκες εργασίας και απόδοσης και δεν μπορεί να καθοριστεί παρά μόνο με τη δοκιμή αρτοποιίας. Ωστόσο, εξαρτάται από δύο παράγοντες οι οποίοι έμμεσα μας επιτρέπουν να την αξιολογήσουμε:

Η αρτοποιητική δύναμη του αλεύρου, η οποία σχετίζεται με τον πλούτο και την ποιότητα των πρωτεϊνών και της γλουτένης που απορρέουν.

Οι ζυμωτικές ικανότητες του ζυμαριού που εξαρτώνται κυρίως από τη διαστασική του δύναμη και τον πλούτο του σε σάκχαρα. (Παπαεμμανουήλ, 2006)

### 4.1.2 Νερό

Το νερό αποτελεί σημαντικό συστατικό του ζυμαριού και επηρεάζει το τελικό προϊόν της αρτοποιίας. Από μικροβιολογική άποψη δεν πρέπει να περιέχεται στο νερό μικροβιολογικό φορτίο διότι μπορεί κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης να αναπτυχθούν αυτοί οι μικροοργανισμοί και να παραμείνουν στο τελικό προϊόν. Έχει πολύ μεγάλη σημασία η ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται για την δημιουργία του ζυμαριού. Όταν η ποσότητα του νερού είναι σχετικά μικρή, δεν πετυχαίνεται στον κλιβανισμό η αναγκαία μετατροπή του αμύλου σε ζελατίνη, με αποτέλεσμα η ψίχα να ξηραίνεται εύκολα και να μαγιατεύει γρηγορότερα. Αντίθετα, όταν χρησιμοποιηθεί νερό περισσότερο από όσο πρέπει, δεν δεσμεύεται όλο από το άμυλο κατά την ζελατινοποίηση και παραμένει ένα μέρος ελεύθερο. Αυτό το ελεύθερο νερό κάνει την ψίχα υγρή και κολλώδη. (Huί, 2006)

#### 4.1.3 Αλάτι

Το αλάτι είναι βασικό συστατικό το οποίο δίνει γεύση και επηρεάζει την υφή. Το αλάτι παίζει σημαντικό ρόλο στο ψήσιμο. Είναι κάτι περισσότερο από ένα πρόσθετο ή ένα καρύκευμα. Χρησιμοποιείτε για να ενισχύσει την γλουτεϊνική δομή και να την καταστήσει περισσότερο ελαστική καθώς επίσης και για να ελέγξει την ζύμωση στο ζυμωτήριο. Επίσης δρα και ως συντηρητικό παρεμποδίζοντας την ανάπτυξη ορισμένων βακτηριδίων. Η ποσότητα αλατιού που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να ελέγχεται προσεκτικά. Μεγάλη ποσότητα αλατιού επιβραδύνει την ζύμωση και το αντίθετο. (Hui, 2006)

#### 4.1.4 Μαγιά

Η μαγιά αποτελεί απαραίτητο συστατικό στην παρασκευή αρτοπαρασκευασμάτων όπως στο ψωμί του τοστ. Η μαγιά συντελεί στην διόγκωση, προσδίδει χαρακτηριστική γεύση και άρωμα και η έκλυση CO<sub>2</sub> μπορεί να διατηρηθεί για περισσότερο χρόνο. Η ποιότητα της μαγιάς σχετίζεται αντίστροφα προς το χρόνο ζυμώσεως και τη θερμοκρασία του ζυμαριού. Μεγαλύτερος χρόνος ζυμώσεως απαιτεί χαμηλότερες θερμοκρασίες και μικρότερες ποσότητες μαγιάς. (Hui,2006)

Κατά την ανάμειξη στο ζυμωτήριο ενσωματώνεται ατμοσφαιρικός αέρας στο ζυμάρι. Όταν η μαγιά βρίσκεται σε αερόβιες συνθήκες, πολλαπλασιάζεται καταναλώνοντας τα απλά ζάχαρα και δισακχαρίτες παράγοντας διοξείδιο του άνθρακα. Όταν σταματήσει η ανάμειξη στο ζυμωτήριο εξαντλείται το οξυγόνο και οι συνθήκες γίνονται αναερόβιες όπου η μαγιά αντλεί ενέργεια από την αλκοολική ζύμωση.

## 4.2 Πρόσθετα

Οι ουσίες που επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα των αλεύρων διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

### 1. Βελτιωτικά αλεύρων

Ως "βελτιωτικά αλεύρων" (Πίνακας 3) χαρακτηρίζονται ουσίες των οποίων η χρήση αποσκοπεί στο να αποκτήσουν τα άλευρα τις κατάλληλες τεχνολογικές ιδιότητες, που επιτρέπουν τη βελτίωση της παραγωγής και των οργανοληπτικών χαρακτήρων των τελικών προϊόντων. (Κ.Τ.Π., 2009)

Ως τέτοιες ουσίες θεωρούνται και επιτρέπονται οι εξής:

- 1) Α)L-ασκορβικό όξύ (E300) μέγιστο ποσοστό χρήσης 0,3%
- 2) Κιτρικό όξύ (E330) μέγιστο ποσοστό χρήσης 0,1%
- 3) Λεκιθίνη (E322) μέγιστο ποσοστό χρήσης 2%
- 4) Υδροχλωρική L-κυστεΐνη μέγιστο ποσοστό χρήσης 0,05%
- 5) Ορθοφωσφορικό μονοασβέστιο (E341 i) μέγιστο ποσοστό χρήσης 2,5%

### 2. Συντηρητικά

Για την προστασία από μικροβιακές προσβολές των τυποποιημένων και προσυσκευασμένων προϊόντων αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής, όπως ζυμάρια για φύλλα κρούστας, σφολιάτα, ψωμί του τοστ σε φέτες, αρτοσκευάσματα με υγρασία μεγαλύτερη του 20% και παρόμοια προϊόντα, επιτρέπεται να χρησιμοποιούν τα παρακάτω συντηρητικά (Πίνακας 4). (Κ.Τ.Π., 2009)

Συντηρητικά	Ανώτατα επιτρεπτά όρια %
Σορβικό οξύ και άλατά του (E200, E201, E202, E203)	0,1
Προπιονικό οξύ και άλατά του (E280, E281, E282, E283)	0,3
Οξικό οξύ και άλατά του (E260, E261, E262, E263)	0,3

Πίνακας 4: Συντηρητικά αρτοσκευασμάτων (Κ.Τ.Π., 2009)

### 3. Διογκωτικά

Για τη χημική διόγκωση αλεύρων που προορίζονται κυρίως για την παραγωγή προϊόντων ζαχαροπλαστικής (κέικ, βουτήματα, διάφορα γλυκά κ.ά.) επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται οι παρακάτω χημικές ουσίες.

α) Χημικές ουσίες βασικού χαρακτήρα που παρέχουν CO<sub>2</sub> ή NH<sub>3</sub>

- Όξινο ανθρακικό νάτριο (σόδα αρτοποιίας) NaHCO<sub>3</sub> Όξινο ανθρακικό αμμώνιο, NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>
- Ουδέτερο ανθρακικό αμμώνιο (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> CO<sub>3</sub>
- Οι παραπάνω χημικές ουσίες πρέπει να είναι φαρμακευτικής καθαρότητας.

β) Μείγματα διογκωτικών ουσιών (BAKING POWDERS)

Επιτρέπεται η παραγωγή και διάθεση στην κατανάλωση κατάλληλων μειγμάτων σε σκόνη, όξινου ανθρακικού νατρίου (NaHCO)<sub>3</sub> με τις παρακάτω χημικές ουσίες όξινου χαρακτήρα, μαζί με αδρανή συστατικά (αραιωτικά), όπως άλευρα, άμυλα, γαλακτικό ασβέστιο και ανθρακικό ασβέστιο.

- Τρυγικό οξύ (E344)
- Όξινο τρυγικό κάλιο (κρεμόριο ή κρεμοτάρταρο) (E336i)
- Φωσφορικά άλατα E 339, E 340, E 341, E 343, E 450, E 451, E 452 του παραρτήματος IV του άρθρου 33 του Κώδικα Τροφίμων και προσθήκη των αριθμών E 327 στο γαλακτικό ασβέστιο και E 170 στο ανθρακικό ασβέστιο. (Κ.Τ.Π.,2009)



#### 4. Ένζυμα

1) Η α-αμυλάση (FUNGAL A-AMYLASE, από *aspergillus niger* ή *aspergillus oryzae*), χρησιμοποιείται σε ποσότητες που καθορίζονται από την καλή παραγωγική πρακτική.

