

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ, ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΕΙΑΣ &

ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ



Μελέτη της επίδρασης των
μακροθρεπτικών συστατικών στα
οργανοληπτικά χαρακτηριστικά
προϊόντων αρτοποιίας

Πτυχιακή Μελέτη

Νικολέτας Σ. Σταματάκη

Αθήνα 2013

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Καραθάνος Βάιος (Επιβλέπων, Καθηγητής Χ.Π)

Χίου Αντωνία (Επίκουρη καθηγήτρια Χ.Π)

Καλιώρα Ανδριάννα (Λέκτορας Χ.Π.)

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Χημείας, Φυσικοχημείας και Βιοχημείας Τροφίμων του τμήματος Επιστήμης Διαιτολογίας και Διατροφής του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου, υπό την επίβλεψη του Καθηγητή Β. Καραθάνου, κατά το ακαδημαϊκό έτος 2012-2013.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Β. Καραθάνο για την ανάθεση του θέματος, την καθοδήγηση και τη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας. Επίσης, ευχαριστώ θερμά την υποψήφια διδάκτορα του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου, Ε. Νικολιδάκη για τη διαρκή βοήθεια, συμπαράσταση, αποτελεσματική συνεργασία και την καθοριστική συμβολή της στην ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Επίκουρη Καθηγήτρια Α. Χίου, Επίκουρο Καθηγητή Ν. Καλογερόπουλο και τη Λέκτορα Α. Καλιώρα για τις χρήσιμες συμβουλές, υποδείξεις και προτάσεις τους. Παράλληλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους υπεύθυνους του Εργαστηρίου Μηχανικής Τροφίμων του τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του ΤΕΙ Αθηνών, Καθηγητή Ν. Ζόγκζα, Δρ. Θ. Κατσιφέρη και τον κύριο Δ. Μπίκα, για τη συνεργασία, την προθυμία και τη βοήθεια που μου προσέφεραν για την ολοκλήρωση του πειραματικού μέρους της παρούσας εργασίας.

Επίσης, ευχαριστώ πολύ τον υποψήφιο διδάκτωρ του Τμήματος Χημείας του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, Γ. Σταματάκη για την καθοριστική συμβολή του στη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Δε θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω την κυρία Μ. Χρηστέα, για τις πολύτιμες συμβουλές της αναφορικά με εργαστηριακά θέματα, και τους υποψήφιους διδάκτορες Ε. Παναγοπούλου, Α. Κατσαρού και Π. Κανέλλο και Ι. Βλαχογιάννη για τη συμπαράσταση, τις ιδέες, και φυσικά για την παρέα τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω του γονείς μου, Σταμάτιο και Άρτεμις, και την αδερφή μου Μαρία, για τη διαχρονική συμπαράσταση, την υπομονή τους, καθώς και την υλική και ηθική στήριξη των επιλογών μου.

Αθήνα, Ιούλιος 2013

Νικολέτα Σταματάκη

Στην οικογένειά μου,
Σταμάτιο, Αρτεμησία και Μαρία

Περίληψη

Κύριος στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης των μακροθρεπτικών συστατικών, με έμφαση στο λίπος και τις φυτικές ίνες, στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά προϊόντων αρτοποιίας, και συγκεκριμένα του παξιμαδιού. Το παξιμάδι αποτελεί ένα προϊόν, το οποίο είναι πλούσιο σε φυτικές ίνες, συνεπώς είναι εύλογο να μελετήσουμε την επίδρασή τους στα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά καθώς και την ανίχνευση του βέλτιστου επιπέδου προσθήκης φυτικών ινών για την επίτευξη της μέγιστης αρεστότητας από τους καταναλωτές. Επίσης, μελετήθηκε η επίδραση των ελαίων στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του παξιμαδιού, καθώς πολλές φορές προστίθενται έλαια στο προϊόν από τις αρτοποιημηχανίες, με στόχο της αύξηση της αρεστότητας του προϊόντος από το καταναλωτικό κοινό.

Στα πλαίσια της μελέτης παρήχθησαν παξιμάδια με διαφορετικές περιεκτικότητες σε ελαιόλαδο (5 και 20%), με διαφορετικό είδος ελαίων (ελαιόλαδο και ηλιέλαιο), καθώς και με διαφορετικά ποσοστά φυτικών ινών (100% σταρένιο αλεύρι, 40% υποκατάσταση με σταρένιο αλεύρι ολικής αλέσεως, 100% σταρένιο ολικής αλέσεως). Επιπροσθέτως, έγινε σχεδιασμός και ανάπτυξη ενός νέου παξιμαδιού, χρησιμοποιώντας αλεύρι φασολιών (οσπρίων), αντικαθιστώντας 40% σταρένιου λευκού αλεύρου, το οποίο παρασκευάστηκε στο εργαστήριο.

Μελετήθηκαν οι ιδιότητες υφής των παξιμαδιών, συμπεριλαμβανομένης της σκληρότητας και της θραυστότητας, το χρώμα, τα δομικά χαρακτηριστικά (πορώδες), και τέλος τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά (υφή, χρώμα, γεύση, οσμή, γενική αποδοχή). Η αύξηση της περιεκτικότητας σε έλαια καθώς και η αύξηση της υποκατάστασης με σταρένιο αλεύρι ολικής αλέσεως, οδηγεί στην παραγωγή πιο σκληρών, με μικρότερο πορώδες και λιγότερο εύθραυστων παξιμαδιών. Αναφορικά με το χρώμα, υπήρξαν διαφορές, που οφείλονται στις χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες, ωστόσο δεν επηρέασαν την αποδοχή των προϊόντων από τους καταναλωτές.

Επίσης, πραγματοποιήθηκαν συσχετίσεις μεταξύ των αντικειμενικών μεθόδων μέτρησης των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (ανάλυσης υφής, μέτρηση χρώματος) και των υποκειμενικών μεθόδων, δηλαδή των οργανοληπτικών δοκιμών, αλλά και μεταξύ της διαβάθμισης της αρεστότητας ανάλογα με τις μεταβολές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, ώστε να καταστεί εφικτή η επιλογή και ο σχεδιασμός προϊόντων αρτοποιίας με συγκεκριμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Summary

The main aim of this thesis is to study the effect of macronutrients, with emphasis on fat and fiber, on sensory characteristics of bakery products, especially of rusk. Rusk is a product with high fiber content, and as a consequence it is reasonable to study their effects on sensory characteristics and to detect the optimal level of fiber added to achieve the maximum liking of consumers. The effects of oil supplementation on the sensory characteristics of rusks were also studied.

During the study, rusks with different concentrations of olive oil were produced (5 and 20%), rusks containing different kind of oil (olive oil and sunflower oil), and with different fiber content (100% wheat flour, 40% of wheat flour was substituted with whole wheat flour, 100% whole wheat flour). Additionally, a new product was designed and developed, using bean flour (pulses), prepared in the laboratory, replacing 40% of wheat white flour.

The textural properties of rusks were studied, including hardness and fracturability, and also color, structural characteristics (porosity), and sensory characteristics (texture, color, taste, odor, general acceptability) were determined. The rise of the oil content and the increasing substitution with whole wheat flour, results in the production of harder rusks, with smaller porosity and low fracturability. Regarding their color, there were differences that stem from the raw materials used, but did not affect the acceptance of products by consumers.

In addition, correlations were made between objective methods for measuring the sensory characteristics (texture analysis, color measurement) and subjective methods, including organoleptic tests, but also between the rating of liking in response to changes in its sensory characteristics, to enable the selection and design of bakery products with specific sensory characteristics.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Προϊόντα αρτοποιίας – Παξιμάδι.....	11
1.1 Εισαγωγή.....	11
1.1.1 Ορισμοί.....	11
1.1.2 Ιστορία για το παξιμάδι.....	12
1.2 Συστατικά του παξιμαδιού και λειτουργίες τους.....	13
1.2.1 Άλευρο.....	13
1.2.1.1 Σταρένιο αλεύρι.....	13
1.2.1.2 Άλεση.....	15
1.2.1.3 Κριθαρένιο αλεύρι.....	18
1.2.1.4 Σικαλένιο αλεύρι.....	20
1.2.1.5 Καλαμποκάλευρο και άλλα άλευρα.....	20
1.2.1.6 Συστατικά αλεύρου και λειτουργίες τους.....	21
1.2.2 Διογκωτικοί παράγοντες.....	25
1.2.3 Αλάτι.....	26
1.2.4 Νερό.....	26
1.2.5 Προστιθέμενα λιπαρά.....	27
1.3 Ανάμιξη συστατικών – Σχηματισμός ζύμης.....	28
1.4 Στοφάρισμα – Ωρίμανση της ζύμης.....	29
1.5 Κλιβανισμός.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Ποιοτικά χαρακτηριστικά του παξιμαδιού.....	32
2.1 Η υφή.....	32
2.1.1 Ορισμός υφής.....	32
2.1.2 Τα χαρακτηριστικά της υφής.....	33
2.1.3 Ο ρόλος της υφής στην αποδοχή των τροφίμων.....	35
2.1.4 Υφή του παξιμαδιού.....	36
2.2 Χρώμα.....	37
2.2.1 Ορισμός χρώματος.....	37
2.2.2 Ο ρόλος του χρώματος στην αποδοχή των τροφίμων.....	38
2.2.3 Το χρώμα των προϊόντων αρτοποιίας και παράγοντες επίδρασης.....	39
2.3 Γεύση (Taste).....	40
2.3.1 Ορισμός γεύσης.....	40
2.3.2 Ο ρόλος της γεύσης στην αποδοχή των τροφίμων.....	41
2.4 Η αίσθηση της οσμής.....	41

2.4.1 Ορισμός της οσμής.....	41
2.4.2 Ο ρόλος της οσμής στην αποδοχή των τροφίμων	42
2.5 Θρεπτική αξία του παξιμαδιού.....	43
2.5.1 Το παξιμάδι στη βάση της Μεσογειακής Διατροφής	43
2.5.2 Η θρεπτική αξία των φυτικών ινών.....	44
2.5.3 Η θρεπτική αξία του ελαιολάδου.....	48
2.5.4 Η θρεπτική αξία του ηλιελαίου.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών.....	51
3.1 Ανάλυση υφής των τροφίμων.....	51
3.1.1 Εισαγωγή.....	51
3.1.2 Αντικειμενικές μέθοδοι μέτρησης υφής των τροφίμων – Texture Analysis ...	52
3.1.2.1 Καταστρεπτικές μέθοδοι.....	53
3.1.2.2 Μη καταστρεπτικές μέθοδοι.....	56
3.1.3 Όργανα μέτρησης υφής.....	56
3.1.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ενόργανων μετρήσεων.....	57
3.1.5 Μηχανικές παράμετροι υφής	58
3.1.5.1 Σκληρότητα.....	58
3.1.5.1.1 Παράγοντες που επιδρούν στη σκληρότητα των αρτοσκευασμάτων	59
3.1.5.2 Θραυστότητα.....	60
3.1.5.2.1 Παράγοντες που επιδρούν στη θραυστότητα των αρτοσκευασμάτων	62
3.1.4.3 Συνεκτικότητα	62
3.1.4.4 Ελαστικότητα (Springiness)	63
3.1.4.5 Κολητικότητα (Gumminess).....	63
3.1.4.6 Μασητικότητα (Chewiness).....	63
3.2 Προσδιορισμός πορώδους τροφίμων	64
3.3 Ανάλυση χρώματος των τροφίμων.....	65
3.3.1 Εισαγωγή.....	65
3.3.2 Χρωματομετρία - Χρωματικά μοντέλα.....	66
3.3.3 Μέθοδοι μέτρησης χρώματος	68
3.3.3.1 Υποκειμενικές μέθοδοι μέτρησης του χρώματος.....	68
3.3.3.2 Αντικειμενικές μέθοδοι μέτρησης του χρώματος	69
3.3.3.2.1 Χρωματόμετρο.....	69
3.3.3.2.2 Φασματοφωτόμετρο	70

3.3.3.2.3 Υπολογιστική όραση (Computer Vision).....	70
3.4 Οργανοληπτική αξιολόγηση τροφίμων	71
3.4.1 Εισαγωγικές έννοιες.....	71
3.4.2 Μέθοδοι οργανοληπτικού ελέγχου	72
3.4.3 Οργάνωση οργανοληπτικών δοκιμών.....	74
3.4.3.1 Επιλογή των κατάλληλων δοκιμαστών.....	74
3.4.3.2 Χώρος και συνθήκες οργανοληπτικής εξέτασης	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Χημική ανάλυση.....	76
4.1 Εισαγωγή.....	76
4.2 Προσδιορισμός υγρασίας τροφίμων.....	76
4.3 Προσδιορισμός της τέφρας και των ανόργανων συστατικών	78
4.4 Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων – πρωτεϊνών των τροφίμων.....	79
4.5 Προσδιορισμός ολικών λιποειδών – Μέθοδος Soxhlet	81
4. 6 Μέθοδος προσδιορισμού ακατέργαστων φυτικών ινών με τη συσκευή Dosi Fiber	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Πειραματικό μέρος	86
5.1 Σκοπός	86
5.2 Παρασκευή παξιμαδιών	87
5.2.1 Συστατικά.....	87
5.2.2 Διαδικασία παραγωγής.....	88
5.3 Χημική ανάλυση μακροθρεπτικών συστατικών.....	90
5.3.1 Προετοιμασία δειγμάτων.....	90
5.3.2 Προσδιορισμός υγρασίας δειγμάτων.....	90
5.3.3 Προσδιορισμός της τέφρας των δειγμάτων	91
5.3.4 Εκχύλιση ολικών λιποειδών. Μέθοδος Soxhlet.....	92
5.3.5 Προσδιορισμός αζώτου ολικών πρωτεϊνών. Μέθοδος Kjeldahl.....	95
5.4 Μέτρηση χαρακτηριστικών υφής.....	98
5.5 Προσδιορισμός πορώδους	99
5.6 Μέτρηση χρώματος.....	101
5.7 Οργανοληπτική εξέταση δειγμάτων.....	102
5.8 Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων.....	103
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Αποτελέσματα - Συζήτηση.....	104
6.1 Κατηγοριοποίηση δειγμάτων.....	104
6.2 Χημική ανάλυση.....	105
6.2.1 Χημική ανάλυση αλεύρων.....	105
6.2.2 Χημική ανάλυση δειγμάτων.....	106

6.3 Αξιολόγηση ποιοτικών χαρακτηριστικών παξιμαδιών με αντικειμενικές μεθόδους	107
6.3.1 Αποτελέσματα και αξιολόγηση της ανάλυσης υφής	107
6.3.1.1 1 ^η κατηγορία δειγμάτων	107
6.3.1.2 2 ^η κατηγορία δειγμάτων	112
6.3.3 Αποτελέσματα και αξιολόγηση της μέτρησης πορώδους	117
6.3.3 Αποτελέσματα και αξιολόγηση της μέτρησης χρώματος	119
6.3.3.1 1 ^η κατηγορία δειγμάτων	119
6.3.3.2 2 ^η κατηγορία δειγμάτων	121
6.4 Αξιολόγηση ποιοτικών χαρακτηριστικών παξιμαδιών με υποκειμενικές μεθόδους	124
6.4.1 Αποτελέσματα και αξιολόγηση οργανοληπτικών δοκιμών αρεσκείας	124
6.4.2 Αποτελέσματα και αξιολόγηση οργανοληπτικών δοκιμών κατάταξης	131
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : Συμπεράσματα – Προτάσεις	134
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Βιβλιογραφία	138
Παράρτημα	153

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Προϊόντα αρτοποιίας – Παξιμάδι

1.1 Εισαγωγή

1.1.1 Ορισμοί

Ο Νόμος 3526/2007 - ΦΕΚ 24/Α'/9.2.200 «Παραγωγή και διάθεση προϊόντων αρτοποιίας και συναφείς διατάξεις», περιέχει μια σειρά ορισμών για το αρτοσκεύασμα και τα συναφή του. Ειδικότερα, ως αρτοπαρασκεύασμα ορίζει το προϊόν αρτοποιίας που παρασκευάζεται από αλεύρα ενός δημητριακού ή προσμίξεις αλεύρων διαφόρων δημητριακών, όταν ο τρόπος παρασκευής του δεν συμπίπτει με τον τρόπο παρασκευής των ειδών άρτου. Ωστόσο, αρτοσκεύασμα είναι το προϊόν αρτοποιίας το οποίο παρασκευάζεται κατά τρόπο ανάλογο με αυτόν της παρασκευής του άρτου, με απλό ή διπλό κλιβανισμό, διαφέρει, όμως, από τον άρτο ως προς την μακροσκοπική υφή και τους οργανοληπτικούς χαρακτήρες του.

Ο όρος απλά αρτοσκευάσματα περιλαμβάνει τα προϊόντα αρτοποιίας, τα οποία μπορεί να αντικαταστήσουν τον άρτο, όπως φρυγανιές, αρτίδια, φραντζολάκια, κουλούρια, παξιμάδια, πίτες για σουβλάκια, ενώ «διάφορα αρτοσκευάσματα» είναι τα κάθε μορφής και φύσης αρτοσκευάσματα, που παρασκευάζονται κατά τρόπο ανάλογο με τον τρόπο παρασκευής του άρτου, διαφέρουν όμως χαρακτηριστικά από αυτόν, ως προς τους μακροσκοπικούς και οργανοληπτικούς χαρακτήρες τους, λόγω της προσθήκης σε αυτά, πέραν των πρώτων υλών που επιτρέπονται για την παρασκευή του άρτου και άλλων πρώτων υλών που επιτρέπονται από τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (Υ.Α. 1100/1987 ΦΕΚ Β 788), όπως γάλα, γιαούρτι, βούτυρο, τυροκομικά προϊόντα, αυγά, λιπαρές ύλες, γλυκαντικές ύλες, προϊόντα τομάτας, ελιές, αρτυματικές ύλες, προϊόντα αλλαντοποιίας. Τέλος, «διάφορα αρτοσκευάσματα ζαχαροπλαστικής» αποτελούν τα προϊόντα αρτοποιίας, όπως παξιμάδια, κουλούρια, φρυγανιές και άλλα βουτήματα ζαχαροπλαστικής, που περιέχουν υποχρεωτικά λιπαρές ύλες και μια από τις φυσικές γλυκαντικές ύλες που προσδίδει σε αυτά γλυκιά ή γλυκίζουσα γεύση. Ο γενικός όρος «προϊόντα αρτοποιίας» περιλαμβάνει τον άρτο, τα αρτοπαρασκευάσματα και τα αρτοσκευάσματα.

1.1.2 Ιστορία για το παξιμάδι

Το παξιμάδι είναι το διπλοφουρνισμένο ψωμί της Κρήτης, μια συνταγή που έχει τις ρίζες της βαθιά μέσα στο χρόνο. Οι πρώτες αναφορές κάνουν λόγο για «Διπυρίτη Άρτο», δηλαδή ψωμί που μπαίνει δυο φορές στο φούρνο (πυρά), ενώ τη λέξη παξιμάδι τη συναντάμε στα πρώτα μ.Χ. χρόνια, αρχικά σαν «πάξαμα», έπειτα σαν «παξαμίτη». Λέγεται ότι η προέλευση της λέξης είναι από τον Πάξαμο, λόγιος συγγραφέας και περίφημος μάγειρας στην αρχαία Ρώμη, ο οποίος επέβαλε κάποιες γαστρονομικές βελτιώσεις στο διπλοφουρνιστό διπυρίτη άρτο που έτρωγαν οι Έλληνες τουλάχιστον από την εποχή του Αριστοτέλη και του Ιπποκράτη.

Με το πέρασμα των χρόνων το παξιμάδι έγινε αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής διατροφής των Κρητικών. Μελετητές αναφέρουν ότι παραγόταν ήδη από τη Μινωϊκή εποχή, αλλά δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα που το τεκμηριώνουν. Λόγω της ιδιότητάς του να συντηρείται για μεγάλα χρονικά διαστήματα αποτελούσε τον άρτο επιλογής και βασικό τρόφιμο για ναυτικούς, βοσκούς, αγρότες που απουσίαζαν αρκετό καιρό από την εστία τους.

Επίσης, το παξιμάδι αποτελούσε το ψωμί των φτωχών, καθώς παραγόταν σε οικογένειες που δεν είχαν τη δυνατότητα καθημερινού ζυμώματος φρέσκου ψωμιού, όπως οικογένειες αγροτών, όπου η γυναίκα ασχολιόταν και με τις αγροτικές εργασίες. Έτσι, ζύμωναν μια φορά μεγάλη ποσότητα, κρατούσαν φρέσκο ψωμί για λίγες μέρες και το υπόλοιπο το ξήραιναν σε φούρνο με χαμηλή θερμοκρασία ώστε να διατηρείται για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Σήμερα, το παξιμάδι καταναλώνεται από ένα μεγάλο ποσοστό του ελληνικού πληθυσμού, τόσο ως κομμάτι της παράδοσης αλλά και λόγω της υψηλής διατροφικής του αξίας, η οποία θα αναλυθεί περαιτέρω στο κεφάλαιο 2.

1.2 Συστατικά του παξιμαδιού και λειτουργίες τους

1.2.1 Άλευρο

Το αλεύρι είναι το πιο σημαντικό συστατικό στην παρασκευή των προϊόντων αρτοποιίας, διότι διαμορφώνει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους όπως το άρωμα, τη δομή και την υφή. Αποτελείται από πρωτεΐνες, άμυλο και άλλους υδατάνθρακες, τέφρα, διαιτητικές ίνες, λιπίδια, νερό και επίσης περιέχει μικρές ποσότητες βιταμινών, μετάλλων και ενζύμων (Giannou et al., 2003). Κατά τη διαδικασία παραγωγής ψωμιού, και κατ' επέκταση παξιμαδιού, συμβαίνουν σύνθετες χημικές, βιοχημικές και φυσικές μετατροπές οι οποίες επηρεάζουν και επηρεάζονται από τα διάφορα συστατικά του αλεύρου. Επιπλέον, πολλές ουσίες χρησιμοποιούνται σήμερα για να επηρεάσουν τα δομικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των συστατικών του αλεύρου με σκοπό τη βελτιστοποίηση της λειτουργικότητάς τους στην παρασκευή ψωμιού (Goesaert et al., 2005).

1.2.1.1 Σταρένιο αλεύρι

Το σιτάρι είναι το δεύτερο πιο σημαντικό δημητριακό παγκοσμίως, όσο αφορά την παραγωγή αλλά και την αξία για την ανθρώπινη και ζωική διατροφή, και αναλόγως το αλεύρι σίτου αποτελεί το πιο κοινώς χρησιμοποιούμενο αλεύρι στην αρτοποιία. Όλοι οι τύποι σιταριού ανήκουν στο γένος *Triticum* της οικογένειας Graminaeae. Η πλειονότητα του σιταριού το οποίο προορίζεται για τροφή, ανήκει σε δύο κυρίως βοτανικά είδη, το *Triticum aestivum* και το *Triticum durum*. Σύμφωνα με την ορολογία της Βορείου Αμερικής, το σιτάρι του είδους *Triticum aestivum* διακρίνεται σε σκληρό και μαλακό σιτάρι, ανάλογα με την απαιτούμενη δύναμη για τη σύνθλιψη των πυρήνων. Γενικά, στη Βόρεια Αμερική το μαλακό σιτάρι, το οποίο συνθλίβεται εύκολα, χρησιμοποιείται στην παρασκευή μπισκότων, ενώ το σκληρό στην παρασκευή ψωμιού. Ωστόσο, κάποιες Ευρωπαϊκές χώρες χρησιμοποιούν τον όρο μαλακό σιτάρι, αναφερόμενοι στο *Triticum aestivum*, και εννοούν τόσο το σιτάρι που χρησιμοποιείται στην παρασκευή ψωμιού αλλά και εκείνου που δε χρησιμοποιείται, ενώ ο όρος σκληρό σιτάρι αναφέρεται αποκλειστικά στο είδος *Triticum durum*, το οποίο αποτελεί τη συνήθη πρώτη ύλη για την παραγωγή ζυμαρικών (Pareyt & Delcour, 2008).

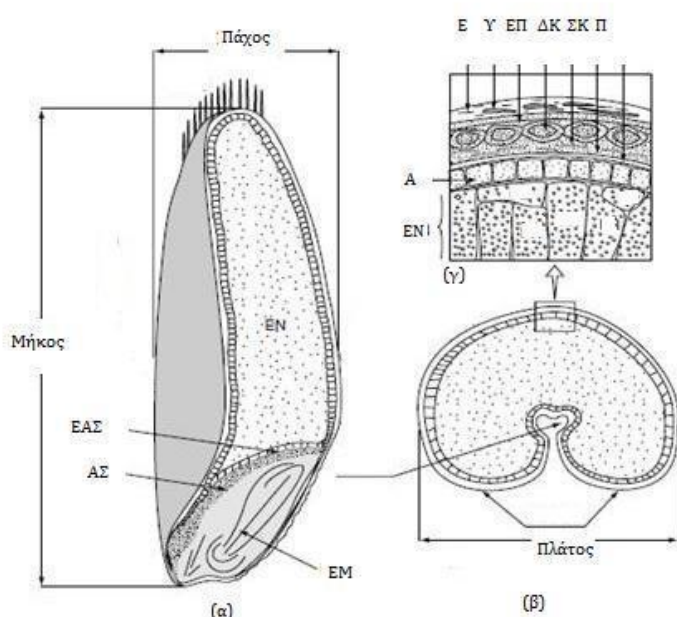
Ο καρπός του σιταριού αποτελείται από το έμβρυο, το οποίο καλείται φυτό, και το ενδοσπέρμιο που περικλείεται από τα στρώματα αλευρόνης και πιτύρου. Στο σχήμα 1.1

απεικονίζεται η θέση των μεμονωμένων συστατικών τους, σε διαμήκη και εγκάρσια τομή.

Η χημική σύσταση του καρπού του σίτου διαφέρει ανάλογα με το μέρος του καρπού στο οποίο αναφερόμαστε. Για παράδειγμα το ενδοσπέρμιο είναι πολύ πλούσιο σε άμυλο και φτωχό σε πρωτεΐνες, ενώ το φύτρο (έμβρυο) είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες. Ο πίνακας 1.1 δείχνει τα κύρια χημικά συστατικά σε συγκεκριμένα μέρη του καρπού του σιταριού.

Το σταρένιο αλεύρι, σε αντίθεση με τα άλευρα άλλων σιτηρών και καρπών, μπορεί να προσδώσει μοναδικά χαρακτηριστικά τόσο στη δομή όσο και στην εμφάνιση των διαφόρων προϊόντων αρτοποιίας. Αποτελείται κυρίως από άμυλο (70-75%), νερό (~14%), και πρωτεΐνες (10-12%). Στη σύστασή του περιλαμβάνονται επίσης και μη αμυλούχοι πολυσακχαρίτες (~2-3%), ιδιαίτερα αραβινοξυλάνες, και λιπαρά (~2%), συστατικά τα οποία είναι σημαντικά για την παραγωγή και την ποιότητα τόσο του ψωμιού όσο και άλλων προϊόντων αρτοποιίας (Goesaert et al., 2005).

Η αρτοποιητική ποιότητα του σιταριού επηρεάζεται έντονα από την καλλιεργούμενη ποικιλία και επίσης από τις συνθήκες ανάπτυξης και καλλιέργειας (κλίμα, τόπος) και στη συνέχεια από τις συνθήκες και τη διάρκεια της αποθήκευσης.



Σχήμα 1.1 Κύρια μορφολογικά χαρακτηριστικά ενός καρπού σίτου.

(α) Διαμήκης τομή (β) Εγκάρσια τομή (γ) Τμήμα του στρώματος πίτυρου με κύτταρα αλευρόνης και ενδοσπερμίου. Ε- Επιδερμίδα, Υ- Υποδερμίδα, ΕΠ- Εσωτερικό περικάρπιο, ΔΚ - Διασταυρούμενα κύτταρα, ΣΚ- Σωληναριακά κύτταρα, Π- περίβλημα, Α- Στιβάδα αλευρόνης, ΑΣ- Ασπίδιο, ΕΑΣ- Επιθήλιο ασπιδίου, ΕΝ- Ενδοσπέρμιο, ΕΜ- Έμβρυο (Grundas, 2003).

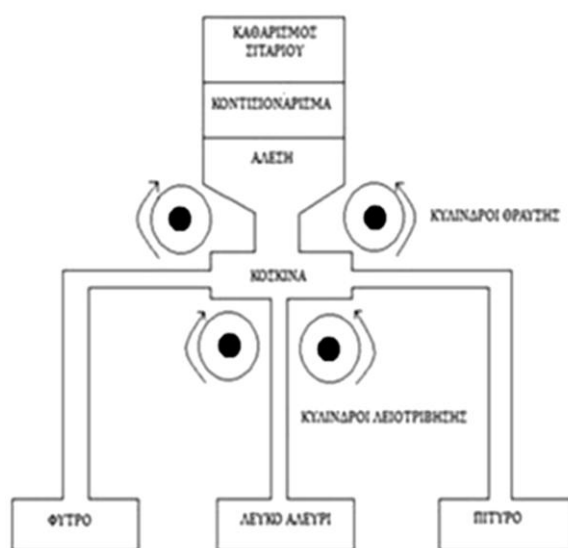
	Περιεχόμενο σε χημικά συστατικά (% ξ.β.)			
Χημικά συστατικά	Ολόκληρος καρπός	Περίβλημα καρπού και στρώση αλευρόνης	Φύτρο	Ενδοσπέρμιο
Πρωτεΐνες	10-17	23-33	36-42	9-14
Υδατάνθρακες				
Άμυλο	60-70	0	0	78-84
Σάκχαρα	3.0-6.0	3.0-5.0	22-28	3.0-4.0
Πεντοζάνες	6.0-9.5	30-40	9-11	2.5-3.0
Σελλουλόζη	2.5-3.3	12-20	3-5	0.13-0.18
Λίπη	2.0-2.5	7.0-8.5	12-16	0.5-0.7
Ιχνοστοιχεία	1.4-2.3	9-11	5-6	0.3-0.5

Πίνακας 1.1 Κύρια χημικά συστατικά στα διάφορα μέρη του καρπού του σίτου.
(Grundas, 2003)

1.2.1.2 Άλεση

Η τεχνολογική πρόκληση του αποτελεσματικού διαχωρισμού των τριών κύριων μερών του καρπού του σίτου (ενδοσπέρμιο, φύτρο και πίτουρο) είναι αρκετά περίπλοκη, λόγω του σχήματος του πυρήνα και του στρώματος αλευρόνης (η αλευρόνη θεωρείται βοτανικά ως ενδοσπέρμιο, αλλά είναι δύσκολο να διαχωριστεί από το πίτουρο).

Πρωταρχικός σκοπός της άλεσης, όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι ο διαχωρισμός των κύριων τμημάτων του καρπού του σιτηρού. Το εξωτερικό τμήμα του σπόρου, συμπεριλαμβανομένων του φύτρου και του στρώματος αλευρόνης, απομακρύνονται.



Αυτό δεν είναι εύκολο να επιτευχθεί, δεδομένου ότι ο αύλακας του σπόρου και η ανισότητα μεγέθους των κυττάρων της αλευρόνης στα σιτηρά δε διευκολύνουν την απλή αποφλοιώση. Γι' αυτό πρέπει να γίνει προσεκτική θραύση του σπόρου, τα επιμέρους τμήματα να διαχωριστούν και να ταξινομηθούν κατά μέγεθος και μόνο τότε να διασπαστούν περαιτέρω (Belitz et al., 2004).

Σχήμα 1.2 Διάγραμμα άλεσης

Το πρώτο στάδιο της άλεσης είναι ο καθαρισμός των σπόρων από τυχόν ακαθαρσίες, όπως σπόροι ζιζανίων, γαιώδεις προσμίξεις, σκόνη κλπ., και βασίζεται στο μέγεθος του κόκκου των σιτηρών και το ειδικό βάρος. Ο καθαρός σπόρος στη συνέχεια οδηγείται στη διαδικασία του «κοντισιοναρίσματος». Η διεργασία αυτή περιλαμβάνει εμποτισμό των σπόρων σε νερό, η οποία ακολουθείται από μία περίοδο θέρμανσής του (σε θερμοκρασία έως 65 °C), επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο στο νερό να εισέλθει στους σπόρους του σιτηρού. Το «κοντισιονάρισμα», συμβάλλει στον αποτελεσματικότερο διαχωρισμό του πίτυρου από το ενδοσπέρμιο. Πιο συγκεκριμένα, το πίτυρο γίνεται πολύ σκληρό, αποτρέποντας με αυτό τον τρόπο την άλεσή του, και άρα την ύπαρξή του στο λευκό αλεύρι. Παράλληλα, η σκληρότητα του ενδοσπερμίου μειώνεται και ευνοείται η άλεσή του. Η επίτευξη του βέλτιστου επιπέδου υγρασίας για την άλεση είναι κρίσιμο σημείο. Από τη μια πλευρά, πολύ μεγάλη υγρασία μειώνει την απόδοση θερμικής κατεργασίας του αλεύρου, καθώς είναι πιο δύσκολο να επιτευχθεί πλήρης διαχωρισμός του πίτυρου από το ενδοσπέρμιο, και επίσης μειώνεται η αποτελεσματικότητα του κοσκινίσματος. Ωστόσο, μικρό επίπεδο υγρασίας κατά το «κοντισιονάρισμα», οδηγεί σε άλεση και του πίτυρου, το οποίο θα «επιμολύνει» το αλεύρι. Η βέλτιστη υγρασία εξαρτάται επίσης και από τον τύπο του σταριού, καθώς το μαλακό σιτάρι απαιτεί χαμηλότερη υγρασία σε σχέση με το σκληρό. Σε επόμενο στάδιο, οι κόκκοι περνούν από τους κυλίνδρους άλεσης. Οι σύγχρονοι κύλινδροι άλεσης είναι σιδερένιοι κύλινδροι (iron rollers), ενώ παλαιότερα χρησιμοποιούνταν οι μυλόπετρες (grinding stones). Μετά από κάθε πέρασμα ελαττώνεται το μέγεθος των σωματιδίων μέσω πίεσης και διατμητικών δυνάμεων και ακολουθεί διαχωρισμός του αλεύρου ανάλογα με το μέγεθος των σωματιδίων με τη χρήση κόσκινων. Οι κύλινδροι ρυθμίζονται ανάλογα με το προϊόν που πρόκειται να παραχθεί. Παράγοντες που μπορούν να ρυθμιστούν είναι το μέγεθος των κυλίνδρων, οι αύλακες που φέρουν στην επιφάνεια, η ταχύτητα περιστροφής τους, το διάκενο μεταξύ του ζεύγους των κυλίνδρων που κινούνται σε αντίθετη φορά με διαφορετικές ταχύτητες (Dexter & Sarkar, 2004; Posner & Hibbs, 2005).

Ο τελικός διαχωρισμός των προϊόντων άλεσης γίνεται με βάση το μέγεθος ή τη διάμετρο των σωματιδίων (Σχήμα 1.2). Τα άλευρα που έχουν διαχωριστεί με διαφορετικό τρόπο, διαφοροποιούνται σημαντικά στην ποιότητα αρτοποιήσης, σ' αυτή τη διαφοροποίηση συμβάλλει και η καλλιεργούμενη ποικιλία. Επιπλέον, η ποιότητα εξαρτάται από το εάν το άλεσμα προέρχεται από το εσωτερικό ή το εξωτερικό τμήμα του ενδοσπερμίου (Belitz et al., 2004).

Η χημική σύσταση των αλεύρων εξαρτάται από το βαθμό άλεσης. Με αύξηση του βαθμού άλεσης ελαττώνεται το ποσοστό του αμύλου και αυξάνονται τα συστατικά που

υπάρχουν στον φλοιό (ανόργανα συστατικά, αδιάλυτες ίνες, βιταμίνες). Στον πίνακα 1.2 φαίνονται τα προϊόντα που προκύπτουν από ένα σύστημα άλεσης (Belitz et al., 2004).

Προϊόν	Ποσοστό επί του συνολικού	Χρήση
Ακαθαρσίες σιταριού ¹	1-3 %	Ζωοτροφή
Αλεύρι I	60-65 %	Προϊόντα αρτοποιίας
Αλεύρι II	10-17 %	Βιομηχανική χρήση
Φαρίνα	3-8 %	Τρόφιμα πρωινού
Σιμιγδάλι ²	65-67 %	Ζυμαρικά
Πίτυρο ³	22-25 %	Ζωοτροφή, Υψηλή περιεκτικότητα σε ίνες
Φύτρο	0.2-0.5 %	Τροφή, καλλυντικά

Πίνακας 1.2 Προϊόντα ενός ολοκληρωμένου συστήματος άλεσης.

¹ που προκύπτουν από το κοσκίνισμα πριν γίνει η σύνθλιψη των σπόρων

² Στην άλεση του σκληρού σίτου (durum) μόνο το υπόλοιπο 8-10% του εκχυλισθέντος ενδοσπερμίου αποτελεί το αλεύρι II.

³ Το πίτυρο αποτελείται από περικάρπιο, στοιβάδα αλευρόνης, και ένα μέρος του ενδοσπερμίου. (Posner, 2003)

Σχετικά με το αλεύρι ολικής αλέσεως, πιθανότατα η πιο σημαντική παράμετρος για την παραγωγή του είναι η επιλογή της μεθόδου άλεσης που θα χρησιμοποιηθεί. Οι δύο κυρίαρχες τεχνικές για παραγωγή αλεύρων ολικής αλέσεως είναι μέσω κυλινδρόμυλων ή πετρόμυλων. Οι σύγχρονοι πετρόμυλοι, αποτελούνται από μεταλλικές πλάκες με επισυναπτόμενες συνθετικές πέτρες και η μέθοδος αυτή έχει αρκετά μειονεκτήματα, όπως την αύξηση θερμοκρασίας λόγω τριβής η οποία με τη σειρά της προκαλεί καταστροφή στο άμυλο, τις πρωτεΐνες και τα ακόρεστα λιπαρά οξέα (Doblado-Maldonado et al., 2012). Η μέθοδος των κυλινδρόμυλων περιλαμβάνει, όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως, διαχωρισμό του ενδοσπερμίου από το πίτυρο, με σταδιακή μείωση του μεγέθους του ενδοσπερμίου. Για την παραγωγή του αλεύρου ολικής αλέσεως, τα κλάσματα του ενδοσπερμίου και πιτύρου-φύτρου αναμιγνύονται ξανά, στις φυσιολογικές αναλογίες. Η κύρια διαφοροποίηση του αλεύρου ολικής αλέσεως σε σχέση με το κοινό αλεύρι, ως προς τη διαδικασία άλεσης, είναι ότι σε αυτή την περίπτωση το «κοντισιονάρισμα» ουσιαστικά δεν είναι απαραίτητο. Γενικά, τα άλευρα ολικής αλέσεως, περιέχουν περισσότερα λιπίδια, αντιοξειδωτικά και έχουν μεγαλύτερη ενζυμική δραστηριότητα, γεγονός το οποίο μπορεί να επηρεάσει την τελική χρήση και τις συνθήκες αποθήκευσής του (Doblado-Maldonado et al., 2012; Posner & Hibbs, 2005).

1.2.1.3 Κριθαρένιο αλεύρι

Ιστορικά, το κριθάρι έχει αποτελέσει μια σημαντική πηγή τροφής σε πολλά μέρη του κόσμου, συμπεριλαμβανομένης της Μέσης Ανατολής, της βόρειας Αφρικής, βόρειας και ανατολικής Ευρώπης (Ιράν, Μαρόκο, Αιθιοπία, Φινλανδία, Αγγλία, Γαλλία, Ρωσία, Πολωνία) και της Ασίας (Ινδία, Ιαπωνία, Θιβέτ, Κορέα). Ωστόσο, η καλύτερη ποιότητα των προϊόντων από σιτάρι και ρύζι, οδήγησε σε σημαντική μείωση της χρήσης του κριθαριού στη διατροφή, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του 19^{ου} και 20^{ου} αιώνα (Newman & Newman, 2006). Κατά συνέπεια, σε αντίθεση με το σιτάρι, υπήρξε μικρή πρόοδος όσο αφορά τη βελτίωση και την ανάπτυξη προϊόντων από κριθάρι.

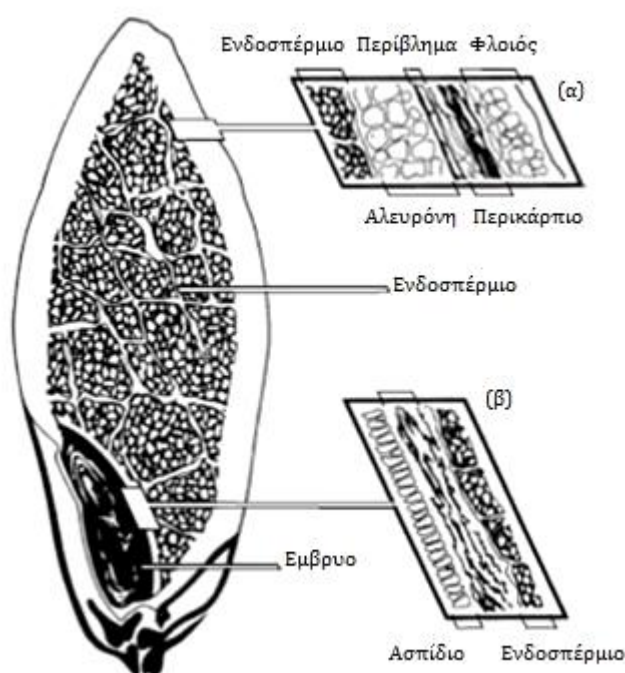
Το κριθάρι (*Hordeum sativum*) είναι η τέταρτη σημαντικότερη καλλιέργεια δημητριακών στον κόσμο. Ήταν ανέκαθεν η καλλιέργεια σιτηρών για παραγωγή της βύνης ζυθοποιίας, λόγω του είδους και της ποσότητας των ενζύμων που παράγονται, ενώ μόνο ένα μικρό ποσοστό χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση. Το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγής του αφορά τη διάθεση για παραγωγή ζωοτροφών, 15% της συνολικής παραγωγής προορίζεται για τη ζυθοποιία, ενώ λιγότερο από 5% χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση.

Ο σπόρος του κριθαριού συνήθως αποφλοιώνεται, ώστε να απομακρυνθεί το κέλυφος και το πίτουρο, πριν την κατανάλωση ή την περαιτέρω επεξεργασία του. Η υφή του ενδοσπερμίου και το χρώμα του καρπού θεωρούνται τα πλέον σημαντικά γνωρίσματα ποιότητας του δημητριακού (Edney et al., 2002). Σε αντίθεση με το σιτάρι, το πίτουρο του κριθαριού σπάει εύκολα κατά την άλεση μέσω κυλίνδρων, καθιστώντας εξαιρετικά δύσκολη την παραγωγή λευκού αλεύρου. Κατά συνέπεια, το κριθαρένιο αλεύρι περιέχει συνήθως ορατά κομμάτια πίτουρο, και είναι πιο σκούρο σε σχέση με το τυπικό σταρένιο αλεύρι. Η αυξανόμενη τάση των τελευταίων ετών που ευνοεί τα προϊόντα ολικής αλέσεως, καθιστά το χρώμα ένα λιγότερο σημαντικό παράγοντα, καθώς προϊόντα αρτοποιίας με σκούρο χρώμα, λόγω αλεύρου ολικής αλέσεως, είναι πλέον αποδεκτά (Baik & Ullrich, 2008).

Το κύριο συστατικό του κόκκου κριθαριού είναι το άμυλο, το οποίο υπάρχει στο ενδοσπέρμιο με τη μορφή διακριτών κόκκων (Σχήμα 1.3) και αντιπροσωπεύει το 65-68% του βάρους του σπόρου. Τα υπόλοιπα συστατικά του είναι 10-17% πρωτεΐνες, 4-9% β-γλυκάνη, 2-3% λίπος και 1,5-2,5% ιχνοστοιχεία (Izydorczyk et al., 2000; Quinde et al., 2004). Η περιεκτικότητα σε αδιάλυτες φυτικές ίνες κυμαίνεται από 11 έως 34% και οι διαλυτές από 3 έως 20% (Fastnaught, 2001). Το αποφλοιωμένο κριθάρι περιέχει 11-20% φυτικές ίνες, 11-14% αδιάλυτες και 3-10% διαλυτές (Marconi et al., 2000). Το κριθάρι είναι η μοναδική πηγή μεταξύ των σιτηρών, που έχει υψηλή συγκέντρωση σε

διαλυτές διαιτητικές ίνες και συγκεκριμένα σε β-γλυκάνη (Gupta et al., 2011), της οποίας οι ευεργετικές δράσεις που αφορούν τη μείωση της χοληστερόλης του πλάσματος (Behall et al., 2004) αλλά και του γλυκαιμικού φορτίου (Cavallero et al., 2002) είναι ευρέως γνωστές και αποδεκτές. Το κριθάρι επίσης, είναι πλούσια πηγή τοκολών, όπως τοκοφερόλες και τοκοτριενόλες, οι οποίες είναι γνωστές για την αντιοξειδωτική τους δράση (Qureshi et al., 1991).

Το κριθαρένιο αλεύρι, αλεσμένο είτε μέσω κυλίνδρων άλεσης είτε με σφυρί άλεσης στρογγυλών κόκκων, μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί σε προϊόντα όπως ψωμί, κέικ, μπισκότα, ζυμαρικά και προϊόντα εξώθησης. Σταρένιο ψωμί με προσθήκη 15-20% κριθαρένιου αλεύρου, ήταν αποδεκτό στη συνολική γεύση, εμφάνιση και υφή, αλλά περαιτέρω αύξηση της περιεκτικότητας σε κριθαρένιο αλεύρι, προκάλεσε μείωση του όγκου καρβελιού, σκούρο καφέ χρώμα και σκληρή υφή ψίχας (Dhingra & Jood, 2004). Από την άλλη πλευρά, οι Newman και συνεργάτες, παρασκεύασαν κέικ (muffins) από 100% κριθαρένιο αλεύρι, πετυχαίνοντας ένα προϊόν αποδεκτής ποιότητας, το οποίο ήταν ελαφρώς κατώτερο σε όγκο, πυκνότητα και υγρασία σε σχέση με το αντίστοιχο σταρένιο προϊόν (Newman et al., 1991).



Σχήμα 1.3 Απεικόνιση μιας διαμήκους τομής ενός πυρήνα κριθαριού.

(α) Εξωτερικά στρώματα του πυρήνα. (β) Σύνδεση εμβρύου και ενδοσπερμίου. (MacGregor, 2003)

1.2.1.4 Σικάλένιο αλεύρι

Η σίκαλη (*Secale Cereale*, L.), ανήκει στο βοτανικό είδος Gramineae και πιστεύεται ότι προέρχεται από τη νότιο-δυτική Ασία, πιθανότατα από τα εδάφη της σημερινής Τουρκίας. Αν και έχει παρόμοια δομή με το σιτάρι, ωστόσο παρουσιάζει διαφορές ως προς τη χημική σύσταση και άλλες ιδιότητες. Πιο συγκεκριμένα, η σίκαλη περιέχει 10-15% πρωτεΐνες, 2-3% λίπος, 55-65% άμυλο, 2% τέφρα και 15-17% διαιτητικές ίνες, εκ των οποίων 3-4% ανήκουν στις διαλυτές φυτικές ίνες, συνεπώς συγκριτικά με το σιτάρι, είναι πιο πλούσια σε φυτικές ίνες (Lindhauer & Dreisoerner, 2003).

Η διαδικασία άλεσης της σίκαλης είναι παρόμοια με αυτή του σιταριού, η οποία έχει αναλυθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Ο σπόρος της σίκαλης αλέθεται και κλασματοποιείται σε διάφορα προϊόντα, κυρίως άλευρα και πίτυρα. Επειδή το φύτρο και το πίτυρο διαχωρίζονται με δυσκολία από το ενδοσπέρμιο, το αλεύρι σίκαλης διατηρεί περισσότερα θρεπτικά συστατικά από το αλεύρι σίτου (Kamal-Eldin et al., 2008).

1.2.1.5 Καλαμποκάλευρο και άλλα άλευρα

Το καλαμπόκι (*Zea mays* L.) είναι ένα φυτό Αμερικανικής προέλευσης, το οποίο καταναλώνεται σε όλο τον κόσμο για διάφορους σκοπούς. Δεν θεωρείται ως ένα βασικό είδος διατροφής, καθώς μόνο το 20% της παραγωγής αραβοσίτου προορίζεται για διατροφικούς σκοπούς, ενώ το 64% πηγαίνει για ζωοτροφές και το 14% για τη μεταποίηση διαφόρων άλλων προϊόντων (Velu et al., 2006). Το καλαμποκάλευρο χρησιμοποιείται για την παραγωγή πλήθους προϊόντων αρτοποιίας, όπως ψωμί, κέικ, ντόνατς αλλά και άλλων προϊόντων όπως βρεφικές τροφές.

Η άλεση του αραβοσίτου προς αλεύρι γίνεται τόσο με ξηρή, όσο και με υγρή άλεση. Κατά την ξηρή άλεση γίνεται διαχωρισμός των ανατομικών μερών του καλαμποκιού (πίτυρο, φύτρο και ενδοσπέρμιο), ενώ η υγρή άλεση διαχωρίζει το σπόρο του αραβοσίτου ως προς τα χημικά του συστατικά (άμυλο, πρωτεΐνες, λιπαρά και φυτικές ίνες). Η ξηρή άλεση του πρώτου αλεύρου και σιμιγδαλιού χρησιμοποιείται για την παραγωγή δημητριακών πρωινού, διογκωμένων σνακ, ζυμαρικών, σε συνδυασμό με αλεύρι σιταριού τις περισσότερες φορές. Η ξηρή άλεση χρησιμοποιείται επίσης για την ανακατανομή των αφλατοξινών που συγκεντρώνονται στα υποπροϊόντα κατά τη διαλογή (Velu et al., 2006).

Υπάρχουν και άλλα σιτηρά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αλεύρου. Ωστόσο κάποια από αυτά είναι περισσότερο και άλλα λιγότερο γνωστά. Συνοπτικά,

αναφέρουμε το σόργο (*Sorghum bicolor* Moench), το κεχρί (*Pennisetum glaucum*, L.), τον αμάρανθο (*Amaranthus caudatus*), τον πυρίανθο (*Chenopodium quinoa*) και το φαγόπυρο (*Fagopyrum Esculentum*).

1.2.1.6 Συστατικά αλεύρου και λειτουργίες τους

Η αρτοποιητική ικανότητα του αλεύρου εξαρτάται από την ποικιλία του σιτηρού, τις γεωργικές και κλιματικές συνθήκες, συμπεριλαμβανομένων των διαδικασιών συγκομιδής και άλεσης. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του αλεύρου είναι οι περιεχόμενες πρωτεΐνες, και ιδιαίτερα η ποσότητα και η ποιότητα της περιεχόμενης γλουτένης, η ικανότητα απορρόφησης νερού, και η ικανότητα διάστασης σε ιόντα. Το ζύμωμα του αλεύρου με το νερό δίνει στη ζύμη μια συνεκτική, ιξωδοελαστική μάζα, η οποία διατηρεί το αέριο που σχηματίζεται κατά τη διάρκεια του ζυμώματος (Collado-Fernandez, 2003).

Το αλεύρι είναι το σημαντικότερο συστατικό στα προϊόντα αρτοποιίας, και συνεπώς και του παξιμαδιού, και αποτελείται κυρίως από άμυλο (70-75%), νερό (14%) και πρωτεΐνες (8-11% στο μαλακό αλεύρι σίτου). Επιπλέον, οι αραβινοξυλάνες (1,5-2,5%) και τα λιπαρά (~2%) είναι σημαντικά συστατικά του αλεύρου τα οποία προσδίδουν στο τελικό προϊόν αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά. Το αλεύρι παρέχει το πλέγμα γύρω από το οποίο αναμειγνύονται τα διάφορα συστατικά σε κατάλληλες αναλογίες για να σχηματίσουν τη ζύμη (Pareyt & Delcour, 2008).

➤ Άμυλο

Κυρίαρχο συστατικό του αλεύρου, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αποτελεί το άμυλο. Διαθέτει κάποιες μοναδικές ιδιότητες που καθορίζουν τη λειτουργικότητά του σε πολλές εφαρμογές τροφίμων, ιδιαίτερα στην αρτοποιία. Τα βασικά συστατικά του αμύλου είναι τα πολυμερή της γλυκόζης, αμυλόζη και αμυλοπηκτίνη. Η αμυλόζη είναι ένα γραμμικό πολυμερές όπου τα μόρια της γλυκόζης συνδέονται με α -D-1 $\rightarrow$ 4 γλυκοζιτικούς δεσμούς, με βαθμό πολυμερισμού 500-6000. Η αμυλοπηκτίνη, το άλλο συστατικό του αμύλου, είναι πολύ μεγάλο και διακλαδισμένο πολυμερές. Τα μόρια της γλυκόζης συνδέονται γραμμικά με α -1,4 δεσμούς και στις διακλαδώσεις με α -1,6 γλυκοζιτικούς δεσμούς, με βαθμό πολυμερισμού 3×10^5 έως 3×10^6 . Η αναλογία αμυλόζης/ αμυλοπηκτίνης διαφέρει μεταξύ των αμύλων, αλλά τα συνήθη επίπεδα της αμυλόζης και της αμυλοπηκτίνης είναι 25-28% και 72-75% αντίστοιχα (Goesaert et al., 2005; Vandeputte and Delcour, 2004).