β) Πρωτεολυτικά ένζυμα (Από *aspergillus oryzae* ή *bacillus subtilis*) χρησιμοποιούνται σε προϊόντα μπισκοτοποιίας, κράκερς κλπ., σε ποσότητες που καθορίζονται από την καλή παραγωγική πρακτική. (Κ.Τ.Π., 2009)

#### 5. Μείγματα προσθέτων αλεύρων.

Επιτρέπεται η παρασκευή και διάθεση στην κατανάλωση μειγμάτων αποτελούμενων από τα πρόσθετα αλεύρων που περιλαμβάνονται στο παρόν άρθρο μαζί και με πρόσθετα ή και άλλα τρόφιμα από τα επιτρεπόμενα για τα προϊόντα αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής στα ειδικά για αυτά επιμέρους άρθρα του Κώδικα Τροφίμων. (Κ.Τ.Π., 2009)

#### 6. Ζάχαρη

Χρησιμοποιείται στην παρασκευή όλων των αρτοσκευασμάτων, σε διαφορετικά ποσοστά, ανάλογα με την επιθυμητή γλυκύτητα του τελικού προϊόντος. Η ζάχαρη εκτός από την γεύση συμβάλλει και στο άρωμα, τον χρωματισμό της κόρας, τη βελτίωση της υφής και τη διατηρησιμότητα των αρτοσκευασμάτων. Η ζάχαρη είναι η κύρια πηγή ενέργειας για την μαγιά στην ζύμωση. Κατάλληλες ποσότητες ζάχαρης βοηθάνε σημαντικά στην διαδικασία της ζύμωσης. Μια ποσότητα ζάχαρης περίπου 5% βοηθάει την ενίσχυση της ζύμης, ενώ αντιθέτως περιεκτικότητες πάνω από 8% στην συνταγή δημιουργούν οσμωτική πίεση, καταστρέφουν τα κύτταρα της ζύμης και επιβραδύνουν σημαντικά την ταχύτητα της ζύμωσης. (Hui, 2006)

### 4.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Η διαδικασία παραγωγής χωρίζεται στα παρακάτω στάδια

- Ανάμειξη συστατικών
- Ανάπαυση του ζυμαριού και μορφοποίηση
- Ωρίμανση
- Ψήσιμο
- Ψύξη
- Συσκευασία
- Παστερίωση

#### **Ανάμειξη συστατικών**

Η ανάμειξη γίνεται σε μηχανικό ζυμωτήριο και ο χρόνος διάρκειας της δίνεται ανάλογα με την συνταγή του προϊόντος που θα παραχθεί συνήθως διαρκεί 12 λεπτά. Σκοπός είναι αρχικά να αναμειχθούν τα συστατικά που αποτελούν τη συνταγή και κατόπιν να επιτευχθεί σ' αυτό το μείγμα μια μηχανική επεξεργασία μέχρι όπου δημιουργηθεί μια ζύμη συνεκτική, ομοιογενής και λεία., δηλαδή να φτάσει η συνεκτικότητα του ζυμαριού στο ανώτατο σημείο της.

Ένα ζυμάρι που δεν έχει ζυμωθεί αρκετά παρουσιάζει μειονεκτήματα όπως:

- Το ζυμάρι δουλεύεται δύσκολα και είναι κολλώδες
- Το τελικό αρτοσκεύασμα παρουσιάζει ανεπαρκή διόγκωση
- Η διάλυση των υδατοδιαλυτών συστατικών όπως το αλάτι και η ζάχαρη είναι ανεπαρκής και το ζυμάρι παραμένει πολύ υγρό
- Λείπουν από το ζυμάρι οι απαιτούμενες μικρές κυψελίδες που θα συμμετέχουν στο σχηματισμό των αερίων της ζύμωσης (Μποσδίκος Δ., 2005)



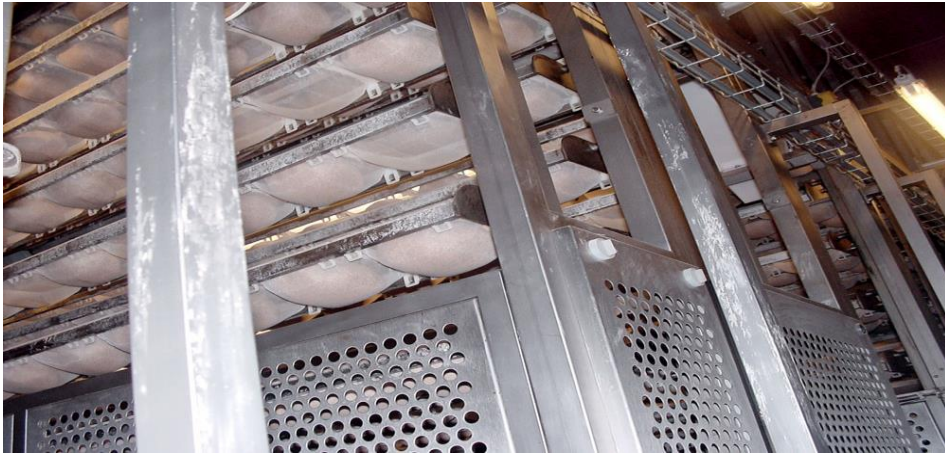
**Εικόνα 1:** Ταχυζημωτήριο ανάμειξης συστατικών (<https://dubet.com/equipment/>)

### **Ανάπαυση του ζυμαριού και μορφοποίηση**

Με την έξοδο από το ζυμωτήριο, το ζυμάρι κόβεται και αφήνεται σε χώρο σταθερής θερμοκρασίας και υψηλής σχετικής υγρασίας ώστε να αυξηθούν οι ζυμομύκητες που είναι απαραίτητοι και να μην γίνεται εξάτμιση από την επιφάνεια του ζυμαριού και σχηματιστεί κρούστα. Ο χώρος αυτός είναι θερμοθάλαμος και ονομάζεται προστόφα. Μετά την έξοδο του ζυμαριού από την προστόφα μορφοποιείται στο επιθυμητό σχήμα.



**Εικόνα 2:** τεμαχισμός (ντίβα αριστερά) και μορφοποίηση (κώνος δεξιά) ζυμαριού (<https://dubet.com/equipment/>)



**Εικόνα 3:** Προστόφα (<https://dubet.com/equipment/>)

### **Ωρίμανση**

Μετά την μορφοποίηση, τα σχηματοποιημένα τεμάχια μπαίνουν στο θάλαμο σταθερής θερμοκρασίας (στόφα) όπου η εσωτερική υγρασία είναι 60-80% και θερμοκρασία 38-40 για να συνεχιστεί η δράση της μαγιάς. Στο στάδιο αυτό γίνεται η διόγκωση του ζυμαριού λόγω των μικρών φυσαλίδων CO<sub>2</sub> που υπάρχουν στην ζύμη. Πραγματοποιείται η ολοκλήρωση της ζύμωσης των σακχάρων και η αποσύνθεση των συστατικών του αλεύρου από ένζυμα και μαγιά με αποτέλεσμα την δημιουργία ουσιών που συνεισφέρουν στο άρωμα και τη γεύση του προϊόντος. (Κεφαλάς Π., 2009)



**Εικόνα 4:** Στόφα αρτοποιήσης (<http://skarogroup.gr/portfolio-items/stofes/>)

## Ψήσιμο

Όταν ολοκληρωθεί ο χρόνος ωρίμανσης τα ζυμάρια βγαίνουν από τη στόφα και μπαίνουν στον φούρνο αρτοποιίας (κλίβανος). Η μεγάλη θερμοκρασία που υπάρχει στον φούρνο 180-200°C προκαλεί την γρήγορη εξάτμιση της υγρασίας και δημιουργεί την κρούστα στο ψωμί (κόρα). Κατά το ψήσιμο η γλυκύτενη στερεοποιείται με συνέπεια την διατήρηση της κυψελώδους δομής στο ψωμί. Το άμυλο ζελατινοποιείται και δημιουργείται το χρώμα και το άρωμα. (Κεφαλάς Π., 2009)



Εικόνα 5 : Φούρνος αρτοποιίας (<https://dubet.com/equipment/>)

## Ψύξη

Όταν τελειώσει η διαδικασία του ψησίματος το ψωμί χάνει υγρασία στην αρχή με γρήγορο ρυθμό ο οποίος σταδιακά μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Για αυτό το λόγο τα ψωμιά τοποθετούνται σε θάλαμο ψύξης ώστε να επιτρέψει τη γρήγορα απομάκρυνση των ατμών που δημιουργούνται. Αυτός είναι ο λόγος που το ψωμί δεν πρέπει να συσκευαστεί πριν περάσει αρκετή ώρα ώστε να κρυώσει.