Στα φυτά το άμυλο βρίσκεται με τη μορφή κόκκων (granules). Σε θερμοκρασία δωματίου και με περίσσεια νερού, οι κόκκοι του αμύλου απορροφούν το 50% του ξηρού

βάρους τους σε νερό. Η διεργασία αυτή είναι αναστρέψιμη, εφόσον η θερμοκρασία δεν ξεπεράσει μια χαρακτηριστική τιμή, που ονομάζεται θερμοκρασία ζελατινοποίησης. Σε περίπτωση που η θερμοκρασία υπερβεί το όριο αυτό, διαδραματίζεται μια σειρά αλλαγών που οδηγούν τελικά στη μη αναστρέψιμη καταστροφή της δομής του αμύλου, η οποία καλείται ζελατινοποίηση (Goesaert et al., 2005). Εκτός από την απώλεια της μοριακής δομής και της κρυσταλλικότητας, η ζελατινοποίηση συνδέεται ακόμη με διόγκωση και διάρρηξη των κοκκίων (εξαιτίας της αυξημένης απορρόφησης νερού) και περιορισμένη διάλυση του αμύλου (κυρίως διάχυση της αμυλόζης), γεγονός που οδηγεί σε αύξηση του ιξώδους του σχηματιζόμενου αιωρήματος αμύλου. Περαιτέρω θέρμανση του αιωρήματος αμύλου πάνω από τη θερμοκρασία ζελατινοποίησης, συνεισφέρει στην εξέλιξη του προαναφερθέντος φαινομένου, προκαλώντας το σχηματισμό διογκωμένων, άμορφων κοκκίων αμύλου και διαλυτοποιημένων μακρομορίων (κυρίως αμυλόζη) ή αλλιώς της πάστας αμύλου. Η δομή των κοκκίων παραμένει σταθερή, εκτός και αν εφαρμοστεί πιο εκτεταμένη θερμοκρασία ή/και διάτμηση (Tester & Debon, 2000). Όταν η άμορφη πάστα αμύλου ψύχεται, οι πολυσακχαρίτες του αμύλου επανασυνδέονται σε μια πιο διατεταγμένη ή κρυσταλλική μορφή. Το φαινόμενο αυτό της ελάττωσης της διαλυτότητας και της τάσης προς επανακρυστάλλωση ονομάζεται παλινόρθωση (retrogradation) και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το pH, η παρουσία αλάτων, σακχάρων και λιπών (Goesaert et al., 2005).

Κατά τον κλιβανισμό, ο συνδυασμός θερμότητας και υγρασίας επιφέρει τη ζελατινοποίηση και διόγκωση των αμυλοκόκκων. Επιπλέον, εξαιτίας του διαχωρισμού φάσεων, η αμυλόζη και η αμυλοπηκτίνη δεν κατανέμονται ομοιογενώς μέσα στα κοκκία. Το κέντρο των μεγάλων αμυλοκόκκων είναι πλούσιο σε αμυλόζη, ενώ στο εξωτερικό στρώμα τους βρίσκεται κυρίως αμυλοπηκτίνη. Ένα μέρος της διαλυτοποιημένης αμυλόζης σχηματίζει σύμπλοκα εγκλεισμού με τα ενδογενή και προστιθέμενα πολικά λιπίδια του σιταριού, σχηματίζοντας την ψίχα του φρέσκου ψωμιού (Hug-Iten et al., 1999).

➤ *Μη αμυλούχοι πολυσακχαρίτες*

Το σιτάρι περιέχει και άλλους πολυσακχαρίτες εκτός του αμύλου, οι οποίοι καλούνται μη αμυλούχοι πολυσακχαρίτες και είναι πρωταρχικά συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων, συνεπώς περισσότερο άφθονοι στα εξωτερικά τμήματα απ' ότι στο εσωτερικό του καρπού (Van der Borgh et al., 2005). Κατά συνέπεια, η περιεκτικότητά τους στο αλεύρι αυξάνει με τη μείωση του μεγέθους των σωματιδίων του αλεύρου κατά την άλεση. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται οι αραβινοξυλάνες, β-γλυκάνες, σελλουλόζη και πεπτίδια αραβινογαλακτάνης. Από διατροφικής απόψεως, οι διαλυτοί και αδιάλυτοι μη αμυλούχοι πολυσακχαρίτες εκτός

της λιγνίνης, αποτελούν διαιτητικές ίνες. Οι σημαντικότερες πηγές ινών είναι τα σιτηρά και τα όσπρια, ενώ η περιεκτικότητά τους στα φρούτα και τα λαχανικά είναι σχετικά χαμηλή.

Οι πιο γνωστοί μη αμυλούχοι πολυσακχαρίτες είναι οι αραβινοξυλάνες. Από αυτές, το 1/4 έως 1/3 είναι εκχυλίσιμες στο νερό (Water Extractable Arabinoxylans), ενώ οι υπόλοιπες είναι μη εκχυλίσιμες (Water Unextractable Arabinoxylans) (Pareyt & Delcour, 2008). Παρά το γεγονός ότι οι αραβινοξυλάνες αποτελούν ένα μικρό μόνο ποσοστό του αλεύρου (~2-3%) επηρεάζουν τη συμπεριφορά του και τις ιδιότητες των προϊόντων αρτοποιίας. Ειδικότερα, έχει υποτεθεί ότι κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης του ψησίματος, οι εκχυλίσιμες στο νερό αραβινοξυλάνες δρουν με μηχανισμούς παρόμοιους της ζύμωσης, επηρεάζοντας θετικά τον αερισμό της ζύμης και βελτιώνοντας τα χαρακτηριστικά του προϊόντος (υφή, δομή, σταθερότητα ψίχας, όγκος) (Gan et al., 1995).

➤ Πρωτεΐνες

Η πρώτη συστηματική μελέτη για την κατηγοριοποίηση των πρωτεϊνών των σιτηρών πραγματοποιήθηκε από τον Osborne στις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Η ταξινόμηση αυτή έγινε με βάση τη διαλυτότητα των πρωτεϊνών και περιλαμβάνει τις εξής κατηγορίες: αλβουμίνες (διαλυτές στο νερό), γλοβουλίνες (διαλυτές σε αραιά διαλύματα αλάτων), γλοιαδίνες (διαλυτές σε αλκοόλες, που ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία των προλαμινών), και γλουτενίνες (διαλυτές σε αραιά διαλύματα οξέων και αλκαλίων, οι οποίες ανήκουν στις γλουτελίνες).

Με κριτήριο τη λειτουργικότητά τους διακρίνουμε δύο κατηγορίες πρωτεϊνών, τις πρωτεΐνες που δε διαθέτουν τις ιδιότητες της γλουτένης, αυτές δηλαδή που έχουν μηδενικό ή ελάχιστο ρόλο στην παρασκευή ψωμιού και των προϊόντων αρτοποιίας, και τις πρωτεΐνες γλουτένης, με καθοριστικό ρόλο στην παρασκευή ψωμιού. Οι πρωτεΐνες της πρώτης κατηγορίας (15-20% των συνολικών πρωτεϊνών του αλεύρου σίτου) απαντούν στα εξωτερικά στρώματα του καρπού του σίτου και λιγότερο στο ενδοσπέρμιο, είναι κατά κανόνα διαλυτές σε διαλύματα αλάτων, και αφορούν στις αλβουμίνες και γλοβουλίνες κατά Osborne. Από την άλλη, οι πρωτεΐνες γλουτένης (80-85% των συνολικών πρωτεϊνών) βρίσκονται στο ενδοσπέρμιο των σπόρων σιταριού, όπου σχηματίζουν ένα συνεχές πλέγμα γύρω από τα κοκκία αμύλου και αποτελούν τις κύριες αποθηκευτικές πρωτεΐνες του σίτου. Οι πρωτεΐνες γλουτένης εμφανίζουν πολύ μικρή διαλυτότητα στο νερό ή σε διαλύματα αλάτων, συνεπώς πλήρης διάλυσή τους γίνεται μόνο με αλλαγή της δομής τους. Η ομάδα αυτή περιλαμβάνει τις γλοιαδίνες και τις γλουτενίνες. Ο ρόλος των πρωτεϊνών γλουτένης στην παρασκευή προϊόντων όπως το ψωμί, έγκειται κυρίως στην ανάπτυξη των μοναδικών ιξωδοελαστικών ιδιοτήτων

της ζύμης. Ειδικότερα, κατά την ανάμιξη νερού και αλεύρου, οι πρωτεΐνες γλουτένης ενυδατώνονται και σχηματίζουν ένα συνεχές ιξωδοελαστικό δίκτυο. Κατά την ωρίμανση της ζύμης, το πλέγμα της γλουτένης κατέχει σημαντικότατο ρόλο στη κατακράτηση του παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα (Goesaert et al., 2005; Shewry et al., 2002; Veraverbecke & Delcour, 2002).

Ωστόσο, η ποιότητα και η ποσότητα των πρωτεϊνών γλουτένης παίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό των απαιτήσεων ζυμώματος. Οι πολυμερείς γλουτενίνες, λόγω του μεγάλου μεγέθους τους, σχηματίζουν ένα δίκτυο το οποίο παρέχει δύναμη (αντίσταση στην παραμόρφωση) και ελαστικότητα στη ζύμη. Από την άλλη πλευρά, οι μονομερείς γλοιαδίνες θεωρείται ότι δρουν σαν πλαστικοποιητές του πολυμερούς συστήματος της γλουτενίνης και ως εκ τούτου, παρέχουν πλαστικότητα/ελαστικότητα στη ζύμη. Για να επιτευχθεί η βέλτιστη ποιότητα του τελικού προϊόντος απαιτείται η κατάλληλη αναλογία γλοιαδινών: γλουτενινών και επίσης, οι γλουτενίνες να διατηρούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους (Goesaert et al., 2005).

Κατά τη διάρκεια του ψησίματος λαμβάνουν χώρα δραματικές μεταβολές στη δομή των πρωτεϊνών γλουτένης, περιλαμβάνοντας αλλαγές στην υδροφοβικότητα της επιφάνειας των πρωτεϊνών και στο σχηματισμό νέων δισουλφιδικών δεσμών. Αποτέλεσμα αυτών των θερμικά επαγόμενων αλλαγών, σε συνδυασμό με τις αλλαγές που συμβαίνουν στο άμυλο, είναι ο σχηματισμός της τυπικής αφρώδους δομής της ψίχας του ψωμιού (Goesaert et al., 2005).

Τα άλλα σιτηρά, όπως η σίκαλη και το κριθάρι, δεν έχουν την ικανότητα να σχηματίσουν γλουτένη. Η αρτοποιητική ικανότητα της σίκαλης οφείλεται στις πεντοζάνες και σε κάποιες πρωτεΐνες που διογκώνονται μετά από οξίνιση, έτσι ώστε να συνεισφέρουν στη συγκράτηση αερίων και την ικανοποιητική ποιότητα του τελικού προϊόντος.

➤ *Λιπίδια*

Εκτός από υδατάνθρακες και πρωτεΐνες, το σταρένιο αλεύρι περιέχει 2.0-2.5% λιπίδια, τα οποία καλούνται ενδογενή λιπίδια, και παρά τη μικρή τους ποσότητα μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την ποιότητα των προϊόντων αρτοποιίας. Η περιεκτικότητα των αλεύρων σε λιπίδια καθορίζεται τόσο από γενετικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, όσο και από παράγοντες που σχετίζονται με την παραγωγή του αλεύρου, όπως η άλεση (Papantoniou et al., 2003; Paryet et al., 2011).

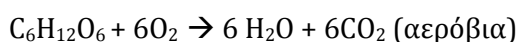
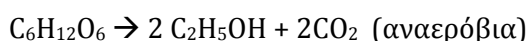
Αναφορικά με την ταξινόμηση των ενδογενών λιποειδών, αρχικά διακρίνουμε δύο κατηγορίες, αμυλούχα (ISL) και μη αμυλούχα λιποειδή (NSL). Τα μη αμυλούχα λιποειδή (Non-starch Lipids, NSL) αποτελούν το 70-75% της συνολικής ποσότητας λιπιδίων και μπορούν να διακριθούν περαιτέρω σε ελεύθερα και δεσμευμένα λιπίδια.

Περιλαμβάνουν κυρίως τριακυλογλυκερόλες, καθώς και άλλα μη πολικά λιποειδή, και διγαλακτοζυλο-διγλυκερίδια (DGDG). Τα ελεύθερα λιποειδή μπορούν να κατηγοριοποιηθούν επιπλέον σε πολικά (25% των ελεύθερων μη αμυλούχων λιποειδών) και σε μη πολικά (75% των ελεύθερων λιπιδίων, κυρίως τριακυλογλυκερόλες, μονοακυλογλυκερόλες, διακυλογλυκερόλες και ελεύθερα λιπαρά οξέα). Τέλος, τα αμυλούχα λιποειδή είναι πολικά, περιλαμβάνοντας κυρίως τα λυσοφωσολιπίδια. Είναι σημαντικά δευτερεύοντα συστατικά του αμύλου των δημητριακών, τα οποία σχετίζονται θετικά με την περιεκτικότητα σε αμυλόζη (0,8-1,2% για το άμυλο σιταριού) (Goesaert et al., 2005; Paryet et al., 2011).

Αναφορικά με τη λειτουργία τους στην παρασκευή αρτοσκευασμάτων, τα ενδογενή λιπίδια, και ειδικότερα τα μη αμυλούχα λιποειδή (NSL), διαδραματίζουν αξιοσημείωτο ρόλο στην τελική ποιότητα του αλεύρου. Τα αμυλούχα λιποειδή είναι ισχυρώς συνδεδεμένα στους αμυλόκοκκους, συνεπώς δεν έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν την επεξεργασία του ζυμαριού πριν την έναρξη της ζελατινοποίησης. Πιθανότατα, η λειτουργικότητα των ενδογενών λιπιδίων έγκειται στην δράση τους αναφορικά με την κατακράτηση του αερίου στο ζυμάρι. Σε αυτή την περίπτωση, η θετική επίδραση των πολικών λιποειδών αποδίδεται στην ικανότητά τους να σχηματίζουν μονοστοιβάδες λιπιδίων στην διεπιφάνεια αερίου/ υγρού των σχηματιζόμενων κυψελίδων αέρα, συντελώντας στη σταθεροποίηση τους. Αξίζει επίσης να σημειωθεί, ότι η αναλογία των πολικών και μη πολικών ελεύθερων μη αμυλούχων λιποειδών, σχετίζεται με τον όγκο του παραγόμενου ψωμιού (Gan et al., 1995; Goesaert et al., 2005).

1.2.2 Διογκωτικοί παράγοντες

Η ζύμη αρτοποιίας αποτελεί ένα από τα κυριότερα συστατικά για την παρασκευή του ψωμιού. Είναι ένας μονοκύτταρος μύκητας και το στέλεχος που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ψωμιού είναι το *Saccharomyces cerevisiae*. Οι μύκητες της μαγιάς μπορούν να δράσουν μέσω δύο οδών, αερόβια και αναερόβια. Στην αναερόβια οδό (αλκοολική ζύμωση) παράγονται αλκοόλη και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), ενώ στην αερόβια παράγεται νερό και CO₂, όπως φαίνεται παρακάτω :



Και στις δύο περιπτώσεις το υπόστρωμα είναι η γλυκόζη. Για τα πρωταρχικά στάδια της ζύμωσης, προστίθεται συνήθως μικρή ποσότητα ζάχαρης. Στην αερόβια οδό, η μαγιά «αναπνέει», και ουσιαστικά θα εξαντλήσει πολύ γρήγορα τα αποθέματα οξυγόνου, ώστε να συνεχίσει η αλκοολική ζύμωση. Η παραγωγή της αλκοόλης είναι

καθοριστικής σημασίας, διότι η εξάτμισή της συμβάλλει στην διόγκωση των προϊόντων αρτοποιίας, επιτυγχάνοντας την επιθυμητή δομή και ποιότητα του τελικού προϊόντος.

Όσο μεγαλύτερη η περιεκτικότητα της ζύμης σε μαγιά, τόσο πιο γρήγορα παράγεται το CO₂. Η αντίδραση αυτή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία, και αυξάνεται όσο η θερμοκρασία πλησιάζει τους 40-43 °C. Από αυτό το σημείο και έπειτα, ο ρυθμός παραγωγής του CO₂ μειώνεται έως ότου η μαγιά απενεργοποιηθεί στους 55°C (Cauvain & Young, 2006; Edwards, 2007; Mondal & Datta, 2008).

1.2.3 Αλάτι

Στην παρασκευή προϊόντων αρτοποιίας το αλάτι χρησιμοποιείται για ένα μεγάλο εύρος σκοπών. Η σημαντικότερη συνεισφορά του έγκειται στη γεύση που προσδίδει στο προϊόν. Εκτός αυτού, κατέχει σημαντικό ρόλο στον έλεγχο της ενεργότητας νερού του προϊόντος, εξαιτίας της ιοντικής του φύσεως. Για το λόγο αυτό, επιδρά σημαντικά στο χρόνο ζωής του ψωμιού, λιγότερο όμως στο χρόνο ζωής του παξιμαδιού, καθώς η χαμηλή του υγρασία είναι εκείνη που καθορίζει κατά το πλείστον την διατηρησιμότητά του.

Επιπλέον, το αλάτι προστίθεται για την ενδυνάμωση του πλέγματος της γλουτένης και για να ελέγξει την επαγόμενη από τη μαγιά διόγκωση της ζύμης. Συνεπώς, θα πρέπει να υπάρχει μία ισορροπία μεταξύ της προστιθέμενης μαγιάς και του αλατιού (Cauvain & Young, 2006; Mondal & Datta, 2008).

1.2.4 Νερό

Από χημικής απόψεως, το νερό είναι το πιο απλό συστατικό που χρησιμοποιείται στην αρτοποιία, ωστόσο εξαιτίας των ιδιοτήτων του κατέχει σημαντικό ρόλο τόσο στο ψήσιμο, όσο και στην ποιότητα του τελικού προϊόντος και στο χρόνο ζωής του. Το νερό αποτελεί ενδογενές συστατικό του αλεύρου (~14% υγρασία), αλλά επιπλέον προστίθεται σαν επιμέρους συστατικό. Οι κυριότερες ιδιότητές του αφορούν στη διαλυτοποίηση των συστατικών του μίγματος, στο σχηματισμό του πλέγματος της γλουτένης, στη διόγκωση της ζύμης από τη μαγιά και στην ενυδάτωση του αμύλου για την επερχόμενη ζελατινοποίησή του. Στο τελικό προϊόν, η υγρασία είναι αυτή που θα καθορίσει τη διατηρησιμότητα του προϊόντος και, σε μεγάλο βαθμό, την ποιότητά του.

Σε μια δεδομένη συνταγή πρέπει να προσδιορίζεται η απαιτούμενη ποσότητα νερού, προκειμένου να διευκολύνεται ο χειρισμός του ενδιάμεσου προϊόντος (ζύμη), όπως

επίσης και να επιτυγχάνεται η επιθυμητή μορφή του τελικού προϊόντος (Cauvain & Young, 2006).

1.2.5 Προστιθέμενα λιπαρά

Τα λιπίδια αποτελούν σημαντικά συστατικά των προϊόντων αρτοποιίας, διότι παρέχουν μια ποικιλία λειτουργικών ιδιοτήτων κατά την παρασκευή αλλά και την αποθήκευση, η οποία αντανακλά τη συνολική ποικιλομορφία τους. Συνήθως στο ψωμί περιέχεται μικρή ποσότητα (~5%) προστιθέμενου ελαίου ή λίπους, που ωστόσο επιδρά στις οργανοληπτικές ιδιότητες του τροφίμου.

Στην αρτοποιία χρησιμοποιούνται πλήθος διαφορετικών λιπών, ανάλογα με τις ιδιότητες που χρειάζεται κάθε φορά να αποδοθούν σ' ένα αρτοσκεύασμα. Οι συνηθέστερες πηγές λίπους είναι το βούτυρο, η μαργαρίνη, λίπη αρτοποιίας (shortenings), και φυτικά έλαια. Ο όρος λίπη αρτοποιίας (shortenings) αναφέρεται στην κατηγορία στερεών λιπιδίων (έλαια, γαλακτοματοποιητές, πλαστικοποιητές), τα οποία προσδίδουν τρυφερή υφή, λιπαντική αίσθηση στο στόμα, συνεισφέρουν στη δομή, ενσωματώνουν τον αέρα και δρουν ως μεταφορείς θερμότητας.

Η λειτουργικότητά ενός λίπους ή ελαίου καθορίζεται από την αναλογία στερεών και υγρών λιπιδίων σε δεδομένη θερμοκρασία, την πλαστικότητα του, καθώς και την οξειδωτική του σταθερότητα. Τα έλαια επιδρούν κυρίως στην υφή του προϊόντος, ενώ τα στερεά λίπη βελτιώνουν τη δομή τόσο της ζύμης όσο και του τελικού προϊόντος, και παγιδεύουν αέρα κατά την ανάμιξη. Αυτές είναι οι λειτουργίες – κλειδί που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή του κατάλληλου λίπους αρτοποιίας στην εκάστοτε παρασκευή αρτοσκευάσματος. Επιπροσθέτως, τα έλαια περιέχουν περισσότερα ακόρεστα λιπαρά οξέα συγκρινόμενα με τα στερεά λίπη, και συνεπώς υφίστανται ευκολότερα οξειδωτικό τάγγισμα. Η οξειδωτική σταθερότητα είναι ιδιαίτερα σημαντική ιδιότητα για τα λίπη αρτοποιίας, τα οποία εκτίθενται στο ατμοσφαιρικό οξυγόνο και σε μεγάλες θερμοκρασίες.

Η κρυσταλλική μορφή και το μέγεθος του λιπαρού έχουν σημαντική επίδραση στην συγκράτηση αερίου από τη ζύμη, καθώς κρύσταλλοι μικρότερου μεγέθους επιτρέπουν μεγαλύτερη συγκράτηση και άρα μεγαλύτερο όγκο καρβελιού. Αυξανόμενη της ποσότητας του προστιθέμενου λίπους στην αρτοπαρασκευή, αυξάνεται και η κατακράτηση αέρα, μέχρι όμως ενός μέγιστου σημείου, πάνω από το οποίο η επίδραση είναι σχεδόν μηδενική. Το σημείο αυτό προσδιορίζεται δύσκολα, και σχετίζεται με τις ιδιότητες του εκάστοτε αλεύρου, καθώς μελέτες έχουν δείξει ότι συγκεκριμένη

ποσότητα προστιθέμενου λίπους επιδρά διαφορετικά σε αρτοπαρασκεύασμα προερχόμενο από ολικής αλέσεως αλεύρι συγκρίσει του λευκού (Paryet et al., 2011; Stauffer, 2005; Ghotra et al., 2002) .

Στο παξιμάδι προστίθενται κυρίως φυτικά έλαια, ελαιόλαδο, πυρηνέλαιο και ηλιέλαιο για την απόδοση των παραπάνω ιδιοτήτων.

1.3 Ανάμιξη συστατικών – Σχηματισμός ζύμης

Η ανάμιξη είναι μια κρίσιμη λειτουργία στην επεξεργασία των τροφίμων, η οποία εκτός από την προφανή λειτουργία της ανάμιξης συστατικών, συχνά είναι υπεύθυνη και για το σχηματισμό της δομής των προϊόντων. Έτσι λοιπόν, στην παραγωγή ζύμης, η φύση της ανάμιξης αναπτύσσει τις ιξωδοελαστικές ιδιότητες της γλουτένης και ενσωματώνει αέρα, λειτουργία καθοριστική για τη ρεολογία και την υφή της (Dobraszczyk & Morgenstern, 2003). Πιο συγκεκριμένα, οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την ανάμιξη είναι οι ακόλουθες:

- Ομοιόμορφη κατανομή των συστατικών.
- Διαλυτοποίηση και ενυδάτωση των συστατικών (ιδιαίτερα των πρωτεϊνών του αλεύρου και του αμύλου).
- Διαμόρφωση του πρωτεϊνικού πλέγματος της γλουτένης στη ζύμη, που προκύπτει από την απόδοση μηχανικής ενέργειας κατά την ανάμιξη.
- Σχηματισμός κυψελίδων αέρα στη ζύμη, όπου θα ενσωματωθούν το διοξείδιο του άνθρακα που θα παραχθεί αργότερα υπό την επίδραση της μαγιάς, και το οξυγόνο απαραίτητο για τις αερόβιες διεργασίες.
- Δημιουργία ζύμης με κατάλληλες ρεολογικές ιδιότητες για περαιτέρω επεξεργασία.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, και κυρίως σε βιομηχανική κλίμακα, η ανάμιξη γίνεται με τη χρήση μηχανικής συσκευής ανάμιξης. Η μηχανική ανάμιξη γίνεται στα ζυμωτήρια, τα οποία αποτελούνται από ένα μεγάλο περιέκτη – το «μπολ» – στο οποίο περιστρέφεται ένας άξονας ανάμιξης με καθορισμένη κίνηση και ταχύτητα. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ζυμωτηρίων, όλα όμως έχουν τον ίδιο κοινό σκοπό, να πετύχουν ομοιόμορφη κατανομή των συστατικών (Cauvain, 2000; Deshpande, 2003; Cauvain & Young, 2006).

1.4 Στοφάρισμα – Ωρίμανση της ζύμης

Η ζύμωση ή στοφάρισμα, είναι ένα κρίσιμο σημείο στη διαδικασία παρασκευής του ψωμιού, κατά την οποία οι φυσαλίδες αέρα που ενσωματώθηκαν στη ζύμη κατά την ανάμιξη παρέχουν την αεριούχο δομή του ψωμιού, βασικό παράγοντα της αρεστότητάς του. Η ζύμωση – ωρίμανση της ζύμης λαμβάνει χώρα σε δύο φάσεις, την πρώτη ζύμωση, η οποία πραγματοποιείται από το τελικό ζύμωμα μέχρι τη μορφοποίηση της ζύμης και η οποία τείνει να υποκατασταθεί από εντατικότερο ζύμωμα ή άλλες μεθόδους, και την κυρίως ζύμωση ή «στοφάρισμα». «Στοφάρισμα» είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για την περίοδο «ξεκούρασης» της ζύμης, αφ' ότου έχει σχηματιστεί η επιθυμητή μορφή της. Κατά τη διάρκεια του στοφαρίσματος, συνεχίζεται η ζύμωση των σακχάρων προς παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα, κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Ειδικότερα, η περιεκτικότητα της ζύμης σε αέρια αυξάνεται από 4-8% σε περίπου 80% με το τέλος του στοφαρίσματος. Το άμυλο του αλεύρου μετατρέπεται προοδευτικά σε δεξτρίνες και σάκχαρα, λόγω ενζυμικής δράσης. Το CO₂ που παράγεται κατά την αλκοολική ζύμωση των σακχάρων διαχέεται στις φυσαλίδες αέρα της ζύμης, προκαλώντας την αύξηση του μεγέθους τους και τη περαιτέρω διόγκωση της ζύμης.

Οι κύριοι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το στοφάρισμα είναι η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του χώρου. Η απαιτούμενη θερμοκρασία καθορίζεται από το είδος του ψωμιού και τη διαδικασία που ακολουθείται αλλά και από τη συγκέντρωση της μαγιάς. Συνήθως, η θερμοκρασία κυμαίνεται από 40-45°C, η σχετική υγρασία 85%, και η σχέση θερμοκρασίας και απαιτούμενου χρόνου είναι αντιστρόφως ανάλογη.

Κατά τη ζύμωση της ζύμης, το pH της μειώνεται από 6,2 σε 5,7. Αυτό οφείλεται κυρίως στην παραγωγή γαλακτικού οξέος. Το όξινο περιβάλλον βελτιώνει το σχηματισμό της γλουτένης, και αποτελεί ενισχυτικό παράγοντα για τη δράση των ενζύμων της μαγιάς. Επίσης, η ζύμωση επηρεάζει και τη γεύση του τελικού προϊόντος, ως αποτέλεσμα της ποσότητας της μαγιάς, του χρόνου και της θερμοκρασίας στην οποία πραγματοποιήθηκε. Ωστόσο, η τελική γεύση επέρχεται κυρίως από ενώσεις που παράγονται κατά τις αντιδράσεις Maillard (Cauvain, 2000; Collado – Fernandez, 2003; Brennan, 2006).

1.5 Κλιβανισμός

Το ψήσιμο αποτελεί το τελευταίο αλλά πιο σημαντικό στάδιο στη διαδικασία παρασκευής ψωμιού. Κατά τη διάρκειά του λαμβάνει χώρα μια σειρά από φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες, σαν αποτέλεσμα της δράσης της θερμότητας, όπως εξάτμιση του νερού, σχηματισμός της πορώδους δομής, αύξηση του όγκου καρβελλίου, μετουσίωση πρωτεϊνών, ζελατινοποίηση του αμύλου και σχηματισμός κόρας. Αυτές οι διεργασίες, είναι καθοριστικές για το μετασχηματισμό της ζύμης σ' ένα βρώσιμο τελικό προϊόν με άριστα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Cauvain & Young, 2006; Mondal & Datta, 2008).

Ο έλεγχος του χρόνου και της θερμοκρασίας ψησίματος αποτελούν κύριες παραμέτρους σ' αυτό το στάδιο, και εξαρτώνται από τον τύπο του φούρνου, από το μέγεθος και το είδος του ψωμιού. Η θερμοκρασία ψησίματος κυμαίνεται από 200 έως 275°C, εξαρτώμενη άμεσα από το μέγεθος του προϊόντος. Επιπροσθέτως, εξαρτάται από τη συνεκτικότητα της ζύμης, καθώς μαλακή ζύμη (χαμηλής συνεκτικότητας) χρειάζεται υψηλότερη θερμοκρασία ψησίματος και αντίθετα. Ειδικότερα, εάν μια σκληρή συνεκτική ζύμη ψηθεί σε υψηλή θερμοκρασία τότε πιθανότατα θα σχηματιστούν ρωγμές εξαιτίας της γρήγορης εξάτμισης του νερού, το οποίο εμπεριέχεται σε μικρότερη ποσότητα. Εκτός της θερμοκρασίας, εξίσου σημαντικές παράμετροι καθίστανται η σχετική υγρασία και ο τύπος του φούρνου (φούρνος θερμού αέρα, περιστροφικός φούρνος εστίας, συνεχούς ιμάντα ή φούρνος τύπου σήραγγας) (Collado- Fernandez, 2003; Brennan, 2006).

Το πρωταρχικό στάδιο του κλιβανισμού περιλαμβάνει την τοποθέτηση της «ώριμης» ζύμης (η οποία έχει υποστεί ζύμωση από τη μαγιά), στο φούρνο (κλίβανο). Η θερμοκρασία μεταφέρεται λόγω αγωγιμότητας από το εξωτερικό στο εσωτερικό (πυρήνα) της ζύμης, με αποτέλεσμα η ζύμη να εμφανίζει ανομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας, σχηματίζοντας την κόρα στην επιφάνεια (>100°C) και την ψίχα στο εσωτερικό (<100°C). Στα πρώτα 5-10 λεπτά κλιβανισμού η ζύμη αποκτά τον μέγιστο όγκο της, λόγω της θερμοκρασίας (oven spring). Στο στάδιο αυτό, η θερμοκρασία ζύμης φθάνει περίπου 50°C, η ενζυμική δραστηριότητα είναι μέγιστη με αποτέλεσμα τη μετατροπή του αμύλου σε σάκχαρα. Η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα αυξάνεται, μέχρι μια κρίσιμη τιμή θερμοκρασίας στην οποία απενεργοποιείται η μαγιά (Collado- Fernandez, 2003; Mondal & Datta, 2008).

Όταν η θερμοκρασία της ζύμης φτάσει τους 100 °C, το νερό εξατμίζεται. Η εξάτμιση γίνεται επιφανειακά, ενώ συγχρόνως το νερό μεταφέρεται από την εσωτερική επιφάνεια στην εξωτερική, όπου αρχίζει να σχηματίζεται η κόρα, το πάχος της οποίας

καθορίζεται από τη διάρκεια του κλιβανισμού. Ταυτόχρονα, εξατμίζονται και άλλες ενώσεις που έχουν σημείο βρασμού ≥ 100 °C, κυρίως αιθανόλη, διοξείδιο του άνθρακα, και κάποιες αρωματικές ενώσεις που σχηματίζονται κατά τη ζύμωση και το ψήσιμο (π.χ. αλδεΐδες, εστέρες, πτητικά οξέα) (Collado- Fernandez, 2003).

Η ζελατινοποίηση του αμύλου και η μετουσίωση των πρωτεϊνών μετατρέπουν το ιξώδες ζυμάρι σε μία ελαστική ψίχα. Αυτές οι ρεολογικές αλλαγές συμβάλλουν στη δημιουργία της επιθυμητής δομής του ψωμιού. Το καφέ χρώμα των προϊόντων αρτοποιίας, δηλαδή η αμαύρωση, είναι αποτέλεσμα της αντίδρασης Maillard και της καραμελοποίησης των σακχάρων. Η καραμελοποίηση περιλαμβάνει μια σειρά πολύπλοκων αντιδράσεων που συμβαίνουν εξαιτίας της άμεσης θέρμανσης των υδατανθράκων, ιδιαίτερα της σουκρόζης και των αναγόντων σακχάρων. Στην αντίδραση Maillard συμμετέχουν αμινοξέα, πεπτίδια, πρωτεΐνες και σάκχαρα, παράγοντας ως τελικά προϊόντα τις μελανοΐδινες, οι οποίες έχουν χαρακτηριστικό καφέ χρώμα. Μια άλλη κατεύθυνση στην αντίδραση Maillard είναι η αντίδραση Strecker, κατά την οποία παράγονται αλδεΐδες και πυραζίνες, υπεύθυνες για το χαρακτηριστικό άρωμα του ψωμιού (Purllis, 2010).

Αμέσως μετά τον κλιβανισμό, το ψωμί πρέπει να παραμείνει για κάποιο χρονικό διάστημα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ανάλογα με τη σχετική υγρασία του χώρου, θα λάβει χώρα αυξομείωση της υγρασίας του ψωμιού, με άμεση επίπτωση στην ποιότητά του (Mondal & Datta, 2008).

Όταν αποκτηθεί θερμοκρασία περιβάλλοντος, το ψωμί τεμαχίζεται σε φέτες, και υφίσταται ένα δεύτερο κλιβανισμό, σε χαμηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με πριν. Κατά το στάδιο αυτό, δε λαμβάνουν χώρα ιδιαίτερες μεταβολές. Η υγρασία του ψωμιού μειώνεται σταδιακά, έως ότου φτάσει στο 2-5%, και μετατραπεί σε παξιμάδι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Ποιοτικά χαρακτηριστικά του παξιμαδιού

2.1 Η υφή

2.1.1 Ορισμός υφής

Μόλις το 1963, η Alina Surmacka Szczesniak, έδωσε έναν πρώτο ορισμό για την υφή (texture), σύμφωνα με τον οποίο: «υφή είναι η αισθητική και λειτουργική εκδήλωση των δομικών και μηχανικών ιδιοτήτων των τροφίμων, όπως εντοπίζονται μέσα από τις αισθήσεις, όραση, αφή, ακοή και κιναισθήση». Η υφή είναι μια οργανοληπτική ιδιότητα που χαρακτηρίζεται από πολλές παραμέτρους, προκύπτει από τα δομικά στοιχεία των τροφίμων (μοριακά, μακροσκοπικά, μικροσκοπικά) και ανιχνεύεται από διάφορες αισθήσεις, οι πιο σημαντικές εκ των οποίων είναι τα αισθήματα της αφής και της πίεσης (Szczesniak, 2002).

Μια πιο αναλυτική προσέγγιση δόθηκε από τον Bourne (Bourne, 2002), σύμφωνα με τον οποίο, οι τρεις κύριοι αισθητήριοι παράγοντες αποδοχής των τροφίμων είναι:

- η εμφάνιση, η οποία περιλαμβάνει το χρώμα, το σχήμα, το μέγεθος, τη στιλπνότητα και χρησιμοποιεί την αίσθηση της όρασης για να προσδιοριστεί,
- το «άρωμα» (flavor), που περιλαμβάνει τη γεύση και την οσμή και οι οποίες ονομάζονται χημικές αισθήσεις,
- η υφή, που είναι η απάντηση της αίσθησης της αφής σε φυσικά ερεθίσματα που προκύπτουν έπειτα από επαφή μεταξύ κάποιου μέρους του σώματος και της τροφής. Η αφή είναι η κύρια αίσθηση που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της υφής, αν και οι αισθήσεις ακοή, όραση και κιναισθήση χρησιμοποιούνται μερικές φορές.

Ορίζει συνεπώς ως υφή των τροφίμων, την ομάδα των φυσικών χαρακτηριστικών που προκύπτουν από τα δομικά στοιχεία της τροφής, ανιχνεύονται κυρίως από το αίσθημα της αφής, σχετίζονται με την παραμόρφωση, την αποσύνθεση, και τη ροή του τροφίμου όταν του ασκείται δύναμη, και μετριοούνται αντικειμενικά, χρησιμοποιώντας αριθμητικές παραμέτρους όπως τη μάζα, το χρόνο, και την απόσταση.

Η υφή είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό που καθορίζει την αποδοχή ενός τροφίμου από τους καταναλωτές. Αναμφίβολα, αποτελεί ένα σημαντικό χαρακτηριστικό που επηρεάζει την αντίληψη της ελκυστικότητας των τροφίμων. Δηλώνει τη φρεσκάδα, την αριστεία στην παρασκευή των τροφίμων και φυσικά

συμβάλλει στην απόλαυση του φαγητού (Wilkinson et al 2000). Μια ενδιαφέρουσα μελέτη, η οποία επιβεβαιώνει τη σημαντική θέση που κατέχει η υφή στη συνολική ποιότητα των τροφίμων, έγινε χρησιμοποιώντας 29 διαφορετικά τρόφιμα, τα οποία αφού ομογενοποιήθηκαν έπρεπε να αξιολογηθούν. Σκοπός της αξιολόγησης ήταν να αναγνωριστούν τα τρόφιμα χωρίς τη χρήση της όρασης, παρά μόνο με τη βοήθεια της οσμής και της γεύσης. Το αποτέλεσμα ήταν ότι μόνο το 40,7% των ατόμων που συμμετείχαν, κατάφεραν να αναγνωρίσουν σωστά τα ομογενοποιημένα τρόφιμα. (Bourne et al., 2002). Αυτό δείχνει ότι όταν τα τρόφιμα στερούνται τη βασική υφή τους, είναι δύσκολο για τον άνθρωπο να τα αναγνωρίσει. Σε άλλη μελέτη που έγινε τη δεκαετία του 1960 στις ΗΠΑ, οι ερευνητές προσπαθώντας να αναλύσουν την πολυπλοκότητα της αντίληψης των καταναλωτών για τα τρόφιμα, φάνηκε ότι η υφή είναι το δεύτερο πιο σημαντικό οργανοληπτικό χαρακτηριστικό, αμέσως μετά τη γεύση (flavor) (Szczeniak et al., 2002).

Τελευταία γίνεται προσπάθεια να συσχετιστεί ο οργανοληπτικός έλεγχος με τα αποτελέσματα ενόργανων μετρήσεων, συμπεριλαμβανομένων εμπειρικών δοκιμών σχεδιασμένων για ένα συγκεκριμένο τύπο τροφίμου, μιμητικές δοκιμές όπως ανάλυση προφίλ υφής (TPA) και θεμελιώδεις δοκιμές όπως ταλαντούμενη διατμητική ανάλυση. Η αντίληψη της υφής ενός τροφίμου στο στόμα είναι αρκετά διαφορετική από τις ενόργανες μετρήσεις, γιατί ο άνθρωπος αξιολογεί ταυτόχρονα όλες τις πτυχές ενός τροφίμου.

2.1.2 Τα χαρακτηριστικά της υφής

Καθώς η υφή χαρακτηρίστηκε παραπάνω ως μία ιδιότητα που χαρακτηρίζεται από πολλές παραμέτρους, μεγάλη ποικιλία λέξεων χρησιμοποιείται για την περιγραφή της. Ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 2.1) αναφέρεται στις δέκα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες λέξεις για την περιγραφή της αίσθησης της υφής στην Ιαπωνία, Αυστρία και Ηνωμένες πολιτείες της Αμερικής. Τα αποτελέσματα του πίνακα δείχνουν ότι υπάρχει μία καθολική εκτίμηση της υφής ανά τους πολιτισμούς του κόσμου, με κάποιες ωστόσο σημαντικές εξαιρέσεις (Lawless et al., 2010). Για παράδειγμα, όπως επισημαίνεται από τον Roudaut et al. (2002), στη Γαλλία τα λαχανικά και τα φρούτα δεν θεωρούνται "croustillant" (τραγανά), αλλά στις Ηνωμένες Πολιτείες τα ίδια προϊόντα, όταν είναι φρέσκα, συχνά περιγράφονται με αυτόν τον όρο.

Αυστρία	Ιαπωνία	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
Τραγανή (crispy)	Σκληρή	Τραγανή (crispy)
Σκληρή (hard)	Μαλακή	Τραγανή (crunchy)
Μαλακή	Ζουμερή	Ζουμερή
Τραγανή (crunchy)	Λαστιχωτή	Απαλή
Ζουμερή	Λιπαρή	Κρεμμώδης
Κολλώδης	Παχύρρεστη	Μαλακή
Κρεμμώδης	Γλιστερή	Κολλώδης
Λιπαρή	Κρεμμώδης	Ινώδης
Υδαρής	Τραγανή (crispy)	Αφράτη
Σκληρή (tough)	Τραγανή (crunchy)	Τρυφερή

Πίνακας 2.1 Τα δέκα πιο δημοφιλή επίθετα για τον χαρακτηρισμό της αίσθησης της υφής σε τρεις χώρες, όπως προέκυψαν από τρεις διαφορετικές μελέτες.

Τα χαρακτηριστικά της υφής των τροφίμων, σύμφωνα με την Szczesniak μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο που τα αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος. Η πρώτη κατηγορία αφορά τα μηχανικά χαρακτηριστικά, αυτά δηλαδή που αντιλαμβανόμαστε όταν ασκήσουμε κάποια δύναμη στο τρόφιμο, για παράδειγμα ένα τρόφιμο μπορεί να είναι σκληρό, ελαστικό, ιξώδες, συνεκτικό κ.α. Η επόμενη κατηγορία αναφέρεται στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, εννοώντας αυτά τα οποία έχουν σχέση με το μέγεθος, το σχήμα και τον προσανατολισμό των τροφίμων (ινώδες, κοκκώδες, διογκωμένο κ.α.). Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά εκείνα που έχουν σχέση με το ποσοστό νερού και λίπους στα τρόφιμα (Πίνακας 2.2) (Szczesniak, 1991).

Χαρακτηριστικά	Κύριες παράμετροι	Δευτερεύουσες παράμετροι	Δημοφιλείς όροι
Μηχανικά	Σκληρότητα	-	Μαλακό - Σκληρό
	Συνεκτικότητα	Ευθραυστότητα	Εύθρυπτο - τραγανό (crunchy) - εύθραυστο
		Μασητικότητα	
		Κολλώδης υφή	
	Ιξώδες	-	Λεπτόρρευστο - παχύρρευστο
	Ελαστικότητα	-	Πλαστικό - ελαστικό
	Συγκολλητικότητα	-	Κολλώδης (sticky - tacky - gooey)
Γεωμετρικά	Κατηγορία		Παραδείγματα
	Μέγεθος σωματιδίων και σχήμα		Αμμώδες, κοκκώδες κλπ.
	Σχήμα σωματιδίων και προσανατολισμός		Ινώδες, κυτταρικό, κρυσταλλικό, κλπ.
Άλλα	Περιεχόμενη υγρασία	-	Ξηρό - υγρό - χυμώδες
	Περιεχόμενο λίπος	Ελαιώδης υφή	Ελαιώδες
		Λιπαρότητα	Λιπαρό

Πίνακας 2.2 Ταξινόμηση των χαρακτηριστικών υφής και της σχέσης τους με τη δημοφιλή ονοματολογία (Szczesniak, 2002) .

Εκτός από την ταξινόμηση των χαρακτηριστικών δίνονται επιλεκτικά και κάποιοι ορισμοί για χαρακτηριστικά που θα χρησιμοποιούνται στη συνέχεια. Έτσι, με τον όρο σκληρότητα αναφερόμαστε στη δύναμη που απαιτείται για την επίτευξη μιας δεδομένης παραμόρφωσης. Όταν πρόκειται για στερεό τρόφιμο, σκληρότητα είναι η δύναμη που είναι απαραίτητη ώστε να συμπιεστεί το τρόφιμο μεταξύ των γομφίων, ενώ στην περίπτωση των ημιστερεών τροφών, μεταξύ της γλώσσας και του ουρανίσκου. Επίσης, θραυστότητα ορίζεται η δύναμη με την οποία ένα υλικό σπάει ή θρυμματίζεται (μεγάλη σκληρότητα και χαμηλή συνεκτικότητα) (Szczeniak, 2002), ή διαφορετικά θραυστότητα είναι η τάση ενός στερεού να «καταρρέει» απότομα έπειτα από μία μικρή παραμόρφωση (Peleg, 2006). Τέλος, συνεκτικότητα είναι ο βαθμός στον οποίο ένα τρόφιμο έχει τη δυνατότητα να συμπιεστεί ή να παραμορφωθεί πριν σπάσει (Szczeniak, 2002).

2.1.3 Ο ρόλος της υφής στην αποδοχή των τροφίμων

Αναμφισβήτητα, η υφή είναι ένας καθοριστικός παράγοντας αξιολόγησης και εκτίμησης της ποιότητας και αποδοχής τόσο των φρέσκων όσο και των επεξεργασμένων τροφίμων και χρησιμοποιείται σε όλο το μήκος της τροφικής αλυσίδας.

Υπάρχουν πολλά δεδομένα, τα οποία δείχνουν ότι η σημαντικότητα της υφής στη συνολική αποδοχή των τροφίμων ποικίλλει αρκετά ανάλογα με τον τύπο του τροφίμου. Σε κάποια τρόφιμα, όπως για παράδειγμα στο κρέας, στα πατατάκια, στα δημητριακά πρωινού, η υφή είναι το κυρίαρχο χαρακτηριστικό και συνεπώς επιδρά σημαντικά στη γενικότερη αποδοχή των τροφίμων, ενώ στα φρούτα, τα λαχανικά, το ψωμί και το τυρί η υφή αποτελεί ένα σημαντικό αλλά όχι καθοριστικό παράγοντα αποδοχής από τους καταναλωτές. Σε άλλη κατηγορία τροφίμων, κυρίως σε ποτά και άλλα υγρά τρόφιμα, η υφή δεν κατέχει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο (Jaworska & Hoffmann, 2008).

Οι παράγοντες που επιδρούν στην αποδοχή της υφής των τροφίμων χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, τους παράγοντες που οφείλονται στους καταναλωτές, αυτούς που αποδίδονται στο τρόφιμο και τέλος τους παράγοντες που αποδίδονται στην κατάσταση του γεύματος. Στην πρώτη κατηγορία ο κυρίαρχος παράγοντας είναι η ηλικία, με τις μεγαλύτερες διαφορές να εμφανίζονται ανάμεσα σε βρέφη και ηλικιωμένους. Αναφορικά με το ίδιο το τρόφιμο, μία σημαντική παράμετρος που λαμβάνεται σοβαρά υπόψη ιδιαίτερα από τη βιομηχανία τροφίμων είναι η εικόνα του προϊόντος. Για παράδειγμα, ένα προϊόν, που διαφημίζεται ως καταπραϋντικό και

χαλαρωτικό οφείλει να έχει μαλακή και κρεμμώδη υφή, ενώ ένα σνακ που προσδίδει ενέργεια και ένταση θα πρέπει να είναι τραγανό. Τέλος, φαίνεται ότι κατά το πρωινό γεύμα προτιμώνται τρόφιμα με απαλή υφή, τα οποία καταπίνονται και πέπτονται εύκολα, ενώ το δείπνο είναι το γεύμα που ο άνθρωπος απολαμβάνει περισσότερο και είναι διαθέσιμος να δοκιμάσει και να πειραματιστεί με νέες υφές και αισθήματα στο στόμα (Szczesniak, 2002).

2.1.4 Υφή του παξιμαδιού

Οι καταναλωτές θεωρούν την υφή και τη σχετιζόμενη απελευθέρωση γεύσης ως παράγοντες πρωταρχικής σημασίας για τον προσδιορισμό του προφίλ των «ξηρών» προϊόντων αρτοποιίας, όπως είναι το παξιμάδι. Αξιολογούν την υφή χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό δαγκωμάτων, τεμαχισμό του τροφίμου σε μικρότερα κομμάτια και αξιολόγηση του ήχου κατά την κατανάλωσή του, σε συνδυασμό με την απελευθέρωση της γεύσης στο στόμα (Piazza et al., 2008).

Η τραγανότητα (crispness) των τροφίμων είναι ένα σημαντικό οργανοληπτικό χαρακτηριστικό, που συμβάλλει στην απόλαυση ενός τροφίμου από τον καταναλωτή. Επίσης, η τραγανότητα είναι συνώνυμο της φρεσκάδας. Σημαντική υποβάθμιση των τραγανών τροφίμων συμβαίνει όταν η τραγανότητα χάνεται εξαιτίας της απορροφούμενης από την ατμόσφαιρα υγρασίας, με αποτέλεσμα την απόρριψή τους από τους καταναλωτές (Piazza et al., 2007). Ωστόσο, ο ορισμός της τραγανότητας (crispness) δεν είναι ακόμη πλήρως διευκρινισμένος, καθώς υπάρχει μια ποικιλία ορισμών από διάφορους επιστήμονες (Saeleaw & Schleining, 2011). Πολλές μελέτες έχουν γίνει με σκοπό να προσδιοριστεί αντικειμενικά η τραγανότητα, παραμένει όμως ακόμη ένα αντικείμενο διερεύνησης. Υπάρχουν ωστόσο αρκετές άλλες παράμετροι που σχετίζονται με την τραγανότητα, και οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να αποκαλύψουν την πολυπλοκότητα αυτής της ιδιότητας και τη σχέση της με άλλα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, όπως είναι για παράδειγμα η ευθραυστότητα (brittleness) και η σκληρότητα (hardness) (Saeleaw et al., 2011).

Το παξιμάδι είναι αναμφίβολα ένα σκληρό τρόφιμο, αλλά ταυτόχρονα αρκετά τραγανό. Βέβαια, ανάλογα με τη σύστασή του σε άλευρα, φαίνεται να ποικίλλει η σκληρότητα και η τραγανότητά του. Ο Gupta et al (2009) έδειξε ότι αυξανόμενη της περιεκτικότητας σε κριθαρένιο αλεύρι, αυξάνεται η σκληρότητα της υφής του παξιμαδιού και αναλόγως επηρεάζεται η αποδοχή του προϊόντος από τους καταναλωτές. Η θραυστότητα, είναι μία ιδιότητα υφής αρκετά δύσκολο να οριστεί και να προσδιοριστεί. Στην παρούσα εργασία την ορίζουμε ως την τάση ενός στερεού να

«καταρρέει» απότομα έπειτα από μία μικρή παραμόρφωση, όπως έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω, και συνδέεται άμεσα με την τραγανότητα και την αερώδη δομή του παξιμαδιού (airy, not hard, but giving resistance).

2.2 Χρώμα

2.2.1 Ορισμός χρώματος

Χρώμα είναι η διανοητική αντίληψη στο ορατό φάσμα του φωτός που αντανακλάται ή εκπέμπεται από ένα αντικείμενο. Το σήμα απόκρισης αλληλεπιδρά στο μάτι με τον αμφιβληστροειδή και κατόπιν μεταδίδεται στον εγκέφαλο μέσω του οπτικού νεύρου σαν ηλεκτρική ώση. Συνεπώς, το χρώμα δεν αποτελεί εγγενή ιδιότητα του αντικειμένου αφού αν η πηγή φωτός αλλάξει, αλλάζει επίσης και το χρώμα του αντικειμένου. Η αντίληψη του χρώματος είναι ένα πολύ πολύπλοκο φαινόμενο το οποίο εξαρτάται από τη σύνθεση του αντικειμένου στο περιβάλλον φωτισμού, από τα χαρακτηριστικά (οπτική ευαισθησία) του ματιού και του εγκεφάλου, και από τις γωνίες φωτισμού και προβολής (Wu & Sun, 2013).