Εικόνα 6 : Πύργοι ψύξης (<https://dubet.com/equipment/>)



## Συσκευασία

Αφού οι φρατζόλες βγουν από τον θάλαμο ψύξης οδηγούνται σε κοπτικές μηχανές και ακολουθεί η συσκευασία του τοστ. Ο βασικότερος σκοπός τη συσκευασίας είναι η προστασία του τροφίμου που κάθε φορά περιέχει. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της συσκευασίας είναι να παρέχει άνεση και ασφάλεια στη μεταφορά του τροφίμου, να είναι εύκολη στη χρήση να έχει καλή εμφάνιση καθώς και χαμηλό κόστος. (Δημόπουλος Ι.Σ., 1987)

Η αλληλεπίδραση υλικού συσκευασίας και τροφίμου μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας του περιεχομένου προϊόντος λόγω πιθανών αλλοιώσεων των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του όπως γεύση, οσμή, χρώμα, υφή και τη μόλυνση του προϊόντος με ουσίες που μπορεί να είναι τοξικές ή καρκινογόνες με αποτέλεσμα το προϊόν να καθίσταται ακατάλληλο για κατανάλωση. Το πρόβλημα αυτό έχει απασχολήσει τους εθνικούς ή διεθνείς οργανισμούς, για αυτό και ισχύουν ειδικές οδηγίες της ΕΕ, όπως 76/893, 78/142, 80/766, 80/590, 81/432, 82/711 κ.λπ., που αφορούν διάφορα ειδικά θέματα υγιεινής της συσκευασίας. (Μπλούκας Ι., 2004)



Εικόνα 7 : Κοπτική μηχανή

(<https://dubet.com/equipment/>)



Εικόνα 8 : Συσκευαστική μηχανή

## Παστερίωση

Παστερίωση σημαίνει ότι το ψωμί, μετά το ψήσιμο και τη συσκευασία, θερμαίνεται σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα σε μια ορισμένη θερμοκρασία, έτσι ώστε όλοι οι παρόντες μικροοργανισμοί να θανατωθούν. Αυτό μπορεί να συμβεί με ζεστό αέρα καθώς και με μικροκύματα.

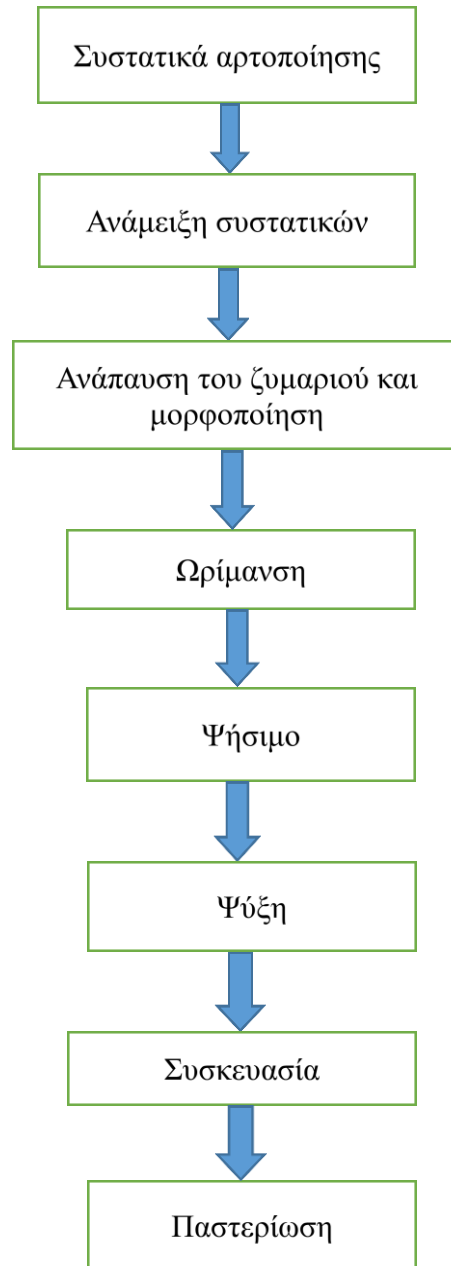
Η συνήθης μέθοδος θέρμανσης του προϊόντος (το συσκευασμένο ψωμί τοποθετείται σε ειδικό φούρνο παστεριωτή όπου θερμαίνεται) δεν είχε μεγάλη επιτυχία. Ένας από τους λόγους είναι επειδή είναι μια δαπανηρή και μακρά (90 - 120 λεπτά) διαδικασία. Η σπογγώδης δομή της ψίχας δεν ευνοεί τη μεταφορά θερμότητας μέσα στο ψωμί. Ακολουθώντας, στο ψωμί γίνεται μια σειρά οργανοληπτικών αλλαγών που δεν βελτιώνουν τη συνολική ποιότητα του προϊόντος. Με αυτή την τεχνική η επιφάνεια του ψωμιού θερμαίνεται στους 130 ° C περίπου, ενώ το κέντρο φθάνει μόνο στους 60-70 ° C. Αυτή η θερμοκρασία θα μπορούσε να είναι αποδεκτή. Όλα εξαρτώνται από το πόσο χρονικό διάστημα διατηρείται αυτή η θερμοκρασία στο κέντρο του προϊόντος.

Επιπλέον, για να αποφευχθούν οι οργανοληπτικές αλλαγές, αν κάποιος προσπαθήσει να επιταχύνει τη διαδικασία, το ψωμί δεν θα παστεριωθεί καθόλου στο κέντρο. Μια άλλη πτυχή είναι η ποιότητα του υλικού συσκευασίας. Λόγω της υψηλής θερμοκρασίας, το υλικό μπορεί να παραμορφωθεί και μπορεί να δημιουργηθούν ορισμένα υποπροϊόντα από το πλαστικό. Για το λόγο αυτό πρέπει να χρησιμοποιηθεί ακριβό υλικό συσκευασίας.

Για να αποφευχθούν οι αρνητικές επιπτώσεις της παστερίωσης με ζεστό αέρα, μπορεί να χρησιμοποιηθούν μικροκύματα. Η ενέργεια που δημιουργείται από το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, μετατρέπεται στο κέντρο του ψωμιού σε θερμότητα. Με τη χρήση μικροκυμάτων το κέντρο του ψωμιού θα φτάσει, ανάλογα με το μέγεθος και το σχήμα του ψωμιού, σε θερμοκρασία πυρήνα περίπου 100 ° C σε περίπου 2 - 5 λεπτά. Για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα παστερίωσης, το ψωμί πρέπει να διατηρείται στους 100 ° C, για περίπου 5 έως 10 λεπτά. ([http://www.classofoods.com/page3\\_5.html](http://www.classofoods.com/page3_5.html))



## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΑΚΑΣΙΑΣ



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Η ποιότητα κάθε τροφίμου είναι συνάρτηση των ποσοτικών, των αφανών και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών. Στη διαμόρφωση των ποιοτικών αυτών χαρακτηριστικών συμμετέχουν πολλοί παράγοντες και πρωταρχικά φυτοτεχνικοί και ζωοτεχνικοί που ρυθμίζουν τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των παραγόμενων γεωργοκτηνοτροφικών προϊόντων που χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες σε βιομηχανίες τροφίμων. Γενικά μπορεί να λεχθεί ότι η ποιότητα του τελικού προϊόντος εξαρτάται σε πρώτη φάση από την ποιότητα της χρησιμοποιούμενης πρώτης ύλης, γιατί σπάνια αλλάζει κατά την επεξεργασία της στο τελικό προϊόν. (Καζάτζη, 1998).

### 5.1 Ποιοτικός έλεγχος τροφίμων

Υπάρχουν περιπτώσεις, όπως κατά την αξιολόγηση των ιδιοτήτων της γεύσης και της οσμής, όπου είναι αδύνατο να πραγματοποιηθούν αντικειμενικές μετρήσεις με την χρήση οργάνων. Ως εκ τούτου θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι οργανοληπτικές μέθοδοι.

Οι οργανοληπτικές μέθοδοι έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα των μεθόδων αυτών είναι:

A) μπορούν να εφαρμοστούν για όλα τα προϊόντα.

B) σε πάρα πολλές περιπτώσεις το δείγμα δεν καταστρέφεται.

Γ) δεν απαιτούνται οργανωμένα εργαστήρια, δαπανηρά όργανα και αντιδραστήρια.

Δ) τα κριτήρια της αξιολόγησης είναι ίδια με εκείνα που χρησιμοποιούν οι καταναλωτές προκειμένου να κάνουν αποδεκτό ή όχι ένα προϊόν.

Τα βασικότερα μειονεκτήματα των μεθόδων αυτών είναι τα εξής:

A) η δυσκολία της τυποποίησης τους.

B) τα αποτελέσματα επηρεάζονται από την προσωπικότητα του δοκιμαστή (ψυχολογικοί λόγοι, εμπειρία, φυσική ικανότητα) και για το λόγο αυτό είναι υποκειμενικά.

Για την απομάκρυνση του κινδύνου της υποκειμενικής αξιολόγησης των τροφίμων, κατά την οργανοληπτική εξέταση, αποφεύγεται η χρησιμοποίηση ενός δοκιμαστή και προτιμάται η επιλογή ομάδας δοκιμαστών. (Αρβανιτογιάννης et al. 2008)

### 5.1.1 Υφή

Ο όρος υφή είναι δύσκολο να περιγραφεί. Ο Sherman έδωσε τον εξής ορισμό: η υφή ενός τροφίμου είναι το άθροισμα αυτών των ιδιοτήτων του οι οποίες προκύπτουν από τα δομικά στοιχεία και τον τρόπο με τον οποίο αυτά επιδρούν στα αισθητήρια όργανα.

Ουσιώδη στοιχεία της υφής είναι:

- 1) επιδρά ποιοτικά στα αισθητήρια όργανα
- 1) απορρέει από τη δομή των τροφίμων (μοριακή, μικροσκοπική, μακροσκοπική) και
- 2) περιλαμβάνει ένα άθροισμα από αρκετές ιδιότητες.

Η υφή είναι μία ιδιότητα της ποιότητας που αξιολογείται ιδιαίτερα από τους καταναλωτές και ως εκ τούτου επηρεάζει το πόσο αποδεκτό θα γίνει ένα προϊόν. Έχει διαπιστωθεί ότι η υφή είναι ένα ευδιάκριτο χαρακτηριστικό των προϊόντων και ότι για μερικά προϊόντα μπορεί να είναι περισσότερο σημαντικό από την οσμή και την γεύση.

Τα χαρακτηριστικά της υφής που είναι περισσότερο αρεστά εξαρτώνται από το είδος του τροφίμου, την ώρα που δοκιμάζεται το τρόφιμο, το τι περιμένει ο καταναλωτής και τέλος από ψυχολογικούς παράγοντες.

Γενικά αρεστά χαρακτηριστικά της υφής είναι:

- 1) η τρυφερότητα
- 1) η συνεκτικότητα
- 2) η τραγανότητα και
- 3) το εύθραυστο

#### Αρχές μέτρησης υφής

Παρά το γεγονός ότι υπάρχει μεγάλη ποικιλία οργάνων που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση των χαρακτηριστικών της υφής, η λειτουργία αυτών βασίζεται σε περιορισμένο αριθμό αρχών. Πολλά από τα χαρακτηριστικά της υφής έχουν ως κοινή ιδιότητα την αντίσταση του προϊόντος σε κάποια ασκούμενη δύναμη. Έτσι ως μονάδα μέτρησης της υφής μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μονάδα της δύναμης. Η δύναμη κατά την μέτρηση της υφής μπορεί να εφαρμοστεί κατά διάφορους τρόπους ή με συνδυασμό περισσότερων τρόπων.

Οι διάφοροι τρόποι είναι οι ακόλουθοι:

1) Συμπίεση (για την μέτρηση της αντοχής στην συμπίεση εφαρμόζεται στο προϊόν τόση δύναμη, ώστε αυτό να παραμένει ακέραιο).

1) Διάτμηση (η δύναμη εφαρμόζεται σε μία ζώνη του προϊόντος και είναι τόση, ώστε να προκληθεί διαχωρισμός της ζώνης αυτής από το κύριο σώμα του προϊόντος).

2) Εφελκυσμός (κατά τον εφελκυσμό δύο δυνάμεις εφαρμόζονται ούτως ώστε να έχουν αντίθετη φορά). Με τον τρόπο αυτό δοκιμάζεται η αντοχή του προϊόντος, έως ότου αυτό να σπάσει.

3) Συνδυασμός για συμπίεση και διάτμηση. (Αρβανιτογιάννης et al. 2008)

### 5.1.2 Γεύση

Γενικά είναι αποδεκτό ότι γεύση είναι ένα αίσθημα τετραδιάστατο που περιλαμβάνει το <<γλυκό>>, το <<ξινό>>, το <<αλμυρό>> και το <<πικρό>>. Η ιδιότητα της γεύσης συνολικά δεν προσδιορίζεται με όργανα και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται υποκειμενικές μέθοδοι.

Η γλυκύτητα μπορεί να μετρηθεί με επιτυχία με τη χρήση οργάνων, όπως τα πυκνόμετρα και τα διαθλασίμετρα σε Brix.

Η ιδιότητα του ξινού μπορεί να μετρηθεί με όργανα σε σχετικά αραιά διαλύματα, με τον προσδιορισμό της συμπύκνωσης ιόντων υδρογόνου (PH). Η μέτρηση όμως του PH στα τρόφιμα τα οποία αποτελούν πολύπλοκα συστήματα, δεν είναι τόσο επιτυχημένη και για αυτό συχνά γίνεται ο προσδιορισμός της ογκομετρούμενης οξύτητας.

Η αλμυρότητα μπορεί να προσδιοριστεί με την μέτρηση του χλωρίου ή πολύ ταχύτερα με τη μέτρηση του νατρίου.

Η γεύση του πικρού δεν μπορεί να προσδιοριστεί με καμία γενική μέθοδο. (Αρβανιτογιάννης et al. 2008)

### 5.1.3 Οσμή

Οι παράγοντες που χαρακτηρίζουν την οσμή είναι πάρα πολλοί. Τα όργανα που κατασκευάζονται για τον προσδιορισμό της οσμής μετρούν ποιοτικά και ποσοτικά όλες εκείνες τις ουσίες που είναι υπεύθυνες για συγκεκριμένες οσμές. Οι πτητικές ουσίες που είναι υπεύθυνες για την οσμή βρίσκονται σε πάρα πολύ μικρές ποσότητες, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να προσδιοριστούν με τις κλασικές χημικές μεθόδους. Μία από τις σημαντικές μεθόδους που χρησιμοποιείται στον τομέα της οσμής είναι η αέρια-υγρή-χρωματογραφία. (Αρβανιτογιάννης et al. 2008)

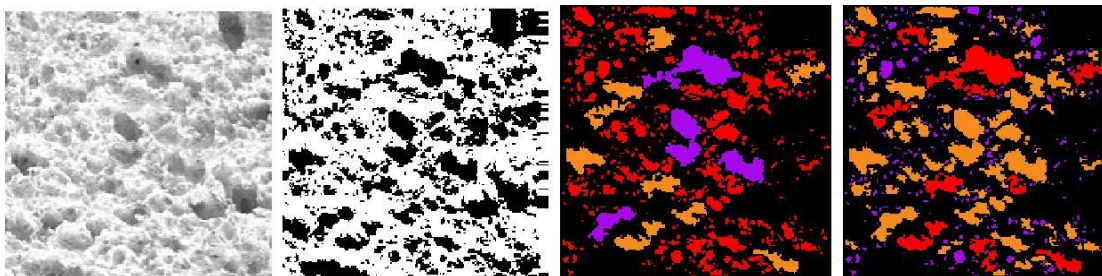
### 5.1.4 Ανάλυση εικόνας (Image tool )

Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας είναι η χρήση των αλγόριθμων από τους υπολογιστές για να επεξεργαστούν τις ψηφιακές εικόνες. Ως ένα υποπόδιο της ψηφιακής επεξεργασίας σήματος, η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με την αναλογική επεξεργασία εικόνας. Επιτρέπει ένα πολύ μεγάλο φάσμα των αλγορίθμων που πρέπει να εφαρμόζονται για την εισαγωγή δεδομένων και μπορούν να αποφευχθούν προβλήματα όπως η δημιουργία του θορύβου και σήματος στρέβλωση κατά την διάρκεια της μεταποίησης.

Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας επιτρέπει τη χρήση των πιο πολύπλοκων αλγόριθμων για επεξεργασία εικόνας και ως εκ τούτου μπορεί να προσφέρει τόσο πιο εξελιγμένες επιδόσεις σε απλές εργασίες, καθώς και η εφαρμογή των μεθόδων που θα ήταν αδύνατον από αναλογικά μέσα. Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας είναι η μοναδική πρακτική τεχνολογία για: ταξινόμηση, εξαγωγή χαρακτηριστικών, αναγνώριση προτύπων και προβολή. (Γρυλλάκης, 2010)

Τον τελευταίο καιρό, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας αρκετές ερευνητικές ομάδες έχουν αναπτύξει την επεξεργασία εικόνας και την προσαρμογή αυτής στα τρόφιμα στον προσδιορισμό της ποιότητας στα αρτοσκευάσματα. Οι Sapirstein, Roller και Bushk (1994) εφάρμοσαν μια τεχνική για να ταξινομήσουν και να καταγράψουν τις πληροφορίες που παρέχονται από μια εικόνα φέτας ψωμιού (Σχήμα 5), την ασυνεχή επιφάνεια (κελιά αέρα) και την συνεχή επιφάνεια (ψίχα). Επίσης και άλλες τεχνικές ομαδοποίησης είναι διαθέσιμες και κατάλληλες για την μέτρηση των χαρακτηριστικών της ψίχας όπως: η πυκνότητα των κυψελών, η μέση επιφάνειά τους, η ομοιομορφία τους και το κλάσμα κενού. (Gonzales &

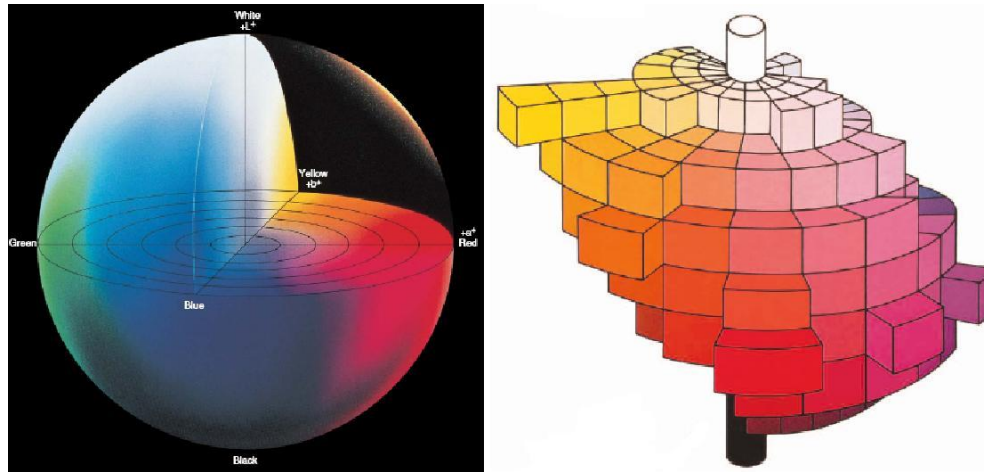
Butler, 2005)



**Σχήμα 5:** Επεξεργασία εικόνας ψωμιού με το πρόγραμμα ανάλυσης εικόνας Image tool

### 5.1.5 Ανάλυση χρώματος

Κατά το παρελθόν αρκετοί επινόησαν μεθόδους ποσοτικής έκφρασης του χρώματος με αριθμητικό αποτέλεσμα, ώστε ο καθένας να καταλάβει τα χρώματα ευκολότερα και ακριβέστερα. Για παράδειγμα το 1905 ο Αμερικάνος καλλιτέχνης A.H.Munsell επινόησε μια μέθοδο για την έκφραση των χρωμάτων για τα οποία χρησιμοποιήθηκε ένας μεγάλος αριθμός φύλλων χρωματιστού χαρτιού που ταξινομήθηκαν σύμφωνα με το χρώμα τους, την φωτεινότητα και τον κορεσμό τους για την οπτική σύγκριση με ένα δείγμα χρωμάτων. Άλλες μέθοδοι για την αριθμητική έκφραση χρωμάτων επινοήθηκαν από ένα διεθνή οργανισμό (CIE) Commission Internationale de l'Éclairage που σχετίζεται με το φως και το χρώμα. Τα δύο πιο γνωστά συστήματα που αναπτύχθηκαν για την μέτρηση του χρώματος είναι: το διάστημα χρώματος YXy που δημιουργήθηκε το 1931 βασισμένο στις τρισδιάστατες αξίες του XYZ που ορίστηκαν από το CIE και το διάστημα χρώματος  $L^*a^*b^*$  που δημιουργήθηκε το 1976 για να παρέχει ομοιόμορφες διαφορές χρώματος σε σχέση με της οπτικές διαφορές. . Το (Σχήμα 6.) είναι μια αναπαράσταση του στερεού χρώματος για το  $L^*a^*b^*$  διάστημα χρώματος.



**Σχήμα 6:** Παλέτα χρωμάτων του διαστήματος  $L^*a^*b^*$ .

Το διάστημα χρώματος  $L^*a^*b^*$  είναι προς το παρόν ένα από τα πιο δημοφιλή διαστήματα για την αντικειμενική μέτρηση του χρώματος και χρησιμοποιείται σε όλους του τομείς. Είναι ένα από τα ομοιόμορφα διαστήματα χρώματος που καθορίστηκε το 1976 από το CIE προκειμένου να περιορίσει ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα του αρχικού διαστήματος  $Yxy$  και αυτό ήταν ότι ίσες αποστάσεις στο  $X$  και διάγραμμα χρώματος  $y$  δεν αντιστοιχούν στις ίσες αντιληπτές διαφορές χρώματος. Σε αυτό το διάστημα χρώματος το  $L^*$  δείχνει την φωτεινότητα και το  $a^*$  και  $b^*$  είναι συντεταγμένες χρωματικότητας. Στο  $+a^*$  είναι η κόκκινη κατεύθυνση και στο  $-a^*$  είναι η πράσινη κατεύθυνση, ενώ στο  $+b^*$  είναι η κίτρινη κατεύθυνση και στο  $-b^*$  η μπλε κατεύθυνση. Το κέντρο δεν έχει χρώμα, δεδομένου ότι οι τιμές του  $a^*$  και του  $b^*$  αυξάνονται και το σημείο κινείται έξω από το κέντρο, με αποτέλεσμα την αύξηση κορεσμού του χρώματος. (Minolta, 1998)

Το σύστημα χρώματος  $L^*a^*b^*$  χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του χρώματος στην κόρα και στην ψίχα του ψωμιού. Το σύστημα αυτό είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο στην επεξεργασία εικόνας. Εκτός από αυτό προσφέρει πιο ομοιόμορφη κατανομή των χρωμάτων σε σχέση με την ανθρώπινη αντίληψη. (Mohd et al. 2009)

## 5.2 Ποιοτικός έλεγχος αρτοσκευασμάτων

Η υφή, η εμφάνιση και η γεύση είναι οι τρεις βασικοί παράγοντες που καθιστούν ένα τρόφιμο αποδεκτό. Από πολύ παλιά ξεκίνησαν οι προσπάθειες για την μέτρηση της υφής με οργανοληπτικές μεθόδους και συγκεκριμένα ο Lipowitz (1961) ήταν ο πρώτος που τις ξεκίνησε. Αργότερα ο Szczesniak (1963) έκανε έναν διαχωρισμό των οργανοληπτικών μετρήσεων στις εξής κατηγορίες:

**Βασικές δοκιμές:** Είναι μετρήσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται κυρίως από μηχανικούς και περιλαμβάνουν: την αντοχή, το λόγο Poissons και διάφορες άλλες μετρήσεις όπως το μέτρο ελαστικότητας, το συντελεστή ελαστικότητας Young και το μέτρο διάτμησης. Αυτές οι δοκιμές γίνονται για να μετρηθούν οι θεμελιώδεις και βασικές ιδιότητες των τροφίμων και σχετίζονται με την οργανοληπτική αξιολόγηση της υφής των τροφίμων. Με αυτές τις δοκιμές γίνεται προσπάθεια να κατασκευασθούν τροφές οι οποίες να μην είναι πολύ σκληρές για το στόμα αλλά αντιθέτως, η δομή τους να είναι τέτοια ώστε με την μικρή δύναμη που ασκείται από το στόμα να επέρχεται εύκολα η αποδόμηση τους.