Οι ηλεκτρικές ώσεις που δίνουν τις πληροφορίες για το χρώμα προέρχονται από εξειδικευμένους φωτοευαίσθητους υποδοχείς του ματιού, τα κωνία και τα ραβδία, που αντιδρούν το καθένα στην ανίχνευση φωτός συγκεκριμένου εύρους μήκους κύματος. Ένα χρώμα που παίρνει μορφή στον εγκέφαλο μπορεί να προέρχεται από μία συχνότητα ή συνδυασμό περισσότερων συχνοτήτων του ορατού φάσματος.

Το χρωματικό ερέθισμα αποτελείται από τρεις διαφορετικές αισθήσεις που είναι υπεύθυνες για την τρισδιάσταση φύση του χρώματος. Οι όροι που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό αυτών των τριών αισθήσεων είναι οι εξής: απόχρωση, φωτεινότητα και κορεσμός. Η απόχρωση σχετίζεται με διαφορές στην απορρόφηση στα διαφορετικά μήκη κύματος. Είναι το χαρακτηριστικό που επιτρέπει σε ένα χρώμα να διακρίνεται σε σχέση με ένα γκρι με την ίδια φωτεινότητα. Φωτεινότητα ορίζεται ως η ιδιότητα σύμφωνα με την οποία ένα χρώμα μπορεί να θεωρηθεί ισοδύναμο με ένα χρώμα της κλίμακας του γκρι, μεταξύ μαύρου και λευκού, λαμβάνοντας τιμές 0-100. Ο κορεσμός σχετίζεται με την αντανάκλαση ή τη μετάδοση του ορατού φωτός σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος. Η απόχρωση και ο κορεσμός θεωρούνται η ποιοτική και ποσοτική μέτρηση του χρώματος αντίστοιχα (Melendez – Martinez et al., 2005).

Τα τρόφιμα εμφανίζουν διαφορετικά χρώματα λόγω της επιλεκτικής απορρόφησης διαφορετικών ποσοστών μήκους κύματος στην περιοχή του ορατού φάσματος. Το χρώμα θεωρείται μία θεμελιώδης φυσική ιδιότητα των τροφίμων, καθώς είναι ευρέως

αποδεδειγμένο ότι σχετίζεται με φυσικούς, χημικούς και οργανοληπτικούς δείκτες της ποιότητας των τροφίμων. Είναι το πρώτο χαρακτηριστικό που αντιλαμβάνεται κανείς και αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιλογή ή την αξιολόγηση της ποιότητας των τροφίμων. Παίζει καθοριστικό ρόλο στην αξιολόγηση των εξωτερικών χαρακτηριστικών των τροφίμων, και για το λόγο αυτό οι βιομηχανίες τροφίμων δίνουν μεγάλη έμφαση στον παράγοντα χρώμα (Abdullah et al., 2001).

2.2.2 Ο ρόλος του χρώματος στην αποδοχή των τροφίμων

Στα τρόφιμα, η εμφάνιση αποτελεί ένα πρωταρχικό κριτήριο για την αγοραστική τους δύναμη (Kays, 1991). Η εμφάνιση των προϊόντων αξιολογείται μέσω της εκτίμησης του μεγέθους, του σχήματος, της μορφής, της φρεσκάδας και τέλος της απουσίας ελαττωμάτων εμφάνισης (Costa et al., 2011). Ειδικότερα το χρώμα είναι ένα σημαντικό οργανοληπτικό χαρακτηριστικό που παρέχει τις βασικές πληροφορίες ποιότητας για την ανθρώπινη αντίληψη, και έχει στενή σχέση με ποιοτικούς παράγοντες όπως είναι η φρεσκάδα, η ωριμότητα, η ποικιλία, η ελκυστικότητα, αλλά επίσης παρέχει πληροφορίες και για την ασφάλεια των τροφίμων (McCaig, 2002).

Κατά την πρώτη οπτική εκτίμηση της ποιότητας ενός τροφίμου, το χρώμα έχει καθοριστικό ρόλο. Ο καταναλωτής κρίνει ένα τρόφιμο πρώτα από την όψη του και στη συνέχεια από άλλα χαρακτηριστικά όπως το άρωμα και τη γεύση του. Το χρώμα επηρεάζει σε μεγάλο ποσοστό την αποδοχή ενός τροφίμου από το καταναλωτικό κοινό και για το λόγο αυτό ένα προϊόν πρέπει να έχει το «σωστό» χρώμα. Η έρευνα πάνω στην αντικειμενική αξιολόγηση του χρώματος των τροφίμων είναι ένας αναπτυσσόμενος τομέας. Εξαιτίας των αυξημένων απαιτήσεων ποιότητας από τους καταναλωτές, η βιομηχανία τροφίμων καταβάλλει μεγάλες προσπάθειες για τη μέτρηση και τον έλεγχο του χρώματος των προϊόντων της. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν αποτελεσματικά συστήματα ελέγχου μέτρησης του χρώματος των τροφίμων, τα οποία γρήγορα και έγκυρα θα δίνουν πληροφορίες για όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας αλλά και της αποθήκευσης (Wu & Sun, 2013).

2.2.3 Το χρώμα των προϊόντων αρτοποιίας και παράγοντες επίδρασης

Η εμφάνιση των προϊόντων αρτοποιίας είναι ένα σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό που σχετίζεται άμεσα με την επιλογή τους από τους καταναλωτές και συνεπώς με τα επίπεδα πωλήσεων. Χαρακτηριστικά εσωτερικής και εξωτερικής εμφάνισης συνεισφέρουν στη συνολική εκτίμηση της ποιότητας των τροφίμων (Brosnan et al, 2004). Ιδιαίτερα το χρώμα της επιφάνειας ενός αρτοσκευάσματος, αποτελεί την πρώτη παράμετρο ποιότητας που αξιολογείται και είναι κρίσιμο σημείο για την μετέπειτα αποδοχή και αρεστότητα του προϊόντος από τον καταναλωτή (Pedreschi et al., 2006).

Τα προϊόντα αρτοποιίας σχηματίζουν το χρώμα τους κατά τη διάρκεια του ψησίματος, μια διαδικασία γνωστή ως αμαύρωση. Αμαύρωση θα μπορούσε να οριστεί ως ο σχηματισμός ενός χαρακτηριστικού χρώματος, για παράδειγμα κίτρινο- χρυσό ή καφέ, που εξαρτάται από το εκάστοτε προϊόν (συστατικά, προδιαγραφές του προϊόντος). Η αμαύρωση είναι το αποτέλεσμα μη ενζυμικών χημικών αντιδράσεων, οι οποίες παράγουν χρωματιστές ενώσεις κατά τη διαδικασία του κλιβανισμού, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο (Purlis, 2010).

Οι σημαντικότερες παράμετροι που επιδρούν στο χρώμα των προϊόντων αρτοποιίας είναι οι συνθήκες κλιβανισμού, καθώς και τα συστατικά του εκάστοτε αρτοσκευάσματος. Οι Gupta et al (2011) έδειξαν ότι αυξανόμενης της περιεκτικότητας σε κριθαρένιο αλεύρι, μειώνεται η ένταση του λευκού χρώματος στο παξιμάδι. Το χρώμα της ψίχας του ψωμιού έγινε πιο σκουρόχρωμο όταν οι Alpaslan & Haytan (2006) εμπλούτισαν το σταρένιο αλεύρι με 5% αλεύρι από λιναρόσπορο. Επίσης, η χρήση του φύτρου του σιταριού σε ποσοστά 10-20% φάνηκε να μειώνει σημαντικά τη λευκότητα σε δείγματα ψωμιού (Al-Hooti et al., 2002). Το άλευρο αραβόσιτου δίνει ένα κίτρινο χρώμα στα προϊόντα αρτοποιίας, πιθανότατα εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητάς του σε χρωστικές ενώσεις, κυρίως καροτένιο και ξανθοφυλλίνες (Alpaslan & Haytan, 2006).

Το είδος των προστιθέμενων φυτικών ινών, επηρεάζει το χρώμα του ψωμιού σύμφωνα με τη μελέτη των Almeida et al (2013). Ειδικότερα, η προσθήκη ανθεκτικού αμύλου και κόμμι χαρουπιών στο μίγμα για την παρασκευή ψωμιού, οι οποίες είναι πηγές φυτικών ινών που θεωρούνται λευκές φυτικές ίνες επηρεάζουν λιγοστά το χρώμα του παραγόμενου προϊόντος. Γενικά, οι λευκές ή διαφορετικά οι καθαρές φυτικές ίνες, συμβάλλουν στην παραγωγή προϊόντων αρτοποιίας σχεδόν όμοιων με εκείνα στα οποία δεν έχει γίνει προσθήκη φυτικών ινών (Gómez et al., 2013). Συνεπώς,

το χρώμα του τελικού προϊόντος, εξαρτάται άμεσα από το χρώμα των φυτικών ινών που συμπεριλαμβάνονται κατά την παρασκευή του (Angioloni & Collar, 2011).

Η αύξηση του χρόνου κλιβανισμού οδηγεί σε πιο σκουρόχρωμα αρτοσκευάσματα. Απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί φυσικά, η θερμοκρασία κλιβανισμού να είναι τουλάχιστον πάνω από 150°C, ώστε να λάβουν χώρα οι αντιδράσεις Maillard και καραμελοποίησης (Therthai et al., 2002). Συνεπώς, η θερμοκρασία και ο χρόνος κλιβανισμού μπορούν να επηρεάσουν καθοριστικά το χρώμα του τελικού προϊόντος.

2.3 Γεύση (Taste)

2.3.1 Ορισμός γεύσης

Πολλές φορές οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τη λέξη «γεύση» για να περιγράψουν αισθήματα κατά τη διάρκεια του φαγητού ή ποτού. Ωστόσο, από βιολογικής απόψεως η γεύση περιορίζεται σε αισθήσεις που προκαλούνται από ένα ανατομικά και φυσιολογικά οριζόμενο γευστικό σύστημα (Bachmanon & Beauchamp, 2007). Η αίσθηση της γεύσης παράγεται από τη διέγερση των αισθητήρων που βρίσκονται στη γλώσσα, στον ουρανίσκο και σε άλλες περιοχές της στοματικής κοιλότητας από ουσίες, οι οποίες διαλύονται με το σάλιο ή με άλλα υγρά συστατικά του τροφίμου. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι οι υποδοχείς της γεύσης δε βρίσκονται μόνο στη στοματική κοιλότητα αλλά και στο στομάχι και στο έντερο (Rozengurt, 2006).

Παρά το γεγονός ότι πολλοί ισχυρίζονται πως μπορούμε να διακρίνουμε πολλά γευστικά χαρακτηριστικά, οι ερευνητές αποδέχονται πέντε βασικά: αλμυρό, γλυκό, πικρό, ξινό και "umami" ή αλλιώς καλή γεύση ή νοστιμιά. Η αλμυρή γεύση εμπλέκεται στην ομοιόσταση νερού και ιόντων στον οργανισμό, ενώ η γλυκιά και η "umami" γεύση είναι υπεύθυνες για την εκτίμηση του ενεργειακού περιεχομένου των τροφίμων (ιδιαίτερα υδατάνθρακες και αμινοξέα). Τόσο η ξινή όσο και η πικρή γεύση δρουν σαν προειδοποιητικοί μηχανισμοί για την αποφυγή κατανάλωσης άγουρων φρούτων ή τοξινών αντίστοιχα. Εκτός από τις πέντε βασικές γεύσεις, υπό συζήτηση βρίσκονται αρκετές ακόμη κατηγορίες γεύσης όπως η γεύση λίπους, η γεύση ασβεστίου και η γεύση "kokumi", οι οποίες αντιπροσωπεύουν την πληρότητα στο στόμα, την αίσθηση ασβεστίου στο στόμα και την αφθονία της γεύσης αντίστοιχα (Jelen, 2011).

2.3.2 Ο ρόλος της γεύσης στην αποδοχή των τροφίμων

Οι γευστικές προτιμήσεις αναπτύσσονται σε μεγάλο βαθμό κατά τα πρώτα χρόνια της ζωής, όταν τα παιδιά εκτίθενται σε ποικιλία διαθέσιμων τροφικών επιλογών. Η γευστική αποδοχή ενός τροφίμου διαφέρει σημαντικά μεταξύ διαφορετικών κοινωνιών και είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την εκάστοτε ένταση μιας συγκεκριμένης γεύσης, με την οποία έχει εξοικειωθεί κάθε λαός. Ωστόσο, οι καταναλωτές έχουν επίσης προσωπικές προτιμήσεις που εξαρτώνται από παράγοντες όπως η ηλικία, η υγεία, η νεοφοβία. Η βιομηχανία τροφίμων, που ανταγωνίζεται για μερίδιο της αγοράς, χρειάζεται πληροφορίες για τις ηδονικές ιδιότητες των γεύσεων των τροφίμων, λόγω της επίδρασής τους στις επιλογές των καταναλωτών. Σε πολλές μελέτες, οι καταναλωτές θεωρούν τη γεύση ως το πιο σημαντικό οργανοληπτικό χαρακτηριστικό, σε σχέση με την υφή και την εμφάνιση, ωστόσο υπάρχουν και μελέτες με διαφορετικά αποτελέσματα (Tuorila, 1996).

Η γεύση διαδραματίζει σημαντικότερο ρόλο στην ικανοποίηση των καταναλωτών και συνεπώς στην προτιθέμενη κατανάλωση των τροφίμων. Η σταθερότητα της γεύσης λαμβάνει συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον λόγω της σχέσης της με την ποιότητα και την αποδοχή των τροφίμων, αλλά είναι αρκετά δύσκολο να ελεγχθεί. Οι διαδικασίες παραγωγής και αποθήκευσης, τα υλικά συσκευασίας, και τα συστατικά των τροφίμων συχνά προκαλούν μεταβολές στη συνολική γεύση, μέσω μείωσης της έντασης του αρώματος ή παραγωγής συστατικών που αλλοιώνουν τη γεύση (Lubbers et al, 1998).

2.4 Η αίσθηση της οσμής

2.4.1 Ορισμός της οσμής

Αισθητήριο της οσφρήσεως είναι ο οσφρητικός βλεννογόνος, ο οποίος βρίσκεται στο οπίσθιο άνω μέρος των ρινικών κοιλοτήτων. Το επιθήλιο του οσφρητικού βλεννογόνου αποτελείται από ερειστικά κύτταρα μεταξύ των οποίων υπάρχουν εκατομμύρια οσφρητικά κύτταρα. Κάθε κύτταρο έχει δύο αποφυάδες, εκ των οποίων η περιφερική φέρεται μεταξύ των ερειστικών κυττάρων και καταλήγει σε 6-8 οσφρητικά τριχίδια, τα οποία είναι οι οσφρητικοί υποδοχείς, στην επιφάνεια του βλεννογόνου. Στον οσφρητικό βλεννογόνο υπάρχουν επίσης και οι οσφρητικοί αδένες, οι οποίοι παράγουν έκκριμα για τη διάλυση των οσμηρών ουσιών και τη διέγερση των οσφρητικών

τριχιδίων. Το οσφρητικό ερέθισμα μεταβιβάζεται στον οσφρητικό βολβό και από εκεί στα ειδικά κέντρα του εγκεφάλου (Γεωργακάκης, 1993).

Για τη διαπίστωση της οσμής, λαμβάνουν χώρα αρκετές διεργασίες. Αρχικά, ο αέρας της εισπνοής, ο οποίος φέρει τα μόρια της οσμής ουσίας εισέρχεται στη μύτη, ενώ σε επόμενο στάδιο αυτά πρέπει να πλησιάσουν τόσο πολύ τους υποδοχείς, ώστε να συμβεί μια αλληλεπίδραση μεταξύ τους με αποτέλεσμα τη γένεση του ερεθίσματος. Οι οσμηρές ουσίες πρέπει να είναι πτητικές σε θερμοκρασία δωματίου και να έχουν αρκετά υψηλή τάση ατμών. Το μοριακό βάρος των ουσιών παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην αίσθηση της οσμής, καθώς οργανικής φύσεως ουσίες με μοριακό βάρος μέχρι 300 γίνονται αντιληπτές από τα αισθητήρια της οσμής. Ακόμη, οι οσμηρές ουσίες πρέπει να παρουσιάζουν κάποια σχετική υδατο- και λιποδιαλυτική ικανότητα και φυσικά να υπάρχουν εξειδικευμένοι υποδοχείς (Γεωργακάκης, 1993).

2.4.2 Ο ρόλος της οσμής στην αποδοχή των τροφίμων

Η οσμή αποτελεί επίσης ένα αξιοσημείωτο παράγοντα για την αποδοχή των τροφίμων από τους καταναλωτές. Η αίσθηση της οσμής των τροφίμων προηγείται της γεύσης, και για το λόγο αυτό ενδέχεται πολλές φορές να προκαθορίσει την πιθανή κατανάλωση ενός συγκεκριμένου τροφίμου, και ιδιαίτερα εκείνου που χαρακτηρίζεται από έντονο άρωμα. Επιπροσθέτως, η οσμή είναι μία αίσθηση με μεγαλύτερη ένταση από τη γεύση, με αποτέλεσμα οποιαδήποτε δυσλειτουργία στην εμφάνιση της, έχει άμεση επίπτωση στις επιλογές των καταναλωτών (Mudambi et al., 2006).

Η αντίληψη των πτητικών ενώσεων από τον άνθρωπο καθορίζει την αξιολόγηση της ποιότητας των τροφίμων, καλλυντικών και πολυάριθμων άλλων αντικειμένων της καθημερινής ζωής. Ως εκ τούτου, δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι επανειλημμένες προσπάθειες έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια για την εισαγωγή ηλεκτρικών οργάνων (electronic nose), που λειτουργούν με παρόμοια αρχή όπως η ανθρώπινη μύτη, για την καταγραφή της συγκεκριμένης αίσθησης. Τα όργανα αυτά στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν αντικαθιστούν, αλλά συμπληρώνουν τους οργανοληπτικούς ελέγχους αξιολόγησης των τροφίμων (Schaller et al., 1998).

2.5 Θρεπτική αξία του παξιμαδιού

2.5.1 Το παξιμάδι στη βάση της Μεσογειακής Διατροφής

Τα τελευταία χρόνια μεγάλη έμφαση δίνεται στη Μεσογειακή Διατροφή, καθώς και στην αύξηση της κατανάλωσης φυτικών ινών, οι οποίες προάγουν την υγεία. Μια ομάδα Πανεπιστήμιο Harvard των ΗΠΑ, με σημαντική συμβολή από Έλληνες επιστήμονες, έχει διαμορφώσει μία εναλλακτική πυραμίδα, η οποία βασίζεται στις αρχές της παραδοσιακής Μεσογειακής διατροφής και είχε ως στόχο τη σύσταση διατροφικών οδηγιών. Η πυραμίδα αυτή, βασίζεται ουσιαστικά στα διατροφικά πρότυπα της Κρήτης στις αρχές της δεκαετίας 1960 και περιλαμβάνει άφθονες φυτικές τροφές (φρούτα, λαχανικά, ψωμιά, δημητριακά και προϊόντα τους, πατάτες, φασόλια κ.α.), ελαιόλαδο ως κύρια πηγή λίπους, γαλακτοκομικά προϊόντα, ψάρια και πουλερικά σε μικρές έως μέτριες ποσότητες, αβγά, κόκκινο κρέας σε μικρές ποσότητες και τέλος κρασί σε μικρές έως μέτριες ποσότητες συνήθως με τα γεύματα. (Willet et al., 1995)

Στη βάση της πυραμίδας της Μεσογειακής Διατροφής βρίσκονται τα τρόφιμα που πρέπει να καταναλώνονται καθημερινά και σε σημαντικές ποσότητες, τα οποία παρέχουν στον οργανισμό ενέργεια μέσω των υδατανθράκων που περιέχουν. Τα τρόφιμα αυτά είναι από τη φύση τους χαμηλά σε λίπος και πλούσια σε φυτικές ίνες. Παραδείγματα τέτοιων τροφίμων είναι το ψωμί, αδρά επεξεργασμένα δημητριακά και προϊόντα τους, παξιμάδι κ.α. Η νεότερη μορφή της πυραμίδας της Μεσογειακής διατροφής φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 2.1), όπως διαμορφώθηκε το 2011 από ομάδα έμπειρων επιστημόνων στον τομέα της Μεσογειακής Διατροφής (Bach-Faig et al., 2011).



Σχήμα 2.1 Η πυραμίδα της Μεσογειακής Διατροφής σήμερα.

2.5.2 Η θρεπτική αξία των φυτικών ινών

Σύμφωνα με την Αμερικανική Εταιρεία Χημικών Σιτηρών (American Association of Cereal Chemists, 2001) ο ορισμός των φυτικών ινών διαμορφώθηκε ως εξής: «Διαιτητικές ίνες αποτελούν τα εδώδιμα μέρη των φυτών ή οι ανάλογοι υδατάνθρακες, που είναι ανθεκτικά στην πέψη και την απορρόφηση από το λεπτό έντερο του ανθρώπου, με πλήρη ή μερική ζύμωση στο παχύ έντερο. Οι διαιτητικές ίνες περιλαμβάνουν πολυσακχαρίτες, ολιγοσακχαρίτες, λιγνίνη και συνδεδεμένες με αυτά φυτικές ουσίες. Οι διαιτητικές ίνες προωθούν ευεργετικές φυσιολογικές δράσεις, συμπεριλαμβανομένων της καλής λειτουργίας του εντέρου, και/ή μετρίασης της χοληστερόλης του αίματος και/ή μετρίαση της γλυκόζης του αίματος».

Ο πλέον πρόσφατος ορισμός για τις διαιτητικές ή αλλιώς φυτικές ίνες δόθηκε από την επιτροπή του Codex Alimentarius το 2009 και αποδίδεται ως εξής : «Οι διαιτητικές ίνες αποτελούνται από υδατανθρακικά πολυμερή με δέκα ή περισσότερα μονομερή τα οποία δεν αφομοιώνονται ούτε απορροφώνται από το λεπτό έντερο του ανθρώπινου οργανισμού και εμπίπτουν στις εξής κατηγορίες: α) εδώδιμα υδατανθρακικά πολυμερή που απαντώνται φυσικά στα τρόφιμα ως έχουν, β) εδώδιμα υδατανθρακικά πολυμερή που έχουν ληφθεί από πρώτες ύλες τροφίμων με φυσικά, ενζυμικά ή χημικά μέσα και έχουν ωφέλιμη επίδραση στη φυσιολογία του οργανισμού, η οποία αποδεικνύεται με γενικώς αποδεκτά επιστημονικά στοιχεία, ή γ) εδώδιμα συνθετικά υδατανθρακικά πολυμερή που έχουν ωφέλιμη επίδραση στη φυσιολογία του οργανισμού, η οποία αποδεικνύεται με γενικώς αποδεκτά επιστημονικά στοιχεία.

Η συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη για τις φυτικές ίνες σύμφωνα με τον Αμερικανικό Σύλλογο Διαιτολόγων ανέρχεται στα 14 g φυτικών ινών ανά 1000 kcal (για παράδειγμα σε ένα διαιτολόγιο 2500 kcal αντιστοιχούν $14 \times 2500 / 1000 = 35$ g ημερησίως)(ADA, 2008). Σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες του Ινστιτούτου Ιατρικής το 2002, η προτεινόμενη πρόσληψη για Αμερικάνους ενήλικες κάτω των 50 ετών είναι 25 g ημερησίως για τις γυναίκες και 38 g για τους άντρες, ενώ για ηλικίες άνω των 50 ετών 21 και 30g αντίστοιχα. Η μείωση των αναγκών με την πάροδο της ηλικίας οφείλεται στη μειωμένη πρόσληψη τροφής. Μια ημερήσια πρόσληψη 25 g φυτικών ινών αναφέρεται ως διαιτητική τιμή αναφοράς από την Ευρωπαϊκή Αρχή Ασφάλειας Τροφίμων (EFSA- European Food Safety Authority), ενώ η κατανάλωση πάνω από 25 g φυτικές ίνες ανά ημέρα μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο στεφανιαίας νόσου και του διαβήτη τύπου II και μπορεί να βελτιώσει τη διατήρηση του βάρους.

Οι φυτικές ίνες μπορούν να διαιρεθούν σε δύο υποκατηγορίες : τις διαλυτές και τις αδιάλυτες φυτικές ίνες. Η κατηγοριοποίηση αυτή βασίζεται σε χημικές, φυσικές και

λειτουργικές ιδιότητες. Διαλυτές είναι εκείνες οι φυτικές ίνες που διαλύονται στο νερό και σχηματίζουν ιξώδη πηκτώματα. Μπορούν να παρακάμψουν την πέψη στο λεπτό έντερο αλλά είναι εύκολα ζυμώσιμες από τη μικροχλωρίδα του παχέος εντέρου και αποτελούνται από πηκτίνες, κόμμεα, ινουλίνη τύπου φρουκτάνη και μερικές ημικυτταρίνες. Οι αδιάλυτες φυτικές ίνες δεν είναι υδατοδιαλυτές, δε σχηματίζουν ιξώδη πηκτώματα, είναι ελάχιστα ζυμώσιμες από τη μικροχλωρίδα του εντέρου. Μερικά παραδείγματα αδιάλυτων φυτικών ινών είναι η λιγνίνη, η κυτταρίνη και μερικές ημικυτταρίνες. Οι περισσότερες τροφές που περιέχουν φυτικές ίνες περιλαμβάνουν περίπου 1/3 διαλυτές και 2/3 αδιάλυτες ίνες (Lattimer & Haub, 2010; Papathanasopoulos & Camilleri, 2010).

Όσο αφορά τις επιδράσεις τους στην υγεία, υπάρχει ένα μεγάλο πλήθος μελετών που αποδεικνύουν ότι η κατανάλωσή τους έχει συσχετιστεί με μειωμένο κίνδυνο αρκετών ασθενειών. Αναφέρονται οι κυριότερες ευεργετικές δράσεις τους στην υγεία του ανθρώπου :

✓ *Καρδιαγγειακά νοσήματα.* Η αρτηριοσκληρωτική καρδιαγγειακή νόσος αποτελεί την πρώτη αιτία θανάτου στις χώρες της Δύσης. Ένα πλήθος διατροφικών συστατικών μπορούν να αποτελέσουν προστατευτικούς παράγοντες στη διαδικασία της αθηροσκληρώσεως, και κατ' επέκταση μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση του επιπολασμού της καρδιαγγειακής νόσου. Εξέχουσα θέση σ' αυτόν τον προστατευτικό ρόλο της διατροφής κατέχουν οι φυτικές ίνες, διαλυτές και αδιάλυτες, καθώς μπορούν να μειώσουν τους έξι από συνολικά εννιά παράγοντες κινδύνου για αθηροσκληρωτική καρδιαγγειακή νόσο, για παράδειγμα υψηλά επίπεδα LDL- χοληστερόλης και τριγλυκεριδίων, υπέρταση, διαβήτη, παχυσαρκία κ.α. (Hooper et al., 2001; Anderson, 2003; Jacobs & Gallaher, 2004). Ιδιαίτερα όσο αφορά τις διαλυτές φυτικές ίνες, οι φυτικοχημικές τους ιδιότητες παρουσιάζουν σημαντικές τροποποιήσεις στον όγκο και το ιξώδες του περιεχομένου του εντερικού αυλού, που μεταβάλλουν τις μεταβολικές οδούς της ηπατικής χοληστερόλης και μεταβολισμού της λιποπρωτεΐνης, με αποτέλεσμα τη μείωση της LDL-χοληστερόλης του πλάσματος (Fernandez, 2001).

✓ *Διαβήτης.* Είναι κοινώς γνωστό ότι οι διαβητικοί ασθενείς, καθώς και εκείνοι που βρίσκονται σε κίνδυνο για εμφάνιση διαβήτη τύπου II, πρέπει να ενθαρρύνονται να καταναλώνουν τη συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη για φυτικές ίνες (14g/1000 kcal) (ADA, 2008). Η πρόσληψη φυτικών ινών μπορεί να βελτιώσει το γλυκαιμικό έλεγχο και τα επίπεδα λιπιδίων σε διαβητικούς ασθενείς (Slavin, 2008). Μελέτες παρέμβασης με υψηλή πρόσληψη διαλυτών φυτικών ινών έδειξαν μείωση στη γλυκόζη και ινσουλίνη πλάσματος τόσο για υγιείς όσο και για διαβητικούς ασθενείς, καθώς και σημαντική αύξηση της ινσουλινοευαισθησίας (Aller et al., 2004; Qureshi et al., 2002; Kabir et al.,

2002). Επιπλέον στοιχεία δείχνουν ότι η υψηλή πρόσληψη αδιάλυτων φυτικών ινών φαίνεται να σχετίζεται με αυξημένη ευαισθησία στην ινσουλίνη, και συνεπώς με μικρότερο κίνδυνο εμφάνισης διαβήτη τύπου II (Weickert & Pfeiffer, 2008). Σε άτομα που ήδη πάσχουν από διαβήτη τύπου II, συμπληρωματική χορήγηση φυτικών ινών μπορεί να μειώσει τόσο τη γλυκόζη νηστείας, όσο και την τιμή της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης (HbA_{1c}) (Post et al., 2012).

✓ *Καλή λειτουργία εντέρου.* Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Ιατρικής (IOM), οι φυτικές ίνες παίζουν καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία του εντέρου και η μειωμένη πρόσληψη αυτών σχετίζεται με γαστρεντερικά συμπτώματα όπως είναι η δυσκοιλιότητα (Trumbo et al, 2002). Οι αδιάλυτες φυτικές ίνες αυξάνουν τον όγκο των κοπράνων και μειώνουν το χρόνο διέλευσής τους από το γαστρεντερικό σωλήνα, συμβάλλοντας έτσι στην πρόληψη της δυσκοιλιότητας.

✓ *Ρύθμιση σωματικού βάρους.* Μετα-αναλύσεις από τυχαιοποιημένες κλινικές μελέτες δείχνουν ότι μια δίαιτα υψηλή σε φυτικές ίνες σχετίζεται με κάποια μείωση του σωματικού βάρους, ανεξαρτήτως του τύπου των φυτικών ινών και της φυσικής ή τεχνητής προέλευσής τους (Pereira & Ludwig, 2001). Αυτό οδήγησε τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) στο συμπέρασμα ότι οι φυτικές ίνες έχουν προστατευτική δράση έναντι της αύξησης του βάρους και της παχυσαρκίας, όταν η ημερήσια πρόσληψη ανέρχεται στα 25 γραμμάρια.

✓ *Καρκίνος παχέος εντέρου.* Σύμφωνα με μια πρόσφατη ανασκόπηση διαφόρων προοπτικών μελετών η κατανάλωση φυτικών ινών από δημητριακά και ολικής αλέσεως τρόφιμα σχετίζεται γραμμικά με μείωση του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου του παχέος εντέρου. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η κατανάλωση 10 γραμμαρίων φυτικών ινών ημερησίως μπορεί να μειώσει κατά 10% τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του παχέος εντέρου, ενώ η λήψη τριών μερίδων (90 γρ) δημητριακών ολικής αλέσεως ημερησίως μπορεί να μειώσει κατά 20% τον κίνδυνο αυτό. Ωστόσο, δεν έχει διευκρινιστεί ακόμη ποια είδη φυτικών ινών συνδέονται με αυτά τα οφέλη και χρειάζονται περισσότερες και καλά σχεδιασμένες έρευνες που να αποδεικνύουν την ευεργετική αυτή επίδραση (Aune et al., 2011).

B-γλυκάνες : Οι β-γλυκάνες είναι υδατοδιαλυτές φυτικές ίνες, ομοπολυμερή που αποτελούνται από ομάδες γλυκοκυανόζης. Είναι πολυσακχαρίτες που βρίσκονται στα κυτταρικά τοιχώματα του ενδοσπερμίου και της στοιβάδας της αλευρόνης των δημητριακών. Μεταξύ των σιτηρών η υψηλότερη περιεκτικότητα (g ανά 100 g ξηρού βάρους) σε β-γλυκάνη έχει αναφερθεί για το κριθάρι: 2-20 g (65% είναι υδατοδιαλυτό κλάσμα) και για τη βρώμη: 3-8 g (82% είναι υδατοδιαλυτό κλάσμα). Άλλα δημητριακά

περιέχουν επίσης β-γλυκάνη, αλλά σε πολύ μικρότερες ποσότητες: 1.1 με 6.2 g το σόργο, 1.3 έως 2.7 g η σίκαλη, 0,8 έως 1,7 g το αραβόσιτο, 0,5-1,0 g το σιτάρι, 0,5 έως 0,6 g το σκληρό σιτάρι και 0,13 g το ρύζι (Khoury, 2012).

Οι β-γλυκάνες εκχυλίζονται από τα δημητριακά και χρησιμοποιούνται ως λειτουργικές φυτικές ίνες, λόγω της αποτελεσματικότητάς τους όσο αφορά τη μείωση της χοληστερόλης του αίματος και τη μείωση της μεταγευματικής συγκέντρωσης γλυκόζης. Η συγκέντρωση της β-γλυκάνης διαφέρει από δημητριακό σε δημητριακό αλλά και ανάμεσα στα ίδια δημητριακά, και εξαρτάται από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες και την ποικιλία. Όπως είναι φανερό, πρώτο το κριθάρι και μετά η βρώμη έχουν τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σε β-γλυκάνες, γι' αυτό και οι περισσότερες έρευνες που έχουν διεξαχθεί για τις επιδράσεις της β-γλυκάνης στον ανθρώπινο οργανισμό αφορούν τα δημητριακά αυτά.

Η Ευρωπαϊκή Αρχή Ασφάλειας Τροφίμων (EFSA- European Food Safety Authority) εκφράζει το διατροφικό ισχυρισμό ότι οι β-γλυκάνες από κριθάρι έχουν την ικανότητα να μειώνουν τη συγκέντρωση της ολικής χοληστερόλης (TC – Total Cholesterol) και της LDL- C, σε ενήλικες με κανονικά ή ελαφρώς ανεβασμένα επίπεδα χοληστερόλης αίματος. Η δράση αυτή έχει θετικές φυσιολογικές επιδράσεις, καθώς μειώνει τον κίνδυνο για στεφανιαία νόσο. Σχέση αιτίου-αποτελέσματος έχει διαπιστωθεί ανάμεσα στην κατανάλωση β-γλυκάνης κριθαριού και τη μείωση των επιπέδων λιπιδίων του αίματος. Για να ισχύσει αυτός ο διατροφικός ισχυρισμός πρέπει να προσλαμβάνονται ημερησίως τουλάχιστον 3 g β-γλυκάνης, στα πλαίσια μιας ισορροπημένης διατροφής και αναφέρεται σε ενήλικες που επιθυμούν να μειώσουν τα επίπεδα χοληστερόλης στο αίμα τους (EFSA, 2010).

Επιπροσθέτως, η κατανάλωση τροφίμων που παρασκευάζονται από κριθαρένιο αλεύρι φαίνεται να σχετίζεται με χαμηλή μεταγευματική γλυκόζη και ινσουλίνη πλάσματος. Πιο συγκεκριμένα, έρευνα απέδειξε ότι όταν καταναλώθηκαν από υγιή άτομα, ζυμαρικά από εμπλουτισμένο σε β-γλυκάνη κριθαρένιο αλεύρι, βρέθηκαν μειωμένες τιμές μεταγευματικής γλυκόζης και ινσουλίνης, σε σχέση με τα άτομα που κατανάλωσαν ζυμαρικά από αλεύρι σίτου (Yokoyama et al., 1997). Άλλη μελέτη έδειξε ότι καταναλώνοντας κράκερ και μπισκότα που παρασκευάζονται με βάση το κριθάρι, παρατηρούνται χαμηλότερα επίπεδα μεταγευματικής γλυκόζης και ινσουλίνης σε σχέση με τα αντίστοιχα σταρένια προϊόντα (Casiraghi, 2006). Φαίνεται λοιπόν ότι πιθανώς οι β-γλυκάνες εμφανίζουν υπογλυκαιμική δράση. Έτσι, η Ευρωπαϊκή Αρχή Ασφάλειας τροφίμων με πρόσφατη δημοσίευση, υποστηρίζει ότι 4g β-γλυκανών από βρώμη ή κριθάρι ανά 30g αφομοιώσιμων υδατανθράκων (μερίδα) συμβάλλουν στη μείωση της αύξησης της γλυκόζης στο αίμα μεταγευματικά (EFSA, 2011).

2.5.3 Η θρεπτική αξία του ελαιολάδου

Το δέντρο της ελιάς, *Olea europaea*, παράγει τον ελαιοκαρπό. Οι ελιές καλλιεργούνται ευρέως στη λεκάνη της Μεσογείου, καθώς και σε περιοχές της Μικράς Ασίας. Αναφορές στην ελιά χρονολογούνται από τα ρωμαϊκά χρόνια, και υπάρχουν στην ελληνική μυθολογία. Ιστορικά, τα προϊόντα της *Olea europaea* έχουν χρησιμοποιηθεί ως αφροδισιακά, μαλακτικά, υπακτικά, θρεπτικά, ηρεμιστικά και τονωτικά.

Το ελαιόλαδο, που αποτελεί την κύρια πηγή λίπους στις χώρες όπου καλλιεργούνται ελιές, αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της Μεσογειακής διατροφής, η υιοθέτηση της οποίας φαίνεται να σχετίζεται με χαμηλή συχνότητα εμφάνισης χρόνιων εκφυλιστικών νοσημάτων. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ των διαιτητικών συνηθειών των Μεσογειακών χωρών, ένα κοινό τους χαρακτηριστικό είναι η υψηλή κατανάλωση ελαιολάδου, είτε ωμού είτε ως πρωταρχικού μαγειρικού λίπους (Waterman & Lockwood, 2007).

Το ελαιόλαδο θεωρείται ότι ασκεί τα βιολογικά του οφέλη, κυρίως μέσω των αντιοξειδωτικών συστατικών του. Αν και η σύνθεση του ελαιόλαδου είναι πολύπλοκη, οι ενώσεις που κατά το πλείστον θεωρούνται ότι συμβάλλουν στην ευεργετική δράση του, είναι το ελαϊκό οξύ, τα φαινολικά συστατικά και το σκουαλένιο, καθώς έχει αποδειχθεί ότι αναστέλλουν το οξειδωτικό στρες. Τα αντιοξειδωτικά προστατεύουν τις ελιές από την οξείδωση, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και της υπεριώδους ακτινοβολίας του Μεσογειακού κλίματος. Επίσης, οι φυσικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του ελαιολάδου, δίνουν τη δυνατότητα να διατηρηθούν πολλές από τις αντιοξειδωτικές ενώσεις του (Owen et al., 2000; Visioli et al., 2002).

Τα προϊόντα υπεροξείδωσης λιπιδίων έχουν συνδεθεί με τον καρκίνο και την καρδιαγγειακή νόσο. Σε σύγκριση με άλλα έλαια που χρησιμοποιούνται για το μαγείρεμα, το ελαιόλαδο έχει υψηλή συγκέντρωση των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων και χαμηλή συγκέντρωση σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Κατά συνέπεια αποφεύγεται ο σχηματισμός ελευθέρων ριζών οξυγόνου (ROS), καθιστώντας το ελαιόλαδο πιο σταθερό και λιγότερο επιρρεπές στην υπεροξείδωση, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα έλαια (Harwood & Yaqoob, 2002).

Οι ευεργετικές επιδράσεις του ελαιολάδου στην υγεία μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

✓ *Στεφανιαία νόσος*. Επιδημιολογικές μελέτες αποδεικνύουν ότι η υιοθέτηση της Μεσογειακής Διατροφής μειώνει τη συχνότητα εμφάνισης στεφανιαίας νόσου (de Lorgeril & Salen, 2006). Τα φαινολικά συστατικά του ελαιολάδου, φαίνεται ότι δρουν

ενάντια στην οξείδωση της LDL, αποτρέποντας έτσι το σχηματισμό της αθηρωματικής πλάκας και κατ' επέκταση της εμφάνισης στεφανιαίας νόσου.

✓ *Υπέρταση*. Όπως συμβαίνει και με άλλες πτυχές των καρδιαγγειακών παθήσεων, παρατηρείται μια μειωμένη επίπτωση της υπέρτασης σε πληθυσμούς που ακολουθούν τη μεσογειακή διατροφή, και επίσης η προσκόλληση στο μεσογειακό διατροφικό πρότυπο σχετίζεται αντιστρόφως ανάλογα με τις τιμές συστολικής και διαστολικής πίεσης. Αρκετές μελέτες έχουν καταδείξει τις αντιυπερτασικές ιδιότητες του ελαιολάδου (Psaltopoulou et al., 2004). Οι Giliani et al, (2005) έδειξαν ότι ενδοφλέβια χορήγηση ελαιολάδου επέφερε μειωμένη συστολική, διαστολική και μέση αρτηριακή πίεση του αίματος σε νορμοτασικούς αρουραίους. Επιδημιολογικά δεδομένα από μελέτες σε τρεις μεσογειακές χώρες (Ιταλία, Ελλάδα και Ισπανία) καθώς και μη μεσογειακές χώρες, δείχνουν στην πρώτη περίπτωση μια προστατευτική επίδραση των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων ή διαφορετικά του ελαιολάδου, σε αντίθεση με τη δεύτερη, όπου οι μη μεσογειακές χώρες παρουσιάζουν μικρά ή καθόλου θετικά αποτελέσματα (Alonso et al., 2006).

✓ *Καρκίνος*. Επειδή ισχυρά επιδημιολογικά δεδομένα σχετίζουν την υιοθέτηση της Μεσογειακής διατροφής με μειωμένη εμφάνιση διαφόρων τύπων καρκίνου, η έρευνα έχει εστιάσει στην διερεύνηση των μηχανισμών που προκαλούν αυτό το φαινόμενο. Η οξείδωση των πρωτεϊνών, του DNA και των λιπιδίων έχει αποδειχθεί ότι συμβάλλει στην ανάπτυξη του καρκίνου, ενώ η κατανάλωση των αντιοξειδωτικών φαίνεται να μειώνει τον κίνδυνο της μεταλλαξογένεσης και καρκινογένεσης. Συνεπώς, η κατανάλωση του πλούσιου σε αντιοξειδωτικά ελαιολάδου, φαίνεται ότι σχετίζεται με μειωμένη εμφάνιση διαφόρων τύπων καρκίνου, για παράδειγμα καρκίνου του παχέος εντέρου και καρκίνου του μαστού (Owen et al., 2000; Hanwood & Yaqoob, 2002).

✓ *Αντιμικροβιακή δράση*. Επειδή οι φαινολικές ενώσεις έχουν αναγνωρισθεί ως έχοντες αντιβακτηριακές ιδιότητες, το ελαιόλαδο εξαιτίας της υψηλής συγκέντρωσής του σε φαινολικά συστατικά έχει μελετηθεί για τη δράση του ενάντια στο *H. pylori*. Μια πρόσφατη μελέτη έδειξε ότι το παρθένο ελαιόλαδο έχει βακτηριοκτόνο δράση κατά του ελικοβακτηριδίου του πυλωρού, το οποίο αποτελεί πρωταρχική αιτία των γαστρικών ελκών και συνδέεται με τον καρκίνο του στομάχου.

✓ *Ρευματοειδής Αρθρίτιδα*. Η ρευματοειδής αρθρίτιδα είναι ένα αυτοάνοσο νόσημα, που χαρακτηρίζεται από χρόνια φλεγμονή των αρθρώσεων. Το ελαιόλαδο φαίνεται να δρα συνεργιστικά με τα ω-3 και ω-6 λιπαρά οξέα, συμβάλλοντας στη μείωση των συμπτωμάτων ρευματοειδούς αρθρίτιδας. Το δραστικό συστατικό είναι πιθανότατα το ελαϊκό οξύ. Μελέτες έχουν επίσης δείξει, ότι η κατανάλωση ελαιολάδου

μειώνει τον κίνδυνο ανάπτυξης ρευματοειδούς αρθρίτιδας (Linós et al., 1999; Berbert et al., 2005).

2.5.4 Η θρεπτική αξία του ηλιελαίου

Ηλιέλαιο είναι το έλαιο που λαμβάνεται με ψυχρή πίεση από τον ηλίανθο, *Helianthus annuus*. Το ηλιέλαιο έχει ανοιχτό κίτρινο χρώμα, είναι υγρό σε θερμοκρασία δωματίου και διαθέτει μια χαρακτηριστική οσμή ελαίου.

Η πλειονότητα των λιπαρών του οξέων είναι πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA), με κυρίαρχη ένωση το λινολεϊκό οξύ (60-70%). Επίσης, περιέχει και σημαντικές ποσότητες μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA), κυρίως ελαϊκό οξύ, και μερικά κορεσμένα λιπαρά οξέα (SFA), με πρωταγωνιστή το στεατικό οξύ. Ανάλογα με τον τύπο του ηλιελαίου, υψηλό σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (έως 75% PUFA), υψηλό σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (έως 45% MUFA) ή υψηλό σε στεατικό οξύ (έως και 14% SFA), η περιεκτικότητά του σε μονοακόρεστα και κορεσμένα λιπαρά οξέα ποικίλλει (Bester et al., 2010).

Το ηλιέλαιο περιέχει βιταμίνη E, στη μορφή της τοκοφερόλης, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας καταστρέφεται κατά τη διάρκεια του εξευγενισμού του ελαίου. Σε κάποιες περιπτώσεις, το ηλιέλαιο εμπλουτίζεται στη συνέχεια με βιταμίνη E. Τα ω-6 λιπαρά οξέα, που περιέχονται στο ηλιέλαιο, μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της φλεγμονής, καθώς φαίνεται ότι παράγει προφλεγμονώδεις προστανγλαδίνες (Navarro et al., 1992).

Λίγες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί, προκειμένου να διαπιστώσουν την επίδρασή του ηλιελαίου στην καρδιαγγειακή υγεία. Στην πλειοψηφία των μελετών, το ηλιέλαιο χρησιμοποιείται ως το έλαιο ελέγχου (control sample), καθώς φαίνεται ότι έχει λιγοστά οφέλη στο καρδιαγγειακό σύστημα (Bester et al., 2010). Ωστόσο, το ηλιέλαιο έχει κάποιο όφελος αναφορικά με τη μείωση των επιπέδων λιπιδίων του πλάσματος, και συγκεκριμένα την μείωση της ολικής και LDL χοληστερόλης (Lambert et al., 2007). Τέλος, εξαιτίας της μικρής περιεκτικότητάς του σε μικροθρεπτικά συστατικά, συχνά το ηλιέλαιο εμπλουτίζεται με υδροξυτυροσόλη, έτσι ώστε να αυξηθεί η αντιοξειδωτική του ικανότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών

3.1 Ανάλυση υφής των τροφίμων

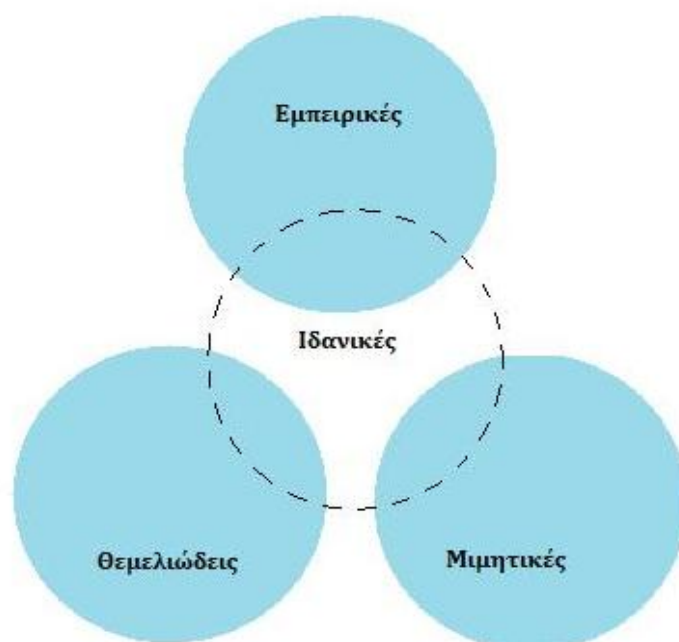
3.1.1 Εισαγωγή

Η υφή, οριζόμενη ως ένα πολυδιάστατο γνώρισμα που περιλαμβάνει μια σειρά από διαφορετικές ιδιότητες υφής, αποτελεί μία σημαντική συνιστώσα για την αντίληψη της ποιότητας των τροφίμων από τους καταναλωτές. Η υφή οποιουδήποτε τροφίμου είναι ισχυρά συνδεδεμένη με τις μηχανικές του ιδιότητες, οι οποίες είναι άμεση επίπτωση της εσωτερικής μικροδομής τους (Altamirano – Fortoul et al., 2012). Πλήθος μεθόδων έχουν προταθεί για τη μέτρηση των μηχανικών ιδιοτήτων, περιλαμβάνοντας τεχνικές όπως συμπίεση, διάτμηση, ακουστικές διεργασίες, οργανοληπτικές δοκιμές (Van Vliet & Primo-Martin, 2011). Όσο αφορά τα τραγανά τρόφιμα, η ανάλυση υφής είναι μία περίπλοκη διαδικασία, καθώς για την έγκυρη αξιολόγησή της απαιτείται συνδυασμός μεθόδων όπως οργανοληπτική αξιολόγηση, ακουστικές δοκιμές και ενόργανες μετρήσεις. Μερικοί συγγραφείς, χρησιμοποιούν τεχνικές, για παράδειγμα το συνδυασμό ακουστικών και μηχανικών δοκιμών για την ποσοτικοποίηση και αξιολόγηση της τραγανότητας (Duizer, 2001), ενώ οι ενόργανες μετρήσεις είναι εκείνες που κατά κύριο λόγο προτιμώνται για την αντικειμενική εκτίμηση των ιδιοτήτων υφής (Valles Pamies et al., 2000).

Τα περισσότερα χαρακτηριστικά υφής στερεών τροφίμων γίνονται αντιληπτά κατά τη διάρκεια του δαγκώματος και της μάσησης, διαδικασίες κατά τις οποίες το τρόφιμο τεμαχίζεται από τα δόντια και ενυδατώνεται από το σάλιο (Chen, 2009). Σε ένα στερεό και εύθραυστο προϊόν κατά την έναρξη της μάσησης η δύναμη που εφαρμόζεται από τα δόντια αυξάνει προοδευτικά μέχρι ενός κρίσιμου σημείου, στο οποίο ξεκινάει η πρώτη ρωγμή του προϊόντος. Η ρωγμή διαδίδεται στη συνέχεια και τελικά οδηγεί σε θραύση του δείγματος. Ως εκ τούτου, ανάμεσα στις πιο σημαντικές ιδιότητες υφής περιλαμβάνονται οι ιδιότητες θραύσης των τροφίμων (Van Vliet & Primo-Martin, 2011).

3.1.2 Αντικειμενικές μέθοδοι μέτρησης υφής των τροφίμων – Texture Analysis

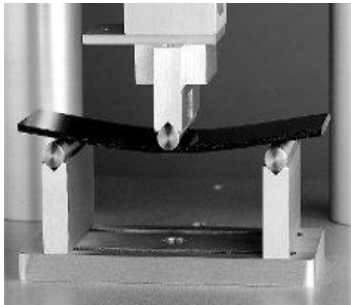
Οι αντικειμενικές μέθοδοι μέτρησης της υφής περιλαμβάνουν όργανα και τεχνικές μέτρησης, οι οποίες θα δώσουν μία ουσιαστική εκτίμηση των ιδιοτήτων υφής (Oraguzie et al., 2009). Δεδομένου ότι η υφή γίνεται αντιληπτή στο στόμα, εξαρτάται κατά πολύ από τις μηχανικές ιδιότητες των τροφίμων, οι οποίες θα καθορίσουν τη δυναμική των σπασιμάτων κατά τα διαστήματα της μάσησης. Για το λόγο αυτό, η πλειονότητα των αντικειμενικών μετρήσεων επικεντρώνεται στις μηχανικές/ ρεολογικές ιδιότητες των τροφίμων (Foegeding et al., 2010). Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται μπορούν να ταξινομηθούν σε θεμελιώδεις, εμπειρικές και μιμητικές. Οι θεμελιώδεις μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί από επιστήμονες και μηχανικούς, οι οποίοι μελετούσαν τα υλικά κατασκευής, και οι οποίες μάλλον δεν είναι χρήσιμες στο να μετράνε την αίσθηση του μασήματος των τροφίμων (Bourne, 2002). Ωστόσο, οι εμπειρικές και μιμητικές δοκιμές χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την ποσοτικοποίηση των ιδιοτήτων υφής των τροφίμων. Πλέον, χρησιμοποιείται μια ποικιλία καταστρεπτικών και μη καταστρεπτικών μεθόδων, σε συνδυασμό με τα κατάλληλα όργανα, για τη μέτρηση της υφής των τροφίμων (Chen & Orpara, 2013).