**Εμπειρικές δοκιμές:** Αυτές οι δοκιμές συμπεριλαμβάνουν διάφορα τεστ μέτρησης χαρακτηριστικών όπως η διάτμηση, η εξώθηση και άλλες παρόμοιες παραμέτρους. Οι δοκιμές αυτές ανατάχθηκαν για να συσχετίσουν την οργανοληπτική αξιολόγηση με την υφή.

**Μιμητικά τεστ:** Είναι τα τεστ που κάνουν ορισμένα μηχανήματα δημιουργώντας μια προσομοίωση τους στις συνθήκες που αντιμετωπίζουν τα τρόφιμα στο στόμα μας ή στο πιάτο. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει και το Texture Profile Analysis (TPA) . (Bourne, 1978)

### ***Συμπιεστότητα***

Στις μετρήσεις της σκληρότητας της ψίχας, μια φέτα ψωμιού συμπιέζεται και καταγράφεται η δύναμη η οποία απαιτείται για μια προκαθορισμένη συμπίεση. Οι μετρήσεις επίσης μπορούν να γίνουν και αντίστροφα και να υπολογιστούν με συντελεστή ελαστικότητας ή το μοντέλο του Young. Ρεολογικά αποτελέσματα από διάφορα όργανα πιθανόν να είναι μη συγκρίσιμα. Αποτελέσματα τα οποία καταγράφονται υπό σταθερή πίεση μπορούν να βγάλουν ασφαλή συμπεράσματα για το βαθμό μαγιατέματος. Αυτές οι μετρήσεις δείχνουν ότι η σκληρότητα της ψίχας αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου. Είναι προφανές ότι οι αλλαγές είναι πιο εμφανής την πρώτη μέρα, ενώ στη συνέχεια αυτές συνεχίζουν με πιο αργό ρυθμό. Τα



αποτελέσματα που παίρνουμε εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες. Για παράδειγμα ο όγκος του ψωμιού επηρεάζει αυτές τις μετρήσεις, όσο χαμηλότερος είναι ο ειδικός όγκος τόσο υψηλότερος είναι ο συντελεστής της σκληρότητας του ψωμιού. Επομένως είναι δύσκολο να συγκριθούν διαφορετικοί τύποι ψωμιών με αυτές τις μεθόδους. Το ψωμί το οποίο είναι πιο μαλακό με αυτές τις μετρήσεις δεν είναι απαραίτητα και πιο φρέσκο. Η τιμή της σκληρότητας εξαρτάται από τη θερμοκρασία και στους  $-20^{\circ}\text{C}$  το μαργιάτεμα αναστέλλεται. Ο υψηλότερος ρυθμός μαργιατέματος πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες γύρω στους  $-2^{\circ}\text{C}$  και το ψωμί θα διατηρηθεί μαλακό για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα αν διατηρηθεί σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Εάν το μαργιάτικο ψωμί θερμανθεί σε θερμοκρασίες από  $60-100^{\circ}\text{C}$  θα ξαναγίνει όπως πριν και σχεδόν το ίδιο μαλακό. Ωστόσο στο ψωμί που έχει αναθερμανθεί επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ταχύτητα μαργιατέματος. Ένα ψωμί αποθηκευμένο 5 μέρες και που έχει αναθερμανθεί στους  $80^{\circ}\text{C}$  και στη συνέχεια αποθηκεύεται για άλλες 2 μέρες έδειξε το ίδιο βαθμό μαργιατέματος με το αντίστοιχο ψωμί αποθηκευμένο για 7 μέρες. (Eliasson & Larsson, 1993)

### ***Γενικές πληροφορίες για το TA.XT plus***

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η αντικειμενική ανάλυση ενός δείγματος είναι καλύτερη και πιο αξιόπιστη από την υποκειμενική αξιολόγηση δοκιμαστών και αυτό είναι το κλειδί για να παραμένει υψηλή η ποιότητα στον τομέα της βιομηχανίας τροφίμων. Στις μέρες μας δεν έχει εκλείψει η υποκειμενική αξιολόγηση των τροφίμων, αλλά τον σημαντικότερο ρόλο παίζουν πολλά επιστημονικά όργανα τα οποία χρησιμοποιούνται για να παρέχουν τις απαραίτητες πληροφορίες για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων αλλά και για την διατήρηση της άριστης ποιότητας

Αυτή η μέθοδος είναι μια αποτελεσματική και οικονομική μέθοδος για τον προσδιορισμό της ποιότητας της πρώτης ύλης και των επιπτώσεων στο τελικό προϊόν. Αναπτύχθηκε και έγινε πιο σύγχρονη λόγω των συνεχών αυξημένων απαιτήσεων της βιομηχανίας τροφίμων. Η μέθοδος αυτή έχει εξελιχθεί σε ένα πολύ λειτουργικό σύστημα πλήρως μηχανογραφημένο που μπορεί να προσφέρει μεγάλη ποικιλία μετρήσεων. (Cauvain & Young, 2009)

### **Μετρήσεις ακτινών X**

Η πρότυπη σκέδαση των ακτινών X ενός φρέσκου ψωμιού παρουσιάζει μια άμορφη δομή, αλλά με το χρόνο εμφανίζεται μια πρότυπη περίθλαση ακτινών X τύπου B. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρούνται σε ζύμες δείχνοντας την επίδραση της κρυστάλλωσης του αμύλου στην διεργασία του μπαγιατέματος. Το ζελατινοποιημένο άμυλο στο ψωμί, δίνει επίσης μια αύξηση στην περίθλαση των ακτινών X τύπου V λόγω του πλέγματος λιπιδίων-αμυλόζης. Η πρότυπη περίθλαση δεν αλλάζει κατά την αποθήκευση του ψωμιού. Η προσθήκη γαλακτωματοποιητών θα έχει ως αποτέλεσμα την κρυσταλοποίηση. Η μεταβολή στη σχετική κρυσταλλικότητα του αμύλου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης είναι αυξητική. Όταν το ψωμί αναθερμανθεί, η περίθλαση ακτινών X του τύπου B χάνεται και επικρατεί η άμορφη διάταξη (μαζί με αυτή του τύπου V ) που αντιστοιχεί στο φρέσκο ψωμί. (Eliasson & Larsson, 1993)

### **Θερμική ανάλυση**

Η θερμική ανάλυση έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς για τη μελέτη της αναδιάταξης του αμύλου καθώς και στο μπαγιάτεμα του ψωμιού. Από τις θερμοαναλυτικές μεθόδους, η θερμιδομετρία διαφορικής ανίχνευσης (DSC) και η διαφορική θερμική ανάλυση (DTA) έχουν αποδειχθεί τα πιο χρήσιμα στην παροχή των βασικών πληροφοριών για την αναδιάταξη του αμύλου (Karim *et.al.*, 2000). Επειδή και οι δυο μέθοδοι μετρούν τη διαφορετική θερμοκρασία ή ροή θερμότητας σε ή από ένα δείγμα εναντίον ενός υλικού αναφοράς ως λειτουργία του χρόνου, και οι δύο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ελέγξουν τέτοιες αλλαγές όπως τις μεταβάσεις φάσης, μοριακές διαμορφωτικές αλλαγές, αλληλεπιδράσεις με άλλα συστατικά και την πυρολυτική αποικοδόμηση του δείγματος. Όταν δείγματα παλαιωμένου ψωμιού θερμαίνονται σε μια συσκευή DSC, παρατηρείται ένα ενδόθερμο καθώς η αμυλοπηκτίνη φθάνει στη θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης ή και της θερμοκρασίας τήξεως και έτσι μπορεί να μετρηθεί η διαφορά ενθαλπίας που σχετίζεται με αυτή τη μετάπτωση. Επειδή τα χρονικά διαστήματα για την ανάπτυξη ενδόθερμου και για την αύξηση στη σκληρότητα της ψίχας είναι σχεδόν ίδια, η μέθοδος DSC μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μετρήσει το μπαγιάτεμα του ψωμιού ποσοτικά. (Eliasson & Larsson, 1993)