Σχήμα 3.1 Σχηματική απεικόνιση της ιδανικής συσκευής μέτρησης υφής (Bourne, 2002).

3.1.2.1 Καταστρεπτικές μέθοδοι

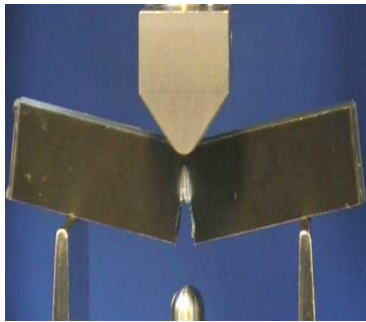
1. Δοκιμασία κάμψεως 3 σημείων (3-point bending test)



Κατά τη διάρκεια αυτής της δοκιμασίας, εφαρμόζεται δύναμη στο κέντρο του δείγματος, όπως πατατάκια, μπισκότα, με ένα αμόνι μέχρι το δείγμα να σπάσει. Η ταχύτητα της κεφαλής μπορεί να κυμαίνεται από 1 mm/min έως 120 mm/min (Chen & Opara, 2013).

2. (Single-edge notched bend (SENB) test)

Η δοκιμασία SENB αποτελεί μία εδραιωμένη μέθοδο, κατά την οποία τα δείγματα πρέπει να πληρούν κάποιες τυπικές απαιτήσεις όσο αφορά τη γεωμετρία τους, κυρίως συγκεκριμένο μήκος και πλάτος του δείγματος. Είναι παρόμοια μέθοδος με τη



δοκιμασία κάμψης 3 σημείων, ωστόσο η εγκοπή γίνεται κατά πλάτος του δείγματος, καθώς εφαρμόζεται δύναμη από την κορυφή προς το κέντρο του δείγματος με ένα τρίτο άκμονα, έως ότου το δείγμα σπάσει. Η ταχύτητα του τρίτου άκμονα είναι συνήθως 2 mm/sec (Brookfield et al., 2011). Με τη μέθοδο αυτή, η θραύση του δείγματος ξεκινά με πιο ελεγχόμενο τρόπο και επιτρέπει τον

υπολογισμό της δύναμης που απαιτείται για να «διαδοθεί η ρωγμή» στο δείγμα, όπως επίσης και της ειδικής ενέργειας που απελευθερώνεται κατά την παραμόρφωση (Kim et al., 2012).

3. Δοκιμασία συμπίεσης (compression) και διάτρησης (puncture)

Οι δοκιμασίες συμπίεσης και διάτρησης είναι οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι μέτρησης των ιδιοτήτων υφής. Τα τρόφιμα που εξετάζονται μπορούν να είναι είτε στερεά είτε ημιστερεά, για παράδειγμα δοκιμασία συμπίεσης μπορεί να εφαρμοστεί σε πήγματα (gel), μήλα, τυρί, προϊόντα εξώθησης, ψίχα ψωμιού κ.α., ενώ δοκιμασία διάτρησης σε μήλα, ακτινίδια, πατάτες, σνακ δημητριακών. Οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν είτε σε ολόκληρα τα τρόφιμα είτε σε τμήματα αυτών, ανάλογα με το σκοπό της κάθε μελέτης (Chen & Opara, 2013). Ουσιαστικά, η δοκιμασία διάτρησης υπολογίζει τη δύναμη που απαιτείται για να εισχωρήσει ένα κυλινδρικό εξάρτημα σ' ένα τρόφιμο, εφαρμόζοντας τόσο δύναμη συμπίεσης όσο και διάτμησης, και συσχετίζει τις υπολογιζόμενες παραμέτρους με τη δύναμη που ασκούν τα δόντια προκειμένου να διεισδύσουν σε ένα

τρόφιμο (Kim et al., 2009). Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται και στις δύο δοκιμές είναι συνήθως κυλινδρικού σχήματος, διαφέρουν ωστόσο στη διάμετρο, η οποία είναι 10-150 mm στη δοκιμασία συμπίεσης, και μικρότερη από 10 mm στη διάτρηση. Η ταχύτητα στη δοκιμασία συμπίεσης είναι αρκετά χαμηλότερη (~4 mm/s) σε σχέση με τη δοκιμασία διάτρησης, όπου η ταχύτητα κυμαίνεται από 10-40 mm/s. Το βάθος διάτρησης είναι συνήθως μερικά χιλιοστά, εξαρτάται βέβαια από το μέγεθος του δείγματος, ενώ για την επίτευξη της παραμόρφωσης πρέπει να γίνει διείσδυση κατά 25, 50 ή 75% ανάλογα με τις μηχανικές ιδιότητες του εκάστοτε τροφίμου. Σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία, ο ελάχιστος αριθμός επαναλήψεων ανά δείγμα και ανά μέτρηση είναι πέντε επαναλήψεις (Chen & Opara, 2013).



Η δοκιμή ανάλυσης προφίλ υφής (TPA – Texture Profile Analysis) βασίζεται στη μίμηση της μάσησης ή της διαδικασίας μασήματος και πραγματοποιείται με διπλή επαναλαμβανόμενη συμπίεση ενός δείγματος. Από τη δοκιμή αυτή, μπορούν να αναλυθούν πολλές από τις ιδιότητες υφής ενός τροφίμου, όπως σκληρότητα, συνεκτικότητα, ελαστικότητα, θραυστότητα, κολλητικότητα, μασητικότητα, πλαστικότητα (Chen & Opara, 2013). Ωστόσο, η δοκιμή ανάλυσης προφίλ υφής δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα τρόφιμα, καθώς τα ξηρά και τραγανά τρόφιμα παραμορφώνονται (σπάνε) από την πρώτη συμπίεση.

4. Δοκιμασία πίεσης – χαλάρωσης (Stress Relaxation test)

Χρησιμοποιείται για την ανάλυση των ιξωδοελαστικών ιδιοτήτων των ημιστερεών τροφίμων, όπως είναι για παράδειγμα το ψάρι, το τυρί, το λουκάνικο, οι ζύμες (Chen & Opara, 2013).



5. Δοκιμασία διατμητικής δύναμης Warner- Bratzler (Warner- Bratzler shear force test)

Η συγκεκριμένη δοκιμασία χρησιμοποιείται εδώ και περίπου έναν αιώνα για την ενόργανη μέτρηση της τρυφερότητας του κρέατος, και παραμένει μέχρι σήμερα η πλέον συνήθης χρησιμοποιούμενη μέθοδος (Destefanis et al., 2008).

6. Συνδυασμός μηχανικών και ακουστικών μεθόδων

Τυπικό χαρακτηριστικό για πολλά σκληρά, τραγανά τρόφιμα είναι η ευθραυστότητά τους που συνοδεύεται συνήθως από έντονο ήχο (ακουστική εκπομπή ή δόνηση), ο οποίος είναι στενά συνδεδεμένος με τα χαρακτηριστικά υφής. Σε ξηρά-τραγανά και υγρά-τραγανά τρόφιμα, οι μέθοδοι αξιολόγησης μπορούν να χωριστούν σε δύο ομάδες, δηλαδή μηχανικές συσκευές σε συνδυασμό με ανιχνευτή ακουστικής εκπομπής (AED, Acoustic emission detector) και εκείνων που συνδυάζονται με πιεζοηλεκτρικό αισθητήρα. Όταν οι μηχανικές συσκευές χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τον AED, η μετατόπιση δύναμης και τα ηχητικά σήματα καταγράφονται ταυτόχρονα, και τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα μέγιστα ακουστικά σήματα παρατηρήθηκαν σε συνδυασμό με την εφαρμογή της μέγιστης δύναμης. Από τα δεδομένα του ήχου, η μέγιστη ηχητική συχνότητα, ο αριθμός των κορυφών ήχου (sound peaks), το μήκος της καμπύλης του ήχου, καθώς και η περιοχή κάτω από την καμπύλη, είναι παράμετροι που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της υφής μέσω του ήχου (Chen & Opara, 2013). Πρόσφατα, όλο και περισσότεροι ερευνητές χρησιμοποιούν τον Αναλυτή Υφής (TA-XT plus) στη μέτρηση υφής δεδομένου ότι ο ανιχνευτής ακουστικής εκπομπής (AED) έχει γίνει ένα επιλεκτικό μέρος του οργάνου (Chen et al., 2005; Taniwaki & Kohyama, 2012).



7. Μιμητικές μέθοδοι

Οι μιμητικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ποσοτικοποίηση των ιδιοτήτων υφής, είναι καταστρεπτικές μέθοδοι, οι οποίες μιμούνται τη διαδικασία μασήματος ακολουθώντας τις κινήσεις του δαγκώματος από τους κοπτήρες ή της μάσησης από τους γομφίους. Οι Varela et al (2009) χρησιμοποίησαν εξαρτήματα που έμοιαζαν με δόντια για τη συμπίεση σνακ, και η μέθοδος αποδείχτηκε εξίσου αποτελεσματική με τις παραδοσιακές δοκιμές διείσδυσης για την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών τραγανότητας. Πρόσφατα αναπτύχθηκε μία μέθοδος για το χαρακτηρισμό των ιδιοτήτων υφής ημιστερεών τροφίμων, κατά την οποία χρησιμοποιήθηκε τεχνητό σάλιο. Τα πειράματα έδειξαν ότι αυτή η τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση των αλλαγών στην υφή κατά τη διάρκεια της μάσησης σε προϊόντα που περιέχουν κυρίως άμυλο (Chung et al., 2012).

3.1.2.2 Μη καταστρεπτικές μέθοδοι

Η μάσηση είναι μία διαδικασία αποδόμησης, μέσω της οποίας ο άνθρωπος απολαμβάνει την υφή και τη γεύση (flavor) του τροφίμου. Οι μη καταστρεπτικές μέθοδοι, όπως αποκαλύπτει και η ονομασία τους, προϋποθέτουν ότι το δείγμα δε θα καταστραφεί ή υποβαθμιστεί κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Στην πραγματικότητα, οι μη καταστροφικές μέθοδοι μπορούν να μετρήσουν μόνο ορισμένες ιδιότητες των τροφίμων, όπως είναι η ελαστικότητα, η ενέργεια κρούσης, είτε άμεσα είτε έμμεσα (Bourne, 2002).

Οι μηχανικές μη καταστρεπτικές μέθοδοι περιλαμβάνουν σχεδόν στατική δυναμική παραμόρφωση, συμπίεση με το δάχτυλο, κ.α. Συνήθως, όπως και στις καταστρεπτικές μεθόδους, οι μηχανικές ιδιότητες συχνά συνδυάζονται για αποτελεσματικότερη αξιολόγηση των ιδιοτήτων υφής (Chen & Opara, 2013).

Ανάμεσα στις έμμεσες μεθόδους μέτρησης της υφής των τροφίμων, η τεχνολογία υπερήχων παρέχει ένα από τα θεμέλια για μια μη καταστρεπτική, γρήγορη και αξιόπιστη τεχνική, που αφορά το συσχετισμό συγκεκριμένων δεικτών ποιότητας και χαρακτηριστικών των τροφίμων κατά την ανάπτυξη, ωρίμανση και αποθήκευση. Τέλος, έχουν αναπτυχθεί και οπτικές τεχνικές μέτρησης υφής, οι οποίες υπόσχονται πολλά όσο αφορά την ανίχνευση αλευρώδους υφής σε φρούτα, καθώς και εύκολη κατάταξη των φρούτων, επειδή η μέθοδος είναι ταχεία, μη καταστρεπτική και παρέχει πλήθος πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση ή την ποιότητα ενός προϊόντος (Huang & Lu, 2010).

3.1.3 Όργανα μέτρησης υφής

Η μέτρηση υφής με ενόργανες μεθόδους κατέχει την πρώτη θέση στις μεθόδους ανάλυσης των χαρακτηριστικών υφής των τροφίμων. Η βιβλιογραφία καταδεικνύει δύο κύρια όργανα που χρησιμοποιούνται στην έρευνα σχετικά με την υφή των στερεών και ημι-στερεών τροφίμων: ο αναλυτής υφής Texture Analyzer, TA (Stable Micro Systems Ltd.) και η συσκευή δοκιμής Instron (Instron Ltd.) (Chen & Opara, 2013).

Συγκριτικά με τη συσκευή Instron, ο αναλυτής υφής TA επικεντρώνεται περισσότερο στη μέτρηση της υφής των τροφίμων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε ακαδημαϊκή όσο και σε βιομηχανική κλίμακα. Ωστόσο, η συσκευή Instron είναι ένα όργανο για τη μελέτη των μηχανικών ιδιοτήτων των διαφορετικών υλικών. Σήμερα, οι περισσότεροι ερευνητές συνδυάζουν καθένα από αυτά τα όργανα με άλλες τεχνικές μέτρησης των ιδιοτήτων υφής, για την συλλογή μεγαλύτερης ποσότητας πληροφοριών

κατά τη διάρκεια πειραμάτων. Για παράδειγμα, κάποιοι ερευνητές έχουν συνδυάσει τον αναλυτή υφής με συσκευή ανίχνευσης ακουστικών συχνοτήτων (AED) (Costa et al., 2012).

3.1.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ενόργανων μετρήσεων

Για ένα δεδομένο τρόφιμο, όπως το μήλο, συνήθως μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία ποικιλία ενόργανων προσεγγίσεων για την εκτίμηση των χαρακτηριστικών της υφής. Η επιλογή οποιασδήποτε μεθόδου μέτρησης, εξαρτάται από το σκοπό της μέτρησης και τις ειδικές συνθήκες που απαιτούνται. Μέθοδοι όπως η SENB, που έχουν αυστηρές απαιτήσεις όσο αφορά τη γεωμετρία του δείγματος, συνήθως είναι δύσκολο να εφαρμοστούν, χρονοβόρες, και δεν μπορούν να συσχετιστούν με την οργανοληπτική αξιολόγηση, όπως συμβαίνει με τις εμπειρικές μεθόδους, ενώ αντίθετα οι δοκιμασίες συμπίεσης και διάτρησης είναι πιο εύκολα εφαρμόσιμες. Η δοκιμασία τριών σημείων είναι καταστρεπτική μέθοδος, δεν είναι ταχεία, και επίσης δεν υπάρχει σαφής συσχέτιση αυτής της δοκιμής με οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Από την άλλη πλευρά, η δοκιμασία συμπίεσης, ενώ είναι επίσης μία καταστρεπτική μέθοδος, έχει πλεονεκτήματα όπως ότι βασίζεται στη μίμηση της μάσησης και περιλαμβάνει μια ποικιλία εξαρτημάτων με τα οποία μπορούν να προσομοιαστούν με αξιόλογο τρόπο οι επιθυμητές συνθήκες για το εκάστοτε πείραμα (Chen & Opara, 2013).

Τα μειονεκτήματα των εμπειρικών μεθόδων μέτρησης, συμπίεσης και διάτρησης, είναι ότι υπάρχει μια γενική ασάφεια ως προς το τι μετράται κάθε φορά και συχνά δεν υπάρχει ένα αυστηρά καθορισμένο πρότυπο το οποίο πρέπει να ακολουθηθεί (Bourne, 2002). Αναφορικά με τις μη καταστρεπτικές μεθόδους, είναι γρήγορες και επιτρέπουν συνεχόμενη αξιολόγηση σε διαφορετικά μέρη του δείγματος, χωρίς επακόλουθη απώλεια (Molina-Delgado et al., 2009). Ωστόσο, το κόστος εξοπλισμού και λειτουργίας αυτών των μεθόδων είναι ιδιαίτερα υψηλό, συνεπώς δεν ευνοεί τη χρησιμοποίησή τους στην έρευνα.

3.1.5 Μηχανικές παράμετροι υφής

3.1.5.1 Σκληρότητα

Σύμφωνα με τη Szczesniak (2002), η σκληρότητα, ως μηχανική ιδιότητα, είναι η απαιτούμενη δύναμη για να προσδοθεί μία δεδομένη παραμόρφωση σε ένα τρόφιμο. Με οργανοληπτικούς όρους, είναι η δύναμη που απαιτείται για να συμπιεστεί ένα προϊόν μεταξύ των γομφίων, εφόσον πρόκειται για στερεό τρόφιμο, ή μεταξύ της γλώσσας και του ουρανίσκου, αν αναφερόμαστε σε ημιστερέες τροφές. Άλλοι συγγραφείς αναφέρουν ότι, σκληρότητα είναι η ποσότητα της δύναμης που απαιτείται για το δάγκωμα του τροφίμου με τους κοπτήρες, λαμβάνοντας ως τιμή σκληρότητας στην καμπύλη παραμόρφωσης τη μέγιστη δύναμη που εφαρμόζεται στο τρόφιμο κατά την πρώτη συμπίεση σε μια ανάλυση προφίλ υφής (TPA) (Kim et al., 2012).

Οι Piga et al το 2005, ανέπτυξαν μία μέθοδο για τη μέτρηση της σκληρότητας, σύμφωνα με την οποία περισσότερες από μία παράμετροι λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό της. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιώντας αναλυτή υφής (TA.XT2, Stable Microsystems), εφάρμοσαν δύο δοκιμές ανάλυσης υφής σε μπισκότα τύπου Amaretti, μία δοκιμή κοπής, παρόμοια με τη δοκιμή συμπίεσης αλλά γίνεται χρησιμοποιώντας ένα εξάρτημα που μοιάζει με μαχαίρι, και μία δοκιμή διάτρησης (puncture test). Η σκληρότητα, στη δοκιμασία διάτρησης, μετρήθηκε από την καμπύλη παραμόρφωσης (δύναμη (N) συναρτήσει της απόστασης (mm)) και εκφράστηκε ως την επιφάνεια της περιοχής κάτω από την καμπύλη μέχρι μία δεδομένη απόσταση, όπως επίσης και ως την κλίση της καμπύλης, όπως υπολογίζεται στην πρώτη κορυφή της (δηλαδή στο πρώτο «θραύσμα»). Από την καμπύλη παραμόρφωσης που προέκυψε κατά τη δοκιμή κοπής, η μέγιστη δύναμη που απεικονίστηκε, θεωρήθηκε ως ένας δείκτης σκληρότητας. Τη μέθοδο αυτή χρησιμοποίησαν στη συνέχεια και άλλοι ερευνητές (Romeo et al., 2010; Ahmad et al., 2012).

Ως οργανοληπτικό χαρακτηριστικό της υφής, η σκληρότητα τυπικά περιγράφεται ως η δύναμη που απαιτείται για τη συμπίεση ενός τροφίμου μεταξύ των δοντιών. Παρά το γεγονός ότι έχουν γίνει πολλές προσπάθειες τις τελευταίες δεκαετίες να προσδιοριστούν πιθανές σχέσεις μεταξύ των μηχανικών/φυσικών ιδιοτήτων των τροφίμων και της οργανοληπτικής αντίληψης της σκληρότητας, δεν είναι ακόμη σαφές εάν η ανθρώπινη αντίληψη για τη σκληρότητα βασίζεται στην εφαρμοζόμενη δύναμη ή στην ποσότητα του έργου ή ακόμη και την ισχύ (ποσότητα έργου ανά μονάδα χρόνου) (Chen 2009).

3.1.5.1.1 Παράγοντες που επιδρούν στη σκληρότητα των αρτοσκευασμάτων

Η σκληρότητα, μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους της υφής, επηρεάζεται από ποικιλία παραγόντων που αφορούν τόσο το ίδιο το τρόφιμο και τη διαδικασία παραγωγής του, όσο και το άμεσό του περιβάλλον. Αρχικά, η σκληρότητα επηρεάζεται από τα συστατικά του τροφίμου. Μεταβάλλοντας τη σύστασή του σε μακροθρεπτικά συστατικά, μπορεί να επιτευχθούν αξιοσημείωτες μεταβολές στη σκληρότητα του εκάστοτε τροφίμου. Μελέτη που έγινε από τους Kim et al (2012), απέδειξε ότι αυξάνοντας το λόγο ζάχαρη: λίπος, δηλαδή αυξανόμενης της περιεχόμενης ζάχαρης και μειωμένου του προστιθέμενου λίπους, η σκληρότητα των μπισκότων αυξήθηκε. Η αξιολόγηση της σκληρότητας, έγινε τόσο με ενόργανες μετρήσεις των μηχανικών ιδιοτήτων υφής (SENB test, 3-point bending test, TPA), όσο και με οργανοληπτική εξέταση των προϊόντων.

Άλλη μελέτη, έδειξε ότι μπισκότα με 50% λιγότερο προστιθέμενο λίπος με μορφή μαργαρίνης, σε σχέση με τα μπισκότα ελέγχου, εμφανίζουν τουλάχιστον διπλάσια σκληρότητα, η οποία μετρήθηκε ως η μέγιστη δύναμη (N) κατά τη δοκιμή διάτρησης. Στην ίδια έρευνα, παρουσιάστηκε και η επίδραση των φυτικών ινών στη σκληρότητα των μπισκότων, με τα αποτελέσματα να δείχνουν μια ξεκάθαρη εικόνα αύξησης της σκληρότητας με αύξηση της περιεκτικότητας σε φυτικές ίνες (Laguna et al, 2013). Οι συγγραφείς της συγκεκριμένης μελέτης προσπάθησαν να εξηγήσουν τους λόγους για τους οποίους εμφανίζονται αυτές οι διαφορές στη σκληρότητα. Αρχικά υποστήριξαν ότι μειώνοντας τα περιεχόμενα λιπαρά, τα σωματίδια του αλεύρου ενυδατώνονται περισσότερο, κάνοντας τα στοιχεία τους πιο προσβάσιμα στο νερό, και έτσι η γλουτένη επίσης ενυδατώνεται περισσότερο, γεγονός που οδηγεί σε πιο σκληρό μπισκότο. Όσο αφορά τις φυτικές ίνες, υποστηρίζεται ότι καθώς αποτελούνται από αλυσίδες πολυσακχαριδίων, μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σχηματίζοντας συνδετικές ζώνες, ικανές να περικλείσουν μεγάλες ποσότητες ισχυρά δεσμευμένου νερού και αρκετό στατικό νερό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι συνδετικές ζώνες να γίνονται πιο πυκνές και λιγότερο ευλύγιστες, σε σχέση με μοναχικές αλυσίδες. Αυτό το φαινόμενο αυξάνει αποτελεσματικά τη διάμετρο στις «συνδετικές ζώνες», μειώνει το πορώδες και την τάση του νερού να διαφεύγει από τις κοιλότητες. Έτσι λοιπόν τα μπισκότα με μεγαλύτερο ποσοστό φυτικών ινών είναι πιο σκληρά και πιο συμπαγή (Laguna et al, 2013).

Ωστόσο, σε άλλη μελέτη (Jacob & Leelavathi, 2007) έγινε αξιολόγηση της επίδρασης του είδους του προστιθέμενου λίπους σε μπισκότα. Πιο συγκεκριμένα, παρασκευάστηκαν μπισκότα με λίπος αρτοποιίας (bakery fat), μαργαρίνη,

υδρογονωμένο λίπος και τέλος ηλιέλαιο. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι τα μπισκότα που περιείχαν το ηλιέλαιο ήταν τα σκληρότερα. Σύμφωνα με τους Abboud et al. (1985), δεν είναι δυνατόν να παραχθεί μία κρεμμώδης ζύμη χρησιμοποιώντας έλαιο και όχι κάποιο λίπος αρτοποιίας (shortening), εξαιτίας του μειωμένου αερισμού της ζύμης. Από την άλλη πλευρά, ο Kamel το 1994 υποστήριξε ότι τα έλαια μπορούν να προσδώσουν ικανοποιητικό αερισμό στη ζύμη, ωστόσο οι φυσαλίδες αέρα δεν μπορούν να διατηρηθούν, και για το λόγο αυτό προκύπτουν πιο σκληρά μπισκότα.

Το είδος των φυτικών ινών επηρεάζει επίσης τη σκληρότητα σε αρτοσκευάσματα. Οι Wang et al (2002) έδειξαν ότι η προσθήκη ινουλίνης οδηγεί στην παραγωγή ψωμιού με μεγαλύτερη σκληρότητα απ' ότι η προσθήκη ινών καρότου, αναφερόμενοι σε ίσα ποσοστά συνολικών φυτικών ινών στο τρόφιμο (~5%).

Ένας επίσης σημαντικός παράγοντας, που επηρεάζει τη σκληρότητα των προϊόντων αρτοποιίας είναι οι συνθήκες κλιβανισμού του τροφίμου. Η θερμοκρασία ψήσιματος του ψωμιού επιδρά κυρίως στον όγκο καρβελιού, ενώ ο χρόνος κλιβανισμού έχει μεγαλύτερη επίδραση στο βάρος καρβελιού, τη σκληρότητα και την πυκνότητα του ψωμιού (Shittu et al., 2007). Οι συνθήκες αποθήκευσης, και κατ' επέκταση τα επίπεδα υγρασίας του τροφίμου, συμβάλλουν στη μεταβολή της υφής των αρτοσκευασμάτων. Πολλές είναι οι μελέτες που δείχνουν μια πτωτική πορεία της σκληρότητας, αλλά και της γενικότερης υφής αυτών των προϊόντων αυξανόμενης της υγρασίας τους. Για παράδειγμα, οι Ahmad et al (2012), έδειξαν ότι κατά τη διάρκεια 30 ημερών αποθήκευσης, η ενεργότητα νερού (αντιπροσωπεύει τη μικροβιακή σταθερότητα και τη φρεσκάδα στα τρόφιμα) σε παξιμαδάκια τα οποία περιείχαν ξυλιτόλη, αυξήθηκε από 0,15 σε 0,22 με ταυτόχρονη σημαντική μείωση της σκληρότητας τους.

Τα υλικά συσκευασίας διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην υποβάθμιση της υφής και συνεπώς της ποιότητας των προϊόντων αρτοποιίας. Πιο συγκεκριμένα, μελέτη έδειξε ότι όταν μπισκότα τύπου Amaretti αποθηκευτούν σε αλουμινένια συσκευασία, τότε διατηρούν τα επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους, ακόμη και 35 μέρες μετά την αποθήκευση, και εμφανίζουν σημαντικά μειωμένη σκληρότητα σε σχέση με εκείνα που αποθηκεύτηκαν σε μεμβράνη πολυβινυλοχλωριδίου (Piga et al., 2005).

3.1.5.2 Θραυστότητα

Θραυστότητα ορίζεται ως η δύναμη που χρειάζεται ένα υλικό για να σπάσει, περικλείοντας έτσι προϊόντα με χαμηλή συνεκτικότητα. Απλούστερα, θα μπορούσαμε να ορίσουμε θραυστότητα τη δύναμη με την οποία ένα δείγμα θρυμματίζεται, ραγίζει ή

σπάει (Szczesniak, 2002). Η τάση ενός στερεού υλικού να καταρρέει απότομα μετά από μια πολύ μικρή παραμόρφωση ορίζεται θραυστότητα, ή διαφορετικά ευθραυστότητα (brittleness) από την Micha Peleg (2006). Ακόμη, κάποιοι συγγραφείς αναφέρουν ότι η θραυστότητα αντιπροσωπεύει την τραγανότητα των προϊόντων, ορίζοντάς την στη καμπύλη δύναμης - παραμόρφωσης μια δοκιμής συμπίεσης, ως την απόσταση στην οποία το προϊόν «σπάει» (Ahmad et al., 2012).

Η θραυστότητα, επίσης σημαντικό χαρακτηριστικό υφής όπως και η σκληρότητα, συνήθως προσδιορίζεται μηχανικά με δοκιμασίες συμπίεσης ή διάτρησης, καθώς αποτελούν τις πλέον κατάλληλες μεθόδους για την προσομοίωση της διαδικασίας μάσησης. Στις δοκιμές συμπίεσης, το δείγμα μπορεί να συμπιεστεί είτε μεταξύ δύο παράλληλων πλακών, είτε με ένα κυλινδρικό έμβολο. Αντίστοιχα, οι δοκιμές διάτρησης χρησιμοποιούνται εξίσου συχνά, επειδή μπορούν να προσομοιάσουν τους κοπτήρες κατά τη μάσηση. Τα εξαρτήματα αυτών των δοκιμών έχουν, είτε κυλινδρικό είτε κωνικό σχήμα και μικρή διάμετρο. Ωστόσο, οι καμπύλες δύναμης-παραμόρφωσης και στις δύο περιπτώσεις χαρακτηρίζονται από πολλές αιχμηρές κορυφές δύναμης, που αντιστοιχούν στη ρήξη των επιμέρους κυτταρικών τοιχωμάτων (Roudaut et al., 2002).

Χρησιμοποιώντας δοκιμασίες διάτρησης οι Van Vecke et al. (1998) και Valles Pamies et al. (2000), υπολόγισαν τη μέση τιμή της λεγόμενης δύναμης διάτρησης προς την απόσταση διάτρησης) και το έργο της «τραγανότητας» (λόγος της μέσης δύναμης διάτρησης προς NSR). Το συμπέρασμα ήταν ότι, η σκληρότητα σχετίζεται με τη δύναμη διάτρησης, ενώ η τραγανότητα – θραυστότητα με τον NSR.

Προϊόντα που είναι γνωστά για την τραγανότητά τους, κυρίως δημητριακά πρωινού και σνακ, έχουν συνήθως ακανόνιστες και μη επαναλήψιμες καμπύλες δύναμης - παραμόρφωσης κατά την ανάλυση των μηχανικών τους ιδιοτήτων (δοκιμασίες συμπίεσης). Επίσης, η παρασκευή δειγμάτων με ελεγχόμενες διαστάσεις φαντάζει απίθανη. Ωστόσο, έχει φανεί ότι ένας καλός τρόπος μέτρησης της θραυστότητας είναι ο βαθμός οδόντωσης της καμπύλης παραμόρφωσης που προκύπτει από μια δοκιμασία συμπίεσης ή διάτρησης κάποιες φορές (Peleg, 2006). Ωστόσο, όταν μιλάμε για το παξιμάδι και γενικά για ξηρά τραγανά τρόφιμα, είναι ευνόητο ότι αυτή η μέτρηση δεν μπορεί να λάβει χώρα, καθώς εμφανίζονται πολλές κορυφές, ο βαθμός οδόντωσης δηλαδή είναι πολύ μεγάλος, και συνεπώς δεν μπορούν να μετρηθούν.

Σε μελέτη που έγινε για την αντικατάσταση λίπους σε μπισκότα, η θραυστότητα υπολογίστηκε ως η μέση κλίση (mean slope) της καμπύλης παραμόρφωσης που προκύπτει από δοκιμασία συμπίεσης κατά την ανάλυση υφής (Zoulias et al., 2002). Συνεπώς, η μέτρηση της θραυστότητας δεν είναι ίδια για όλα τα τρόφιμα. Ανάλογα με

τις μηχανικές και δομικές ιδιότητες του εκάστοτε προϊόντος, είναι ανάγκη η ανάλυση υφής να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις τόσο του τροφίμου όσο και του πειράματος.

3.1.5.2.1 Παράγοντες που επιδρούν στη θραυστότητα των αρτοσκευασμάτων

Τα περισσότερα προϊόντα αρτοποιίας χαρακτηρίζονται από εύθραυστη, διογκωμένη δομή εξαιτίας της επίδρασης της ζύμωσης κατά την ωρίμανση της ζύμης και του σχηματισμού πορώδους δομής κατά τον κλιβανισμό. Οι παράμετροι που ελέγχουν τις μηχανικές ιδιότητες αυτών των τροφίμων όπως πυκνότητα, πάχος τοιχωμάτων, αριθμός κυψελίδων αέρα, αναμένεται να επηρεάζουν την τραγανότητα των προϊόντων (Roudaut et al., 2002). Ο κλιβανισμός είναι υπεύθυνος για την ανάπτυξη της θραυστότητας (και τραγανότητας) του τροφίμου, και έχει δειχθεί ότι αυξάνοντας τη διάρκειά του αυξάνεται και η θραυστότητα (Drake, 1963; Piazza & Masi, 1997).

Μία αλλαγή στα συστατικά του προϊόντος, έχει συνήθως άμεσο αντίκτυπο στα ρεολογικά χαρακτηριστικά, στην ποιότητα και φυσικά στη υφή των αρτοσκευασμάτων. Οι Laguna et al (2013) έδειξαν ότι τα μπισκότα που είχαν 60 γρ λίπος/100 γρ αλεύρου ήταν πιο εύθραυστα (αριθμός κορυφών της καμπύλη δύναμης – παραμόρφωσης σε δοκιμή διάτρησης) σε σχέση με εκείνα που περιείχαν 30 γρ λίπος/ 100 γρ αλεύρι. Αυτό συμβαίνει επειδή τα λιπαρά παρεμβάλλονται στο πλέγμα που δημιουργεί η γλουτένη, σχηματίζοντας με αυτό τον τρόπο «μικρότερα κομματάκια» στο τρόφιμο. Επίσης, στην ίδια μελέτη φάνηκε ότι με την αύξηση της περιεκτικότητας σε φυτικές ίνες, η θραυστότητα των μπισκότων μειώνεται σημαντικά.

Εάν η περιεχόμενη υγρασία των αρτοσκευασμάτων χαμηλής υγρασίας αυξηθεί, είτε εξαιτίας απορρόφησης υγρασίας από το περιβάλλον είτε λόγω εσωτερικής μετακίνησης νερού (απελευθέρωση από άλλες ενώσεις), τότε είναι σίγουρο ότι η θραυστότητα και η τραγανότητά τους θα μειωθεί (Nicholls et al., 1995). Πλήθος μελετών έχουν υποστηρίξει αυτά τα αποτελέσματα (Sauvageot & Blond, 1991; Roudaut et al., 1998; Valles Pamies et al., 2000). Οι Ahmad et al., (2012) επιβεβαιώνουν επίσης αυτή τη θεωρία, καθώς η μελέτη τους έδειξε ότι με την αύξηση του χρόνου αποθήκευσης σαν αποτέλεσμα της αύξησης της ενεργότητας νερού του τροφίμου, παρατηρήθηκε μείωση της θραυστότητας σε γλυκά παξιμαδάκια.

3.1.4.3 Συνεκτικότητα

Συνεκτικότητα ορίζεται ως η έκταση στην οποία ένα υλικό μπορεί να παραμορφωθεί προτού υποστεί θραύση ή ρήξη της δομής του, ή διαφορετικά συνεκτικότητα είναι ο

βαθμός στον οποίο ένα υλικό μπορεί να συμπιεστεί από τα δόντια πριν να σπάσει (Szczeniak, 2002). Σ' ένα διάγραμμα ανάλυσης προφίλ υφής (TPA), η συνεκτικότητα ορίζεται ως ο λόγος των επιφανειών περιοχή 1/περιοχή 2, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2 (Ζόγκζας, 2012).

3.1.4.4 Ελαστικότητα (Springiness)

Η ελαστικότητα, σαν μηχανική ιδιότητα, ορίζεται ως ο βαθμός στον οποίο ένα υλικό που έχει υποστεί παραμόρφωση επιστρέφει στην αρχική του δομή, αφότου μετατοπιστεί η επίδραση της δύναμης παραμόρφωσης. Με οργανοληπτικούς όρους, η ελαστικότητα εκφράζει το πόσο καλά ένα προϊόν επανέρχεται στην αρχική του μορφή, μετά από τη συμπίεσή του ανάμεσα στα δόντια (Szczeniak, 2002). Στο διάγραμμα της ανάλυσης υφής, η ελαστικότητα απεικονίζεται από το λόγο μήκος 2/μήκος 1 (σχήμα 3.2).

3.1.4.5 Κολλητικότητα (Gumminess)

Ο όρος αυτός εκφράζει την ενέργεια που απαιτείται για τη διαλυτοποίηση ενός ημιστερεού τροφίμου, ώστε να είναι έτοιμο προς κατάποση, συνεπώς η ιδιότητα αυτή αναφέρεται σε τρόφιμα με μικρή σκληρότητα και μεγάλη συνεκτικότητα (Szczeniak, 2002). Υπολογίζεται ως το γινόμενο σκληρότητας και συνεκτικότητας.

3.1.4.6 Μασητικότητα (Chewiness)

Η μασητικότητα εκφράζει την ενέργεια που απαιτείται για τη μάσηση ενός στερεού τροφίμου, μέχρι αυτό να είναι έτοιμο προς κατάποση. Διαφορετικά, εκφράζει το χρόνο που απαιτείται για τη μάσηση ενός δείγματος, σε ένα σταθερό ρυθμό εφαρμογής δύναμης, ώστε να είναι κατάλληλο προς κατάποση (Szczeniak, 2002). Υπολογίζεται ως το γινόμενο κολλητικότητα επί ελαστικότητα.



Σχήμα 3.2 Τυπικό διάγραμμα TPA

3.2 Προσδιορισμός πορώδους τροφίμων

Το πορώδες, η φαινομενική και η πραγματική πυκνότητα αποτελούν μία ιδιαίτερα σημαντική φυσική ιδιότητα των τροφίμων, η οποία αποδίδει πληροφορίες για την υφή και τις μηχανικές ιδιότητές τους, τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά, καθώς και τις ειδικές συνθήκες παραγωγής και επεξεργασίας τους.

Μια μεγάλη κατηγορία προϊόντων που εμφανίζουν σημαντική ανάπτυξη πορώδους δομής είναι τα προϊόντα ξήρανσης και εξώθησης. Στα προϊόντα αυτά, η απομάκρυνση της υγρασίας μέσω της εξάτμισης δημιουργεί κενά (πόρους) μέσα στη δομή του στερεού, με αποτέλεσμα το τελικό προϊόν να εμφανίζει χαμηλή φαινομενική πυκνότητα και μεγάλο πορώδες. Στις περισσότερες περιπτώσεις η ανάπτυξη υψηλού πορώδους είναι επιθυμητή, καθώς είναι υπεύθυνο για το αίσθημα της τραγανότητας και της θραυστότητας αυτών των τροφίμων.

Στα προϊόντα αρτοποιίας – ζαχαροπλαστικής η πορώδης δομή αναπτύσσεται κατά την ωρίμανση της ζύμης, κατά την οποία εκλύεται διοξείδιο του άνθρακα και δημιουργεί φυσαλίδες αερίου, και το ψήσιμο, στο οποίο οι υψηλές θερμοκρασίες συμβάλλουν στην έντονη εξάτμιση της περιεχόμενης υγρασίας. Μια τρίτη κατηγορία που χαρακτηρίζονται από πορώδη δομή είναι τα προϊόντα σε μορφή στερεών κόκκων, όπως οι σκόνες γάλακτος, ο στιγμιαίος καφές κ.α (Ζόγκζας, 2012).

Ένα στερεό υλικό τρόφιμο αποτελείται από ξηρό τρόφιμο, από υγρασία σε υγρή μορφή και από κενά (πόρους) αέρα. Το πορώδες εκφράζει το κλάσμα όγκου του ελεύθερου χώρου ή αέρα στο υλικό και ορίζεται ως ο όγκος του αέρα ή του κενού όγκου προς το συνολικό όγκο. Συνεπώς, $\varepsilon = \frac{V_a}{V_{ολ}}$, όπου V_a ο όγκος των κενών (πόρων) αέρα, $V_{ολ}$ ο συνολικός όγκος του στερεού.

Στο συνολικό όγκο του στερεού συνυπολογίζεται και ο όγκος των κενών (πόρων) αέρα. Από τον ορισμό του πορώδους προκύπτει ότι είναι καθαρός αριθμός μικρότερος από τη μονάδα. Με την ίδια έννοια η φαινομενική πυκνότητα ορίζεται $\rho_\phi = \frac{m_\sigma}{V_{ολ}}$, όπου ρ_ϕ η φαινομενική πυκνότητα του στερεού, m_σ η συνολική μάζα του στερεού συμπεριλαμβανομένης της μάζας της υγρασίας. Η πραγματική πυκνότητα ορίζεται $\rho_\pi = \frac{m_\sigma}{V_\sigma}$, όπου ρ_π η πραγματική πυκνότητα του στερεού, V_σ ο καθαρός όγκος του υγρού συμπεριλαμβανομένου του όγκου υγρασίας. Οι ανωτέρω όγκοι συνδέονται με τον τύπο $V_{ολ} = V_\sigma + V_a$.

Ο συνολικός όγκος μπορεί να προσδιοριστεί είτε μέσω των γεωμετρικών διαστάσεων του υλικού, εφ' όσον μπορούν να μετρηθούν, είτε μέσω ογκομέτρησης, δηλαδή από τη διαφορά όγκου που προκύπτει όταν το στερεό εμβαπτιστεί σε νερό ή

άλλο αδρανές υλικό. Ο προσδιορισμός του καθαρού όγκου μπορεί να γίνει με κατάλληλο όργανο, όπως το στερεοπυκνόμετρο. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στην εισχώρηση αδρανούς αερίου μέσα στους πόρους του υλικού και στην εκτόπιση του εγκλωβισμένου αέρα. Τα αέρια που χρησιμοποιούνται είναι ο αέρας, το άζωτο και το ήλιο, εκ των οποίων συνήθως προτείνεται το ήλιο εξαιτίας της μικρής ατομικής διαμέτρου του. Ως εκ τούτου, παρατηρείται μεταβολή στη μερική πίεση του αδρανούς αερίου σε σχέση με τον πραγματικό (καθαρό) όγκο του δείγματος (Ζόγκζας, 2012).

3.3 Ανάλυση χρώματος των τροφίμων

3.3.1 Εισαγωγή

Η οπτική εμφάνιση των τροφίμων, που εκδηλώνεται σαν χρώμα έχει μια ισχυρή επίδραση στην αντίληψη του καταναλωτή σχετικά με την ποιότητα των τροφίμων (Nisha et al. 2011). Το χρώμα μπορεί να συσχετιστεί και με άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως είναι τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, η θρεπτική αξία των τροφίμων και η υγιεινή τους κατάσταση. Το χρώμα είναι ένα φαινόμενο που εξαρτάται από τον παρατηρητή και τις συνθήκες στις οποίες αυτό παρατηρείται. Είναι ένα χαρακτηριστικό του φωτός, το οποίο είναι μετρήσιμο όσο αφορά την ένταση και το μήκος κύματος. Το χρώμα ενός υλικού γίνεται ορατό μόνο όταν το φως από μια φωτεινή πηγή, πέφτει πάνω στην επιφάνειά του (Sahin & Sumnu, 2006).

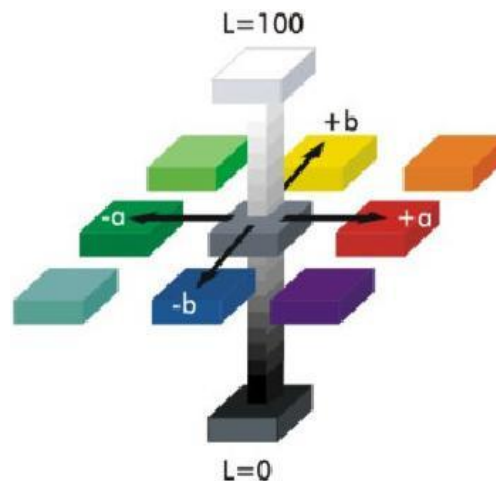
Η εμφάνιση αποτελεί έναν από τους παράγοντες που χρησιμοποιεί ο καταναλωτής για την αξιολόγηση της ποιότητας των τροφίμων. Η εμφάνιση ενός προϊόντος, όπως κρίνεται από το χρώμα του μπορεί συχνά να χρησιμοποιηθεί για να προσδιοριστεί η περιεκτικότητά του σε μία συγκεκριμένη χρωστική, η οποία με τη σειρά της είναι συχνά ένας δείκτης ποιότητας. Επίσης, το χρώμα είναι ένα χαρακτηριστικό των τροφίμων, το οποίο έχει τη δυνατότητα να ελκύσει τον καταναλωτή και με αυτό τον τρόπο να οδηγήσει σε αύξηση των αυθόρμητων πωλήσεων. Σχεδόν κάθε τρόφιμο έχει ένα αποδεκτό εύρος χρώματος, το οποίο εξαρτάται από ένα ευρύ φάσμα παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων, την ποικιλομορφία μεταξύ των καταναλωτών, την ηλικία, την καταγωγή, και το φυσικό περιβάλλον τη στιγμή της απόφασης (Francis, 1995).

3.3.2 Χρωματομετρία - Χρωματικά μοντέλα

Το χρώμα είναι μια σημαντική αντικειμενική μέτρηση για την κατανόηση της εικόνας και την περιγραφή ενός αντικειμένου, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της ποιότητας προϊόντων διατροφής. Η μέτρηση του χρώματος μπορεί να πραγματοποιηθεί με την όραση (του ανθρώπου), με παραδοσιακά όργανα όπως χρωματόμετρο, ή με υπολογιστική όραση (computer vision) (Wu & Sun, 2013).

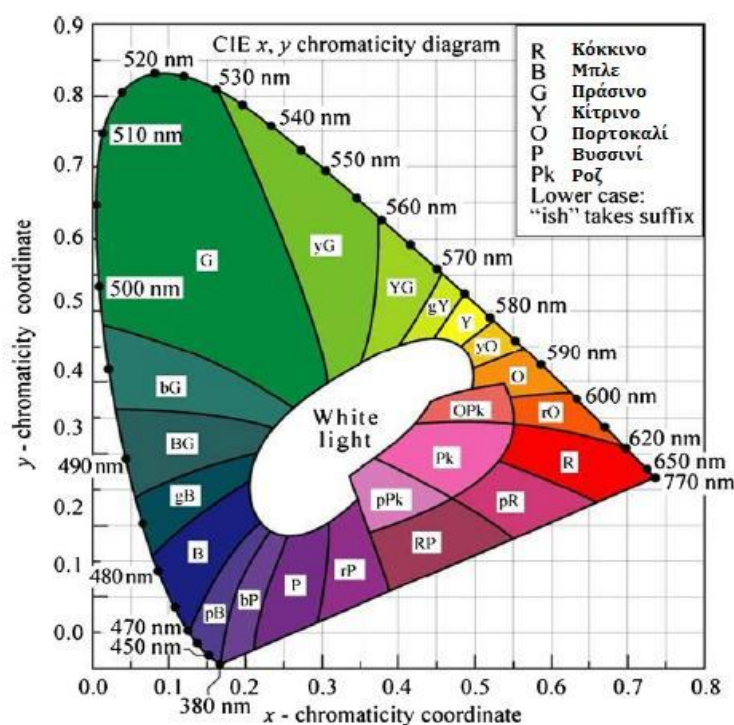
Χρωματομετρία είναι η επιστήμη που ασχολείται με τον ποσοτικό προσδιορισμό της ανθρώπινης αντίληψης του χρώματος. Η επιστήμη αυτή εμφανίστηκε το 1930 με τη διεξαγωγή πειραμάτων οπτικής από τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού (CIE).

Το χρώμα ενός αντικειμένου μπορεί να περιγραφεί από διάφορα χρωματικά μοντέλα. Μερικά από τα πιο δημοφιλή είναι RGB (κόκκινο, πράσινο και μπλε), Hunter Lab, CIE $L^*a^*b^*$, CIE XYZ, CIE $L^*u^*v^*$, CIE Yxy, και CIE LCH. Αυτά διαφέρουν ως προς τη συμμετρία του χρώματος στο χώρο και το σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιείται για να καθορίσει τα σημεία εντός του εν λόγω χώρου. Σύμφωνα με την CIE, το ανθρώπινο μάτι έχει τρεις υποδοχείς χρώματος -κόκκινο, πράσινο και μπλε- και όλα τα υπόλοιπα χρώματα είναι συνδυασμοί αυτών. Οι ποσότητες του κόκκινου, πράσινου και μπλε που απαιτούνται για να σχηματίσουν οποιοδήποτε συγκεκριμένο χρώμα, ονομάζονται τιμές κατά CIE και συμβολίζονται X, Y και Z, αντιστοίχως. Τα συνήθη χρησιμοποιούμενα σύμβολα είναι εκείνα του χρωματικού χώρου CIE XYZ, που επινοήθηκε το 1931 από τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού. Το σύστημα βασίζεται στην αρχή των τριών χρωμάτων, και χρησιμοποιεί το χρωματικό διάγραμμα που φαίνεται στο σχήμα 3.4 για να ορίσει τα διάφορα χρώματα. Το Hunter Lab αναπτύχθηκε το 1948 και το CIE $L^*a^*b^*$ (σχήμα 3.3) σχεδιάστηκε το 1976, παρέχοντας πιο ομοιόμορφες χρωματικές διαφορές σε σχέση με αυτές που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι (Pathare et al., 2013).



Σχήμα 3.3 Το χρωματικό μοντέλο CIE $L^*a^*b^*$

Από αυτά, το CIELAB χρησιμοποιείται ευρέως στην αντικειμενική ποιοτική αξιολόγηση του χρώματος των τροφίμων. Το κάθε χρώμα περιγράφεται από τρεις συντεταγμένες ή παράγοντες, όπως και στον χρωματικό χώρο RGB. Οι τρεις συντεταγμένες αφορούν τους χαρακτήρες L,a,b, όπου το L αφορά τη φωτεινότητα της εικόνας και παίρνει τιμές από 0 (μαύρο)-100 (λευκό) και οι χαρακτήρες a και b αναφέρονται σε συντεταγμένες χρώματος. Πιο συγκεκριμένα, η παράμετρος L είναι μία μέτρηση της φωτεινότητας, δηλαδή εκφράζει το κατά πόσο ένα χρώμα ταιριάζει σε ένα χρώμα της κλίμακας του γκρι, μεταξύ λευκού και μαύρου (Granato & Masson, 2010). Επίσης, θετικές τιμές του a* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κόκκινου ενώ αρνητικές τιμές αφορούν αποχρώσεις του πράσινου. Θετικές τιμές του b* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κίτρινου ενώ αρνητικές του μπλε.



Σχήμα 3.4 Χρωματικό διάγραμμα CIE

Το χρώμα (Chroma), ως ποσοτική έκφραση της πολυχρωμίας, χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τη διαφορά μιας απόχρωσης σε σύγκριση με ένα γκρι χρώμα της ίδιας φωτεινότητας. Μεγαλύτερες τιμές χρώματος δείχνουν μεγαλύτερη ένταση του χρώματος το οποίο αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος. Η εξίσωση που χρησιμοποιείται για να περιγράψει το χρώμα είναι η εξής (Pathare et al., 2013):

$$\text{Chroma} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Άλλη μια παράμετρος που μπορεί να υπολογιστεί από τις τιμές L,a,b είναι η συνολική χρωματική διαφορά. Χρησιμοποιείται κυρίως για να δηλώσει το μέγεθος της διαφοράς στο χρώμα μεταξύ αποθηκευμένων δειγμάτων και δειγμάτων ελέγχου (Patras et al., 2011). Η εξίσωση δίνεται από τους Rhim et al. (1999) και είναι η εξής :

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2}}$$

Τιμές $\Delta E > 3$ υποδηλώνουν ότι υπάρχει πολύ διακριτή διαφορά μεταξύ των δειγμάτων, τιμές μεταξύ 1,5 και 3 αναφέρονται σε διακριτές διαφορές, ενώ τιμές μικρότερες από 1,5 υποδηλώνουν την ύπαρξη μικρών διαφορών μεταξύ των δειγμάτων.

Άλλες παράμετροι που μπορούν να μετρηθούν είναι η οπτική γωνία απόχρωσης (hue angle) , ο δείκτης λευκότητας (Whiteness Index) και ο δείκτης κίτρινου χρώματος (Yellowness Index). Ο τελευταίος σχετίζεται με τη γενική υποβάθμιση των τροφίμων από το φως, την έκθεση σε χημικές ουσίες και την επεξεργασία, και υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο (Rhim et al., 1999):

$$YI = \frac{142.86 b^*}{L^*}$$

Ακόμη για τα τρόφιμα που υφίστανται αμαύρωση ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο στη μέτρηση του χρώματος είναι ο δείκτης καστανώσης, ο οποίος υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο: $BI = 100 * \frac{x-0.31}{0.17}$, όπου $x = \frac{(\alpha^* + 1,75L)a}{(5.645L + \alpha - 3,012b)}$

3.3.3 Μέθοδοι μέτρησης χρώματος

Η μέτρηση του χρώματος μπορεί να πραγματοποιηθεί τόσο με υποκειμενικές μεθόδους μέτρησης, οι οποίες περιλαμβάνουν κυρίως την οπτική εκτίμηση του χρώματος, όσο και με αντικειμενικές μεθόδους δηλαδή με ενόργανες μετρήσεις.

3.3.3.1 Υποκειμενικές μέθοδοι μέτρησης του χρώματος

Οπτική ανάλυση του χρώματος των τροφίμων είναι η αξιολόγηση των χαρακτηριστικών του με τη βοήθεια των αισθήσεων (Meléndez-Martínez et al. 2005). Περιλαμβάνει την παρατήρηση ενός δείγματος χωρίς όργανα, αλλά κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες φωτισμού, χρησιμοποιώντας ένα σύνολο χρωματικών προτύπων, με τα οποία συγκρίνεται και αξιολογείται το χρώμα του δείγματος. Αυτή η μέθοδος ονομάζεται σύγκριση με πρότυπα (finding a colour match) και εμπίπτει στην κατηγορία των οργανοληπτικών μεθόδων ανάλυσης της ποιότητας των τροφίμων. Ως αποτέλεσμα της οπτικής ανάλυσης, επιτυγχάνεται μια συγκεκριμένη περιγραφή του χρώματος, για την οποία υπάρχει ορισμένο λεξιλόγιο (Figura & Teixeira, 2007). Η

μέθοδος αυτή έχει το πλεονέκτημα του μικρού κόστους συγκρινόμενη με τις ενόργανες μετρήσεις.