Άλλα θερμοανλυτικά όργανα περιλαμβάνουν θερμοβαρυμετρικές αναλύσεις (TGA), θερμομηχανικές αναλύσεις (TMA) και δυναμικές μηχανικές αναλύσεις (DMA). Η TGA μετράει αλλαγές στο βάρος του δείγματος ως ένδειξη της θερμοκρασίας. (Fearn & Russell, 1982)

### **Οργανοληπτικές δοκιμές**

Η απώλεια γεύσης και αρώματος είναι μεταξύ των πιο αξιοπρόσεχτων επιβλαβών αλλαγών του ψωμιού κατά το μαγαιάτεμα. Σύμφωνα με τις υπάρχουσες πληροφορίες η μείωση στην αποδοχή του ψωμιού άνω των 5 ημερών αποθήκευσης συσχετίζεται με μια μείωση των αλδευδών και με μια αύξηση στις κετόνες. Η προκύπτουσα γεύση έχει περιγραφεί ως «μειλίχια». Επίσης οι αλλαγές στην υφή συνοδεύουν το μαγαιάτεμα και μπορούν να μετρηθούν και με τις μεθόδους συμπίεστότητας και τις οργανοληπτικές αξιολογήσεις. (Setser, 1996)

Η μέθοδος AACC 74-30 (AACC 1990) περιλαμβάνει τις εκτιμήσεις μιας ομάδας δοκιμαστών οι οποίοι βαθμολογούν κάποιους παράγοντες-παραμέτρους που έχουν σχέση με το μαγαιάτεμα («εμφάνιση» ή «αίσθηση» της ψίχας της κρούστας, «γεύση» και «χρώμα», «σκληρότητα», «άρωμα», και «αλλαγή υφής», ή οποιοσδήποτε σημαντικός παράγοντας που σημειώνεται από τον δοκιμαστή). Έχει βρεθεί ότι υπάρχει μεγάλη αντιστοιχία μεταξύ της βαθμολόγησης των δοκιμαστών και του βαθμού σκληρότητας του ψωμιού η οποία μετρήθηκε με κάποιο όργανο. (Munck, 1981)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΜΠΑΓΙΑΤΕΜΑ ΨΩΜΙΟΥ ΤΟΥ ΤΟΣΤ

Το μπαγιάτεμα του ψωμιού είναι ένα σύνθετο φαινόμενο όπου λαμβάνουν χώρα πολλές αντιδράσεις, αλλαγές στο άμυλο και σε άλλα συστατικά. Είναι ένα πρόβλημα που απασχολεί 150 και πλέον χρόνια τους επιστήμονες.

Οι φυσικοχημικές αλλαγές κατά την διάρκεια της αποθήκευσης του ψωμιού οδηγούν στην απώλεια σταθερότητας της ψίχας, στην αλλαγή της γεύσης και στο μαλάκωμα της κόρας. Όλα αυτά αποτελούν μέρος της συνολικής διαδικασίας του μπαγιατέματος. Συνολικά το ψωμί χάνει τις οργανοληπτικές του ιδιότητες, γεγονός που το καθιστά μη αποδεκτό από το καταναλωτικό κοινό παρόλο που είναι ακόμη υγιές. Αυτό έχει ως συνέπεια τεράστιες οικονομικές απώλειες για την βιομηχανία της αρτοποιίας. Η σταθερότητα της ψίχας είναι η συνηθέστερη παράμετρος που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση του μπαγιατέματος του ψωμιού. Οι δοκιμές συμπίεσης είναι ο καλύτερος τρόπος συσχέτισης του μπαγιατέματος με την αντίληψη του καταναλωτή.

Αρχικά πίστευαν ότι οφείλεται στη μεταφορά υγρασίας από την ψίχα στην κόρα, καθώς και σε μεταβολές του αμύλου. Τελευταία όμως αποδείχθη ότι συμβολή στο μπαγιάτεμα έχουν και οι πρωτεΐνες (γλουτένη) του αλεύρου και μάλιστα ο ρυθμός μπαγιατέματος είναι βραδύτερος σε άλευρα με υψηλό ποσοστό γλουτένης και καλής ποιότητας. Επίσης η ανακατανομή του νερού κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης του ψωμιού συμβάλλει στις διαδικασίες μπαγιατέματος συμμετέχοντας στην κρυσταλλοποίηση του αμύλου. (Μποσδίκος, 2005)

Κατά την διάρκεια των πρώτων ωρών μετά το ψήσιμο εμφανίζεται η αναδιάταξη της αμυλόζης, ενώ η αναδιάταξη των αμυλοπηκτινών εμφανίζεται μακροπρόθεσμα και φαίνεται να είναι το σημαντικότερο φαινόμενο που επηρεάζει το μπαγιάτεμα. Τέλος, το ποσοστό μπαγιατέματος μπορεί να καθυστερήσει με τη χρήση συστατικών, τα οποία επιμηκύνουν το χρόνο ζωής των αρτοσκευασμάτων. Αυτά είναι γαλακτοματοποιητές οι οποίοι καθυστερούν την αναδιάταξη τμημάτων του αμύλου.

Μια από τις καλύτερες μεθόδους για την μακροπρόθεσμη διατήρηση των τροφίμων είναι η κατάψυξη τους. Εντούτοις ο σχηματισμός πάγου μπορεί να τροποποιεί την δομή των τροφίμων. Στα ψωμιά, τα ποιοτικά προβλήματα που παρατηρούνται είναι αλλαγή του ποσοστού της αναδιάταξης των αμυλοπηκτινών και το ξεφλούδισμα τους (η αποκόλληση της

κόρας από το σώμα του ψωμιού). (Ribotta & Bail, 2006)

## 6.1 Μηχανισμός μπαγιατέματος

Το μπαγιατέμα είναι μια διαδικασία κατά την οποία τα ζελατινοποιημένα μόρια του αμύλου επανασυνδέονται για να σχηματίσουν μια διπλή ελικοειδή κρυσταλλική δομή. Ο επικρατέστερος μηχανισμός του μπαγιατέματος είναι η εξαρτώμενη από το χρόνο ανακρυστάλλωση της αμυλοπηκτίνης, η οποία είναι μια άμορφη κατάσταση ενός φρεσκοψημένου προϊόντος που μετατρέπεται σε μια μερικώς κρυσταλλωμένη κατάσταση ενός μπαγιατίκου προϊόντος. Απαραίτητη προϋπόθεση για την ανακρυστάλλωση είναι η ύπαρξη επαρκούς υγρασίας. Το νερό παίζει σπουδαίο ρόλο επειδή δρα σαν “πλαστικοποιητής”, δηλαδή σαν ένα υλικό που ενσωματώνεται σε ένα πολυμερές για να αυξήσει την ικανότητά του να κατεργαστεί την ευλυγισία και την εκτατότητά του. Στο φρέσκο ψωμί, οι αλυσίδες της αμυλοπηκτίνης ξεδιπλώνονται και εξαπλώνονται μέσα στα όρια του διαθέσιμου νερού. Σταδιακά συναθροίζονται και ευθυγραμμίζονται μεταξύ τους με διάφορους ενδομοριακούς δεσμούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ακαμψίας της εσωτερικής δομής των διογκωμένων κόκκων του αμύλου προκαλώντας τη σκλήρυνση της ψίχας. (Κουντούρης, 2007)

## 6.2 Αντιμετώπιση του μπαγιατέματος

Η παρουσία μεγάλης ποσότητας νερού στο ζυμάρι οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα από πλευράς διατηρησιμότητας. Η περίσσεια νερού δε δεσμεύεται από το άμυλο, με αποτέλεσμα να παραμένει ελεύθερο. Υπάρχει βέβαια, ο κίνδυνος ανάπτυξης διαφόρων μικροοργανισμών, όπως της μούχλας πέρα από την υγρή κολλώδη ψίχα που θα προκύψει. Στην εμφάνιση και στην εξέλιξη του μπαγιατέματος, εκτός από την υγρασία παίζει ρόλο και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Έχει παρατηρηθεί ότι το φαινόμενο αυτό εξελίσσεται πιο γρήγορα και πιο έντονα στις χαμηλές θερμοκρασίες (5-7°C), παρά σε θερμοκρασίες δωματίου (20-25°C). Τέλος, μπορούμε να επαναφέρουμε την φρεσκότητα ενός μπαγιατίκου προϊόντος για μικρό χρονικό διάστημα με αναθέρμανσή του στους 50°C, αλλά μόνο αν η υγρασία της ψίχας του είναι τουλάχιστον 30%.