3.3.3.2 Αντικειμενικές μέθοδοι μέτρησης του χρώματος

Το χρώμα υπόκειται στην ανθρώπινη αντίληψη, συνεπώς διαφορετικοί άνθρωποι ερμηνεύουν το χρώμα με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Για το λόγο αυτό, η υποκειμενική μέτρηση του χρώματος ενδέχεται να μην είναι αρκετά ακριβής. Οι αντικειμενικές προσεγγίσεις στη μέτρηση και την έκφραση του χρώματος θα συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση των, σχετιζόμενων με το χρώμα, προβλημάτων και την καλύτερη επικοινωνία μεταξύ των φορέων μεταποίησης των τροφίμων και τους αγοραστές (Lee, 2000).

Στην περίπτωση των ενόργανων μετρήσεων, το χρώμα εκφράζεται μέσω των συντεταγμένων χρώματος. Το χρώμα μπορεί να προσδιοριστεί ενόργανα, χρησιμοποιώντας είτε χρωματόμετρα ή φασματοφωτόμετρα ή ακόμη και υπολογιστική όραση (computer vision).

3.3.3.2.1 Χρωματόμετρο

Τα χρωματόμετρα μετρούν το χρώμα των πρωτογενών πηγών ακτινοβολίας, οι οποίες εκπέμπουν φως, και των δευτερογενών πηγών ακτινοβολίας, οι οποίες είναι εκείνες που αντανακλούν ή μεταδίδουν το εξωτερικό φως. Οι τιμές κατά CIE X, Y και Z λαμβάνονται οπτικά, και όχι μαθηματικά. Με βάση τους τρεις τύπους κωνίων στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ανθρώπινου οφθαλμού, τα όργανα μέτρησης του χρώματος που έχουν αναπτυχθεί, διαθέτουν τρία φίλτρα, καθένα από τα οποία λειτουργεί σαν ένα από τα τρία είδη κωνίων. Ένα τριχρωματικό χρωματόμετρο έχει τρεις κύριες συνιστώσες, την πηγή φωτός, το συνδυασμό των φίλτρων που χρησιμοποιούνται για να τροποποιήσουν την κατανομή της ενέργειας του ανακλώμενου φωτός, και τέλος τον φωτοηλεκτρικό ανιχνευτή που μετατρέπει το ανακλώμενο φως σε ηλεκτρικό σήμα. Κατά τη μέτρηση με χρωματόμετρο, είναι εύλογο να χρησιμοποιούνται βαθμονομημένα πρότυπα με παρόμοια χρώματα με εκείνα που πρόκειται να μετρηθούν, ώστε να επιτευχθεί μέγιστη ακρίβεια της μεθόδου (Oliveira & Balaban, 2006). Τα χρωματόμετρα είναι τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα μέσα για την μέτρηση του χρώματος τροφίμων και άλλων προϊόντων, προφανώς λόγω της ευκολίας τόσο στη χρήση τους, όσο και στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων (Pathare et

al., 2013). Παραδείγματα χρωματόμετρων είναι τα χρωματόμετρα Minolta, Hunter Lab και Dr Lange.

3.3.3.2 Φασματοφωτόμετρο

Τα φασματοφωτόμετρα με εκτεταμένη φασματική περιοχή, που περιλαμβάνει και την ορατή περιοχή (VNIR), χρησιμοποιούνται ευρέως για την μέτρηση χρώματος από τις βιομηχανίες τροφίμων, κυρίως όμως για υγρά δείγματα (McCaig, 2002). Τα όργανα αυτά μετρούν την φασματική κατανομή της διαπερατότητας ή ανακλαστικότητας του δείγματος, ή απλούστερα την ποσότητα του φωτός που ανακλάται από την επιφάνεια του αντικειμένου ή που διαπερνά από αυτό. Από τις μετρήσεις της διαπερατότητας και ανακλαστικότητας, υπολογίζεται το χρώμα κάτω από διαφορετικές συνθήκες (Pathare et al., 2013). Η διαπερατότητα αντιστοιχεί στο λόγο της διαπερατότητας του δείγματος προς τη διαπερατότητα του μάρτυρα.

Το πλεονέκτημα των χρωματόμετρων έναντι των φασματοφωτομέτρων είναι τόσο ότι οι μετρήσεις τους σχετίζονται με την ανθρώπινη αντίληψη για το χρώμα, όσο και το γεγονός ότι οι τιμές $L^*a^*b^*$ δίνονται αμέσως. Τα χρωματόμετρα χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην καθημερινή πρακτική της διασφάλισης ποιότητας στη βιομηχανία τροφίμων, ενώ τα φασματοφωτόμετρα προτιμώνται σε εργαστήρια στα πλαίσια ερευνών (Hunterlab, 1995).

3.3.3.2.3 Υπολογιστική όραση (Computer Vision)

Η υπολογιστική όραση αποτελεί μια εναλλακτική τεχνική για την αξιολόγηση και την ποσοτικοποίηση του χρώματος. Είναι η επιστήμη που αναπτύσσει θεωρητική και αλγοριθμική βάση για την αυτόματη εξαγωγή και ανάλυση χρήσιμων πληροφοριών σχετικά με ένα αντικείμενο ή μία σκηνή ενός παρατηρηθέντος αντικειμένου (Sun & Brosnan, 2003). Σαν τεχνική που αντιλαμβάνεται και αξιολογεί ηλεκτρονικά μία εικόνα, η υπολογιστική όραση έχει τα πλεονεκτήματα ότι είναι ταχεία, αντικειμενική, μη επεμβατική και συγχρόνως σχετικά οικονομική. Επίσης, στην υπολογιστική όραση, το χρώμα αντιπροσωπεύει πληροφορίες αποθηκευμένες σε pixels σε μια ψηφιακή εικόνα. Κατά τη μέθοδο αυτή, εξάγονται ποσοτικές πληροφορίες χρώματος από ψηφιακές εικόνες χρησιμοποιώντας επεξεργασία και ανάλυση της εικόνας, με αποτέλεσμα την επίτευξη ταχείας και χωρίς επαφή μέτρησης χρώματος. Τα τελευταία χρόνια, η υπολογιστική όραση έχει διερευνηθεί για την αντικειμενική μέτρηση του χρώματος αλλά και άλλων ποιοτικών χαρακτηριστικών των τροφίμων (Brosnan & Sun, 2004; Wu

& Sun, 2012). Τα χρωματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται στην υπολογιστική όραση των τροφίμων είναι το RGB, το HSV και το CIELAB (Pathare et al., 2013).

3.4 Οργανοληπτική αξιολόγηση τροφίμων

3.4.1 Εισαγωγικές έννοιες

Η οργανοληπτική αξιολόγηση βασίζεται στην ανθρώπινη απόκριση σε φυσικά ερεθίσματα. Μια απλοποιημένη οργανοληπτική δοκιμασία τροφίμου περιλαμβάνει τα ερεθίσματα από την επαφή του τροφίμου με το στόμα, την παραγωγή των κατάλληλων νευρικών σημάτων και αποστολή τους στον εγκέφαλο. Ο εγκέφαλος στη συνέχεια, αναλύει, επεξεργάζεται και ερμηνεύει τα σήματα που λαμβάνει, με αποτέλεσμα την παραγωγή μιας συγκεκριμένης απόκρισης. Η απόκριση μπορεί να περιλαμβάνει τόσο μια αντικειμενική εκτίμηση για το δοκιμαζόμενο προϊόν (π.χ. «αυτό το τρόφιμο είναι γλυκό»), όσο και μια υποκειμενική συναισθηματική αντίδραση στα ερεθίσματα (π.χ. «Μου αρέσει/ Δε μου αρέσει.») (Civille & Oftedal, 2012).

Η αποδοχή των τροφίμων επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, που μπορεί να σχετίζονται με το άτομο, το τρόφιμο, ή το περιβάλλον στο οποίο αυτό καταναλώνεται. Η αποδοχή των τροφίμων είναι μια υποκειμενική αξιολόγηση, που βασίζεται στην ηδονή/ ευχαρίστηση, η οποία με τη σειρά της επηρεάζεται από τις οργανοληπτικές ιδιότητες ενός τροφίμου, την προηγούμενη εξοικείωση με αυτό και τις επακόλουθες προσδοκίες, τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά του ατόμου, τη φυσιολογική του κατάσταση (δηλαδή, την πείνα, τη δίψα, παρουσία/ απουσία ασθένειας), και πολλές άλλες μεταβλητές. Η μέτρηση της αποδοχής των τροφίμων είναι εξαιρετικά πολύπλοκη και στηρίζεται σε ψυχομετρικά ή συμπεριφοριστικά μοντέλα (Murray & Baxter, 2003).

Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά ενός τροφίμου, είναι εκείνα που θα καθορίσουν την αποδοχή του από τους καταναλωτές. Συνεπώς, η αποδοχή επηρεάζεται από τις εγγενείς ιδιότητες του τροφίμου, δηλαδή, την εμφάνιση, το άρωμα, τη γεύση, την υφή, την επίγευση και τις ακουστικές του ιδιότητες. Η αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών των μεταβλητών είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας, και η εκδήλωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων μπορεί να επηρεαστεί από παράγοντες όπως η θερμοκρασία, το μέγεθος του δείγματος κ.α (Murray & Baxter, 2003).

Η συμβολή των αισθήσεων ξεχωριστά αλλά και των αλληλεπιδράσεών τους είναι καθοριστική για την αρεστότητα ενός προϊόντος. Ωστόσο, οι Moskovitz και Krieger (1995), μελέτησαν έξι κατηγορίες τροφίμων, και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα χαρακτηριστικά του τροφίμου που συμμετέχουν στην αποδοχή του από τους

καταναλωτές μπορούν να καταταχθούν σύμφωνα με την παρακάτω αύξουσα σειρά, γεύση/flavor> υφή> εμφάνιση.

Στις μέρες μας, η μεγάλη προσφορά τροφίμων έχει ως συνέπεια την αύξηση των απαιτήσεων του καταναλωτή και την αποδοχή τους ως συνέπεια πολλών παραμέτρων. Για τις βιομηχανίες τροφίμων, είναι υψίστης σημασίας να μπορεί να αξιολογηθεί η αποδοχή ενός νέου προϊόντος από τους καταναλωτές και με τον τρόπο αυτό να εξασφαλίζεται η εμπορική επιτυχία των προϊόντων τους. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν για την όσο το δυνατόν καλύτερη και πιο αξιόπιστη προσέγγιση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών έχουν εξελιχθεί πάρα πολύ τα τελευταία χρόνια. Πολύ σημαντικό ρόλο για μία επιτυχημένη οργανοληπτική δοκιμή διαδραματίζει η επιλογή των αξιολογητών, το μέγεθος του δείγματος των αξιολογητών και φυσικά η χρήση των κατάλληλων μαθηματικών εργαλείων για τη σωστή επεξεργασία και εξαγωγή συμπερασμάτων.

3.4.2 Μέθοδοι οργανοληπτικού ελέγχου

Οι οργανοληπτικές δοκιμές αξιολόγησης των τροφίμων με τη βοήθεια των αισθήσεων, μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κύριες κατηγορίες, στις αναλυτικές δοκιμές, οι οποίες περιλαμβάνουν τις δοκιμές διαφοροποίησης και τις περιγραφικές δοκιμές, και στις συναισθηματικές μεθόδους (affecting testing) (Stone et al., 2012).

Οι δοκιμές διαφοροποίησης (discrimination test), οι οποίες ανήκουν στις αναλυτικές δοκιμές, χρησιμοποιούνται γενικά για την ανίχνευση τυχόν διαφορών ή ομοιοτήτων μεταξύ των δειγμάτων, όπως επίσης και για τον έλεγχο της ικανότητας των δοκιμαστών. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει ένα σύνολο από διαφορετικές οργανοληπτικές δοκιμασίες, οι οποίες διαφέρουν τόσο ως προς την οργάνωσή τους όσο και ως προς τις πληροφορίες που μπορούν να συλλέξουν. Η πρώτη δοκιμή της κατηγορίας είναι η δοκιμή διαφοροποίησεως κατά ζεύγη, κατά την οποία ζητείται από το δοκιμαστή να διαπιστώσει εάν υπάρχουν διαφορές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά ενός ζεύγους δειγμάτων. Στην κατηγορία αυτή συγκαταλέγεται η δοκιμή duo-trio, κατά την οποία δίνεται πρώτα στο δοκιμαστή το δείγμα αναφοράς και στη συνέχεια άλλα δύο δείγματα, εκ των οποίων καλείται να εντοπίσει το ένα, που είναι πανομοιότυπο με το δείγμα αναφοράς. Η τριγωνική δοκιμή (triangular test) περιλαμβάνει την εμφάνιση τριών δειγμάτων, από τα οποία ο δοκιμαστής πρέπει να καταλάβει ποιο είναι το διαφορετικό δείγμα, εφ' όσον τα υπόλοιπα δύο δείγματα είναι πανομοιότυπα. Ακόμη δύο δοκιμές διαφοροποίησης είναι η δοκιμή «δύο από τα πέντε»,

κατά την οποία απαιτείται κατηγοριοποίηση των δειγμάτων σε δύο κατηγορίες (δύο και τρία πανομοιότυπα δείγματα), καθώς και η δοκιμή «Α- όχι Α». Στην τελευταία, προηγείται εκπαίδευση των δοκιμαστών ώστε να αναγνωρίζουν το δείγμα Α και στη συνέχεια καλούνται να διακρίνουν αν τα δείγματα που τους δίνονται είναι Α ή όχι. Στη κατηγορία αυτή, ανήκει επίσης η δοκιμή κατάταξης, κατά την οποία γίνεται συγκριτική κατάταξη τριών ή περισσότερων δειγμάτων ως προς ένα συγκεκριμένο οργανοληπτικό χαρακτηριστικό (π.χ. χρώμα, άρωμα), το οποίο αξιολογείται ως προς την έντασή του και τα δείγματα αφού αξιολογηθούν κατατάσσονται σε μια σειρά (ISO 6658:2005; Lawless & Heyman, 2010; Τσάκνης, 2012).

Οι περιγραφικές δοκιμές (descriptive test) αποτελούν μια μέθοδο οργανοληπτικής αξιολόγησης, που αποσκοπεί στην ταυτοποίηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τροφίμων και το ποσοτικό τους προσδιορισμό, από μια ομάδα υψηλά εξειδικευμένων δοκιμαστών. Πρόκειται για μια συνολική οργανοληπτική περιγραφή, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις αισθήσεις - όραση, ακοή, γεύση, όσφρηση, κιναισθήση - όταν αξιολογείται το προϊόν (Stone & Sidel, 2003). Διακρίνονται στις δοκιμές διαβάθμισης των χαρακτηριστικών και στην περιγραφική ανάλυση. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις δοκιμές κατάταξης σε κλίμακα, στις οποίες τα δείγματα δίνονται στους δοκιμαστές για αξιολόγηση, είτε όλα μαζί είτε με σειρά. Διακρίνονται δύο ειδών κλίμακες, αυτές που χρησιμοποιούν νούμερα για την περιγραφή της έντασης ενός χαρακτηριστικού και αυτές που χρησιμοποιούν ειδικό λεξιλόγιο για την περιγραφή της έντασης ενός χαρακτηριστικού είτε σε αύξουσα είτε σε φθίνουσα σειρά. Η δεύτερη κατηγορία, περιλαμβάνει την ανάλυση κατατομής του flavor, την ανάλυση κατατομής της υφής και την ποσοτική περιγραφική ανάλυση (Τσάκνης, 2012).

Οι συναισθηματικές μέθοδοι (προτίμησης και αποδοχής) περιλαμβάνουν όλες εκείνες τις μεθόδους που στηρίζονται στη μέτρηση διαφόρων παραμέτρων, οι οποίες καθορίζουν την προτίμηση ή/και αποδοχή ενός προϊόντος. Πιο συγκεκριμένα, στην κατηγορία αυτή εμπίπτουν η δοκιμή προτίμησης κατά ζεύγη, όπου ο δοκιμαστής καλείται να επιλέξει το ένα προϊόν που προτιμά ανάμεσα στα δύο προσφερόμενα, η δοκιμή κατάταξης, όπου ο δοκιμαστής πρέπει να κατατάξει τα δείγματα ανάλογα με την προτίμησή του και η δοκιμή διαβάθμισης. Οι κλίμακες διαβάθμισης αντανakλούν την ένταση ενός ποιοτικού χαρακτηριστικού που αντιλαμβάνεται ο δοκιμαστής κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, και η πιο δημοφιλής είναι η κλίμακα διαβάθμισης της αρεστότητας 9 σημείων. Η κλίμακα αυτή αποτελείται από εννιά σημεία, όπου το 1 δείχνει ότι το τρόφιμο είναι υπερβολικά μη αρεστό, ενώ το 9 δείχνει την υπερβολική αρεστότητα ενός τροφίμου. Ως μειονεκτήματα της δεδομένης κλίμακας θα μπορούσαν να θεωρηθούν η δυσκολία προσδιορισμού των ακραίων τιμών της κλίμακας και το

γεγονός ότι τα ενδιάμεσα σημεία δεν αντιπροσωπεύουν επακριβώς την ένταση κάποιου χαρακτηριστικού, ωστόσο είναι πολύ εύκολη στη χρήση, έχει μελετηθεί ευρέως και φαίνεται να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την ηδονική αξιολόγηση τροφίμων, ποτών αλλά και άλλων προϊόντων (Τσάκνης, 2012).

3.4.3 Οργάνωση οργανοληπτικών δοκιμών

3.4.3.1 Επιλογή των κατάλληλων δοκιμαστών

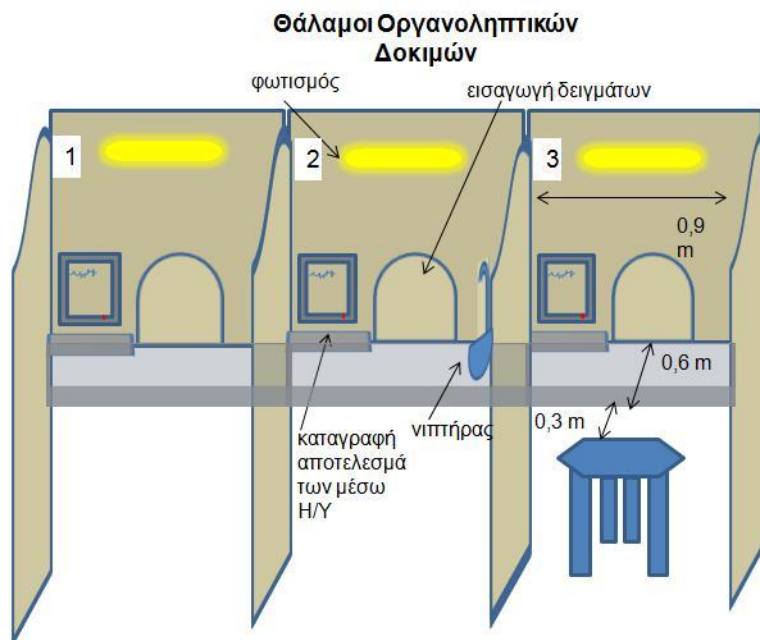
Οι ομάδες οργανοληπτικής εξέτασης μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες : τους εξαιρετικά εκπαιδευμένους κριτές, τις εκπαιδευμένες μικρές ομάδες των εργαστηρίων (στις μονάδες παραγωγής) και τις μεγάλες ομάδες καταναλωτών. Η οργανοληπτική αξιολόγηση από μεγάλο αριθμό καταναλωτών μπορούν, με αρκετή επιτυχία, να προβλέψουν τις αντιδράσεις του καταναλωτικού κοινού. Αντίθετα, οι εκτιμήσεις των εκπαιδευμένων κριτών είναι χρήσιμες για τον έλεγχο της ποιότητας, τις μελέτες βελτίωσης ενός προϊόντος ή των αλλοιώσεων που αυτό υφίσταται. Δηλαδή οι εκπαιδευμένοι κριτές ενεργούν σαν όργανο ελέγχου. Εφόσον η ομάδα οργανοληπτικής εξέτασης αποτελεί «αναλυτικό όργανο», η αξία της εξαρτάται από την αντικειμενικότητα, την ακρίβεια και την επαναληψιμότητα της κρίσης των μελών της. Η γενική συμπεριφορά, το ενδιαφέρον και η συγκινησιακή κατάστασή τους είναι μαζί με την εκπαίδευσή τους που καθορίζουν την ποιότητα της κρίσης τους.

Για την επιλογή των μελών μιας ομάδας υπάρχουν ειδικά κριτήρια, ώστε αυτοί να μπορούν να μετρούν με ακρίβεια και συνέπεια, ειδικές οργανοληπτικές παραμέτρους. Οι δοκιμαστές πρέπει να εκπαιδεύονται ειδικά, ώστε να εξοικειωθούν με τις μεθόδους οργανοληπτικών δοκιμών και να βελτιώσουν τις ατομικές τους ικανότητες αναγνώρισης και ταυτοποίησης οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, καθώς και την ευαισθησία και τη μνήμη τους. Θα πρέπει ακόμη να μάθουν να μην επηρεάζονται από τις προσωπικές τους προτιμήσεις και να είναι αντικειμενικοί και σταθεροί. Η εκπαίδευσή τους θα τους επιτρέψει να κρίνουν με μεγαλύτερη ακρίβεια και συνέπεια τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων (Πολυχρονιάδου – Αληχανίδου, 1994).

3.4.3.2 Χώρος και συνθήκες οργανοληπτικής εξέτασης

Η οργανοληπτική ανάλυση πρέπει να πραγματοποιείται σε ειδική αίθουσα δοκιμών. Ο στόχος θα πρέπει να είναι η δημιουργία ενός ξεχωριστού περιβάλλοντος για κάθε αξιολογητή, έτσι ώστε κάθε δοκιμαστής να μπορεί να προσαρμοστεί γρήγορα με το φυσικό περιβάλλον. Οι λοιπές δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της προετοιμασίας των δειγμάτων, δεν θα πρέπει να λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια των δοκιμών, καθώς αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μεροληπτικά αποτελέσματα. Το δωμάτιο πρέπει να έχει μέτρια θερμοκρασία, αποφεύγοντας τις ακραίες μεταβολές θερμοκρασίας και ο χώρος θα πρέπει να αερίζεται. Στο χώρο, πρέπει επίσης να αποφεύγεται η χρήση καλλυντικών (αρωμάτων), η παρουσία καπνού ή άλλων έντονων οσμών που μπορεί να επηρεάσουν τη κρίση των δοκιμαστών (ISO 6658:2005).

Επίσης, ο χώρος πρέπει να είναι ήσυχος, και να περιορίζονται όσο το δυνατόν οι εξωτερικοί θόρυβοι. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι είναι προτιμότερο να υπάρχει ένας χαμηλής έντασης θόρυβος απ' ό,τι ένα κυμαινόμενο επίπεδο θορύβου. Ο φωτισμός πρέπει να ελέγχεται, καθώς ανεπαρκής φωτισμός μπορεί να οδηγήσει ακόμη και σε πλήρη συγκάλυψη διαφορών της επιφάνειας των τροφίμων. Οι δοκιμαστές πρέπει να έχουν άνετα καθίσματα και φυσικά ο χώρος να διατηρείται καθαρός (ISO 6658:2005).



Σχήμα 3.5 Θάλαμοι οργανοληπτικών δοκιμών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Χημική ανάλυση

4.1 Εισαγωγή

Τα τρόφιμα είναι σχεδόν πάντοτε μίγματα διαφόρων θρεπτικών συστατικών τα οποία μπορεί να διαφέρουν λίγο ή πολύ στις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες. Τα βασικά συστατικά των τροφίμων είναι οι τρεις κύριες θρεπτικές τάξεις, δηλαδή οι πρωτεΐνες, οι υδατάνθρακες και τα λιποειδή, καθώς και το νερό, συνήθως ως υγρασία, οι βιταμίνες, τα ανόργανα άλατα και μέταλλα, και οι φυτικές ίνες. Η σύσταση και ο τρόπος με τον οποίο οργανώνονται προσδίδουν σε κάθε τρόφιμο τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του, δηλαδή δομή, υφή, χρώμα, άρωμα και φυσικά τη θρεπτική τους αξία. Η απομόνωση και ο προσδιορισμός των θρεπτικών συστατικών ενός τροφίμου μπορεί να ακολουθεί διαφορετική μεθοδολογία με διαφορετικές μεθόδους ανάλυσης κάθε φορά, ανάλογα με το είδος του τροφίμου.

4.2 Προσδιορισμός υγρασίας τροφίμων

Το νερό αποτελεί το κυρίαρχο συστατικό σε πολλά τρόφιμα και καθορίζει τόσο την ποιότητα του όσο και τη διατηρησιμότητά του. Ως υγρασία μπορεί να χαρακτηριστεί μια ποσότητα νερού, η οποία έχει επικαθήσει ή προσροφηθεί από ένα σώμα χωρίς να έχει μοριακή ή χημική σύνδεση με αυτό.

Ο προσδιορισμός της υγρασίας είναι μία από τις πιο σημαντικές και ευρέως χρησιμοποιούμενες αναλυτικές μετρήσεις κατά την επεξεργασία και τον έλεγχο των τροφίμων. Δεδομένου ότι η ξηρά ουσία ενός τροφίμου προκύπτει από την αφαίρεση της υγρασίας από τη συνολική μάζα του, ο προσδιορισμός της υγρασίας έχει άμεση οικονομική σημασία τόσο για τον παραγωγό όσο και για τον καταναλωτή. Ακόμη μεγαλύτερη σημασία όμως έχει η επίδραση της υγρασίας στη σταθερότητα και την ποιότητα των τροφίμων. Για παράδειγμα, σιτηρά με μεγάλο ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας υπόκεινται σε ταχεία ποιοτική υποβάθμιση, εξαιτίας της ανάπτυξης μούχλας. Επιπροσθέτως, η γνώση της περιεκτικότητας σε υγρασία κρίνεται απαραίτητη για τον υπολογισμό της θρεπτικής αξίας ενός τροφίμου, για την έκφραση των αποτελεσμάτων των αναλυτικών προσδιορισμών σε ενιαία βάση, και για τη διατύπωση προδιαγραφών και νόμων σχετικών με τη σύσταση των τροφίμων (Pomeranz & Meloan, 1994).

Είναι διαθέσιμες πολλές μέθοδοι προσδιορισμού της υγρασίας, όμως ο προσδιορισμός της στα τρόφιμα, τα οποία διαφέρουν ως προς τη δομή και τη σύσταση,

σπάνια μπορεί να είναι ταυτόχρονα γρήγορος και ακριβής. Στην πράξη τα κυριότερα κριτήρια για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου προσδιορισμού της υγρασίας, κατά τον έλεγχο της επεξεργασίας ενός τροφίμου ή κατά τον αγορανομικό έλεγχο προϊόντων του εμπορίου, είναι η επαναληψιμότητα, η απλότητα και η ταχύτητα. Αντίθετα, όταν διερευνάται η διατηρησιμότητα ενός τροφίμου και οι βέλτιστες συνθήκες αποθήκευσης, εκείνο που προέχει είναι η ακρίβεια της μεθόδου (Πολυχρονιάδου – Αληχανίδου, 1994).

Ο προσδιορισμός της υγρασίας βασίζεται στην πτητικότητα του νερού, στη διαλυτική του ικανότητα, τις ηλεκτρικές του ιδιότητες και σε ορισμένες χαρακτηριστικές χημικές αντιδράσεις στις οποίες συμμετέχει. Όσο αφορά τα γεωργικά προϊόντα, ο προσδιορισμός της υγρασίας μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας τεχνικές, όπως είναι η εκχύλιση με υγρό διαλύτη και η μέθοδος ξήρανσης σε φούρνο. Η μέθοδος ξήρανσης σε φούρνο είναι πολύ ευκολότερη και η διάρκεια της μπορεί να ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με το τρόφιμο και την εφαρμόζουσα θερμοκρασία. Είναι η πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος για τον προσδιορισμό της περιεχόμενης υγρασίας, τις τελευταίες δεκαετίες (Oxley et al., 1960). Με τη μέθοδο αυτή το δείγμα υποβάλλεται σε ξήρανση σε θερμοκρασίες 70 - 105 °C για διάφορους χρόνους μέχρι σταθερού βάρους (εναπομένουσα ξηρά ουσία). Όσο αφορά τα γεωργικά προϊόντα η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 712, 1985, καθώς και με άλλα πρότυπα AOAC, 1980, (Karathanos, 1999).

Άλλες μέθοδοι περιλαμβάνουν χρήση χημικών ουσιών για την παραλαβή και τον προσδιορισμό της περιεχόμενης υγρασίας των τροφίμων. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα των μεθόδων αυτών είναι η μέθοδος Karl Fisher, μια κλασσική μέθοδος τιτλοδότησης, η οποία χρησιμοποιείται για την ανίχνευση και υπολογισμό ιχνών υγρασίας, 1-3%.

Τρόφιμο	Περιεκτικότητα σε υγρασία (%κατά βάρος)
Κρέας	65-75
Γάλα	87
Φρούτα, Λαχανικά	70-90
Ψωμί	35
Μέλι	20
Βούτυρο, μαργαρίνη	16-18
Αλεύρι σιτηρών	12-14
Καβουρδισμένοι κόκκοι κακάο	5
Σκόνη γάλακτος	4
Βρώσιμο λάδι	0

Πίνακας 4.1 Περιεκτικότητα σε υγρασία συγκεκριμένων τροφίμων (Belitz et al., 2004)

Συνεπώς, με τη μέθοδο ξήρανσης σε φούρνο μπορούμε να υπολογίσουμε με σχετική ακρίβεια την περιεκτικότητα σε υγρασία ενός τροφίμου. Η διαφορά του βάρους, πριν και μετά την ξήρανση, στη θερμοκρασία και το χρόνο που απαιτείται κάθε φορά, αποτελεί τη περιεχόμενη υγρασία του τροφίμου.

Ο λανθασμένος προσδιορισμός της περιεκτικότητας της υγρασίας μπορεί να έχει άμεση επίπτωση στην υποβάθμιση της ποιότητας του προϊόντος, εάν το προϊόν έχει μεγαλύτερη ενεργότητα νερού απ' ότι θα έπρεπε (εκκίνηση μικροβιολογικών και ενζυμικών αντιδράσεων) ή έχει μεγαλύτερη σκληρότητα από την επιθυμητή. Συνεπώς, η ακριβής γνώση για την περιεκτικότητα υγρασίας ενός προϊόντος είναι θεμελιώδους σημασίας για τις βιομηχανίες τροφίμων (Karathanos, 1999).

4.3 Προσδιορισμός της τέφρας και των ανόργανων συστατικών

Ως τέφρα γενικά χαρακτηρίζεται το ανόργανο υπόλειμμα που απομένει μετά την τέλεια καύση μιας οργανικής ουσίας, ενώ ανόργανες ύλες ενός τροφίμου είναι το σύνολο των ανόργανων συστατικών του. Κατά την καύση των τροφίμων για την παραλαβή της τέφρας, το νερό και τα πτητικά συστατικά εξατμίζονται, και οι ενώσεις που παραμένουν σαν τέφρα είναι τα οξείδια των μετάλλων και αμετάλλων, και τα μη θερμικώς διασπώμενα άλατα.

Γενικότερα, η τέφρα αποτελεί κριτήριο εξευγενισμού ορισμένων τροφίμων, όπως είναι η ζάχαρη, το αλεύρι, η ζελατίνη. Η περιεκτικότητα της τέφρας διαφέρει ανάλογα με το τρόφιμο και κυμαίνεται από 0% στη ζάχαρη, τα αβγά και τα περισσότερα λίπη και έλαια, μέχρι 5,8% στις ελιές (εξαιτίας του αλατιού που απορροφούν όταν εμβαπτίζονται σε άλμη) (Πολυχρονιάδου – Αληχανίδου, 1994).

Η τέφρα διακρίνεται σε υδατοδιαλυτή τέφρα, αναφερόμενη στα διαλυτά οξείδια και άλατα, καθώς και σε μη-υδατοδιαλυτή τέφρα, η οποία περιλαμβάνει τα αδιάλυτα οξείδια και άλατα και τα απανθρακωμένα θρεπτικά συστατικά. Η τέφρα λαμβάνεται με καύση αφυδατωμένου τροφίμου στους 500-550°C σε κάμινο πύρωσης. Συνεπώς, στα υγρά και έφυγρα δείγματα προηγείται απομάκρυνση της υγρασίας σε ζέον υδατόλουτρο και ξήρανση στους 105°C σε φούρνο (Ανδρικόπουλος, 2010). Τρόφιμα πλούσια σε λίπος πρέπει να θερμαίνονται συντηρητικά ώστε να μην προκληθεί ανάφλεξη του λίπους, γεγονός το οποίο θα οδηγήσει σε αρνητικό σφάλμα υπολογισμού της τέφρας. Επιπλέον σε τρόφιμα πλούσια σε ζάχαρη πρέπει να προηγείται πρόκληση αφρισμού τους, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες.

Ο υπολογισμός της τέφρας των τροφίμων προκύπτει από την διαφορά βάρους κατά την καύση του εκάστοτε τροφίμου.

4.4 Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων – πρωτεϊνών των τροφίμων

Στα αζωτούχα συστατικά περιλαμβάνονται κυρίως πρωτεΐνες, και προϊόντα αποικοδόμησης και μεταβολισμού των πρωτεϊνών. Η περιεκτικότητα ενός τροφίμου σε πρωτεΐνη αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά ενός τροφίμου, που αντανακλούν τη διατροφική του αξία (Salo-Väänänen & Koivistoinen, 1996).

Για τον προσδιορισμό των πρωτεϊνών, συνήθως εφαρμόζονται μέθοδοι προσδιορισμού του οργανικού αζώτου, μέσω του οποίου με χρήση κατάλληλων συντελεστών είναι δυνατός ο υπολογισμός της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες. Οι μέθοδοι αυτές, περιλαμβάνουν καύση του οργανικού αζώτου το οποίο προσδιορίζεται με τη μορφή αμμωνίας (μέθοδος Kjeldahl) ή με τη μορφή αερίου αζώτου (μέθοδος Dumas).

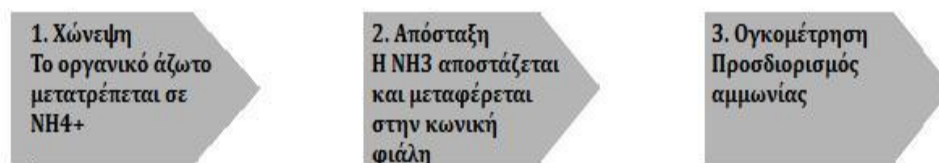
Οι πρωτεΐνες μπορούν να προσδιοριστούν επίσης με χρωματομετρικές και φασματομετρικές μεθόδους, ενώ κάποια συγκεκριμένα αζωτούχα συστατικά προσδιορίζονται ενζυμικώς, ή με τη βοήθεια μεθόδων φθορισμού, ή υγρής χρωματογραφίας.

Χρησιμοποιώντας τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε ορισμένα αζωτούχα συστατικά μπορεί να γίνει εκτίμηση της ποιότητας ή της γνησιότητας πολλών τροφίμων. Για παράδειγμα, κριτήριο γνησιότητας του πορτοκαλοχυμού αποτελεί η περιεκτικότητα σε προλίνη (Vieira et al., 2010), ενώ η περιεκτικότητα σε υδροξυπρολίνη είναι δείκτης γνησιότητας των κρεατοσκευασμάτων. Οι χαμηλού μοριακού βάρους αζωτούχες ενώσεις συμβάλλουν τόσο στη θρεπτική αξία των τροφίμων, όσο και στο άρωμα, το χρώμα, ιδιαίτερα των μαγειρεμένων τροφίμων, και επίσης αποτελούν δείκτη ωριμότητας ή αποσύνθεσης του τροφίμου. Ανάλογο ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι ανόργανες αζωτούχες ενώσεις, που είτε παράγονται κατά τη διατήρηση του τροφίμου είτε προσθέτονται κατά την κατεργασία του (Πολυχρονιάδου – Αληχανίδου, 1994).

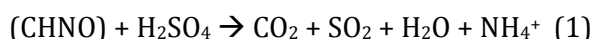
Η μέθοδος Kjeldahl αναπτύχθηκε από τον Δανό Johan Kjeldahl, περί το 1880, και αποτελεί μέχρι σήμερα την συχνότερα χρησιμοποιούμενη μέθοδο για τον ποσοτικό προσδιορισμό του αζώτου, και κατ' επέκταση του πρωτεϊνικού περιεχομένου των τροφίμων. Γενικά, η μέθοδος Kjeldahl περιλαμβάνει καύση της οργανικής ουσίας του

τροφίμου σε ζέον μίγμα πυκνού θειικού οξέος και θεικών αλάτων, σε θερμοκρασίες χώνευσης 340-370 °C. Κατά τη χώνεψη, το οργανικό άζωτο μετατρέπεται σε θειικό αμμώνιο. Στη συνέχεια, η αμμωνία απελευθερώνεται με προσθήκη περίσσειας αλκάλειας, αποστάζεται και προσδιορίζεται (Egli, 2008).

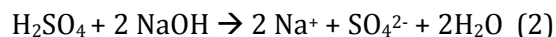
Ο προσδιορισμός αζώτου με τη μέθοδο Kjeldahl περιλαμβάνει τρία κυρίως βήματα, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



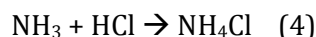
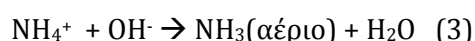
1. Χώνεψη: Στο στάδιο αυτό, το οργανικό άζωτο μετατρέπεται σε αμμωνιακά ιόντα. τα οργανικά υλικά «καίγονται» και μπορεί κανείς εύκολα να διακρίνει ένα μαύρο αφρίζον μίγμα. Στη συνέχεια, το μίγμα μετατρέπεται σε διαυγές, γεγονός που υποδεικνύει την ολοκλήρωση των χημικών αντιδράσεων. Η γενική αντίδραση χώνεψης είναι η εξής:



2. Απόσταξη: Μετά τη χώνεψη, και αφού το δείγμα παραμείνει σε θερμοκρασία δωματίου, μεταφέρεται στη συσκευή απόσταξης. Σε πρώτη φάση, το δείγμα ουδετεροποιείται με την προσθήκη περίσσειας NaOH, όπως φαίνεται στην αντίδραση:



Στη συνέχεια, πραγματοποιείται απόσταξη με υδρατμούς, τα αμμωνιακά ιόντα μετατρέπονται σε αμμωνία και μεταφέρονται στην κωνική φιάλη, η οποία περιέχει γνωστή ποσότητα πρότυπου διαλύματος οξέος, συνήθως HCl.



3. Ογκομέτρηση: Στο τελικό στάδιο, πραγματοποιείται ογκομέτρηση, από την οποία προκύπτει η συγκέντρωση των αμμωνιακών ιόντων, και κατ' επέκταση του πρωτεϊνικού περιεχομένου των τροφίμων. $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \quad (5)$ (Egli, 2008).

Για τη μετατροπή του ολικού αζώτου σε πρωτεΐνες, χρησιμοποιείται ο συντελεστής μετατροπής του αζώτου σε πρωτεΐνη, που για τα περισσότερα τρόφιμα είναι 6,25, επειδή η μέση περιεκτικότητα των καθαρών πρωτεϊνών σε άζωτο είναι 16%. Στον πίνακα 4.2 φαίνονται οι συντελεστές μετατροπής της περιεκτικότητας σε άζωτο ενός τροφίμου σε ολική πρωτεΐνη.

Τρόφιμο	Συντελεστής
Κρέας, ψάρια	6,25
Γάλα και προϊόντα	6,38
Άλευρο σίτου, ψωμί	5,70
Αυγά	6,68
Κριθάρι, βρώμη	5,83
Σπέρματα, ξηροί καρποί	5,30
Κρασί, τσάι	6,25

Πίνακας 4.2 Συντελεστές μετατροπής της περιεκτικότητας αζώτου ενός τροφίμου σε ολική πρωτεΐνη.

4.5 Προσδιορισμός ολικών λιποειδών – Μέθοδος Soxhlet

Ως λιποειδή χαρακτηρίζονται εκείνα τα συστατικά, τα οποία είναι αδιάλυτα στο νερό και διαλυτά σε οργανικούς (μη πολικούς) διαλύτες. Μια λιπαρή ύλη ανάλογα με το αν είναι στερεή ή υγρή σε θερμοκρασία δωματίου, χαρακτηρίζεται ως λίπος ή έλαιο αντίστοιχα. Ακόμη ένας διαχωρισμός θα μπορούσε να γίνει, με βάση την προέλευσή τους σε ζωικές ή φυτικές λιπαρές ύλες.

Τα λιπίδια είναι μια διαφορετική ομάδα βιολογικών ουσιών που αποτελούνται κυρίως από μη-πολικές ενώσεις (τριγλυκερίδια, διγλυκερίδια, μονογλυκερίδια και στερόλες) και κάποιες περισσότερο πολικές ενώσεις (ελεύθερα λιπαρά οξέα, φωσφολιπίδια και σφιγγολιπίδια). Δεσμεύονται ομοιοπολικά σε υδατάνθρακες και πρωτεΐνες, σχηματίζοντας γλυκολιπίδια και λιποπρωτεΐνες αντίστοιχα. Η δυνατότητα των λιπιδίων να συνδέονται με άλλα μόρια και η ικανότητα διαφόρων διαλυτών να τα διαλυτοποιούν συγκεκριμένες κατηγορίες λιπιδίων, έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη των εννοιών «εκχύλισμα ολικών λιποειδών» και «εκχύλισμα λιποειδή». Οι διαλύτες που χρησιμοποιούνται για την εκχύλιση λιπιδίων πρέπει να έχουν υψηλή διαλυτότητα για όλες τις ενώσεις των λιπιδίων και να είναι τόσο πολικοί ώστε να μπορούν να τα αποσπούν από τις θέσεις σύνδεσής τους με τις πρωτεΐνες και τους υδατάνθρακες (Smedes & Askland, 1999).

Ο προσδιορισμός των λιποειδών στα τρόφιμα, αποτελεί μία σημαντική μέτρηση από διατροφικής πλευράς, όσο αφορά τη σύσταση των τροφίμων σε μακροθρεπτικά συστατικά. Για τον προσδιορισμό τους έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι, εκ των

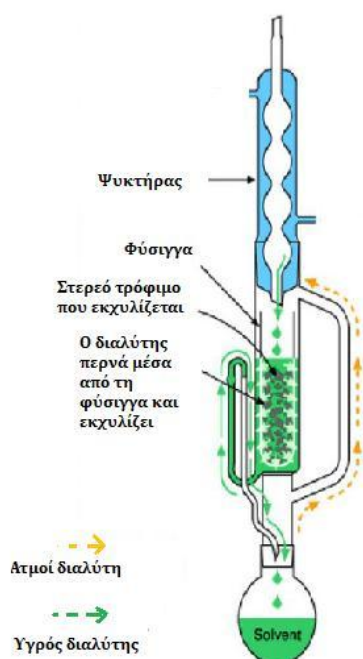
οποίων οι περισσότερες περιλαμβάνουν εκχύλιση (Manirakiza et al., 2001). Οι πιο γνωστές είναι η μέθοδος επαναλαμβανόμενης εκχύλισης με τη συσκευή Soxhlet και η εκχύλιση με τη μέθοδο Bligh-Dyer. Άλλες κατηγορίες μεθόδων προσδιορισμού λίπους είναι οι μέθοδοι με φυγοκέντρωση, που αφορούν κυρίως το γάλα και τα προϊόντα του, και μέθοδοι που χρησιμοποιούν πυρηνικό μαγνητικό συντονισμό (Πολυχρονιάδου – Αληχανίδου, 1994).

Η μέθοδος της επαναλαμβανόμενης εκχύλισης γίνεται με τη συσκευή Soxhlet και χρησιμοποιείται και για την παραλαβή ενός στερεού συστατικού από ένα μίγμα στερεών ουσιών (συνήθως τροφίμου π.χ. η παραλαβή της καφεΐνης από τον καφέ, του λίπους κακάο από τη σοκολάτα, του λίπους βουτύρου από την κρέμα κλπ.). Η εκχύλιση γίνεται με οργανικό διαλύτη (π.χ. χλωροφόρμιο ή αιθέρα).

Κύριο εξάρτημα της συσκευής Soxhlet είναι μια γυάλινη κυλινδρική φιάλη, μέσα στην οποία τοποθετείται το προς εκχύλιση τρόφιμο (π.χ. παξιμάδι) μέσα σε ειδικό κυλινδρικό φίλτρο (φύσιγγα). Η κυλινδρική φιάλη επικοινωνεί με πλευρικό άνω σωλήνα με σφαιρική φιάλη ζέσης που βρίσκεται στο κάτω μέρος της συσκευής. Η κυλινδρική φιάλη επικοινωνεί στο άνω μέρος της με κάθετο ψυκτήρα.

Στην κάτω σφαιρική φιάλη τοποθετείται ο διαλύτης (π.χ. πετρελαϊκός αιθέρας) που θα χρησιμοποιηθεί για την εκχύλιση και η φιάλη θερμαίνεται μέχρι βρασμού του διαλύτη. Οι ατμοί του διαλύτη μέσω του πλευρικού σωλήνα, αφού υγροποιηθούν στον

ψυκτήρα, γεμίζουν τον κυλινδρικό σωλήνα με το φίλτρο και το δείγμα και έτσι γίνεται η πρώτη εκχύλιση του διαλύματος. Όταν ο υγρός διαλύτης ξεπεράσει το ύψος του φίλτρου επανέρχεται αυτόματα στην υποκείμενη σφαιρική φιάλη ζέσης μέσω δεύτερου πλευρικού σωλήνα σιφωνισμού. Με τον τρόπο αυτό το εκχύλισμα από το δείγμα (π.χ. το λίπος από το παξιμάδι) μεταφέρεται στην υποκείμενη σφαιρική φιάλη.



Σχήμα 4.1 Διάταξη συσκευής Soxhlet.

Με αυτή τη μέθοδο γίνονται επαναλαμβανόμενες εκχυλίσσεις, εφ' όσον συνεχίζεται η επίδραση της θερμότητας και ο βρασμός του διαλύτη, επί αρκετές ώρες (16 ώρες για το παξιμάδι) μέχρι πλήρους παραλαβής του λίπους από το τρόφιμο. Μετά το τέλος της εκχύλισης, η υποκείμενη σφαιρική φιάλη μεταφέρεται σε περιστρεφόμενο εξατμιστήρα (rotary evaporator) και αφού απομακρυνθεί ο διαλύτης παραλαμβάνεται το λίπος από την σφαιρική φιάλη (Ανδρικόπουλος, 2010).

4. 6 Μέθοδος προσδιορισμού ακατέργαστων φυτικών ινών με τη συσκευή Dosi Fiber

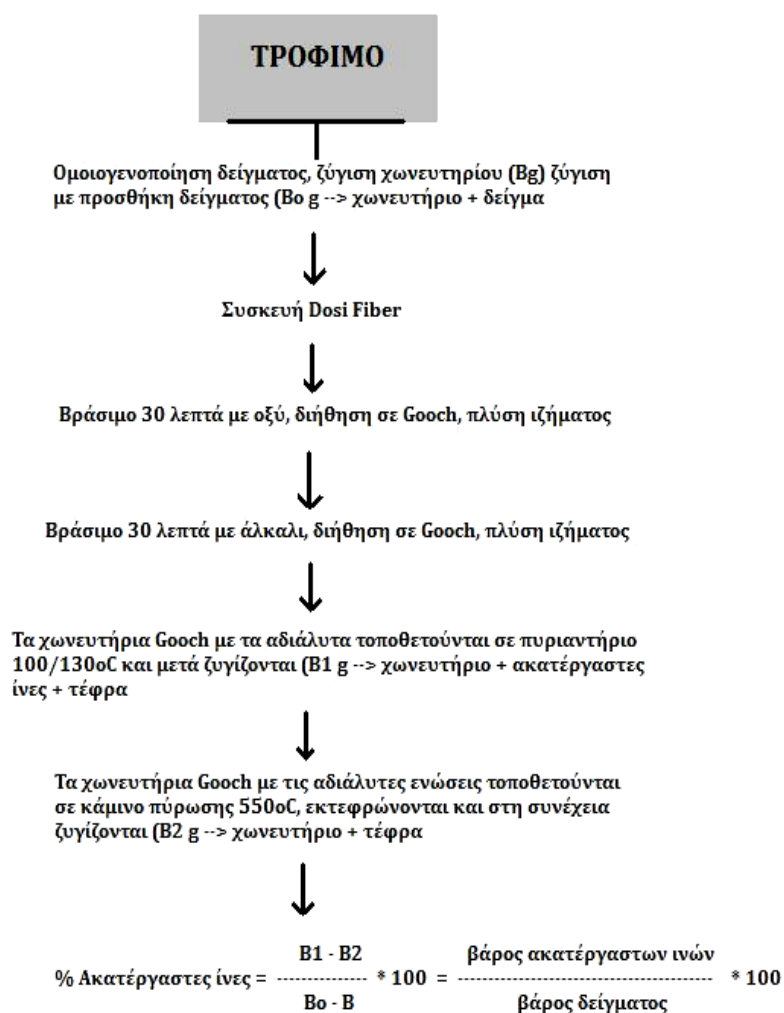
Φυτικές ίνες είναι τα βρώσιμα μέρη των φυτών, κυρίως συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος, και ανάλογοι υδατάνθρακες, τα οποία είναι ανθεκτικά στη πέψη και την απορρόφηση από το λεπτό έντερο του ανθρώπου, ενώ υφίστανται πλήρη ή μερική ζύμωση από τους μικροοργανισμούς στο παχύ έντερο (De Vries, 2003).

Ο ρόλος των φυτικών ινών στην υγεία του ανθρώπου είναι πλέον αναμφισβήτητος, με αποτέλεσμα οι ερευνητές να έχουν επικεντρωθεί στην ανάπτυξη προϊόντων με υψηλή περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες, τα οποία θα προσφέρουν ευεργετικές επιδράσεις στα καρδιαγγειακά νοσήματα, τη ρύθμιση του σακχαρώδους διαβήτη, τον έλεγχο του βάρους κ.α. Τα προϊόντα αυτά περιλαμβάνουν τόσο παραδοσιακά προϊόντα (μπισκότα, ψωμί, δημητριακά πρωινού) εμπλουτισμένα με διαφορετικές ποσότητες και είδος φυτικών ινών, αλλά και συμπληρώματα διατροφής (δισκία, κάψουλες κλπ). Έτσι, ο προσδιορισμός των φυτικών ινών στα τρόφιμα, πρέπει να είναι μία απλή και ακριβής μέθοδος (Saura-Calixto et al., 2000). Μεταξύ των διαφορετικών μεθόδων που χρησιμοποιούνται σήμερα για τον προσδιορισμό τους, η πιο κοινώς χρησιμοποιούμενη τις τελευταίες δύο δεκαετίες είναι η πρότυπη μέθοδος κατά AOAC, η οποία αναπτύχθηκε από τους Prosky et al, το 1988, και περιλαμβάνει συνδυασμό ενζυμικών και σταθμικών μεθόδων.

Οι φυτικές ίνες διακρίνονται γενικά σε ακατέργαστες φυτικές ίνες και σε διαιτητικές φυτικές ίνες. Οι ακατέργαστες φυτικές ίνες συνίστανται κατά 97% από κυτταρίνη και λιγνίνη και 3% από άλλους πολυσακχαρίτες αδιευκρίνιστης σύστασης, τα οποία όμως έχουν ως κοινή ιδιότητα ότι είναι αδιάλυτα στα αραιά ανόργανα οξέα και στα αραιά αλκάλια κάτω από καθορισμένες συνθήκες. Στην ιδιότητα αυτή βασίζεται μια άλλη μέθοδος προσδιορισμού των ακατέργαστων φυτικών ινών, η μέθοδος Weende, η οποία πραγματοποιείται με τη χρήση της συσκευής Dosi Fiber. Η συσκευή αυτή προσφέρει σταθμικό προσδιορισμό των φυτικών ινών, μετά από διαλυτοποίηση όλων των

συστατικών ενός κυτταρινούχου τροφίμου (π.χ. παξιμάδι) σε θειϊκό οξύ και καυστικό κάλιο (Ανδρικόπουλος, 2010).