Για την επιβράδυνση της παλαίωσης των αρτοσκευασμάτων γίνεται προσθήκη παρασκευασμάτων βακτηριακών αμυλασών, καθώς και γαλακτωματοποιητών στο άλευρο που χρησιμοποιείται. Και τα δύο επιτρέπονται από τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών. (Μποσδίκος, 2005)

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική βιβλιογραφία

- Αντωνίου Θ., (2004). Επίδραση του κλίματος και του εδάφους στην παραγωγικότητα του μαλακού και σκληρού σιταριού. Πτυχιακή εργασία του Πανεπιστημίου Αιγαίου Τμήμα Περιβάλλοντος.
- Αρβανιτογιάννης Ι. Βαρζάκας Θ. Τζίφα Κ., (2008). Έλεγχος ποιότητας τροφίμων, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε., Αθήνα
- Βαρζάκας Θ., (2014). Σημειώσεις εργαστηρίου στην Τεχνολογία και Ποιότητα σιτηρών, Α.Τ.Ε.Ι Καλαμάτας, Καλαμάτα
- Γρυλλάκης Κ., (2010). Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας με χρήση σύγχρονων μαθηματικών, Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Ηλεκτρονικής, ΤΕΙ Κρήτης.
- Δημόπουλος Ι.Σ., (1987). Τεχνολογία Σιτηρών Ι, Εκδόσεις διδακτικών βιβλίων Αθήνα
- Καζάζη Ι., (1998). Γενικός ποιοτικός έλεγχος τροφίμων, Εκδόσεις διδακτικών βιβλίων Αθήνας, Αθήνα
- Κεφαλάς Π.Σ., (2002). Τεχνολογία και έλεγχος ποιότητας σιτηρών, Εκδόσεις ΑΤΕΙ- Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη
- Κεφαλάς Π.Σ., (2009). Τρόφιμα από σιτηρά, Εκδόσεις Άγιος – Σάββας Δ. Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη
- Κουντούρης Γ., (2007). Το προβλήτα του μπαγιατέματος στα αρτοποιήματα. Ο αρτοποιός και το ψωμί του, **32**, 26-28.

- Κριτσαντώνης Α., (2006). Σιτάρι, αλεύρι και ψωμί. Ο αρτοποιός και η δουλειά του του, **30**, 32-33
- Κ.Τ.Π., (2009) Άρθρο 106, Τύποι Αλεύρων και Όροι Διάθεσης τους, pp 373-376. Άρθρο 104, Άλευρο σίτου, pp 369. Άρθρο 111, Άρτος, pp 380-384. Άρθρο 105, Όροι για τα συστατικά των αλεύρων, pp 372-373. Άρθρο 112, Αρτοσκευάσματα, pp 384-385. Άρθρο 34, Πρόσθετα αλεύρων, pp 81-84.
- Μπλούκας Ι., 2004, Συσκευασία Τροφίμων, Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα
- Μποσδίκος Δ., (2005). Από το σιτάρι στο ψωμί. pp107-110. Εκδόσεις Κορμός, Αθήνα
- Παπαεμμανουήλ , (2006). Οι διάφοροι τύποι αλεύρων. Ο αρτοποιός και η δουλειά του του, **27**, 32-33
- Πετρίδης ., (2000). Εφαρμοσμένη Στατιστική με έμφαση στην επιστήμη των τροφίμων, Εκδόσεις Όμηρος, Θεσσαλονίκη
- Ρουσοπούλου Π., (2001). Εργαστηριακές σημειώσεις τεχνολογίας και ελέγχου ποιότητας σιτηρών, Α.Τ.Ε.Ι.Θ.
- Σαμακίδης Γ., (2006). Σιτάρι από το χωριό στο μύλο, άρθρο Έθνος 2006
- Τσιάρας Ν., (1987). Ποιοτικός έλεγχος τροφίμων ,pp 217-225, Εκδόσεις διδακτικών βιβλίων Αθήνα



## Ξένη βιβλιογραφία

- AACC, American Association of Cereal Chemists, (1990). Stalness/Texture AACC Method 74-09. Physical Dough Test AACC Method 54-10, 54-21. Gluten AACC Method 38-10, 38-11.
- Bourne.M.C., (1978). Texture Profile Analysis, Food technology, **49**, 62-66
- Caballero P., Gomez M., Rosell C.(2006) Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination. Journal of Food Engineering, **81**, 42-53.
- Cauvain S.P.& Young L.S., (2009.) The ICC handbook of cereal, flour, dough & product testing. pp 462-468, DEStech publication, Inc. Lancaster
- Eliasson A., Larson K. (1993). Cereals in breadmaking : a molecular colloidal approach, pp 118-129, 325-338, Marcel Dekker, New York
- Fearn T., Russell P., (1982). A kinetic study of bread staling by differential calorimetry. The effect of loaf specific volume. J Sci Food Agric, **33**, 537-548.
- Gonzales U. B. and Butler F., (2005) A comparison of seven thresholding techniques with the k-means clustering algorithm for measurement of bread-crumbs features by digital image analysis, Journal of Food Engineering, **74**, 268–278
- Hui Y.H., (2006). Bakery Products, Science and Technology,pp 2-21 Blackwell Publishing. Iowa

- Katina K., Salmenkallio Marttila M., Partanen R., Forssell P., Autio K. (2005) Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, **39**, 479-491.
- Masci S., Lew E., Lafiandra D., Porceddu E., Kasarda D. (1995). Characterization of low-molecular-weight glutenin type 1 and type 2 by RP-HPLC and N-terminal sequencing. *Cereal Chemical*, **72**, 100-104.
- Mohd J., Chin N., Yusof Y. Rahman A., (2009). Bread crust thickness measurement using digital imaging and L a b colour system. *Journal of Food Engineering*, **94**, 366-371.
- Munck L, Pomeranz Y., (1981). *Cereals, a renewable resource : theory and practice* St. Paul, Minn. pp 134-139, American Association of Cereal Chemist.
- Owens G., (2001). *Cereals processing technology*, pp 204-230. Woodhead Publishing Ltd. UK
- Ribotta P.D. and Bail A., (2006). Thermo-physical assessment of bread during staling. *LWT-Food Sci. Technologie*, **40**, 879-884
- Setser C., (1996). Sensory methods. In: Hebeda RE, Zobel H, editors. *Baked Goods Freshness*. pp 171-187 Marcel Dekker, New York
- Skendi A., Biliaderis C., Papageorgiou M., Izydorczyk M., (2010). Effects of two barley  $\beta$ -glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. *Food Chemistry*, **119**, 1159-1167.
- Texture Technologies., (2011). Corp and by Stable Micro Systems, Ltd. Internet source

- UTHSCSA Image Tool, (1997) Software Version TP 2.0
- Wilson R., Goodfellow B., Belton P., Osborne B., Oliver G, Russell P., (1991) .Comparison of Fourier transform mid infrared spectroscopy and near infrared reflectance spectroscopy with differential scanning calorimetry for the study of the staling of bread. Journal Science Food Agric, **54**, 471-483
- Zaidel A., Chin.N.L., Rahman A., Karim R. (2007). Reological characterisation of gluten from extensibility measurement. Journal of Food Engineering, **86**, 549-556.
- <http://hel-lab-tech.gr/el/tomeis/erg-ej-poiot-el/reologia-artopoiisi/43-chopin-alveolab.html>
- [http://www.classofoods.com/page3\\_5.html](http://www.classofoods.com/page3_5.html)
- <http://skarogroup.gr/portfolio-items/stofes/>