Η γενική μέθοδος προσδιορισμού των ακατέργαστων φυτικών ινών δίνεται στο σχήμα 4.2. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι κατά το βρασμό με αραιό οξύ (H_2SO_4) διασπώνται κυρίως οι πρωτεΐνες και οι αμυλούχοι πολυσακχαρίτες, ενώ με το αραιό αλκάλι (KOH) διασπώνται κυρίως τα λιπαρά προς γλυκερίνη και σάπωνες. Στο χωνευτήριο μετά την επίδραση των διαδοχικών βρασμών θα παραμείνουν οι ακατέργαστες φυτικές ίνες και η τέφρα ως αδιάλυτες ενώσεις. Μετά την καύση του υπολείμματος σε κάμινο πύρωσης, απομένει η τέφρα, ζυγίζεται και από τη διαφορά των δύο ζυγίσεων υπολογίζουμε το ποσοστό των ακατέργαστων φυτικών ινών στο τρόφιμο.



Σχήμα 4.2 Διάγραμμα ροής της μεθόδου προσδιορισμού των ακατέργαστων φυτικών ινών με τη συσκευή Dosi Fiber (Ανδρικόπουλος, 2010).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Πειραματικό μέρος

5.1 Σκοπός

Τα τελευταία χρόνια μεγάλη έμφαση δίνεται στη Μεσογειακή Διατροφή, όπως επίσης και στην αύξηση της κατανάλωσης φυτικών ινών, καθώς προσφέρουν πλήθος ευεργετικών επιδράσεων στον οργανισμό. Το παξιμάδι είναι ένα προϊόν, με μεγάλη περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες, συνεπώς μπορεί να αποτελέσει αναπόσπαστο κομμάτι μιας ισορροπημένης Μεσογειακής Διατροφής.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης των μακροθρεπτικών συστατικών, με πρωταγωνιστές το λίπος και τις φυτικές ίνες, στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του παξιμαδιού. Η εξέταση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών πραγματοποιήθηκε τόσο με υποκειμενικές όσο και με αντικειμενικές μεθόδους μέτρησης, με σκοπό την ακριβέστερη και πιο αξιόπιστη αξιολόγησή τους. Επίσης, έγινε ανάπτυξη ενός νέου παξιμαδιού, με αντικατάσταση μέρους του σιτάλευρου από άλλου τύπου άλευρο. Πιο συγκεκριμένα, τα πειράματα που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της παρούσας μελέτης είναι τα κάτωθι:

- Παρασκευή παξιμαδιών με διαφορετικές περιεκτικότητες σε φυτικές ίνες, λιπαρά, καθώς και με διαφορετικό είδος λιπαρών.
- Παρασκευή ενός καινοτόμου παξιμαδιού.
- Χημική ανάλυση των μακροθρεπτικών συστατικών όλων των δειγμάτων παξιμαδιού και των αλεύρων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως πρώτη ύλη.
- Ανάλυση υφής με αναλυτή υφής (TA-TX2i, Texture Analyzer, Stable Microsystems Ltd.).
- Προσδιορισμός πορώδους με στερεοπυκνόμετρο (Multipycnometer, Quantachrome).
- Μέτρηση χρώματος με χρωματόμετρο (Spectrophotometer Minolta CR/200).
- Οργανοληπτική εξέταση των παξιμαδιών.
- Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων.

5.2 Παρασκευή παξιμαδιών

5.2.1 Συστατικά

Τα παξιμάδια παρασκευάστηκαν σε φούρνο της Αττικής, στην περιοχή του Ζωγράφου. Πριν την έναρξη της παραγωγής, συζητήθηκε η συνταγή με τον υπεύθυνο του φούρνου και δόθηκαν οδηγίες σχετικά με τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά των τελικών προϊόντων, οι οποίες αφορούσαν το μέγεθος των τελικών προϊόντων (ίδιο για όλα τα δείγματα), αλλά και τους χρόνους ζυμώματος, στοφάρισματος και ψησίματος, καθώς απαραίτητη παράμετρος ήταν να διατηρηθούν ίσοι χρόνοι για όλα τα δείγματα.

Η βασική συνταγή που εκτελέστηκε ήταν η εξής :

- 2 kg αλεύρι
- 1100 ml νερό
- 100 ml λάδι
- 40 g μαγιά
- 40 g αλάτι

Για τα επιμέρους διαφορετικά δείγματα, που διέφεραν ως προς την περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες, το ποσοστό και το είδος των προστιθέμενων ελαίων, χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω συνταγές :

Διαφοροποίηση ως προς τα λιπαρά και κωδικοποίηση

Δείγμα Α : 2 kg σταρένιο αλεύρι (extra ζυμωτό), 1100 ml νερό, 100 ml ελαιόλαδο, 40 g μαγιά, 40 g αλάτι

Δείγμα ΑΕ : 2 kg σταρένιο αλεύρι (extra ζυμωτό), 800 ml νερό, 400 ml ελαιόλαδο, 40 g μαγιά, 40 g αλάτι

Δείγμα ΑΗ: 2 kg σταρένιο αλεύρι (extra ζυμωτό), 800 ml νερό, 400 ml ηλιέλαιο, 40 g μαγιά, 40 g αλάτι

Διαφοροποίηση ως προς την περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες και κωδικοποίηση

Δείγμα Α: 2 kg σταρένιο αλεύρι (extra ζυμωτό), 1100 ml νερό, 100 ml ελαιόλαδο, 40 g μαγιά, 40 g αλάτι

Δείγμα Β: 1200 g σταρένιο αλεύρι (extra ζυμωτό), 800 g σταρένιο αλεύρι ολικής αλέσεως, 1100 ml νερό, 100 ml ελαιόλαδο, 40 g μαγιά, 40 g αλάτι

Δείγμα ΒΟ: 2 kg σταρένιο αλεύρι ολικής αλέσεως, 1100 ml νερό, 100 ml ελαιόλαδο, 40 g μαγιά, 40 g αλάτι

Νέο προϊόν

Δείγμα ΒΦ: 1200 g σταρένιο αλεύρι (extra ζυμωτό), 800 g αλεύρι από φασόλια, 1100 ml νερό, 100 ml ελαιόλαδο, 40 g μαγιά, 40 g αλάτι

5.2.2 Διαδικασία παραγωγής

Το πρώτο στάδιο της παρασκευής του παξιμαδιού είναι η ζύγιση των συστατικών για την εκτέλεση της συνταγής. Ακολούθως, το αλεύρι κοσκινίζεται (σε κόσκινο), και αναμιγνύεται με τα υπόλοιπα συστατικά της συνταγής. Όλα τα υλικά τοποθετούνται στο ζυμωτήριο, και ζυμώνονται για περίπου 15-20 min. Στη συνέχεια η ζύμη μορφοποιείται ανάλογα με το σχήμα που θέλουμε να δώσουμε στο παξιμάδι, συνήθως σε φραντζόλες, και μπαίνει στο θάλαμο στοφαρίσματος (RH 35%, θ 45°C) για περίπου 15 min, έτσι ώστε να «ξεκουραστεί» η ζύμη. Το πρώτο ψήσιμο γίνεται στους 200°C για 35 min.

Όταν ολοκληρωθεί το πρώτο ψήσιμο, το ψωμί που έχει αρχικά παραχθεί, παραμένει σε θερμοκρασία δωματίου για περίπου 2 h ώστε να “κρυώσει” και να μπορεί να γίνει ο τεμαχισμός του. Ακολουθεί η δεύτερη θερμική επεξεργασία, η οποία απαιτεί χαμηλότερη θερμοκρασία, 170-180°C και από την οποία προκύπτει το τελικό προϊόν.

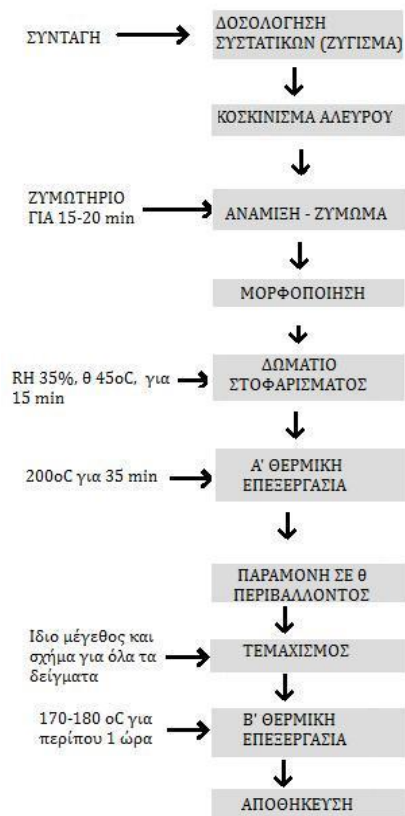
Ακολουθεί φωτογραφικό υλικό από την παρασκευή των παξιμαδιών :



Σχήμα 5.1 Κοσκινισμένο αλεύρι.



Σχήμα 5.2 Ανάμιξη συστατικών στο ζυμωτήριο.





Σχήμα 5.3 (πάνω αριστερά) Μορφοποίηση της ζύμης. **Σχήμα 5.4** (πάνω δεξιά) Τοποθέτηση στο δωμάτιο στοφαρίσματος. **Σχήμα 5.5** (κάτω αριστερά) Προϊόν μετά την α' θερμική επεξεργασία. **Σχήμα 5.6** Τελικό προϊόν μετά τη β' θερμική επεξεργασία.

5.3 Χημική ανάλυση μακροθρεπτικών συστατικών

5.3.1 Προετοιμασία δειγμάτων

Για όλες τις χημικές αναλύσεις τα δείγματα ομογενοποιήθηκαν με Mixer multi Izzy, και έλαβαν τους παρακάτω κωδικούς:

A : Παξιμάδι με 5% ελαιόλαδο και 100% σταρένιο λευκό αλεύρι

AE: Παξιμάδι με 20% ελαιόλαδο και 100% σταρένιο λευκό αλεύρι

AH: Παξιμάδι με 20% ηλιέλαιο και 100% σταρένιο λευκό αλεύρι

B: Παξιμάδι με 5% ελαιόλαδο, 40% σταρένιο αλεύρι ολικής αλέσεως και 60% σταρένιο λευκό αλεύρι

BO: Παξιμάδι με 5% ελαιόλαδο και 100% σταρένιο αλεύρι ολικής αλέσεως

BΦ: Παξιμάδι με 5% ελαιόλαδο, 40% αλεύρι από φασόλια ξερά και 60% σταρένιο λευκό αλεύρι

Για τα άλευρα η κωδικοποίηση που χρησιμοποιήθηκε είναι η κάτωθι:

Σ: Σταρένιο αλεύρι (αλεύρι από σκληρό σιτάρι, Τίτλος: EXTRA Ζυμωτό, Όμιλος ΛΟΥΛΗ)

Ο: Σταρένιο αλεύρι ολικής αλέσεως (Αλεύρι πλήρους άλεσης από σκληρό σιτάρι, Τίτλος: Χωριάτικο ολικής, Όμιλος ΛΟΥΛΗ)

Φ: Αλεύρι από φασόλια μέτρια (ξερά), Τρία άλφα.

5.3.2 Προσδιορισμός υγρασίας δειγμάτων

Σκοπός

Σκοπός του πειράματος είναι ο προσδιορισμός της περιεχόμενης υγρασίας σε δείγματα παξιμαδιού και αλεύρων, καθώς και ο ποσοτικός υπολογισμός της.

Υλικά και όργανα

- Ομογενοποιημένα δείγματα
- Αλουμινένια δισκάκια
- Ζυγός
- Πυριαντήριο (φούρνος 350°C)
- Λαβίδα πύρωσης

Περιγραφή της μεθόδου

Ο προσδιορισμός της υγρασίας πραγματοποιείται με υπολογισμό της διαφοράς του βάρους του δείγματος πριν και μετά από τη θέρμανσή του στους 105°C επί 2,5 h. Ο απαιτούμενος χρόνος για την ξήρανση των δειγμάτων προσδιορίστηκε πειραματικά, μέσω καταγραφής ζυγίσεων για 48 h, και αποτελεί τροποποίηση της πρότυπης μεθόδου κατά AOAC (105 °C, 24h).

Ποσότητα ίση προς 3 g ομογενοποιημένου δείγματος ζυγίζονται σε προζυγισμένο αλουμινένιο δισκάκι. Μετά από παραμονή 2,5 h στους 105°C το αλουμινένιο δισκάκι μεταφέρεται με λαβίδα πύρωσης σε ξηραντήρα και τέλος ζυγίζονται έπειτα από παραμονή ~ 15 min. Από τη διαφορά του βάρους των δύο ζυγίσεων υπολογίζεται η απώλεια υγρασίας ως %. Οι μετρήσεις όλων των δειγμάτων έγιναν τρεις φορές.

Εκτέλεση

- 1) Ζυγίζεται το φιαλίδιο ξήρανσης, που θεωρείται ως φέρον μέσον (φ.μ.).
- 2) Στο φέρον μέσον προστίθενται 3 g δείγματος παξιμαδιού.
- 3) Το δείγμα τοποθετείται στο πυριαντήριο στους 105 °C επί 2,5 ώρες.
- 4) Μεταφέρεται το αλουμινένιο δισκάκι με λαβίδα πύρωσης σε ξηραντήρα, και παραμένει επί περίπου 15 min.
- 5) Ζυγίζεται το δείγμα (μετά την απώλεια υγρασίας).
- 6) Ο υπολογισμός της περιεχόμενης υγρασίας προκύπτει από τον τύπο : Υγρασία = $(\alpha - \gamma)$ g, όπου α = το βάρος του δείγματος (φ.μ. + δείγμα με υγρασία) πριν την τοποθέτησή του στο φούρνο (g), και γ = το βάρος του δείγματος (φ.μ. + δείγμα χωρίς υγρασία) μετά την απώλεια υγρασίας (g).

5.3.3 Προσδιορισμός της τέφρας των δειγμάτων

Σκοπός

Ο σκοπός του συγκεκριμένου πειράματος είναι ο υπολογισμός της περιεχόμενης τέφρας στα διαφορετικά είδη παξιμαδιών και στα τρία είδη αλεύρου.

Υλικά και όργανα

- Ομογενοποιημένα δείγματα
- Χωνευτήρια πορσελάνης
- Ζυγός ακριβείας OHAUS

- Κλίβανος (550°C)
- Λαβίδα πύρωσης

Περιγραφή

Ως τέφρα γενικά χαρακτηρίζεται το μετά την καύση μιας ουσίας απανθρακωμένο οργανικό υπόλειμμα μαζί με τα τυχόν υπάρχοντα άκαυστα οξείδια μετάλλων και αμετάλλων και τα μη θερμικώς διασπώμενα άλατα. Η τέφρα διακρίνεται σε υδατοδιαλυτή τέφρα (τα διαλυτά οξείδια και άλατα) και σε μη-υδατοδιαλυτή τέφρα (τα αδιάλυτα οξείδια και άλατα και τα απανθρακωμένα θρεπτικά συστατικά). Η τέφρα λαμβάνεται με καύση του δείγματος τροφίμου στους 500-550°C σε κλίβανο.

Εκτέλεση

- 1) Δείγμα παξιμαδιού ή αλεύρου (3 g) τοποθετείται σε χωνευτήριο πορσελάνης, αφ' ότου έχει ζυγιστεί σε ζυγό ακριβείας.
- 2) Το χωνευτήριο φέρεται σε κλίβανο 550 °C και το δείγμα αποτεφρώνεται.
- 3) Το δείγμα αποσύρεται σε ξηραντήρα, παραμένει για περίπου 15 λεπτά και στη συνέχεια ζυγίζεται.
- 4) Από τη διαφορά των δύο ζυγίσεων υπολογίζεται η τέφρα των παξιμαδιών και των αλεύρων.

$$\% \text{ Τέφρα} = (\gamma - \alpha) / \beta * 100\%$$
 όπου α= το βάρος του χωνευτηρίου, β = το βάρος του δείγματος πριν την αποτέφρωση και γ = το βάρος της τέφρας του δείγματος συν του χωνευτηρίου.
- 5) Όλα τα δείγματα μετρήθηκαν εις τριπλούν.

5.3.4 Εκχύλιση ολικών λιποειδών. Μέθοδος Soxhlet.

Σκοπός

Σκοπός του πειράματος είναι η παραλαβή των λιπαρών υλών από παξιμάδι και το αλεύρι, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της επαναλαμβανόμενης εκχύλισης σε συσκευή Soxhlet και ο προσδιορισμός της % περιεκτικότητάς τους στο αρχικό προϊόν.

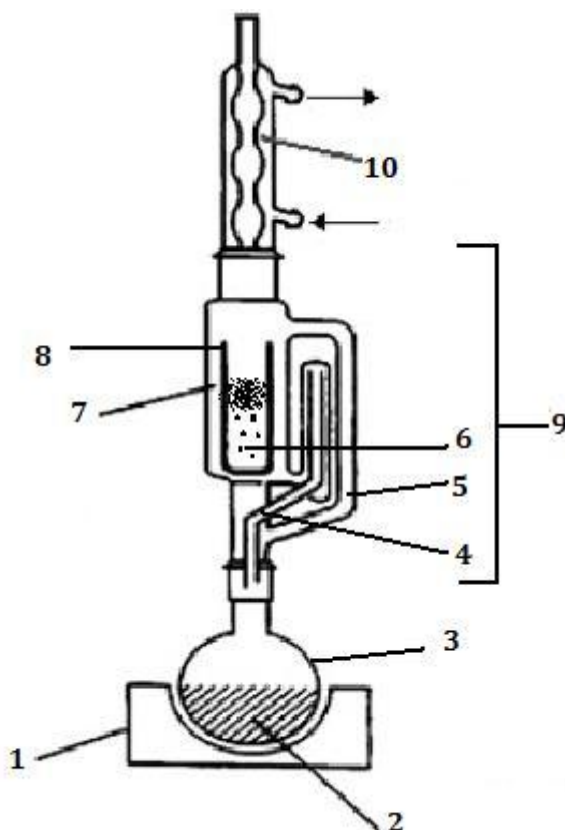
Υλικά και όργανα

- Ομογενοποιημένα δείγματα παξιμαδιού
- Συσκευή Soxhlet (σχήμα 5.7)
- Συσκευή Rotary Evaporator (σχήμα 5.8)

- Φύσιγγες
- Ανυδρόφιλο βαμβάκι
- Ζυγός ακριβείας OHAUS
- Ογκομετρικός κύλινδρος 500 mL
- Πετρελαϊκός αιθέρας
- Πέτρες βρασμού
- Παραφίλμ
- Αλουμινόχαρτο

Περιγραφή της μεθόδου

Η μέθοδος της επαναλαμβανόμενης εκχύλισης γίνεται με τη συσκευή Soxhlet και χρησιμοποιείται και για την παραλαβή ενός στερεού συστατικού από ένα μίγμα στερεών ουσιών (συνήθως τροφίμου π.χ. η παραλαβή του λίπους από το παξιμάδι). Η εκχύλιση γίνεται με οργανικό διαλύτη, πετρελαϊκό αιθέρα. Η απόσταξη του διαλύτη πραγματοποιείται σε περιστροφικό εξατμιστήρα (rotary evaporator).



Σχήμα 5.7 Συσκευή Soxhlet

- 1) Θερμομανδύας
- 2) Διαλύτης (πετρελαϊκός αιθέρας)
- 3) Κλασματήρας
- 4) Σιφώνιο
- 5) Πλευρικός σωλήνας
- 6) Δείγμα
- 7) Ανυδρόφιλο βαμβάκι
- 8) Φύσιγγα
- 9) Εκχυλιστήρας Soxhlet
- 10) Κάθετος ψυκτήρας

Εκτέλεση

- 1) Ζυγίζονται με ακρίβεια 5 g τριμμένου παξιμαδιού και τοποθετούνται σε φύσιγγα της συσκευής Soxhlet. Πάνω από το κάθε δείγμα τοποθετείται ανυδρόφιλο βαμβάκι και στη συνέχεια οι φύσιγγες τοποθετούνται μέσα στους εκχυλιστήρες 250 mL της συσκευής Soxhlet. Η συσκευή αποτελείται από 6 θέσεις εκχύλισης.
- 2) Ζυγίζονται οι κλασματήρες (500 mL) της συσκευής Soxhlet, μαζί με 2 πέτρες βρασμού ο καθένας. Στη συνέχεια, φέρονται ~ 300 mL πετρελαϊκού αιθέρα (Σ.Ζ. 50-60 °C) με ογκομετρικό κύλινδρο και 2 πέτρες βρασμού στον κλασματήρα.
- 3) Συναρμολογείται και σταθεροποιείται η συσκευή, και ακολούθως διοχετεύεται νερό ψύξης από τη βρύση στον ψυκτήρα. Ο κλασματήρας θερμαίνεται με θερμομανδύα σε χαμηλή ένταση και η συσκευή παρακολουθείται έως ότου γίνουν οι πρώτες δύο αποστάξεις, εκχυλίσσεις και επαναρροές reflux του διαλύτη.
- 4) Η συσκευή παραμένει 16 ώρες σε λειτουργία με περιοδική παρακολούθηση. Επειδή δεν ήταν δυνατή η συνεχόμενη εκχύλιση, η λειτουργία της συσκευής διακόπτονταν στο τέλος κάθε ημέρας, και προστίθονταν παραφίλμ και αλουμινόχαρτο στη άκρη του ψυκτήρα, ώστε να μην εξατμίζεται ο διαλύτης.
- 5) Με το πέρας των 16 ωρών εκχύλισης, διακόπτεται η θέρμανση και παραμένει να κρυώσει η συσκευή επί 30 min τουλάχιστον. Ακολούθως διακόπτεται η παροχή νερού ψύξης.
- 6) Η συσκευή αποσυνδέεται και ο διαλύτης που έχει παραμείνει στον εκχυλιστήρα Soxhlet μεταγγίζεται στον κλασματήρα.
- 7) Για την απόσταξη του πετρελαϊκού αιθέρα, ο κλασματήρας τοποθετείται στη συσκευή περιστροφικού εξατμιστήρα (rotary evaporator). Ρυθμίζεται η θέρμανση στους 45°C, ανοίγεται η υδραντλία κενού και αποστάζεται ο διαλύτης.
- 8) Όταν εξατμιστεί ο πετρελαϊκός αιθέρας, αποσυνδέεται ο κλασματήρας από τη συσκευή rotary evaporator, και αφήνεται περίπου 1 ώρα σε ξηραντήρα ώστε να εξατμιστεί ο διαλύτης.
- 9) Ο κλασματήρας ζυγίζεται στον ίδιο ζυγό που προζυγίστηκε και από τη διαφορά βάρους υπολογίζεται η περιεκτικότητα των λιπαρών στο δείγμα.
- 10) Υπολογίζουμε την % περιεκτικότητα του δείγματος σε λιπαρά με βάση τη σχέση: $\% \Lambda = (100/\alpha) * (W_2 - W_1)$, όπου Λ τα περιεχόμενα λιπαρά στο δείγμα, α βάρος του δείγματος σε g, W_1 το βάρος του κλασματήρα πριν το πείραμα (μαζί με τις πέτρες βρασμού), W_2 : βάρος του κλασματήρα μετά το πείραμα (μαζί με τις πέτρες βρασμού). Όλα τα δείγματα μετρήθηκαν τρεις φορές.



Σχήμα 5.8 Περιστροφικός εξατμιστήρας (Rotary Evaporator)

5.3.5 Προσδιορισμός αζώτου ολικών πρωτεϊνών. Μέθοδος Kjeldahl.

Σκοπός

Ο έμμεσος ποσοτικός προσδιορισμός του συνόλου των πρωτεϊνών ενός δείγματος τροφίμου, π.χ. αλεύρου, με άμεσο προσδιορισμό του συνολικού αζώτου των πρωτεϊνών σε συσκευή Kjeldahl.

Όργανα

- Συσκευές Kjeldahl
 - (α) πέψης πρωτεϊνών
 - (β) απόσταξης με υδρατμούς αμμωνίας
 - (γ) απαγωγός ατμών
- Απαγωγός εστία
- Ζυγός ακριβείας OHAUS
- Ποτήρια ζέσεως 100 mL
- Υαλοι ωρολογίου
- Προχοΐδα 50 mL
- Κωνικές φιάλες 250 mL
- Σιφώνια 25 mL
- Πυράγγρα

Αντιδραστήρια

- Ταμπλέτες Kjeldahl
- H_2SO_4 πυκνό (95 % w/w)
- NaOH 33% w/V
- HCl 0.5 N

- Ερυθρό μεθυλίου (ΕΜ, δείκτης)
- NaOH 0.5 N

Περιγραφή

Μια τυποποιημένη συσκευή Kjeldahl αποτελείται από τρία μέρη : τη συσκευή πέψης, τη συσκευή δέσμευσης ατμών της πέψης και τη συσκευή απόσταξης με υδρατμούς. Οι πρωτεΐνες του προζυγισμένου δείγματος καίγονται με πυκνό H_2SO_4 με θέρμανσή τους στη συσκευή πέψης της συσκευής Kjeldahl και το άζωτο των πρωτεϊνών μετατρέπεται με αυτό τον τρόπο σε αμμωνιακά άλατα. Τα ιόντα NH_4^+ των αλάτων μετατρέπονται σε NH_3 με την επίδραση διαλύματος αλκάλειας NaOH 33% και η πτητική NH_3 αποστάζεται με υδρατμούς στη συσκευή απόσταξης Kjeldahl και το σύνολό της εξουδετερώνεται με γνωστή περίσσεια διαλύματος οξέος, HCl 0.5 N. Η περίσσεια του οξέος υπολογίζεται με ογκομέτρηση διαλύματος βάσης NaOH 0.5 N και από την κατανάλωση της ογκομέτρησης υπολογίζεται η αποσταχθείσα NH_3 και μετά το άζωτο της αμμωνίας δηλαδή το άζωτο των πρωτεϊνών και τελικά η ποσότητα των πρωτεϊνών του δείγματος.

Αντιδράσεις

Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα είναι :

- Άζωτο πρωτεϊνών (N/Pr) από δείγμα παξιμαδιού (σε g) + $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{NH}_4^+, \text{SO}_4^{2-}$
- $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3 \uparrow$
- $\text{NH}_3 + \text{HCl} (\text{V mL}, 0.5 \text{ N}) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} (+ \text{περίσσεια HCl } 0.5 \text{ N})$
- $\text{HCl} (0.5 \text{ N}) \text{ περίσσεια} + \alpha \text{ mL NaOH } (0.5 \text{ N}) \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

Εκτέλεση

- 1) Ζυγίζεται 0,5 g δείγματος, τοποθετείται στο φούρνο στους 105 °C για μία ώρα, ώστε να αφυγρανθούν τα δείγματα. Ακολούθως, μεταφέρονται σε σωλήνα της συσκευής πέψης Kjeldahl.
- 2) Σε κάθε σωλήνα, προστίθεται μια ταμπλέτα (K_2SO_4 , CuSO_4) στον σωλήνα. Το πρώτο χρησιμεύει για τον έλεγχο της ανόδου του σημείου ζέσεως και το δεύτερο για την κατάλυση της καύσης των πρωτεϊνών.
- 3) Προστίθενται 25 mL πυκνού H_2SO_4 με διανομέα υγρού με προσοχή στην εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα Kjeldahl. Η όλη συσκευή βρίσκεται σε απαγωγό εστία.
- 4) Ο σωλήνας Kjeldahl τοποθετείται στη συσκευή πέψης Kjeldahl, η οποία έχει προθερμανθεί για περίπου 5 min, και θερμαίνεται στο 90% της θερμοκρατικής ικανότητας της συσκευής έως ότου αρχίσουν να εκλύονται οι πρώτοι ατμοί.

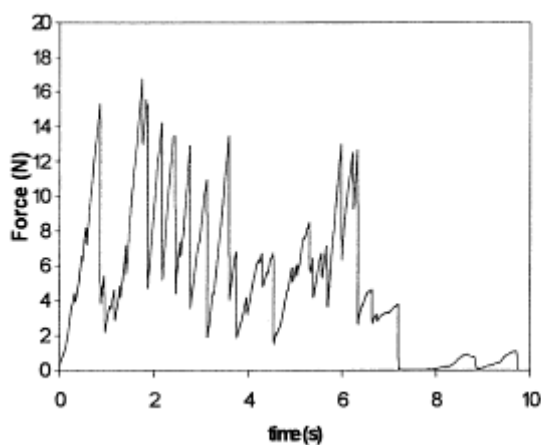
- 5) Τίθεται σε λειτουργία η συσκευή δέσμευσης ατμών Kjeldahl για τη δέσμευση των ατμών της πέψης. Στη συνέχεια συνεχίζεται η θέρμανση στο 100%, αλλά η συμπύκνωση των ατμών της πέψης να γίνεται κάτω από το ανώτατο μέρος του σωλήνα πέψης. Η πέψη του δείγματος συνεχίζεται επί ~60 min, μέχρις ότου το διάλυμα πέψης γίνει τελείως διαυγές, με χρώμα πράσινο ανοιχτό.
- 6) Οι σωλήνες Kjeldahl μεταφέρονται με τις λαβές της συσκευής στο έδρανο της συσκευής και παραμένει επί 20-30 min για να κρυώσει.
- 7) Προστίθενται 40-50 mL απεσταγμένο νερό με ογκομετρικό κύλινδρο με προσοχή στην εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα. Αυτό γίνεται για να μην κρυώσει και κρυσταλλώσει το διάλυμα του πυκνού H_2SO_4 λόγω της βαθμιαίας ψύξης του κατά την παραμονή. Ο σωλήνας μπορεί να παραμείνει σκεπασμένος με ύαλο ωρολογίου ή παραφίλμ μέχρι το επόμενο στάδιο.
- 8) Ο σωλήνας Kjeldahl τοποθετείται στην ειδική θέση της συσκευής απόσταξης και σταθεροποιείται με την ασφάλεια. Η συσκευή απόσταξης έχει προθερμανθεί για να έχει ετοιμαστεί ατμός.
- 9) Στην έξοδο των ατμών της συσκευής τοποθετείται κωνική φιάλη 250 mL στην οποία έχουν προστεθεί 25 mL HCl 0.5 N και 3-4 σταγόνες δείκτη EM καθώς και 25-50 mL απεσταγμένο νερό ούτως ώστε ο σωλήνας εξόδου των ατμών της συσκευής να βυθίζεται μέσα στο διάλυμα.
- 10) Προστίθενται 60 mL NaOH 33% στον σωλήνα Kjeldahl (μέχρι το διάλυμα να αλλάξει χρώμα προς σκούρο πράσινο) με αναρρόφηση του αλκαλικού διαλύματος από το ειδικό πλαστικό δοχείο Δ2 της συσκευής (κουμπί «NaOH»). Τα 60 mL υπολογίζονται με την κλίμακα που υπάρχει στη συσκευή πίσω από τον σωλήνα Kjeldahl.
- 11) Ρυθμίζεται η συσκευή απόσταξης για να γίνει απόσταξη με υδρατμούς με προσαγωγή απιονισμένου νερού από το άλλο ειδικό δοχείο Δ1 της συσκευής επί 4 min (κουμπιά : TIME → ASPIRATE → YES, START → ON)
- 12) Κατά τη διάρκεια της απόσταξης (4 min) συλλέγεται το απόσταγμα της NH_3 στην κωνική φιάλη με την περίσσεια HCl 0.5 N. Το ερυθρό χρώμα του δείκτη δεν πρέπει να έχει αποχρωματιστεί (διαφορετικά το HCl 0.5 N δε θα είναι πλέον σε περίσσεια και τότε θα πρέπει να επαναληφθεί η εξέταση (στάδια 8,9,10) είτε με ζύγιση μικρότερου βάρους δείγματος είτε με προσθήκη 50 mL HCl 0.5 N στην κωνική φιάλη).
- 13) Το άδειασμα του σωλήνα Kjeldahl γίνεται μετά από περίπου 1 min αφού τελειώσει η απόσταξη (κουμπί : ASPIRATE → DRAIN). Ο σωλήνας μεταφέρεται με πυράγρα εκτός της συσκευής και πλένεται.

- 14) Η κωνική φιάλη με την περίσσεια του HCl 0.5N ογκομετρείται με διάλυμα NaOH 0.5N από προχοΐδα μέχρι να αλλάξει το χρώμα του δείκτη EM από ερυθρό σε κίτρινο.
- 15) Ο υπολογισμός των % N (άζωτο) και %Pr (πρωτεΐνες) του δείγματος δίνονται από τις σχέσεις : $\% N = (V - \alpha) (0.7/w)$ και $\%Pr = \%N * c$, όπου $V = 25 \text{ mL}$, ο όγκος του HCl 0.5N στην κωνική φιάλη, $\alpha = \text{τα mL του NaOH 0,5N που καταναλώθηκαν από την προχοΐδα}$, $w = \text{το βάρος του δείγματος σε γραμμάρια}$, 0,7 ο συντελεστής μετατροπής της NH_3 σε N (άζωτο) και c είναι ο συντελεστής μετατροπής του αζώτου σε πρωτεΐνη, όπου c (αλεύρου, ζυμαρικών) = 5,7

5.4 Μέτρηση χαρακτηριστικών υφής

Τα χαρακτηριστικά της υφής των παξιμαδιών προσδιορίστηκαν με χρήση αναλυτή υφής (TA-XT2i Texture Analyzer, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, UK), ο οποίος συνδέεται με ηλεκτρονικό υπολογιστή που διαθέτει το πρόγραμμα Texture Expert. Για τη μέτρηση των χαρακτηριστικών υφής των παξιμαδιών η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: παξιμάδια ίδιου μεγέθους με σχετικά λεία επιφάνεια, τοποθετούνται στον αναλυτή υφής, όπου υφίστανται δοκιμασία διάτρησης (puncture test). Χρησιμοποιήθηκε P/6 Cylinder probe, μικρή ταχύτητα διείσδυσης 1mm/s και το βάθος διείσδυσης ήταν 50% του πάχους του παξιμαδιού (~9 mm για όλα τα δείγματα). Στο τέλος κάθε δοκιμασίας προκύπτει ένα διάγραμμα δύναμης (force, N) σε συνάρτηση με το χρόνο (s) ή την απόσταση (mm). Για κάθε δείγμα πραγματοποιήθηκαν τουλάχιστον δέκα δοκιμές διάτρησης.

Είναι γνωστό ότι τα τραγανά (crispy) προϊόντα, έχουν ακανόνιστα και μη επαναλήψιμα διαγράμματα, με πολλές απότομες κορυφές. Το διάγραμμα που ακολουθεί αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της καμπύλης παραμόρφωσης ενός τραγανού τροφίμου.



Σχήμα 5.9 Τυπικό διάγραμμα ανάλυσης υφής τραγανών τροφίμων.

Τα χαρακτηριστικά υφής που προσδιορίστηκαν στις καμπύλες παραμόρφωσης των δειγμάτων ήταν η σκληρότητα και η θραυστότητα των παξιμαδιών. Σκληρότητα ορίζεται ως η μέγιστη δύναμη που απαιτείται για να συμπιεστεί ένα τρόφιμο ανάμεσα στα δόντια, συνεπώς στο διάγραμμα σκληρότητα ορίζεται η μέγιστη δύναμη (maximum force) κατά τη διάτρηση του δείγματος. Επίσης, σαν ακόμη ένας δείκτης σκληρότητας μετρήθηκε το εμβαδόν της καμπύλης μέχρι το τέλος της διάτρησης (50% του πάχους του δείγματος), που αντιπροσωπεύει το έργο που απαιτείται για τη συγκεκριμένη παραμόρφωση. Επίσης, η θραυστότητα ορίστηκε ως η πρώτη αξιοσημείωτη δύναμη που εμφανίζεται στο διάγραμμα δύναμης (N) – χρόνου (s), δηλαδή η δύναμη που αντιστοιχεί στο πρώτο θραύσμα του προϊόντος.

5.5 Προσδιορισμός πορώδους

Σκοπός

Ο σκοπός της άσκησης αυτής είναι ο συγκριτικός προσδιορισμός του πορώδους στα διάφορα είδη παξιμαδιού.

Υλικά και όργανα

- Παξιμάδια κομμένα σε παραλληλόγραμμα, ώστε να μπορεί να υπολογιστεί ο συνολικός τους όγκος.
- Στερεοπυκνόμετρο, Multipycnometer Quantachrome.

Περιγραφή και εκτέλεση

Για τη μέτρηση του καθαρού όγκου των τροφίμων χρησιμοποιείται το στερεοπυκνόμετρο. Η αρχή λειτουργίας του οργάνου είναι η εισχώρηση αδρανούς αερίου (He) μέσα στους πόρους του υλικού και η εκτόπιση του εγκλωβισμένου αέρα.

Η λειτουργία του οργάνου στηρίζεται στη μέτρηση της πίεσης που ασκείται από το ήλιο στο θάλαμο μέτρησης σε σχέση προς το θάλαμο αναφοράς και στο νόμο των τελείων αερίων. Για τον υπολογισμό του καθαρού όγκου ενός στερεού (V_{σ}) ισχύει η εξής σχέση: $V_{\sigma} = V_c - V_R[(P_1/P_2)-1]$, όπου V_c ο όγκος του κελιού μέτρησης, V_R ο όγκος του κελιού αναφοράς, P_1 η πίεση στο κελί αναφοράς και P_2 η πίεση στο κελί μέτρησης. Από τα ανωτέρω μεγέθη τα V_c και V_R είναι γνωστά για τον όγκο αναφοράς που θα επιλεγεί και δίνονται από τον κατασκευαστή, ενώ οι τιμές των πιέσεων P_1 και P_2

καταγράφονται στην οθόνη της συσκευής. Τα βήματα που ακολουθούνται είναι τα εξής:

- Κόβονται τα δείγματα παξιμαδιών σε παραλληλόγραμμα, και στη συνέχεια προσδιορίζεται ο συνολικός τους όγκος $V_{ολ}$ σε cm^3 , με μέτρηση των γεωμετρικών τους διαστάσεων.
- Θεωρώντας ότι το παξιμάδι έχει σχήμα παραλληλόγραμμο, ο συνολικός του όγκος υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο $V_{ολ} = \alpha * \beta * \gamma$, όπου α , β , γ οι τρεις διαστάσεις του παραλληλόγραμμου.
- Αρχικά, γίνεται έκπλυση των θαλάμων αναφοράς και μέτρησης του στερεοπυκνόμετρου με αέριο ήλιο, ώστε να καθαριστεί από τυχόν ακαθαρσίες, σκόνη ή σωματίδια που έχουν επικαθίσει στους θαλάμους μέτρησης και αναφοράς, ή στις μεταξύ τους συνδέσεις.
- Τοποθετούμε το δείγμα στον κατάλληλο υποδοχέα, βιδώνουμε το καπάκι και λαμβάνουμε τις πιέσεις P_1 και P_2 , οι οποίες καταγράφονται στην οθόνη του στερεοπυκνόμετρου.
- Το πορώδες υπολογίζεται σύμφωνα με τους τύπους:
$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_{ολ}}$$
, όπου V_a ο όγκος των κενών (πόρων) αέρα, $V_{ολ}$ ο συνολικός όγκος του στερεού. Στο συνολικό όγκο του στερεού συνυπολογίζεται και ο όγκος των κενών (πόρων) αέρα. Συγκεκριμένα, $V_{ολ} = V_s + V_a$, όπου V_s ο καθαρός όγκος του στερεού, συμπεριλαμβανομένου του όγκου υγρασίας.
- Για κάθε δείγμα η τιμή του πορώδους αντιστοιχεί στο μέσο όρο τριών μετρήσεων για κάθε επανάληψη.



Σχήμα 5.10 Στερεοπυκνόμετρο Quantachrome.

5.6 Μέτρηση χρώματος

Σκοπός

Σκοπός του συγκεκριμένου πειράματος είναι ο προσδιορισμός της διαφοράς χρώματος ανάλογα με τα περιεχόμενα έλαια αλλά και ανάλογα με την περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες.

Υλικά και όργανα

- Παξιμάδια με σχετικά λεία επιφάνεια
- Λευκό χαρτί
- Χρωματόμετρο (Minolta CR-200)

Περιγραφή και εκτέλεση

Το χρώμα των παξιμαδιών αξιολογήθηκε με χρωματόμετρο (Minolta CR-200). Ειδικότερα, κατά τη συγκεκριμένη μέτρηση προσδιορίζονται οι χρωματικές παράμετροι $L^*a^*b^*$, όπου L η φωτεινότητα που δείχνει τη διαφορά μαύρου – άσπρου (κλίμακα 0-100), a η χρωματική θέση μεταξύ του πράσινου και του συμπληρωματικού του κόκκινου (κλίμακα -100 έως +100) και τέλος b η χρωματική θέση ανάμεσα στο μπλε και το κίτρινο (κλίμακα -100 έως +100).

Το δείγμα τοποθετείται πάνω σε λευκό χαρτί και στη συνέχεια τοποθετούμε το χρωματόμετρο να εφάπτεται στο δείγμα και λαμβάνουμε τις χρωματικές μετρήσεις των δειγμάτων μας. Η κάθε μέτρηση αποτελεί τη μέση τιμή τριών διαδοχικών λήψεων από το χρωματόμετρο. Σε κάθε παξιμάδι λαμβάνονται δύο μετρήσεις σε δύο διαφορετικές περιοχές, και για κάθε δείγμα εξετάζονται δέκα παξιμάδια. Από το σύνολο των μετρήσεων για κάθε δείγμα, υπολογίζουμε τις μέσες τιμές των παραμέτρων $L^*a^*b^*$. Χρησιμοποιώντας τις τιμές αυτές μπορούμε να υπολογίσουμε το Chroma (C), τη διαφορά χρώματος (ΔE), τον δείκτη κίτρινου χρώματος για τα δείγματα που περιέχουν έλαια (YI, Yellowness Index), και το δείκτη καστανώσης (BI, Browning Index), σύμφωνα με τους παρακάτω τύπους:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2}} \quad (2)$$

$$YI = \frac{142.86 \, b^*}{L^*} \quad (3)$$

$$BI = 100 * \frac{x-0.31}{0.17}, \text{ όπου } x = \frac{(\alpha^* + 1,75L)a}{(5.645L + \alpha^* - 3,012b)} \quad (4)$$

5.7 Οργανοληπτική εξέταση δειγμάτων

Για την αποτίμηση της ολικής αποδοχής των διαφόρων ειδών παξιμαδιών πραγματοποιήθηκαν δοκιμές κατάταξης σε κλίμακα και δοκιμές αρεσκειάς με 32 μη εκπαιδευμένους δοκιμαστές, οι οποίοι παρακολούθησαν μία σύντομη παρουσίαση πριν την έναρξη των δοκιμών.

Τα κριτήρια επιλογής των δοκιμαστών ήταν να καταναλώνουν μία φορά την εβδομάδα το συγκεκριμένο προϊόν, και φυσικά ότι ήταν πρόθυμοι να λάβουν μέρος σε αυτές τις δοκιμασίες. Οι δοκιμαστές ήταν είτε φοιτητές του Χαροκοπέιου Πανεπιστημίου είτε μέλη του προσωπικού του, και οι ηλικίες κυμαίνονταν από 18-50 ετών. Ο χώρος διεξαγωγής των οργανοληπτικών δοκιμών ήταν μία από τις αίθουσες διδασκαλίας στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, η οποία έχει λευκούς τοίχους και λευκά έδρανα. Ο φωτισμός ρυθμίστηκε κατάλληλα.

Η διαδικασία προετοιμασίας των δειγμάτων περιλάμβανε την τοποθέτηση τεσσάρων ή τριών τεμαχίων δειγμάτων σε λευκά πλαστικά πιάτα. Τα δείγματα σερβίρονταν στους δοκιμαστές με τυχαία σειρά, κάθε δείγμα είχε αναγραφμένο από πάνω τον κωδικό του. Κάθε δοκιμαστής είχε δίπλα του και ένα ποτήρι νερό, ώστε να μπορεί να ξεπλένει το στόμα του μεταξύ των δοκιμών.

Η δοκιμή αρεσκειάς περιλάμβανε βαθμολόγηση των βασικών χαρακτηριστικών αποδοχής των τροφίμων, δηλαδή υφή (σκληρότητα και θραυστότητα), γεύση, χρώμα, οσμή και γενική αποδοχή σύμφωνα με την 9βάθμια ηδονική κλίμακα, με εύρος από 1 (απαράδεκτο προϊόν) μέχρι 9 (υπερβολικά αρεστό προϊόν). Τα προϊόντα θεωρήθηκαν αποδεκτά όταν η μέση βαθμολογία τους ήταν πάνω από 6 (Choi et al., 2007). Η δοκιμασία κατάταξης απαιτούσε την βαθμολόγηση των χαρακτηριστικών των παξιμαδιών σύμφωνα με τη δοθείσα κλίμακα ειδικού λεξιλογίου για την αξιολόγηση της έντασης κάθε χαρακτηριστικού. Σκοπός ήταν, στην πρώτη περίπτωση η αποτίμηση της αρεστότητας των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των προϊόντων από τους καταναλωτές και στη δεύτερη περίπτωση, η αντικειμενική βαθμολόγηση των ζητούμενων χαρακτηριστικών (σκληρότητα, θραυστότητα, χρώμα).

Για τις οργανοληπτικές δοκιμές τα δείγματα έλαβαν τους εξής κωδικούς, A1 για το δείγμα A (100% σταρένιο αλεύρι λευκό), A2 για το δείγμα AE (20% ελαιόλαδο, 100% σταρένιο λευκό αλεύρι), A3 για το δείγμα AH (20% ηλιέλαιο, 100% σταρένιο λευκό αλεύρι), B1 ξανά για το δείγμα A, ώστε να αξιολογηθεί η ικανότητα των δοκιμαστών, B2 για το δείγμα B (40% σταρένιο αλεύρι ολικής αλέσεως, 60% σταρένιο αλεύρι λευκό, 5% ελαιόλαδο), B3 για το δείγμα BO (100% σταρένιο αλεύρι ολικής αλέσεως, 5%

ελαιόλαδο) και B4 για το δείγμα ΒΦ (40% αλεύρι φασολιών, 60% σταρένιο λευκό αλεύρι και 5% ελαιόλαδο).

5.8 Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων

Για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων εφαρμόστηκαν στατιστικά εργαλεία μη παραμετρικής ανάλυσης. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με το πρόγραμμα IBM SPSS Statistics 21.

Ειδικότερα, για τον έλεγχο της σημαντικότητας της επίδρασης των ελαίων και των φυτικών ινών της παρούσας μελέτης στα επιμέρους ποιοτικά χαρακτηριστικά των παξιμαδιών χρησιμοποιήθηκε μη παραμετρική ανάλυση διακύμανσης με το τεστ των Kruskal – Wallis. Η διερεύνηση συσχετίσεων έγινε με τη χρήση του συντελεστή συσχέτισης r του Pearson. Για τις συσχετίσεις μεταξύ αντικειμενικών μεθόδων μέτρησης και του οργανοληπτικού ελέγχου, τα δεδομένα ανατέθηκαν πρώτα σε τάξεις μεγέθους (εντολή RANK), ώστε να μελετηθεί η πιθανή ύπαρξη συσχετίσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Αποτελέσματα - Συζήτηση

6.1 Κατηγοριοποίηση δειγμάτων

Τα παξιμάδια κατηγοριοποιούνται σε δύο κύριες κατηγορίες, ώστε να γίνουν παρακάτω οι μεταξύ τους συγκρίσεις. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τρία είδη παξιμαδιών που διαφέρουν ως προς την περιεκτικότητα σε ελαιόλαδο αλλά και ως προς το είδος του ελαίου, και στη δεύτερη κατηγορία εμπεριέχονται παξιμάδια με διαφορετικό ποσοστό περιεχόμενων φυτικών ινών. Στην τελευταία κατηγορία σχολιάζεται και το νέο προϊόν που παρασκευάστηκε χρησιμοποιώντας αλεύρι από ξερά φασόλια, το οποίο παρήχθη στο εργαστήριο. Ο πίνακας που ακολουθεί ταξινομεί τα διάφορα προϊόντα, όπως θα εμφανίζονται στη συνέχεια.

1 ^η κατηγορία		2 ^η κατηγορία	
Διαφορές ως προς το περιεχόμενο λίπος		Διαφορές ως προς τις περιεχόμενες φυτικές ίνες	
A	5% ελαιόλαδο	A	100% σταρένιο λευκό αλεύρι
ΑΕ	20 % ελαιόλαδο	B	60% σταρένιο λευκό αλεύρι, 40% σταρένιο αλεύρι ολικής αλέσεως
ΑΗ	20 % ηλιέλαιο	ΒΟ	100% σταρένιο αλεύρι ολικής αλέσεως
		ΒΦ	60% σταρένιο λευκό αλεύρι, 40% αλεύρι από ξερά φασόλια

Πίνακας 6.1 Κατηγοριοποίηση δειγμάτων. Τα δείγματα της 1ης κατηγορίας παρασκευάστηκαν όλα από 100% σταρένιο αλεύρι λευκό (extra ζυμωτό). Όλα τα παξιμάδια της 2ης κατηγορίας περιέχουν 5% ελαιόλαδο.

Το δείγμα Α, συμπεριλαμβάνεται και στις δύο κατηγορίες, στην 1^η κατηγορία συγκρίνεται με τα υπόλοιπα δείγματα με βάση το ποσοστό λίπους που περιέχει, ενώ στη 2^η κατηγορία συγκρίνεται με τα λοιπά παξιμάδια ως προς τις περιεχόμενες φυτικές ίνες.

6.2 Χημική ανάλυση

6.2.1 Χημική ανάλυση αλεύρων

Αμέσως μετά την παρασκευή των δειγμάτων, έγινε χημική ανάλυση των μακροθρεπτικών συστατικών των κύριων πρώτων υλών, δηλαδή των αλεύρων. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν έχουν αναλυθεί στο πειραματικό μέρος της παρούσας εργασίας. Συνοπτικά αναφέρουμε ότι για τον προσδιορισμό υγρασίας πραγματοποιήθηκε ξήρανση σε φούρνο, το ποσοστό της τέφρας υπολογίστηκε με καύση των δειγμάτων σε κάμινο στους 550°C, οι αζωτούχες ενώσεις προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο Kjeldahl, τα περιεχόμενα λιπίδια με επαναλαμβανόμενη εκχύλιση στη συσκευή Soxhlet και οι φυτικές ίνες υπολογίστηκαν σύμφωνα με τη βάση δεδομένων USDA. Το ποσοστό των υδατανθράκων προέκυψε από τη διαφορά, ΥΔ= 100 – υγρασία – τέφρα – πρωτεΐνες – λιπίδια – φυτικές ίνες.

<i>Ανά 100g προϊόντος</i>	Σταρένιο	Σταρένιο, 100% ολικής αλέσεως	Αλεύρι από φασόλια
Υγρασία	9,40 (± 0,13)	8,58 (± 0,02)	11,46 (± 0,11)
Πρωτεΐνες	10,42 (± 0,78)	12,91 (± 0,41)	16,43 (± 0,87)
Λιπίδια	1,30 (± 0,10)	1,59 (± 0,20)	2,80 (± 0,87)
Υδατάνθρακες	75,53	64,82	51,03
Φυτικές Ίνες	2,4*	10,7*	15,2*
Τέφρα	0,95 (± 0,01)	1,40 (± 0,01)	3,08 (± 0,01)

Πίνακας 6.2 Αποτελέσματα χημικής ανάλυσης αλεύρων. Οι αριθμοί στις παρενθέσεις είναι οι τυπικές αποκλίσεις. *Οι φυτικές ίνες υπολογίστηκαν από τη βάση δεδομένων USDA.

Από τα ανωτέρα αποτελέσματα, παρατηρούμε ότι τα άλευρα διαφέρουν ως προς το ποσοστό των περιεχόμενων πρωτεϊνών, με το αλεύρι από φασόλια να παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό, όπως είναι αναμενόμενο. Επίσης, οι διαφορές μεταξύ σταρένιου λευκού αλεύρου και σταρένιου ολικής αλέσεως στα ποσοστά των περιεχόμενων πρωτεϊνών, λιπιδίων και φυτικών ινών, έγκεινται στο γεγονός ότι το πλήρους άλεσης αλεύρι περιέχει ολόκληρο τον σπόρο σιταριού, περιλαμβάνοντας και το φύτρο και το εξωτερικό περίβλημα του καρπού.

6.2.2 Χημική ανάλυση δειγμάτων

Η χημική ανάλυση των παξιμαδιών πραγματοποιήθηκε την πρώτη εβδομάδα μετά την παρασκευή τους. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι αντίστοιχες που χρησιμοποιήθηκαν για τη χημική ανάλυση των αλεύρων και αναφέρονται στην προηγούμενη σελίδα. Ο πίνακας 6.3 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης για όλα τα δείγματα παξιμαδιών.

	A	AE	AH	B	BO	BΦ
Υγρασία	4,28 (± 0,02)	3,42 (± 0,10)	2,56 (± 0,12)	3,91 (±0,09)	3,94 (±0,01)	4,44 (±0,12)
Πρωτεΐνες	8,48 (± 0,45)	10,55 (± 0,46)	8,20 (± 0,48)	11,88 (± 0,83)	10,32 (± 0,01)	14,52 (± 0,44)
Λιπίδια	5,33 (± 0,42)	18,25 (± 0,23)	18,39 (± 0,53)	6,13 (± 0,12)	5,93 (± 0,61)	6,05 (± 0,11)
Υδατάνθρακες	77,57	63,84	60,11	70,75	68,35	63,28
Φυτικές Ίνες	1,95*	1,95*	1,95*	4,65*	8,69*	8,42*
Τέφρα	2,39 (± 0,07)	1,99 (± 0,19)	2,44 (± 0,12)	2,68 (± 0,12)	2,77 (± 0,22)	3,29 (± 0,13)

Πίνακας 6.3 Αποτελέσματα χημικής ανάλυσης των διαφόρων ειδών παξιμαδιών. Οι αριθμοί σε παρένθεση είναι οι τυπικές αποκλίσεις. *Οι φυτικές ίνες υπολογίστηκαν σύμφωνα με τις περιεκτικότητες σε φυτικές ίνες των αλεύρων, τα ποσοστά των αλεύρων που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε συνταγή και με γνωστό τελικό όγκο για κάθε προϊόν.

Όπως παρατηρούμε και στον πίνακα, οι κύριες διαφορές που επιδιώξαμε να επιτύχουμε ως προς τη σύσταση των παξιμαδιών είναι διακριτές. Πιο συγκεκριμένα μεταξύ των δειγμάτων οι κυριότερες μεταβολές παρατηρούνται στα λιπίδια όπως ήταν αναμενόμενο, με τα δείγματα AE και AH να περιέχουν ~18% λίπος, και όλα τα υπόλοιπα δείγματα ~5%, ώστε να μπορούν να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις παρακάτω. Επίσης, οι φυτικές ίνες διαφέρουν μεταξύ των δειγμάτων της 2^{ης} κατηγορίας όπως ήταν επιθυμητό, σύμφωνα πάντα με τους υπολογισμούς μας. Τέλος, το παξιμάδι με κωδικό BΦ, έχει μεγαλύτερο ποσοστό πρωτεϊνών εξαιτίας της υποκατάστασης του σταρένιου λευκού αλεύρου με άλευρο από φασόλια (όσπρια), που είναι μία καλή πηγή πρωτεϊνών.

6.3 Αξιολόγηση ποιοτικών χαρακτηριστικών παξιμαδιών με αντικειμενικές μεθόδους

6.3.1 Αποτελέσματα και αξιολόγηση της ανάλυσης υφής

Η ανάλυση υφής πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του αναλυτή υφής Texture Analyzer – XT2i. Για τον υπολογισμό της σκληρότητας λαμβάνονταν δύο τιμές, η μέγιστη δύναμη, σε Newton, κατά τη δοκιμασία διάτρησης και το συνολικό εμβαδόν της περιοχής κάτω από την καμπύλη ($N * mm$) για μία δεδομένη απόσταση διάτρησης, εφ' όσον τα δείγματα είχαν παραπλήσιο πάχος. Η τιμή που λαμβάνεται για τη θραυστότητα από τη δοκιμασία διάτρησης, είναι η πρώτη αξιοσημείωτη δύναμη, δηλαδή η τιμή της δύναμης που αντιστοιχεί στο πρώτο θραύσμα του δείγματος (Li et al., 2005). Όσο αυξάνεται η δύναμη που απαιτείται για να γίνει το πρώτο θραύσμα στο προϊόν, τόσο η θραυστότητα του δείγματος μειώνεται.

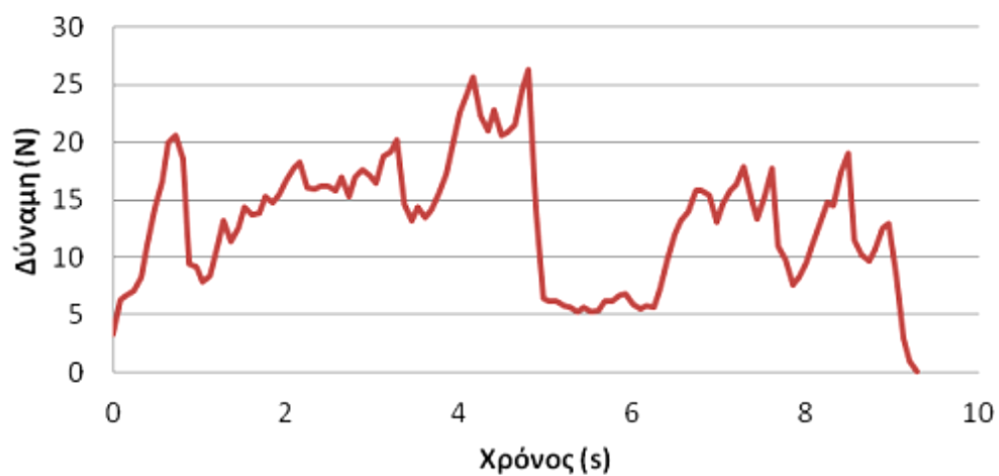
Για κάθε δείγμα πραγματοποιήθηκαν δοκιμασίες διάτρησης σε δέκα παξιμάδια κάθε φορά. Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν στατιστικά με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS χρησιμοποιώντας μη παραμετρικά τεστ.

6.3.1.1 1^η κατηγορία δειγμάτων

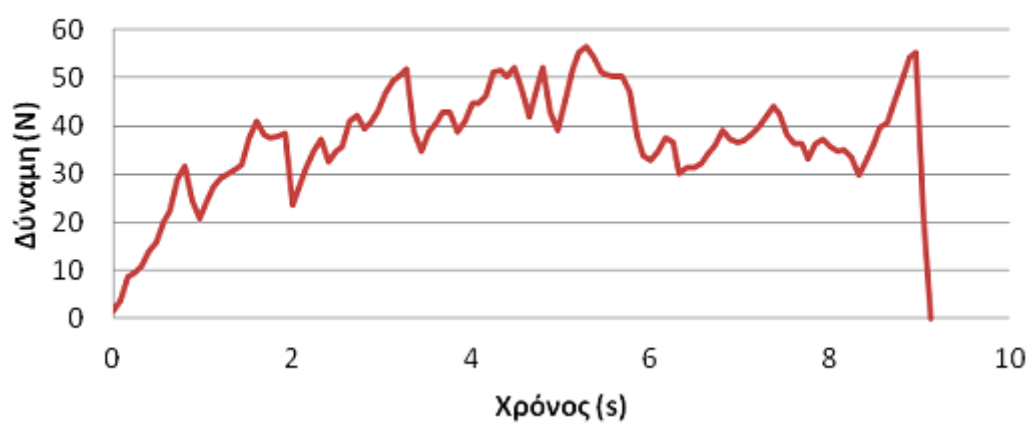
Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τρία δείγματα με διαφορές στα περιεχόμενα λιπίδια. Το δείγμα Α διαφέρει από το δείγμα ΑΕ και ΑΗ ως προς την περιεκτικότητα σε έλαια, το δείγμα Α από το ΑΕ ως προς την περιεκτικότητα συγκεκριμένα σε ελαιόλαδο, 5 και 20% αντίστοιχα, ενώ το δείγμα ΑΕ διαφέρει από το ΑΗ ως προς το είδος του ελαίου.

Αναμένεται τα παξιμάδια με μεγαλύτερο ποσοστό ελαίων να εμφανίζουν μεγαλύτερη σκληρότητα, αλλά η επίδραση του ηλιελαίου στη σκληρότητα των παξιμαδιών είναι άγνωστη. Ομοίως, τα σκληρά παξιμάδια, αναμένονται να είναι λιγότερο εύθραυστα και άρα να εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές θραυστότητας (N).

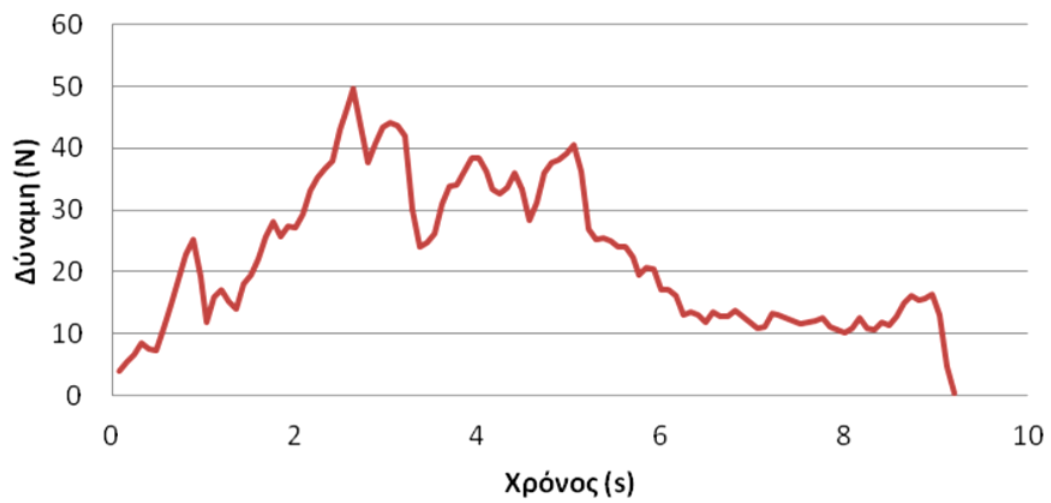
Ακολουθούν τυπικά διαγράμματα από τις δοκιμασίες διάτρησης των τριών δειγμάτων (Σχήμα 6.1-6.3).



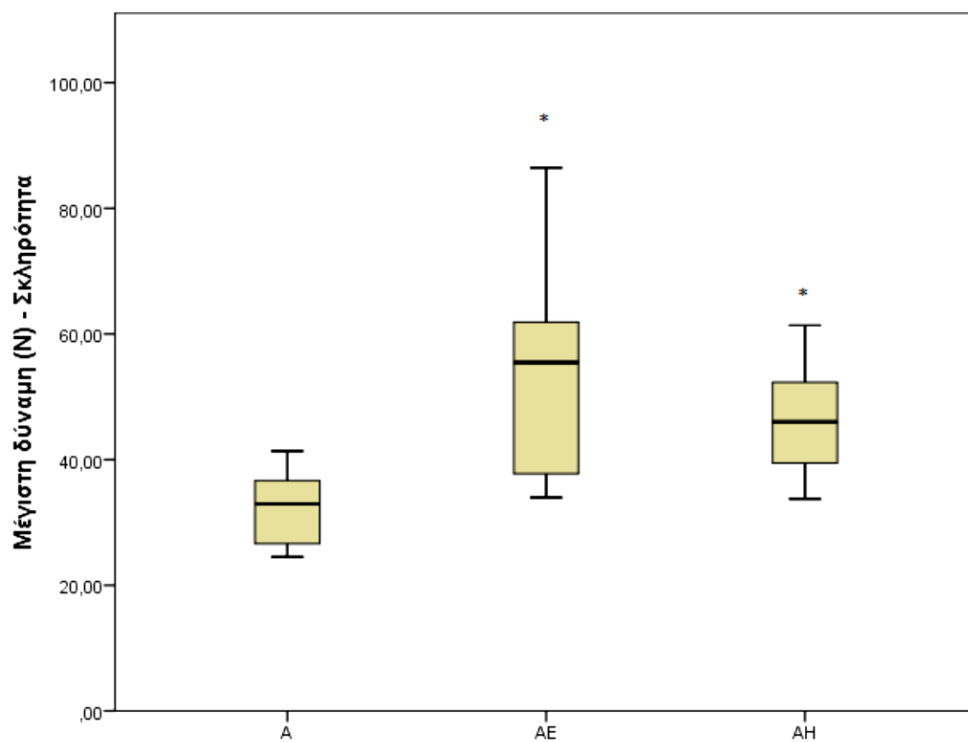
Σχήμα 6.1 Ενδεικτικό διάγραμμα δύναμης (N) – χρόνου (s) από τη δοκιμασία διάτρησης του δείγματος Α.



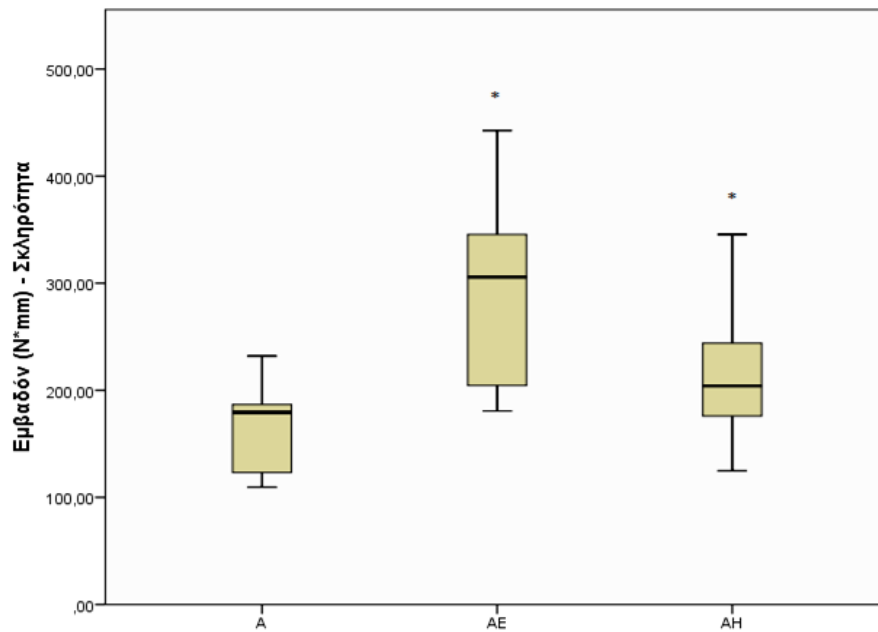
Σχήμα 6.2 Ενδεικτικό διάγραμμα δύναμης (N) – χρόνου (s) από τη δοκιμασία διάτρησης του δείγματος ΑΕ.



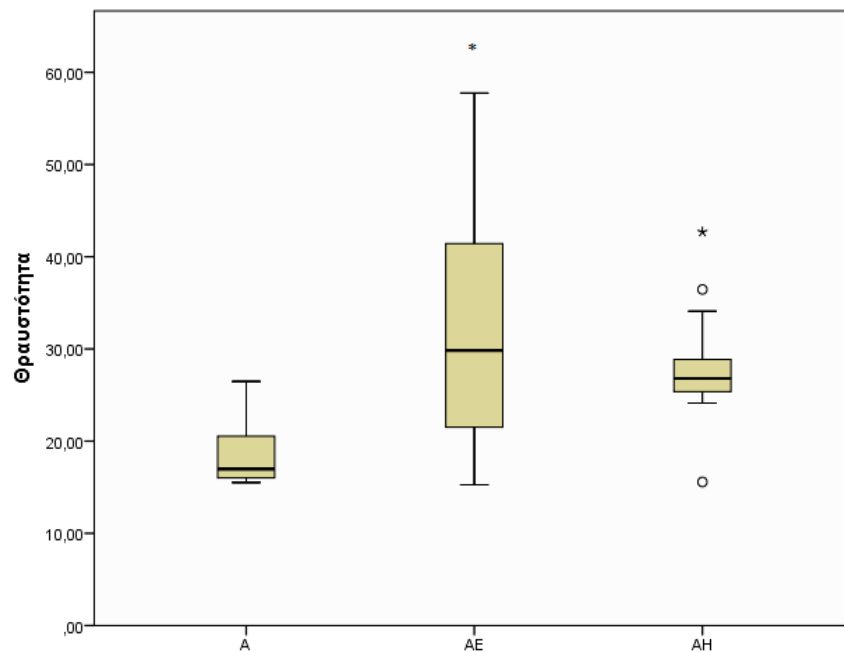
Σχήμα 6.3 Ενδεικτικό διάγραμμα δύναμης (N) – χρόνου (s) από τη δοκιμασία διάτρησης του δείγματος ΑΗ.



Σχήμα 6.4 Διάγραμμα πλαισίου απολήξεων (boxplot) της μέγιστης δύναμης κατά τη διάτρηση (σκληρότητα) για τα δείγματα A, AE και ΑΗ. Με αστερίσκο (*) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα Α ($P < 0.05$).



Σχήμα 6.5 Διάγραμμα πλαισίου απολήξεων (boxplot) του εμβαδού κάτω από την καμπύλη παραμόρφωσης (σκληρότητα) για τα δείγματα A, AE και AH. Με αστερίσκο (*) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα A ($P < 0.05$).



Σχήμα 6.6 Διάγραμμα πλαισίου απολήξεων (boxplot) της θραυστότητας για τα δείγματα A, AE και AH. Με αστερίσκο (*) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα A ($P < 0.05$).

Τα σχήματα 6.4 έως και 6.6 απεικονίζουν τις διαφορές στη σκληρότητα και τη θραυστότητα των δειγμάτων Α, ΑΕ και ΑΗ, τα οποία περιέχουν διαφορετικά ποσοστά και είδος ελαίων. Η σκληρότητα προσδιορίστηκε με δύο δείκτες, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Όπως φαίνεται στα σχήματα 6.4 και 6.5, τα δείγματα ΑΕ και ΑΗ, που περιέχουν 20% ελαιόλαδο και 20% ηλιέλαιο αντίστοιχα, έχουν τη μεγαλύτερη σκληρότητα. Δηλαδή εμφανίζουν τη μέγιστη δύναμη κατά τη δοκιμασία διάτρησης μεταξύ των δειγμάτων, αλλά και το μεγαλύτερο εμβαδόν της περιοχής κάτω από την καμπύλη, που αντιπροσωπεύει το έργο που απαιτείται για την πραγματοποίηση της δεδομένης παραμόρφωσης. Συνεπώς, τόσο το δείγμα ΑΕ όσο και το δείγμα ΑΗ διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, με επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $P < 0.05$, και στους δύο δείκτες σκληρότητας από το δείγμα Α, το οποίο περιείχε μόλις 5% ελαιόλαδο. Μεταξύ των ελαίων, ελαιόλαδο και ηλιέλαιο δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στη σκληρότητα σε κανέναν από τους δύο δείκτες, ωστόσο το δείγμα ΑΗ φαίνεται να έχει μία τάση εμφάνισης χαμηλότερων τιμών σκληρότητας από το δείγμα ΑΕ.

Η θραυστότητα των δειγμάτων ΑΕ και ΑΗ διέφερε σημαντικά από εκείνη του δείγματος Α ($P < 0.05$). Συνεπώς, η προσθήκη ελαίου συμβάλλει στην παρασκευή λιγότερο εύθραυστων παξιμαδιών. Μεταξύ διαφορετικού είδους ελαίου, ελαιόλαδο και ηλιέλαιο, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στη θραυστότητα των παξιμαδιών.

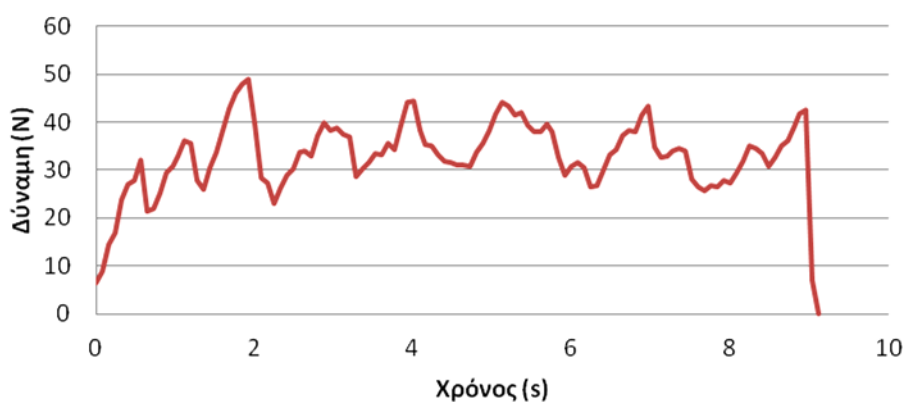
Είναι κατανοητό ότι με την αύξηση των περιεχόμενων ελαίων αυξάνεται η σκληρότητα των παξιμαδιών. Αυτό οφείλεται στη μικροδομή που διαμορφώνουν τα παξιμάδια, ανάλογα με το περιεχόμενο λίπος, καθώς η υφή είναι άμεση επίπτωση της εσωτερικής μικροδομής των τροφίμων. Πιο συγκεκριμένα, όταν το ποσοστό ελαίου αυξάνεται, εμποδίζεται ο σχηματισμός του πλέγματος της γλουτένης, συνεπώς τα παξιμάδια είναι πιο συμπαγή, έχουν μικρότερους πόρους και άρα εμφανίζουν αυξημένη σκληρότητα. Άλλοι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι αυτό συμβαίνει επειδή τα έλαια περιορίζουν τον αερισμό της ζύμης κατά το ζύμωμα (Abboud et al., 1985), ενώ κάποιοι άλλοι (Kamel, 1994) αναφέρουν ότι τα έλαια αντιθέτως μπορούν να προσδώσουν ικανοποιητικό αερισμό στη ζύμη, ωστόσο οι φυσαλίδες αέρα που παράγονται κατά την ωρίμανση δεν μπορούν να διατηρηθούν κατά τον κλιβανισμό, και για το λόγο αυτό προκύπτουν πιο σκληρά αρτοσκευάσματα. Ανάλογα, η θραυστότητα των παξιμαδιών μειώνεται με την αύξηση της περιεκτικότητας σε έλαια. Με άλλα λόγια, η αύξηση της περιεκτικότητας σε έλαια, οδηγεί επίσης σε αύξηση της απαιτούμενης δύναμης για τη θραύση του δείγματος και συνεπώς, τόσο λιγότερο εύθραυστο είναι το δείγμα.

6.3.1.2 2^η κατηγορία δειγμάτων

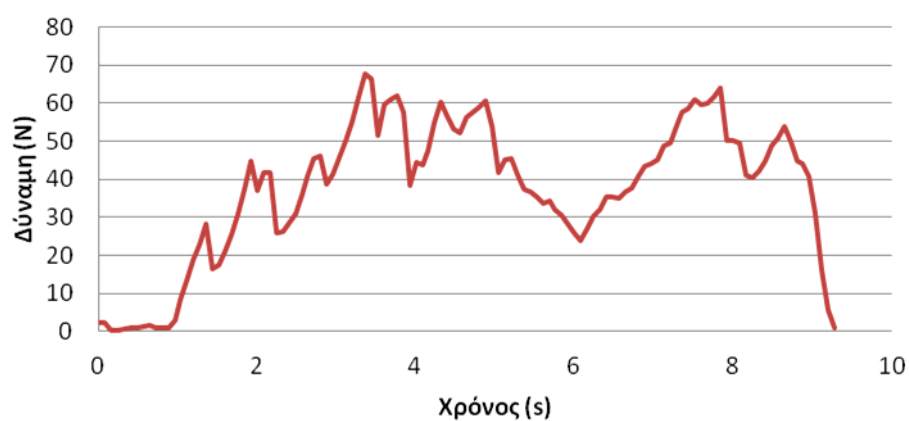
Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τέσσερα δείγματα με διαφορές στις περιεχόμενες φυτικές ίνες. Τα δείγματα Α, Β και ΒΟ διαφέρουν ως προς την περιεκτικότητα σε σταρénιο αλεύρι ολικής αλέσεως, και συνεπώς ως προς την περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες, ενώ στο δείγμα ΒΦ έγινε 40% υποκατάσταση του σταρένιου λευκού αλεύρου από αλεύρι φασολιών (όσπρια), και συνεπώς διαφέρει ως προς το είδος του αλεύρου από τα υπόλοιπα δείγματα.

Αναμένεται τα παξιμάδια με μεγαλύτερο ποσοστό υποκατάστασης του σταρένιου αλεύρου από ολικής αλέσεως άλευρο να εμφανίζουν αυξημένες τιμές σκληρότητας και μειωμένη θραυστότητα, δηλαδή αυξημένες τιμές δύναμης (N) πρώτου θραύσματος. Το δείγμα ΒΦ, επειδή περιέχει κατά 40% λιγότερο σταρénιο αλεύρι και συνεπώς 40% μειωμένα επίπεδα γλουτένης, αναμένεται να εμφανίσει αυξημένη σκληρότητα σε σχέση με το Β, στο οποίο έγινε 40% υποκατάσταση με σταρénιο αλεύρι πλήρους άλεσης.

Ακολουθούν τυπικά διαγράμματα από τις δοκιμασίες διάτρησης των τεσσάρων δειγμάτων (Σχήμα 6.7-6.10, στο δείγμα Α αντιστοιχεί το διάγραμμα του σχήματος 6.1).



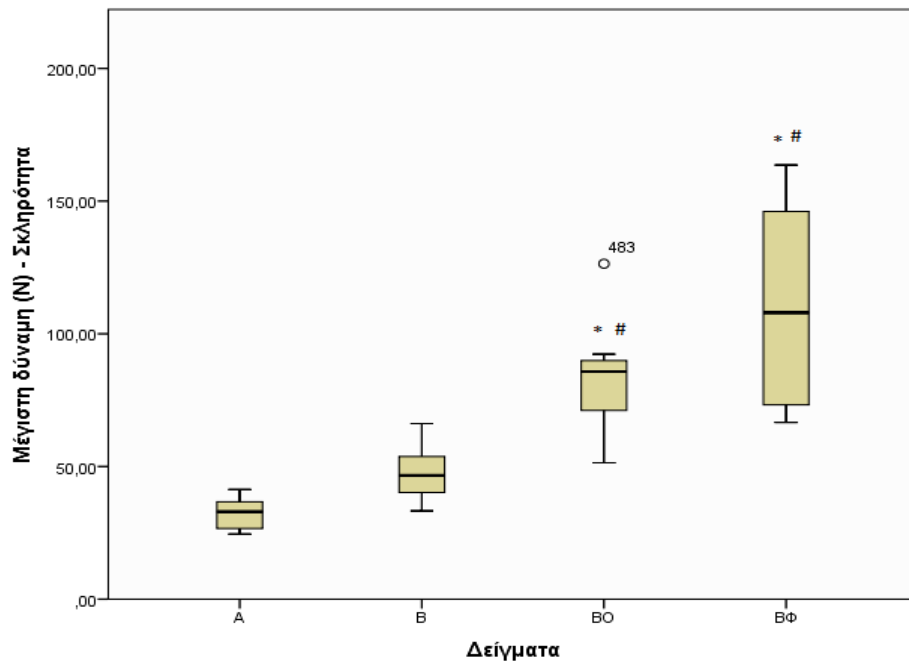
Σχήμα 6.7 Ενδεικτικό διάγραμμα δύναμης (N) – χρόνου (s) από τη δοκιμασία διάτρησης του δείγματος Β.



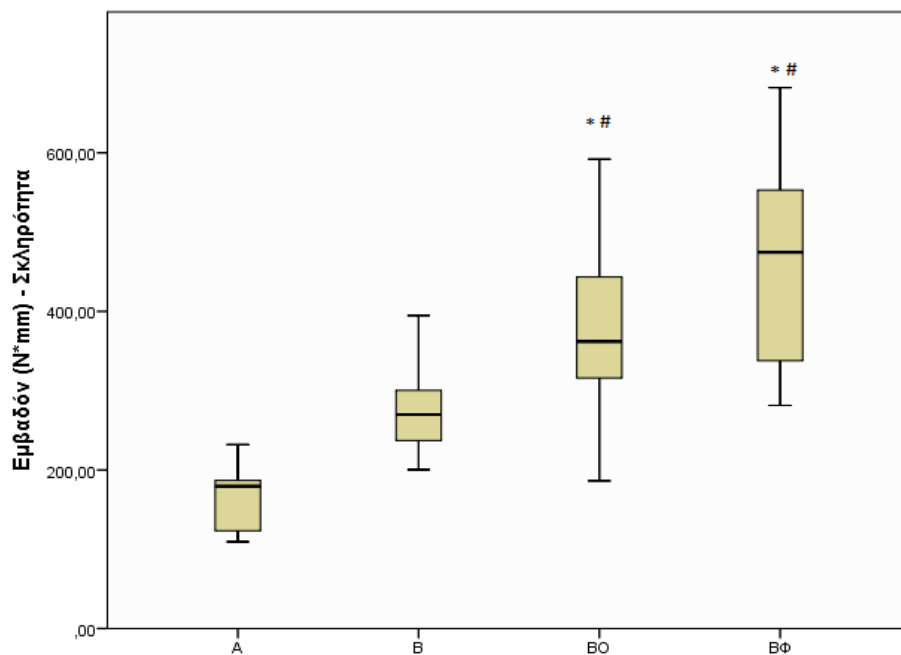
Σχήμα 6.8 Ενδεικτικό διάγραμμα δύναμης (N) – χρόνου (s) από τη δοκιμασία διάτρησης του δείγματος ΒΟ.



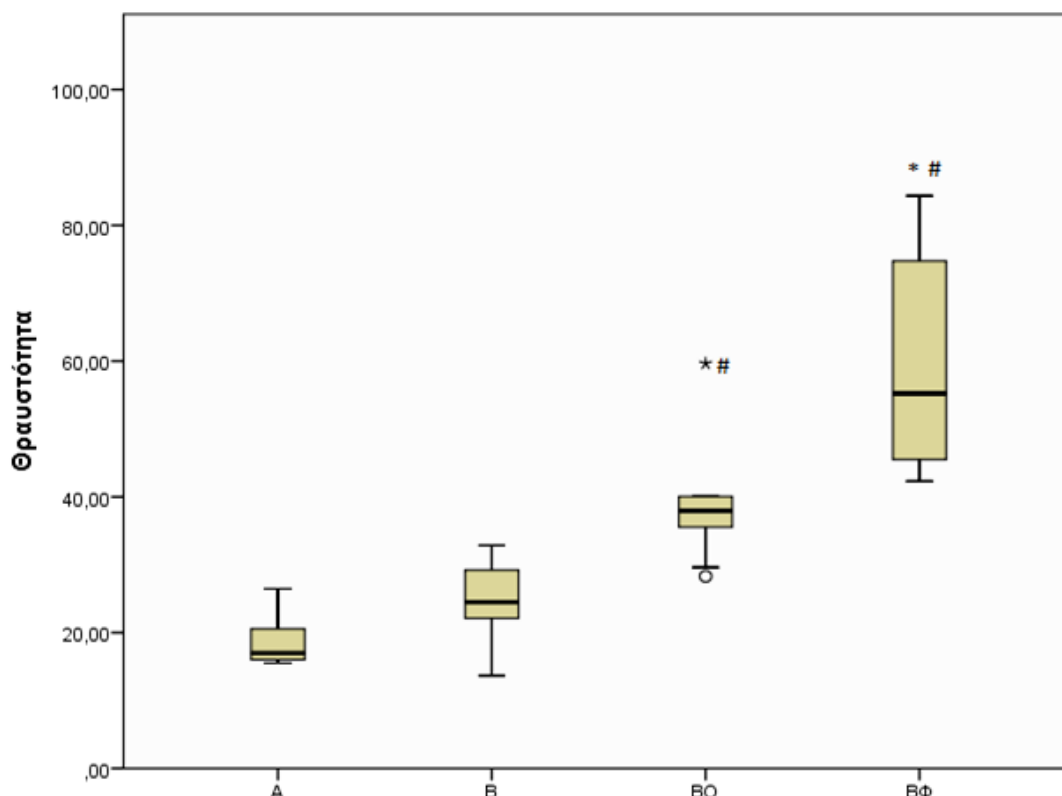
Σχήμα 6.9 Ενδεικτικό διάγραμμα δύναμης (N) – χρόνου (s) από τη δοκιμασία διάτρησης του δείγματος ΒΦ.



Σχήμα 6.10 Διάγραμμα πλαισίου απολήξεων (boxplot) της μέγιστης δύναμης κατά τη διάτρηση (σκληρότητα) για τα δείγματα A, B, BO και BΦ. Με αστερίσκο (*) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα A ($P < 0.05$), και με δίεση (#) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από το δείγμα B ($P < 0.05$).



Σχήμα 6.10 Διάγραμμα πλαισίου απολήξεων (boxplot) του εμβαδού κάτω από την καμπύλη παραμόρφωσης (σκληρότητα) για τα δείγματα A, B, BO και BΦ. Με αστερίσκο (*) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα A ($P < 0.05$), και με δίεση (#) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από το δείγμα B ($P < 0.05$).



Σχήμα 6.10 Διάγραμμα πλαισίου απολήξεων (boxplot) της θραυστότητας για τα δείγματα A, B, BO και BΦ. Με αστερίσκο (*) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα A ($P < 0.05$), και με δίσση (#) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από το δείγμα B ($P < 0.05$).

Είναι φανερό ότι με την αύξηση του ποσοστού των περιεχόμενων φυτικών ινών των παξιμαδιών αυξάνεται και η σκληρότητά τους. Όπως φαίνεται στα διαγράμματα των σχημάτων 6.8 και 6.9, τα δείγματα BO και BΦ είναι σκληρότερα από το δείγμα A και από το δείγμα B ($P < 0.05$). Συνεπώς, η αύξηση της υποκατάστασης σε αλεύρι ολικής αλέσεως, από 40 σε 100%, αύξησε σημαντικά τη σκληρότητα των παξιμαδιών. Η διαφορά αυτή εντοπίζεται και στους δύο δείκτες σκληρότητας, δηλαδή τη μέγιστη δύναμη κατά τη δοκιμασία διάτρησης και το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη παραμόρφωσης. Ωστόσο, η προσθήκη 40% αλεύρου ολικής αλέσεως στο παξιμάδι, δεν επέφερε στατιστικά σημαντική αύξηση στη σκληρότητά του, σε σχέση με το παξιμάδι που περιέχει μόνο σταρένιο λευκό αλεύρι. Παρόμοια αποτελέσματα δηλαδή αύξηση της σκληρότητας αρτοσκευασμάτων με την αύξηση της περιεκτικότητας σε φυτικές ίνες έχουν βρεθεί και σε άλλες μελέτες (Gupta et al., 2011; Laguna et al., 2013).

Το δείγμα BΦ, με 40% υποκατάσταση από αλεύρι φασολιών, διέφερε στατιστικά σημαντικά στη σκληρότητα από όλα τα δείγματα εκτός του BO, που παρασκευάζεται από 100% αλεύρι σταρένιο πλήρους άλεσης. Τα δείγματα BΦ διέθεταν σαφώς

μειωμένη ικανότητα σχηματισμού του πλέγματος της γλουτένης, καθώς περιέχουν κατά 40% λιγότερες πρωτεΐνες γλουτένης σε σχέση με τα άλλα δείγματα. Έτσι, κατά το στοφάρισμα της ζύμης παρατηρήθηκε μειωμένη αύξηση του όγκου της, με αποτέλεσμα τα παξιμάδια αυτής της κατηγορίας να είναι πιο συμπαγή, πιο σκληρά και λιγότερο εύθραυστα συγκρινόμενα με τα δείγματα των λοιπών κατηγοριών.

Η θραυστότητα των παξιμαδιών, μειώνεται με την αύξηση της υποκατάστασης του λευκού σταρένιου αλεύρου από πλήρους άλεσης άλευρο όπως φαίνεται στο σχήμα 6.10. Πιο συγκεκριμένα, τα δείγματα ΒΦ και ΒΟ είναι λιγότερο εύθραυστα από τα δείγματα Α και Β, με επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $P < 0.05$. Η αύξηση του ποσοστού του αλεύρου ολικής αλέσεως από 0 σε 40% δεν επέφερε σημαντική μείωση στη θραυστότητα των παξιμαδιών ($P < 0.05$). Επίσης, σημαντική διαφορά δεν παρατηρήθηκε μεταξύ των δειγμάτων ΒΟ και ΒΦ. Ουσιαστικά, με την αύξηση της περιεκτικότητας του παξιμαδιού σε φυτικές ίνες, απαιτείται μεγαλύτερη εφαρμοζόμενη δύναμη για να επιτευχθεί το πρώτο θραύσμα στη δομή τους ή διαφορετικά τα παξιμάδια είναι λιγότερο εύθραυστα.

Γενικά, οι αδιάλυτες φυτικές ίνες οι διογκώνονται και συγκρατούν νερό ανάλογα με το μέγεθος και την κατανομή των πόρων τους, με αποτέλεσμα να τροποποιούν συχνά τη συνοχή και την υφή των τροφίμων, με διάφορους μηχανισμούς που εξαρτώνται κυρίως από τη διαλυτότητά τους. Όπως εξηγούν οι Laguna et al (2013), οι αλυσίδες πολυσακχαριδίων αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, περικλείοντας μεγάλες ποσότητες ισχυρά δεσμευμένου και αρκετό στατικό νερό. Η μεταβολή αυτή οδηγεί σε μείωση του πορώδους και της τάσης του νερού να διαφεύγει από τις κοιλότητες. Έτσι, τα αρτοσκευάσματα με μεγαλύτερο ποσοστό φυτικών ινών είναι σκληρότερα και λιγότερο εύθραυστα.

Στη μελέτη παρατηρήθηκε ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ των τιμών της μέγιστης δύναμης κατά τη δοκιμασία διάτρησης (N) και του εμβαδού της καμπύλης παραμόρφωσης (N*mm) που αποδίδει το έργο που απαιτείται για τη διάτρηση του παξιμαδιού μέχρι ενός δεδομένου σημείου, με $r = 0.916$ και $P < 0.001$. Επίσης, μέτρια θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε μεταξύ των τιμών της μέγιστης δύναμης κατά τη διάτρηση (N) και της δύναμης που αντιστοιχεί στο πρώτο θραύσμα της δομής του παξιμαδιού (N) ή με άλλα λόγια μέτρια αρνητική συσχέτιση μεταξύ του δείκτη σκληρότητας (μέγιστη δύναμη - N) και της θραυστότητας των παξιμαδιών, με $r = 0.733$ και επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $P < 0.001$. Ανάλογη αρνητική συσχέτιση συσχέτιση βρέθηκε μεταξύ της θραυστότητας των παξιμαδιών και του δείκτη σκληρότητας (εμβαδόν κάτω από την καμπύλη παραμόρφωσης-N*mm) με $r = 0.60$ και $P < 0.001$.

6.3.3 Αποτελέσματα και αξιολόγηση της μέτρησης πορώδους

Το πορώδες είναι μία φυσική ιδιότητα των τροφίμων, η οποία δίνει πληροφορίες τόσο για τις μηχανικές ιδιότητές τους, όσο και για τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά. Τα ξηρά προϊόντα όπως είναι το παξιμάδι, χάνουν το μεγαλύτερο μέρος της υγρασίας τους κατά τη θερμική επεξεργασία (κυρίως κατά τη β' θερμική επεξεργασία), με αποτέλεσμα τη δημιουργία πόρων, οι οποίοι συνεισφέρουν στο αίσθημα της τραγανότητας και της θραυστότητας.

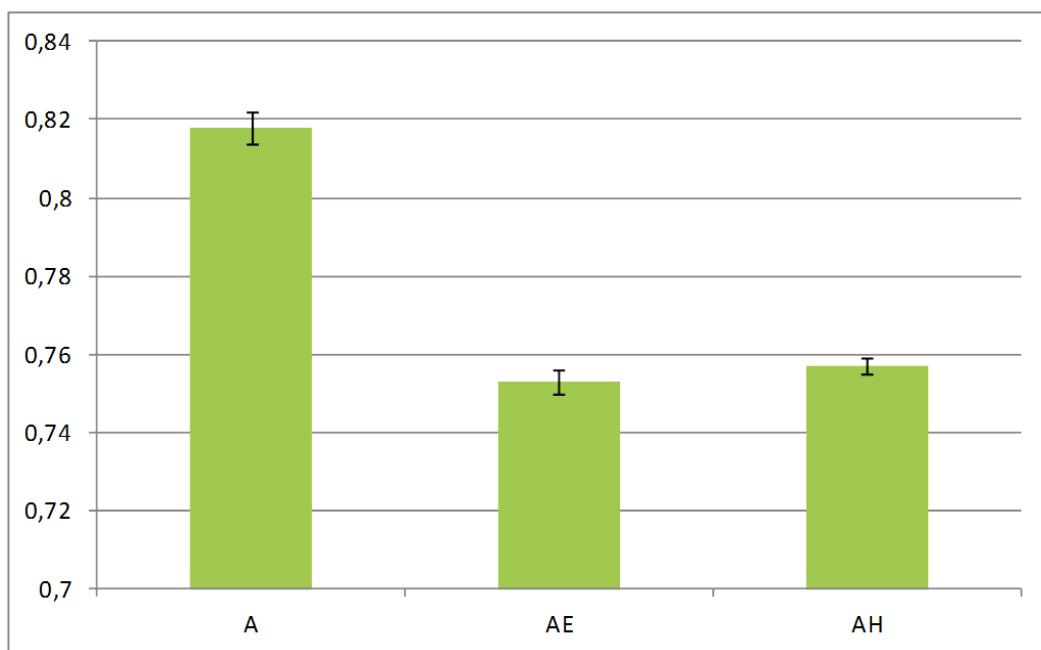
Τα αποτελέσματα από τη μέτρηση του πορώδους των δειγμάτων παξιμαδιών, η οποία πραγματοποιήθηκε με το στερεοπυκνόμετρο Quantachrome, φαίνονται στον πίνακα 6.4.

Κωδικός δείγματος	Τιμή πορώδους
A	0,818 ($\pm$ 0,004)
AE	0,753 ($\pm$ 0,003)
AH	0,757 ($\pm$ 0,002)
A	0,818 ($\pm$ 0,004)
B	0,803 ($\pm$ 0,007)
BO	0,703 ($\pm$ 0,016)
BΦ	0,632 ($\pm$ 0,012)

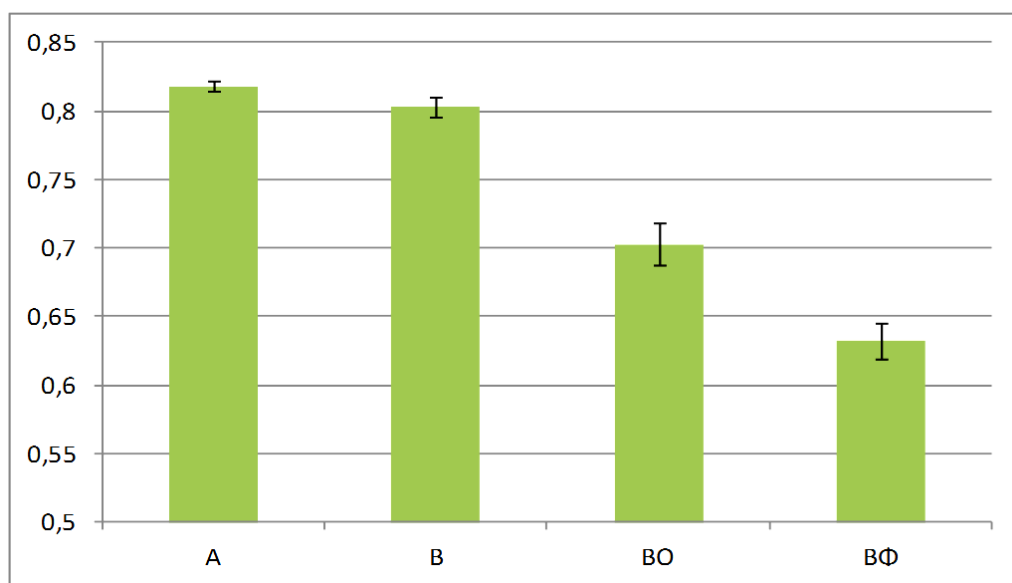
Πίνακας 6.4 Αποτελέσματα από τη μέτρηση του πορώδους των παξιμαδιών με στερεοπυκνόμετρο Quantachrome.

Όπως παρατηρούμε και στο σχήμα 6.11, όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα σε λιπαρά, το πορώδες των παξιμαδιών μειώνεται. Δηλαδή αυξανόμενης της περιεκτικότητας σε ελαιόλαδο, τα παξιμάδια γίνονται πιο συμπαγή, έχουν μικρότερους πόρους. Ωστόσο, μεταξύ των δύο δειγμάτων AE και AH που διαφέρουν μόνο ως προς το είδος του ελαίου και όχι στην ποσότητα, δε φαίνεται να υπάρχει διαφορά.

Όσο αφορά τα δείγματα A, B, BO και BΦ (σχήμα 6.12) οι διαφορές στο μέγεθος των πόρων είναι εμφανείς. Με την υποκατάσταση του λευκού σταρένιου αλεύρου από ολικής αλέσεως αλεύρι του ίδιου σιτηρού, το πορώδες των παξιμαδιών μειώνεται. Η μείωση αυτή δεν είναι αισθητή μεταξύ των δειγμάτων A και B. Το δείγμα BΦ, με 40% υποκατάσταση του σταρένιου αλεύρου από αλεύρι φασολιών, διαθέτει το μικρότερο πορώδες, εύρημα που εξηγεί και τις υψηλές τιμές σκληρότητας και ευθραυστότητας αυτού του δείγματος.



Σχήμα 6.11 Επίδραση της περιεκτικότητας και του είδους ελαίων στο πορώδες των παξιμαδιών. A: 5% ελαιόλαδο, AE: 20% ελαιόλαδο και AH: 20% ηλιέλαιο.

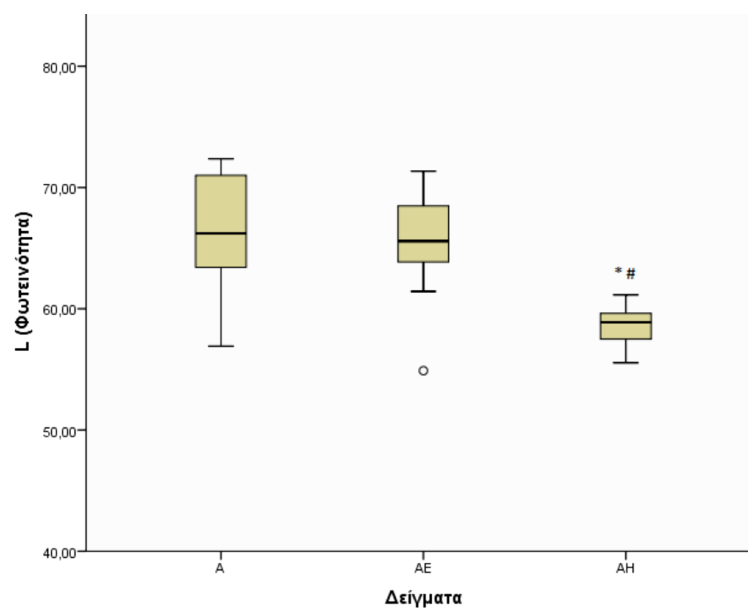


Σχήμα 6.12 Επίδραση της υποκατάστασης με αλεύρι ολικής αλέσεως και με άλευρο φασολιού στο πορώδες των παξιμαδιών. A: 100% σταρένιο αλεύρι λευκό, B: 40% υποκατάσταση με σταρένιο αλεύρι ολικής αλέσεως, BO: 100% υποκατάσταση με σταρένιο αλεύρι ολικής αλέσεως, BΦ: 40% υποκατάσταση με άλευρο από φασόλια (όσπρια).

6.3.3 Αποτελέσματα και αξιολόγηση της μέτρησης χρώματος

6.3.3.1 1^η κατηγορία δειγμάτων

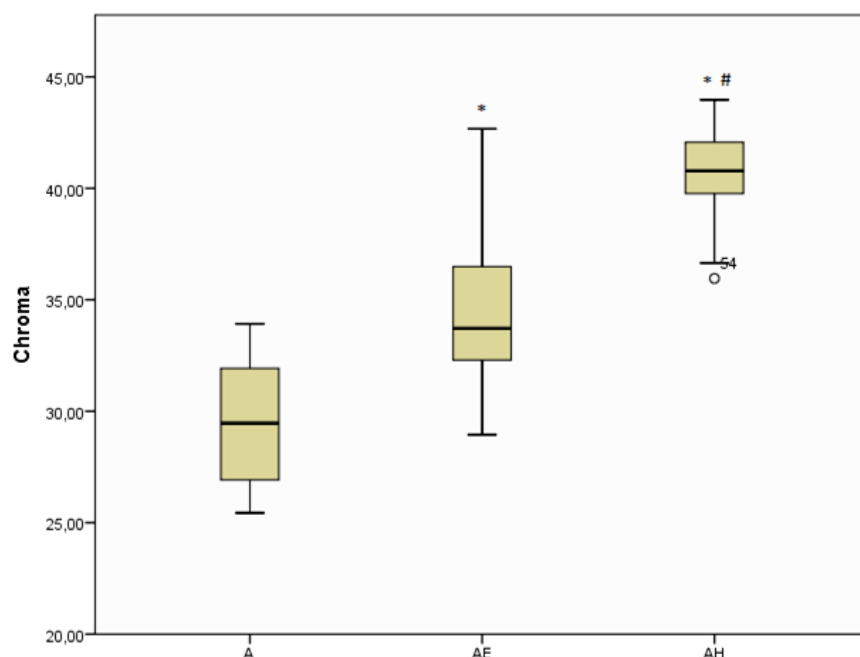
Στην κατηγορία αυτή εξετάζεται η επίδραση της προσθήκης ελαιολάδου και ηλιέλαιου στο χρώμα των τελικών παξιμαδιών. Είναι γνωστό, ότι το χρώμα και γενικά η οπτική εμφάνιση των τροφίμων, έχει μια ισχυρή επίδραση στην αντίληψη του καταναλωτή σχετικά με την ποιότητα των τροφίμων και συμβάλλει κατά ένα μεγάλο ποσοστό στην αποδοχή τους από τους καταναλωτές (Nisha et al., 2011).



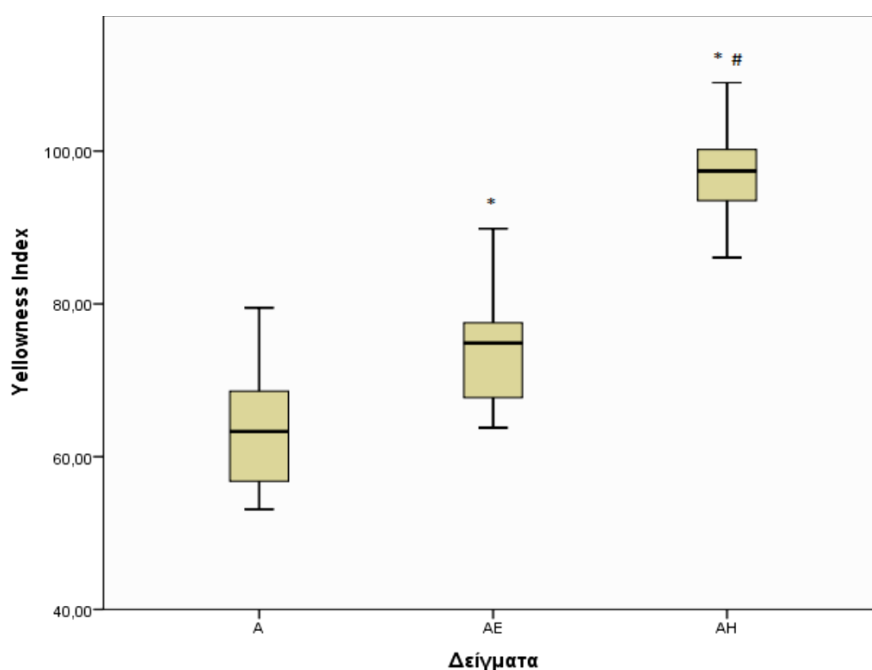
Σχήμα 6.13 Επίδραση της προσθήκης ελαιολάδου και ηλιέλαιου στη φωτεινότητα των παξιμαδιών. Με αστερίσκο (*) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα A ($P < 0.05$), και με δίεση (#) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από το δείγμα AE ($P < 0.05$).



Σχήμα 6.14 Δείγματα A, AE, AH (από αριστερά προς τα δεξιά).



Σχήμα 6.15 Επίδραση της προσθήκης ελαίων στην ένταση του χρώματος (Chroma) των παξιμαδιών. Με αστερίσκο (*) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα A ($P < 0.05$), και με δίεση (#) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από το δείγμα AE ($P < 0.05$).

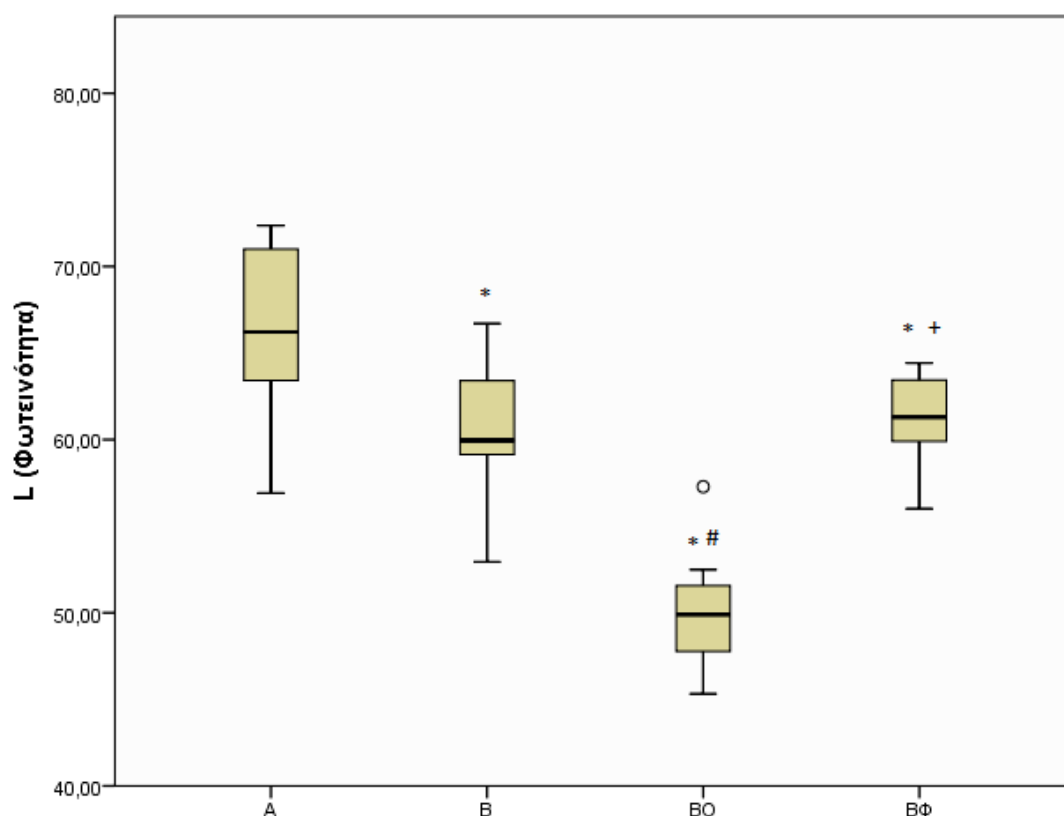


Σχήμα 6.16 Επίδραση της προσθήκης ελαίων στο δείκτη κίτρινου χρώματος για τα δείγματα A, AE και AH. Με αστερίσκο (*) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα A ($P < 0.05$), και με δίεση (#) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από το δείγμα AE ($P < 0.05$).

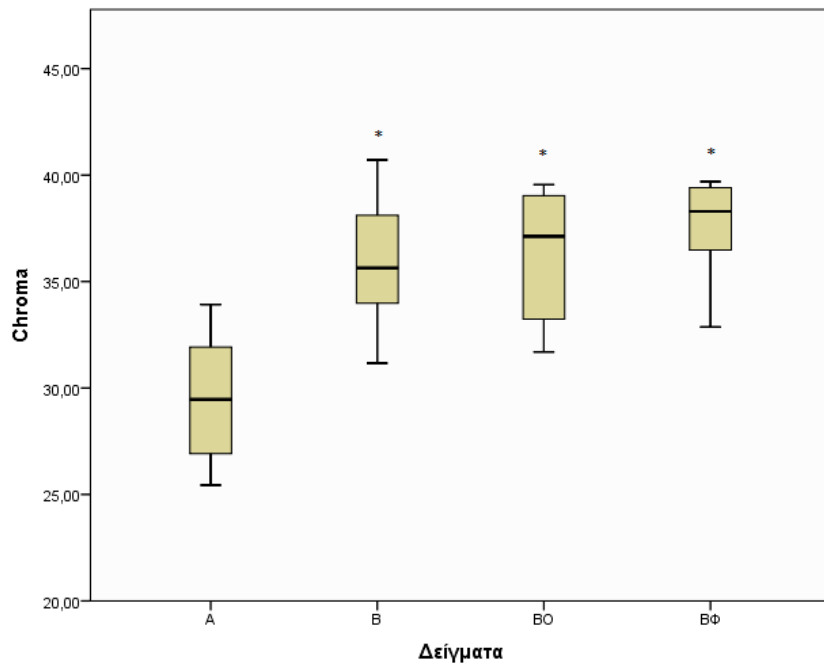
Το χρώμα των παξιμαδιών επηρεάστηκε ($P < 0.05$) τόσο από την αύξηση της περιεκτικότητας σε ελαιόλαδο, αλλά και από το είδος του ελαίου. Λόγω του χρώματος των ελαίων, τα παξιμάδια με 20% περιεκτικότητα (ΑΕ και ΑΗ) παρουσίασαν πιο έντονο (σχήμα 6.15) και πιο κίτρινο (σχήμα 6.16) χρώμα, με ταυτόχρονη μείωση της φωτεινότητάς τους (L values). Μεταξύ των δειγμάτων ΑΕ και ΑΗ, φάνηκε ότι τα παξιμάδια με ηλιέλαιο παρουσιάζουν το πιο κίτρινο χρώμα μεταξύ των δειγμάτων (προς ανοιχτό πορτοκαλί).

6.3.3.2 2^η κατηγορία δειγμάτων

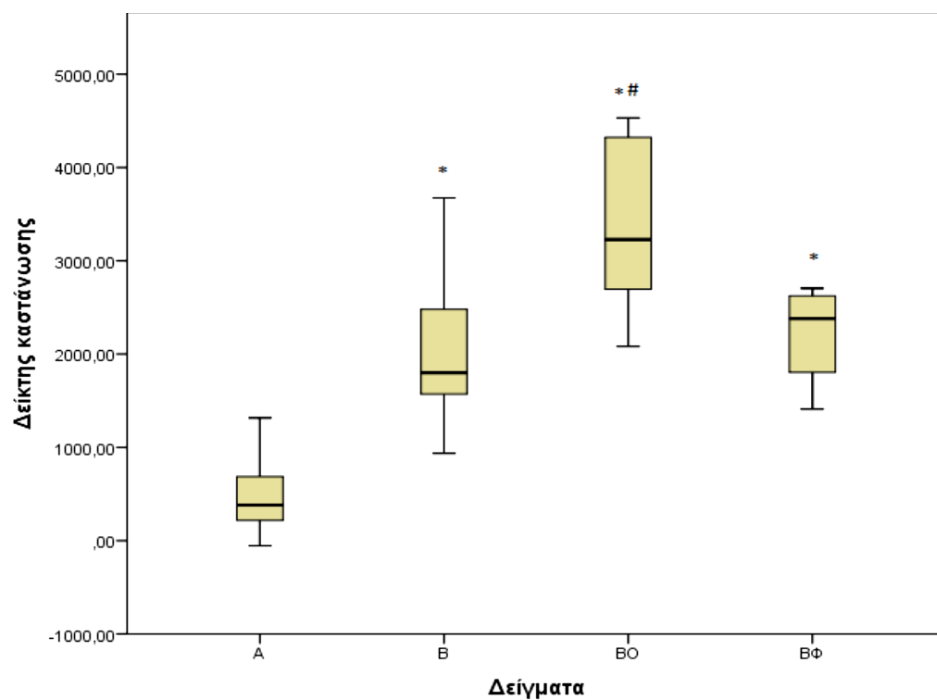
Στην κατηγορία αυτή εξετάζεται η επίδραση της υποκατάστασης του σταρένιου λευκού αλεύρου από αλεύρι ολικής αλέσεως, σε διάφορες περιεκτικότητες, στο χρώμα των παραγόμενων παξιμαδιών. Επίσης, μελετάται η επίδραση της υποκατάστασης του σταρένιου αλεύρου από αλεύρι φασολιών στο χρώμα των παξιμαδιών.



Σχήμα 6.17 Επίδραση της προσθήκης αλεύρων πλούσιων σε φυτικές ίνες στη φωτεινότητα των παξιμαδιών (L). Με αστερίσκο (*) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα Α ($P < 0.05$), με δίεση (#) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από το δείγμα Β ($P < 0.05$) και με (+) τα δείγματα που διαφέρουν από το ΒΟ ($P < 0.05$).



Σχήμα 6.18 Επίδραση της προσθήκης αλεύρων πλούσιων σε φυτικές ίνες στην ένταση του χρώματος (chroma) δειγμάτων παξιμαδιού. Με αστερίσκο (*) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα A ($P<0.05$).



Σχήμα 6.19 Επίδραση της προσθήκης αλεύρου πλούσιου σε φυτικές ίνες στο δείκτη καστανότητας δειγμάτων παξιμαδιού. Με αστερίσκο (*) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα A ($P<0.05$), και με δίεση εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το B ($P<0.05$).

Το χρώμα των παξιμαδιών επηρεάστηκε από την προσθήκη σταρένιου αλεύρου ολικής αλέσεως αλλά και από την προσθήκη αλεύρου φασολιών. Λόγω του καστανού χρώματος του αλεύρου πλήρους άλεσης, τα αντίστοιχα παξιμάδια εμφάνισαν πιο σκούρο χρώμα, και σημαντικά μειωμένες τιμές φωτεινότητας ($P<0.05$). Η μεταβολή αυτή έγινε πιο έντονη με κλιμάκωση του ποσοστού υποκατάστασης του σταρένιου λευκού αλεύρου από ολικής αλέσεως αλεύρι.

Είναι φανερό ότι τόσο η φωτεινότητα όσο και ο δείκτης καστανώσης του δείγματος ΒΦ, δε διαφέρει από τις αντίστοιχες του δείγματος Β, παρότι στα δύο αυτά δείγματα η υποκατάσταση έχει γίνει με διαφορετικού τύπου αλεύρι. Ωστόσο, τα άλευρα έχουν διαφορετικό χρώμα, δηλαδή το χρώμα των πρώτων υλών που χρησιμοποιήθηκαν διαφέρει, με το αλεύρι από φασόλι να εμφανίζει ένα υποκίτρινο χρώμα και το ολικής αλέσεως αλεύρι έχει καστανό ανοιχτό χρώμα.

Γενικά, το χρώμα των παξιμαδιών επηρεάζεται επηρεάστηκε τόσο από την προσθήκη αλεύρων με υψηλό περιεχόμενο σε φυτικές ίνες, όσο και από το επίπεδο προσθήκης τους. Σαν αποτέλεσμα το δείγμα ΒΟ παρουσίασε τη χαμηλότερη φωτεινότητα (σχήμα 6.17) ($P<0.05$), και ταυτόχρονα τη μεγαλύτερη τιμή του δείκτη καστανώσης (σχήμα 6.19), σε σύγκριση με τα υπόλοιπα παξιμάδια που έλαβαν υψηλότερες και χαμηλότερες τιμές αντίστοιχα.



Σχήμα 6.20 Φωτογραφία δειγμάτων Α, Β, ΒΟ και ΒΦ (από αριστερά προς τα δεξιά).

6.4 Αξιολόγηση ποιοτικών χαρακτηριστικών παξιμαδιών με υποκειμενικές μεθόδους

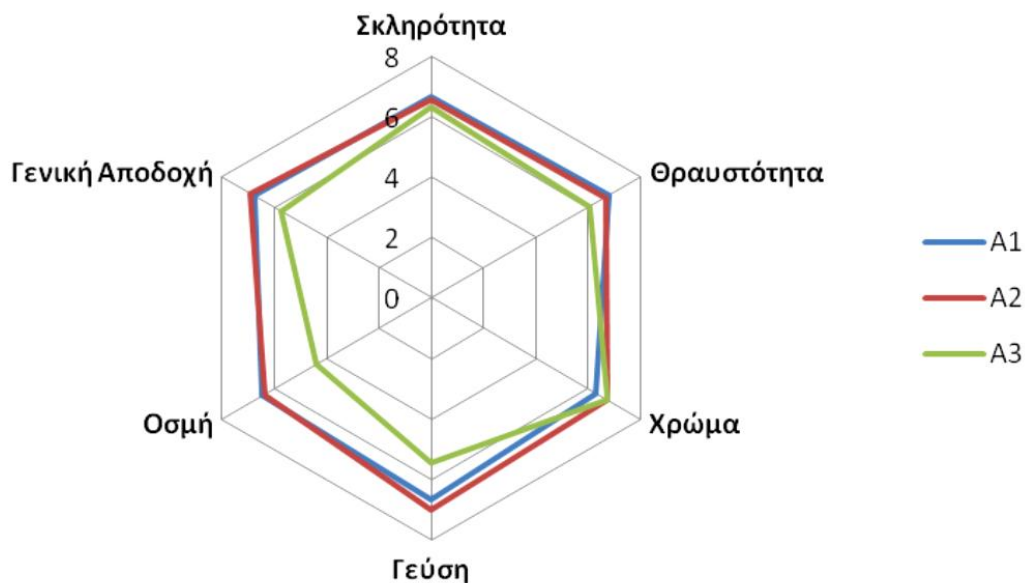
6.4.1 Αποτελέσματα και αξιολόγηση οργανοληπτικών δοκιμών αρεσκείας

Στον πίνακα 6.5 παρατίθενται οι βαθμολογίες των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των παξιμαδιών (μέσοι όροι βαθμολογιών), όπως προέκυψαν από τις οργανοληπτικές δοκιμές αρεσκείας των δειγμάτων.

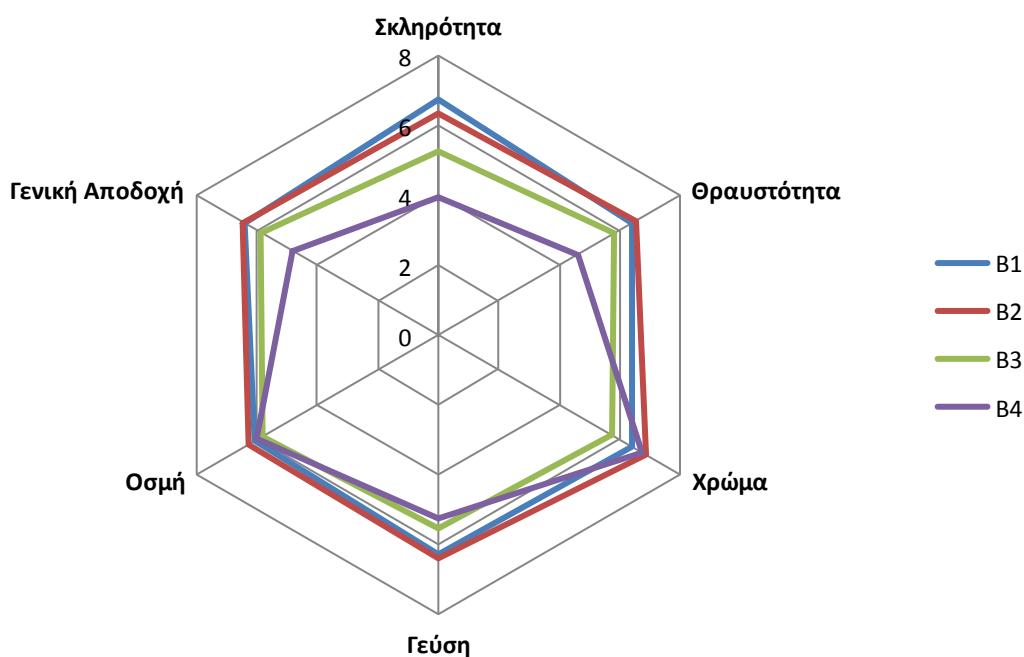
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4
Σκληρότητα	6,69 ($\pm 1,5$)	6,56 ($\pm 1,6$)	6,31 ($\pm 1,7$)	6,72 ($\pm 1,5$)	6,34 ($\pm 1,6$)	5,25 ($\pm 1,9$)	4,00 ($\pm 1,9$)
Θραυστότητα	6,78 ($\pm 1,4$)	6,66 ($\pm 1,5$)	6,06 ($\pm 1,8$)	6,38 ($\pm 1,7$)	6,56 ($\pm 1,5$)	5,78 ($\pm 1,7$)	4,60 ($\pm 2,0$)
Χρώμα	6,28 ($\pm 1,3$)	6,75 ($\pm 1,2$)	6,72 ($\pm 1,3$)	6,38 ($\pm 1,5$)	6,84 ($\pm 1,0$)	5,72 ($\pm 1,9$)	6,72 ($\pm 1,1$)
Γεύση	6,66 ($\pm 1,2$)	7,03 ($\pm 1,5$)	5,47 ($\pm 1,7$)	6,28 ($\pm 1,3$)	6,38 ($\pm 1,5$)	5,56 ($\pm 1,7$)	5,28 ($\pm 1,5$)
Οσμή	6,47 ($\pm 1,0$)	6,38 ($\pm 1,2$)	4,38 ($\pm 1,6$)	6,09 ($\pm 1,3$)	6,25 ($\pm 1,2$)	5,84 ($\pm 1,4$)	6,00 ($\pm 1,1$)
Γενική Αποδοχή	6,78 ($\pm 0,9$)	6,94 ($\pm 1,1$)	5,75 ($\pm 1,5$)	6,37 ($\pm 1,2$)	6,44 ($\pm 1,4$)	5,88 ($\pm 1,6$)	4,81 ($\pm 1,5$)

Πίνακας 6.5 Μέσοι όροι βαθμολογιών για την αρεστότητα των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων παξιμαδιού. A1: δείγμα A, 5% ελαιόλαδο, A2: δείγμα AE, 20% ελαιόλαδο, A3: δείγμα AH, 20% ηλιέλαιο. B1: δείγμα A (100% σταρένιο αλεύρι λευκό), B2: δείγμα B, (40% υποκατάσταση με αλεύρι σταρένιο ολικής αλέσεως), B3: δείγμα BO, (100% υποκατάσταση με αλεύρι σταρένιο ολικής αλέσεως), B4: δείγμα BΦ, (40% υποκατάσταση με αλεύρι φασολιών).

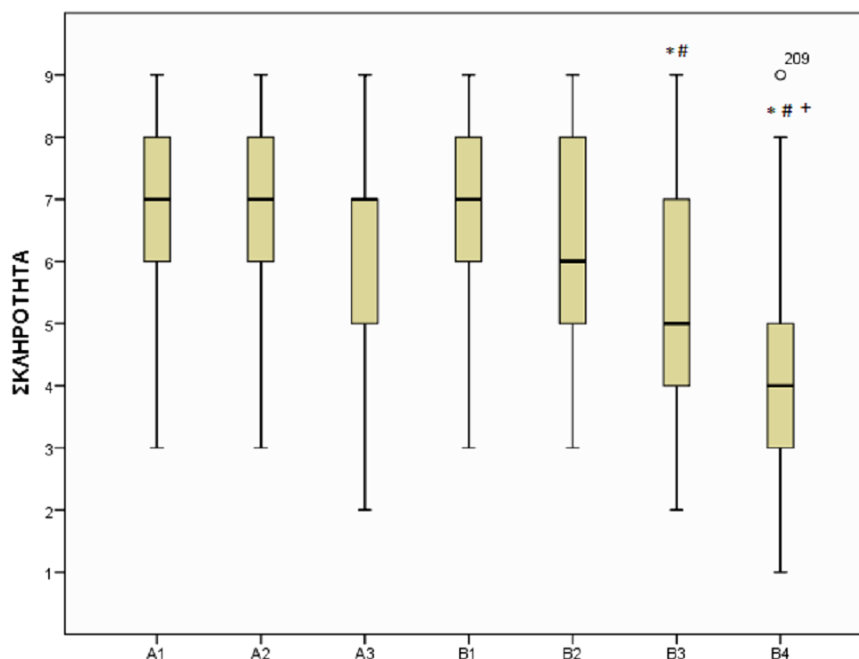
Τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα δείχνουν ότι το δείγμα B3 δεν ήταν αρεστό (βαθμολογία μικρότερη του 6 (Choi et al., 2007)) στους δοκιμαστές για κανένα από τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά, ενώ εξίσου χαμηλή βαθμολογία έλαβε το δείγμα B4 (BΦ), για τα μετρούμενα χαρακτηριστικά εξαιρουμένων της οσμής και του χρώματος. Επιπροσθέτως, η γεύση και η οσμή του δείγματος A3 (AH) δεν ήταν αποδεκτή από τους δοκιμαστές, όπως επίσης και η γενική του αποδοχή σαν τρόφιμο.



Σχήμα 6.21 Επίδραση της προσθήκης ελαίων στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των παξιμαδιών. A1: δείγμα A, 5% ελαιόλαδο, A2: δείγμα AE, 20% ελαιόλαδο, A3: δείγμα AH, 20% ηλιέλαιο.



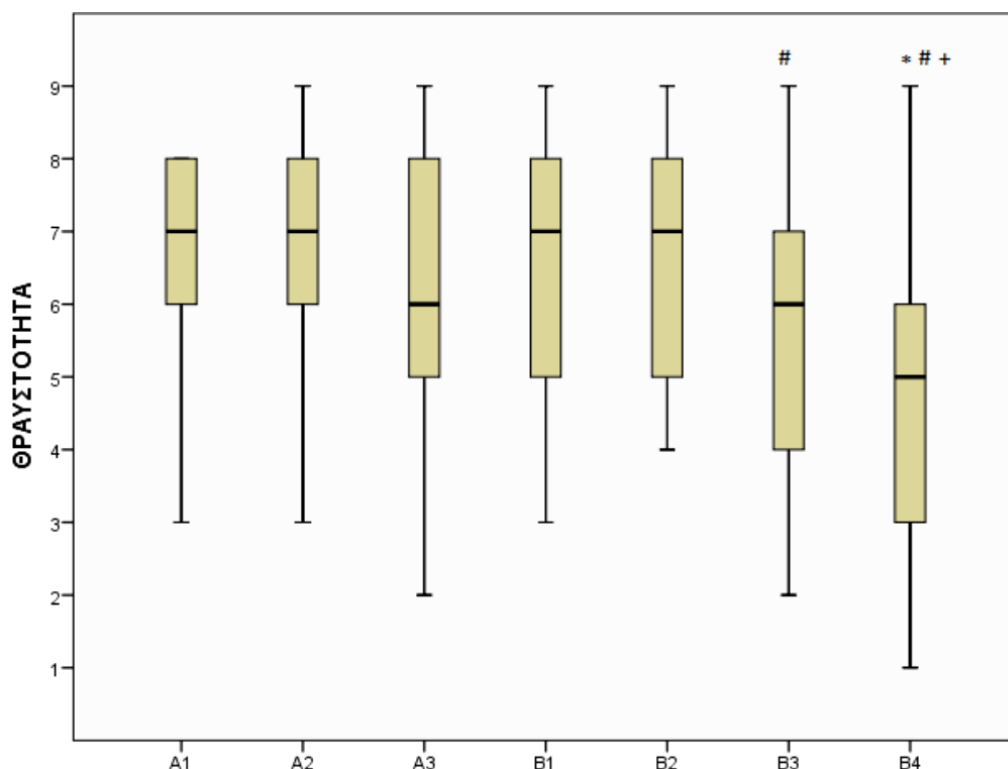
Σχήμα 6.22 Επίδραση της προσθήκης αλεύρων πλούσιων σε φυτικές ίνες στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των παξιμαδιών. B1: δείγμα A (100% σταρένιο αλεύρι λευκό), B2: δείγμα B, (40% υποκατάσταση με αλεύρι σταρένιο ολικής αλέσεως), B3: δείγμα B0, (100% υποκατάσταση με αλεύρι σταρένιο ολικής αλέσεως), B4: δείγμα BΦ, (40% υποκατάσταση με αλεύρι φασολιών).



Σχήμα 6.23 Βαθμολογία αρεστότητας της σκληρότητας των δειγμάτων παξιμαδιού. Με αστερίσκο (*) συμβολίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά στην αρεστότητα της σκληρότητας συγκριτικά με το δείγμα B1, με δίσση (#) συμβολίζονται τα δείγματα εκείνα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα B2 και με θετικό πρόσημο (+) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στη σκληρότητα ως προς το δείγμα B3 ($P < 0.05$). Οι δύο κατηγορίες δειγμάτων (A1-A3 και B1-B4) συγκρίνονται ξεχωριστά.

Το σχήμα 6.21 αποδίδει μια γενική εικόνα της αρεστότητας των δειγμάτων της 1^{ης} κατηγορίας (διαφορές ως προς τα έλαια), ως προς τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά. Είναι φανερό ότι το δείγμα AH (δείγμα A3) εμφανίζει τις χαμηλότερες βαθμολογίες αναφορικά με τη γεύση, την οσμή και τη γενική αποδοχή των δειγμάτων, ενώ μικρές διαφορές παρατηρούνται στη σκληρότητα, στη θραυστότητα και στο χρώμα των τριών δειγμάτων.

Το σχήμα 6.22 αποδίδει τη γενική εικόνα των βαθμολογιών της αρεστότητας των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων B1-B4. Παρατηρούμε ότι τις χαμηλότερες βαθμολογίες λαμβάνουν τα δείγματα B3 και B4. Πιο συγκεκριμένα, το δείγμα B3 δεν ήταν αποδεκτό για κανένα οργανοληπτικό χαρακτηριστικό, ενώ το δείγμα B4 έλαβε χαμηλές βαθμολογίες για τη σκληρότητα, τη θραυστότητα και συνεπώς για τη γενική αποδοχή, ενώ αποδεκτά ήταν η οσμή, το χρώμα και οριακά η γεύση τους. Οι υψηλότερες βαθμολογίες αποδίδονται στα δείγματα B1 (δείγμα A) και B2 (δείγμα B).

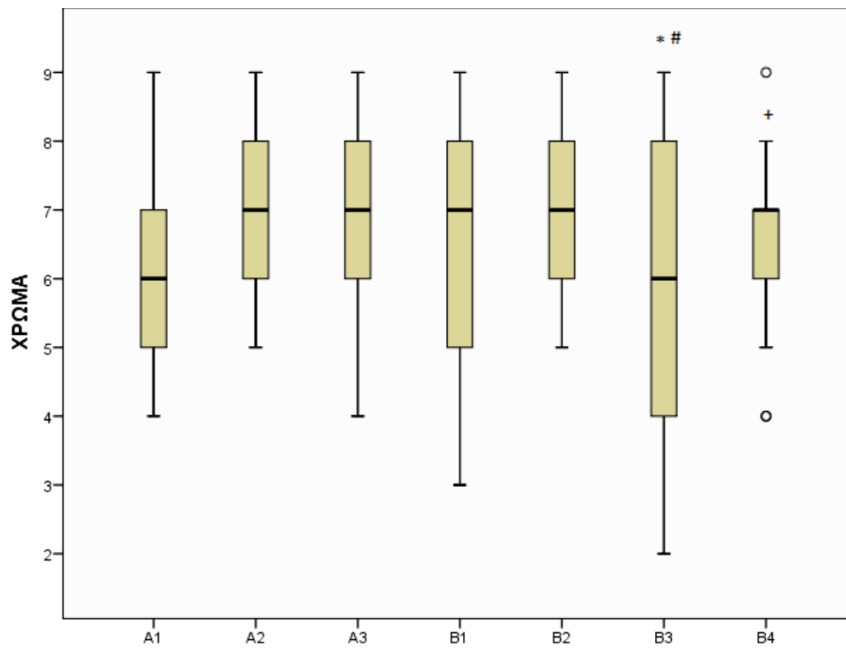


Σχήμα 6.24 Βαθμολογία αρεστότητας της θραυστότητας των δειγμάτων παξιμαδιού.

Με αστερίσκο (*) συμβολίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά στην αρεστότητα της θραυστότητας συγκριτικά με το δείγμα B1, με δίεση (#) συμβολίζονται τα δείγματα εκείνα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα B2 και με θετικό πρόσημο (+) εμφανίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στη θραυστότητα ως προς το δείγμα B3 ($P < 0.05$). Οι δύο κατηγορίες δειγμάτων (A1-A3 και B1-B4) συγκρίνονται ξεχωριστά.

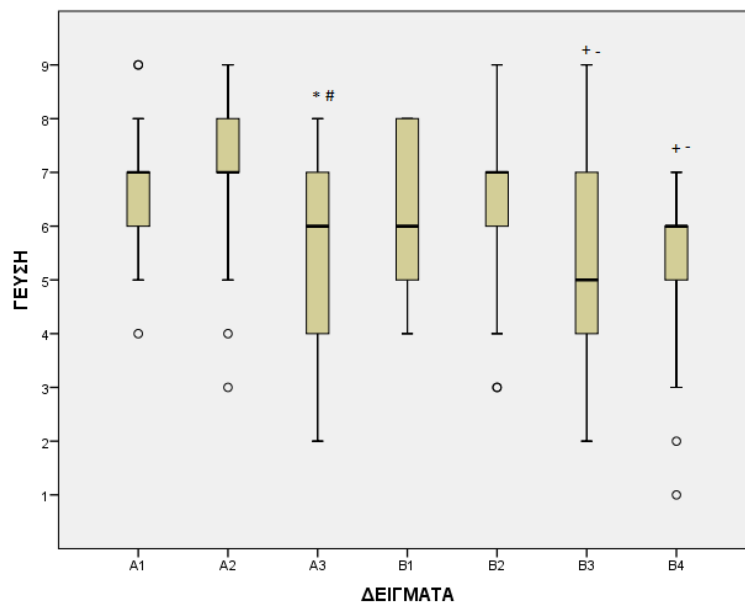
Πιο συγκεκριμένα, όσο αφορά τη σκληρότητα των παξιμαδιών, οι δοκιμαστές δεν εντόπισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0.05$) μεταξύ των δειγμάτων με διαφορές στα περιεχόμενα έλαια, δηλαδή μεταξύ των δειγμάτων A1-A3. Αντιθέτως, στα δείγματα B3 και B4, που αντιστοιχούν στα B0 και BΦ αντίστοιχα, παρουσιάστηκε σημαντική μείωση στην αρεστότητα της σκληρότητά τους ($P < 0.05$) συγκριτικά τόσο με το δείγμα B1 (A) όσο και με το B2 (B).

Ομοίως, δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές στην αρεστότητα της θραυστότητας των παξιμαδιών, αναφορικά με τις μεταβολές στα περιεχόμενα έλαια, ενώ φαίνεται ότι οι δοκιμαστές δεν προτιμούν τα σκληρά παξιμάδια, B3 και B4, τα οποία εμφανίζουν μειωμένη θραυστότητα. Οι τιμές σκληρότητας και θραυστότητας, πάνω από τις οποίες μειώνεται σημαντικά η αρεστότητα των δοκιμαστών είναι 83.2 N ή 380 N*mm (μέσοι όροι δεικτών σκληρότητας για το δείγμα B0) και 47.3 N (μέσος όρος θραυστότητας για το δείγμα B0) αντίστοιχα.

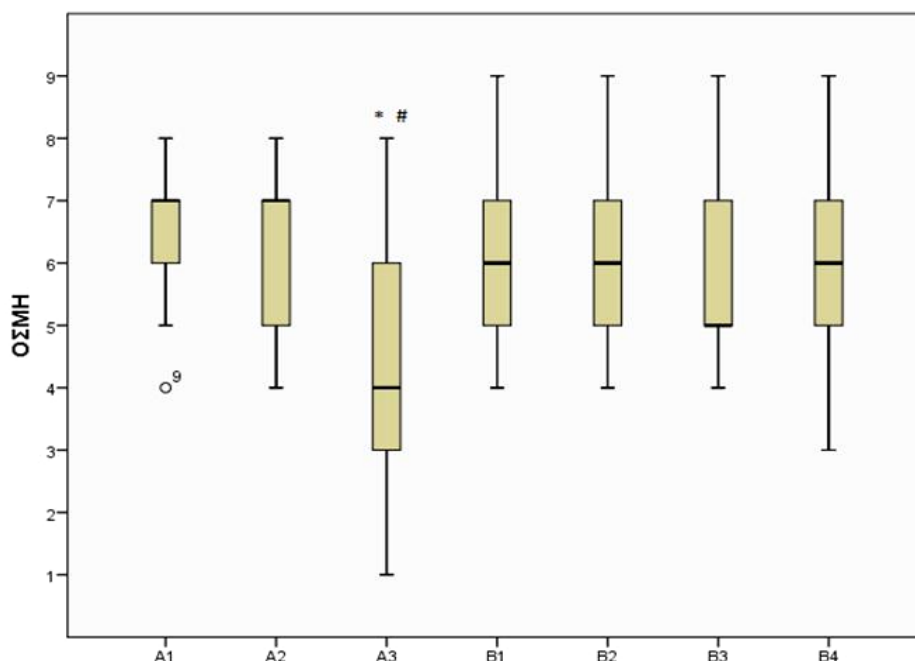


Σχήμα 6.25 Βαθμολογία αρεστότητας του χρώματος των δειγμάτων παξιμαδιού.

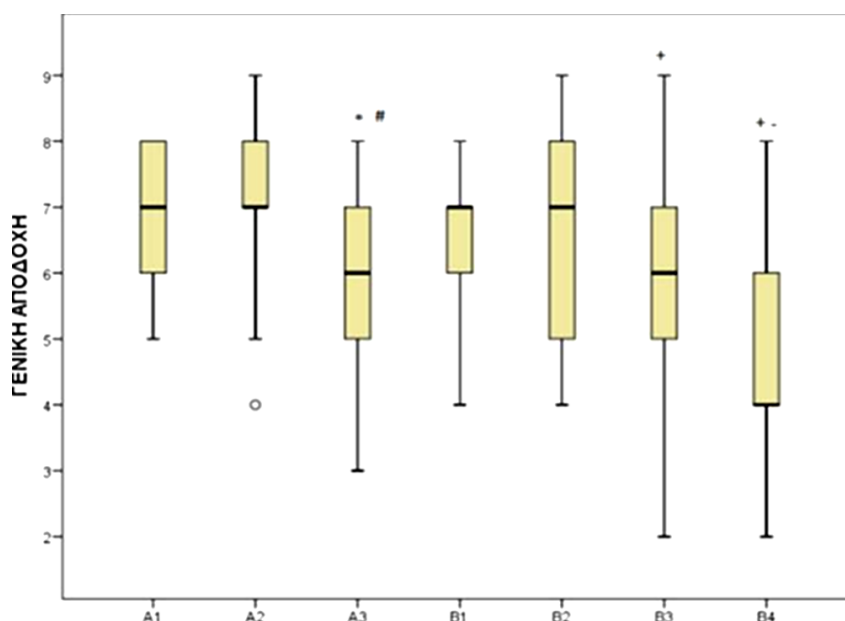
Με αστερίσκο (*) συμβολίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά με το δείγμα B1, με δίεση (#) τα δείγματα εκείνα που διαφέρουν ως προς το δείγμα B2 και με θετικό πρόσημο (+) εκείνα που διαφέρουν ως προς το δείγμα B3 ($P < 0.05$). Τα δείγματα A1-A3 δε διαφέρουν μεταξύ τους. Οι δύο κατηγορίες δειγμάτων (A1-A3 και B1-B4) συγκρίνονται ξεχωριστά.



Σχήμα 6.26 Βαθμολογία αρεστότητας του χρώματος των δειγμάτων παξιμαδιού. Με αστερίσκο (*) συμβολίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά με το δείγμα A1, με δίεση (#) συμβολίζονται τα δείγματα εκείνα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα A2, με θετικό πρόσημο (+) τα δείγματα που διαφέρουν ως προς το δείγμα B1 ($P < 0.05$), και με αρνητικό πρόσημο (-) εκείνα που διαφέρουν από το B2 ($P < 0.05$).



Σχήμα 6.27 Βαθμολογία αρεστότητας της οσμής των δειγμάτων παξιμαδιού. Με αστερίσκο (*) συμβολίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά με το δείγμα A1 και με δίεση (#) συμβολίζονται τα δείγματα εκείνα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα A2 ($P < 0.05$). Τα δείγματα B1 έως B4 δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Οι δύο κατηγορίες δειγμάτων (A1-A3 και B1-B4) συγκρίνονται ξεχωριστά.



Σχήμα 6.28 Βαθμολογία της γενικής αποδοχής των δειγμάτων παξιμαδιού. Με αστερίσκο (*) συμβολίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά με το δείγμα A1, με δίεση (#) συμβολίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα A2 ($P < 0.05$), με θετικό πρόσημο (+) εκείνα που διαφέρουν από το B1 και με αρνητικό πρόσημο τα δείγματα που διαφέρουν από το B2 ($P < 0.05$). Οι δύο κατηγορίες δειγμάτων (A1-A3 και B1-B4) συγκρίνονται ξεχωριστά.

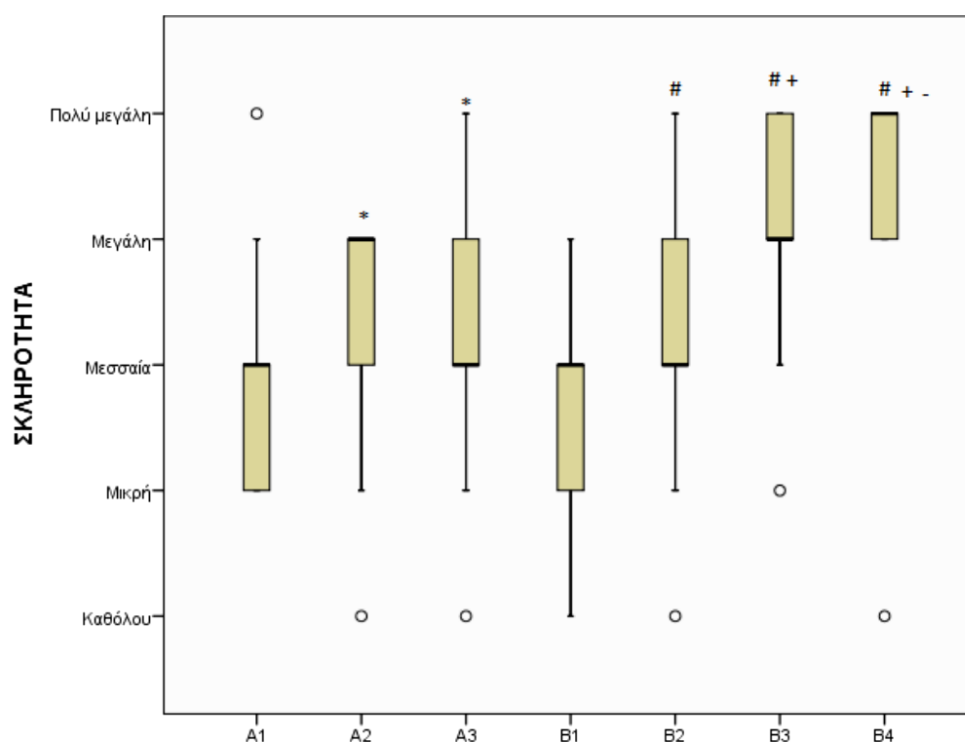
Όσο αφορά τα δείγματα A1-A3, με διαφορές τόσο στην περιεκτικότητα όσο και στο είδος των ελαίων που έχουν προστεθεί, οι δοκιμαστές δεν διέκριναν διαφορές στην αρεστότητα του χρώματος, ωστόσο σημαντικές μεταβολές εμφανίζονται στη γεύση, στην οσμή και τη γενική αποδοχή του δείγματος A3, το οποίο παρουσιάζεται ως το λιγότερο αρεστό στο καταναλωτικό κοινό.

Η υποκατάσταση του σταρένιου λευκού αλεύρου με 40% αλεύρι πλήρους άλεσης, οδήγησε στην παραγωγή παξιμαδιών τα οποία ήταν αποδεκτά για όλα τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά και δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P < 0.05$) με τα δείγματα B1 (δείγματα A) τα οποία παρήχθησαν από 100% σταρένιο λευκό αλεύρι. Ωστόσο, η πλήρης αντικατάσταση αυτού από πλήρους άλεσης άλευρο του ίδιου σιτηρού, μειώνει σημαντικά την αποδοχή του παραγόμενου παξιμαδιού ως προς το χρώμα, τη γεύση και τη γενική αποδοχή του προϊόντος (σχήματα 6.25, 6.26 και 6.28). Ακόμη, η κατά 40% υποκατάσταση του σταρένιου αλεύρου με άλευρο φασολιών οδήγησε στην παραγωγή λιγότερο αποδεκτών παξιμαδιών, αναφορικά με τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά. Πιθανότατα, τα ευρήματα που αφορούν το δείγμα ΒΦ οφείλονται κυρίως στο γεγονός ότι έγινε μεγάλου βαθμού υποκατάσταση, με αποτέλεσμα τα δείγματα αυτά να μην αποκτήσουν τον επιθυμητό όγκο και πορώδες. Ενθαρρυντικά αποτελέσματα για τη χρήση αλεύρου φασολιών σε παξιμάδια, φαίνονται από τις βαθμολογίες της οσμής, της γεύσης και του χρώματος των προϊόντων αυτών, καθώς φαίνεται ότι η χρήση του σε παξιμάδια δεν επηρεάζει αυτά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

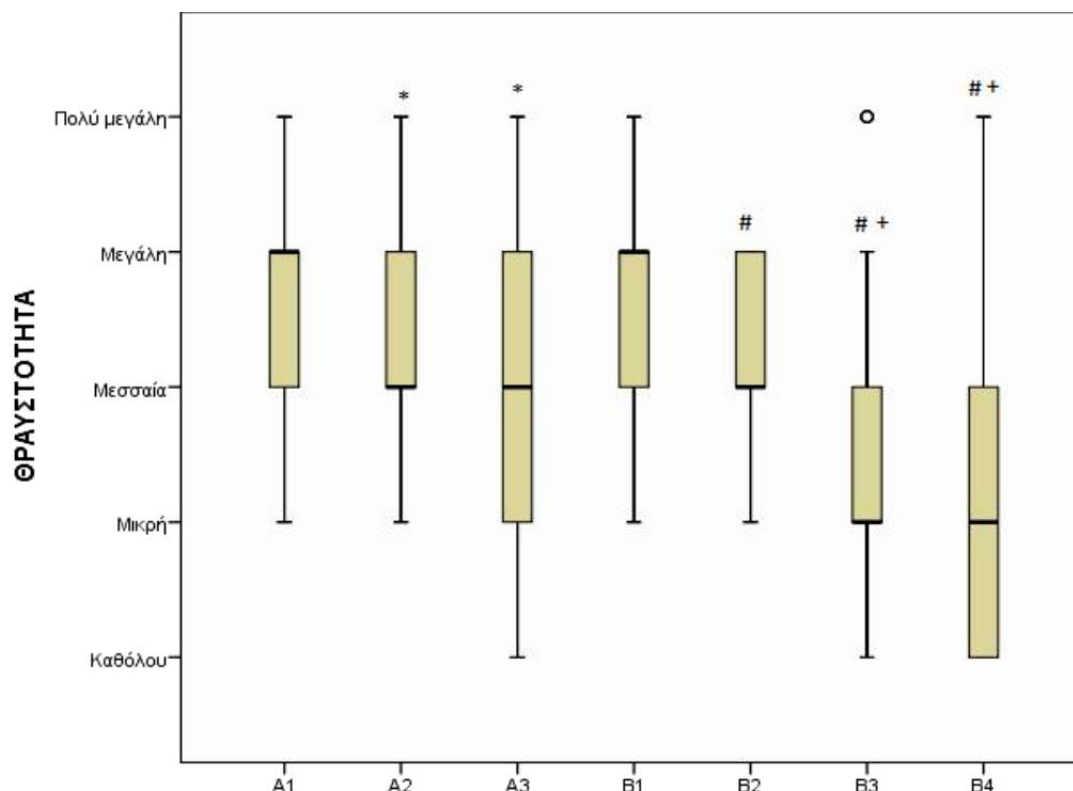
Τα δείγματα A1 και B1 αντιστοιχούν σε ίδιου τύπου παξιμάδι, αυτό με κωδικό A, που περιέχει 100% σταρένιο αλεύρι λευκό και 5% ελαιόλαδο, και ουσιαστικά λειτουργεί σαν τυφλό δείγμα. Ο λόγος που χρησιμοποιήθηκε με δύο κωδικούς είναι αφ' ενός να αξιολογήσουμε την ικανότητα των δοκιμαστών να διακρίνουν διαφορές μεταξύ των δειγμάτων και αφετέρου επειδή χρησιμοποιείται και στις δύο κατηγορίες δειγμάτων ως δείγμα αναφοράς. Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι για όλα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά που αξιολογήθηκαν στις συγκεκριμένες οργανοληπτικές δοκιμές τα δείγματα A1 και B1 δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ($P < 0.05$).

6.4.2 Αποτελέσματα και αξιολόγηση οργανοληπτικών δοκιμών κατάταξης

Στο στάδιο αυτό ζητήθηκε από τους δοκιμαστές να κατατάξουν τα τρία οργανοληπτικά χαρακτηριστικά σκληρότητα, θραυστότητα και χρώμα, τα οποία μετρήθηκαν και με αντικειμενικές μεθόδους (βλ. κεφάλαιο 6.3), σε μία λεκτική κλίμακα διαβάθμισης αυτών των χαρακτηριστικών (βλ. Παράρτημα), δηλαδή να κάνουν μία όσο το δυνατόν αντικειμενική αξιολόγηση. Αναφορικά με τη σκληρότητα, η αύξηση της περιεκτικότητας σε έλαια οδηγεί σε στατιστικά σημαντική αύξησή της ($P < 0.05$), εύρημα που επιβεβαιώνεται και από τις αντικειμενικές μετρήσεις της σκληρότητας. Μεταξύ των δύο ειδών ελαίων, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στη σκληρότητα των δειγμάτων.



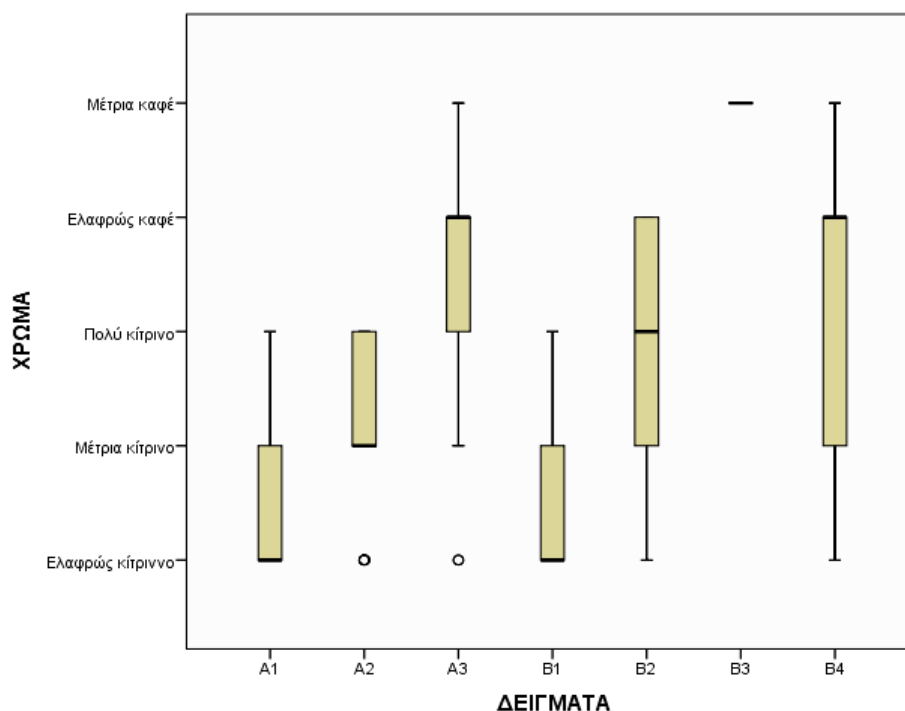
Σχήμα 6.29 Επίδραση των ελαίων και των φυτικών ινών στη σκληρότητα των παξιμαδιών. Με αστερίσκο (*) συμβολίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά με το δείγμα A1, με δίεση (#) συμβολίζονται τα δείγματα εκείνα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα B1, με θετικό πρόσημο (+) τα δείγματα που διαφέρουν ως προς το δείγμα B2 ($P < 0.05$), και με αρνητικό πρόσημο (-) εκείνα που διαφέρουν από το B3 ($P < 0.05$). Οι δύο κατηγορίες δειγμάτων (A1-A3 και B1-B4) συγκρίνονται ξεχωριστά.



Σχήμα 6.30 Επίδραση των ελαίων και των φυτικών ινών στη θραυστότητα των παξιμαδιών. Με αστερίσκο (*) συμβολίζονται τα δείγματα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά με το δείγμα A1, με δίεση (#) συμβολίζονται τα δείγματα εκείνα που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς το δείγμα B1, με θετικό πρόσημο (+) τα δείγματα που διαφέρουν ως προς το δείγμα B2 ($P < 0.05$), και με αρνητικό πρόσημο (-) εκείνα που διαφέρουν από το B3 ($P < 0.05$). Οι δύο κατηγορίες δειγμάτων (A1-A3 και B1-B4) συγκρίνονται ξεχωριστά.

Η αύξηση της περιεκτικότητας σε ελαιόλαδο, προκαλεί σημαντική μείωση της θραυστότητας των παξιμαδιών ($P < 0.05$), αλλά μεταξύ των ελαίων ηλιέλαιο και ελαιόλαδο, δεν φαίνεται να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τα ευρήματα επιβεβαιώνονται και από τις αντικειμενικές μετρήσεις της σκληρότητας.

Με την κλιμάκωση του επιπέδου υποκατάστασης του σταρένιου λευκού αλεύρου, η θραυστότητα των παξιμαδιών μειώνεται σημαντικά ($P < 0.05$). Μεταξύ των δειγμάτων B3 και B4 δεν εμφανίζονται σημαντικές διαφορές ούτε στη σκληρότητα ούτε στη θραυστότητά τους.



Σχήμα 6.31 Επίδραση των ελαίων και των φυτικών ινών στο χρώμα των παξιμαδιών. Τα δείγματα των δύο κατηγοριών (A1-A3 και B1-B3) διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, εκτός από τα δείγματα B2 και B4 που δε διαφέρουν ($P < 0.05$).

Μεταξύ των δειγμάτων της 1^η κατηγορίας, δηλαδή A1-A3, παρατηρείται κλιμάκωση της έντασης του κίτρινου χρώματος με το παξιμάδι που περιέχει 20% ηλιέλαιο να εμφανίζει το πιο κίτρινο χρώμα. Στην κατηγορία των δειγμάτων B1-B4, γίνεται κατανοητό ότι, με την αύξηση της υποκατάστασης από σταρένιο αλεύρι ολικής αλέσεως, τα παξιμάδια εμφανίζουν σημαντικά πιο σκούρο χρώμα ($P < 0.05$). Ωστόσο, μεταξύ των δειγμάτων B2 και B4, στα οποία έχει γίνει 40% υποκατάσταση του σταρένιου λευκού αλεύρου, δεν εμφανίζονται μεταβολές στο χρώμα των δειγμάτων.

Στη μελέτη, ελέγχθηκε η ύπαρξη συσχετίσεων μεταξύ του οργανοληπτικού ελέγχου αρεσκείας και των οργανοληπτικών δοκιμών κατάταξης. Αξιοσημείωτη είναι η ύπαρξη ελαφράς αρνητικής συσχέτισης μεταξύ της «αντικειμενικής» οργανοληπτικής αξιολόγησης και της αρεστότητας της σκληρότητας, με $r = -0.341$ και $P < 0.05$, που σημαίνει ότι αυξανόμενης της σκληρότητας, η αρεστότητα (ως προς τη σκληρότητα) των παξιμαδιών από τους καταναλωτές μειώνεται ελαφρώς. Επίσης, η αύξηση της θραυστότητας σχετίζεται ελαφρώς θετικά με την αρεστότητα ($r = 0.241$, $P < 0.05$), ενώ δεν βρέθηκε καμία συσχέτιση μεταξύ του χρώματος των παξιμαδιών και της αρεστότητας αυτών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : Συμπεράσματα – Προτάσεις

Η παρούσα εργασία εστίασε στη μελέτη της επίδρασης των μακροθρεπτικών συστατικών, με έμφαση στο λίπος και τις φυτικές ίνες, στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αρτοσκευασμάτων, και συγκεκριμένα των παξιμαδιών. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην παραγωγή παξιμαδιών υψηλής διατροφικής αξίας, χρησιμοποιώντας οικονομικές πρώτες ύλες. Τα αποτελέσματα μπορούν να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμα στην αρτοποιομηχανία για την παραγωγή προϊόντων με υψηλό διατροφικό περιεχόμενο και ταυτόχρονα μικρό κόστος, τα οποία θα διαθέτουν αποδεκτά από τους καταναλωτές οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Για να είναι δυνατή η πραγματοποίηση συγκρίσεων μεταξύ των δειγμάτων, απαραίτητο κρίθηκε να υπάρχει έλεγχος των συνθηκών παραγωγής των παξιμαδιών, ώστε να εξασφαλίσουμε ίδιες συνθήκες κλιβανισμού και αποθήκευσης για όλα τα δείγματα. Οι διαφορές στη σύσταση των μακροθρεπτικών συστατικών ελέγχθηκαν τόσο πριν, όσο και μετά την παρασκευή των δειγμάτων.

Η αξιολόγηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με αντικειμενικές αλλά και με υποκειμενικές μεθόδους μέτρησης (οργανοληπτικές δοκιμές). Σκοπός του συνδυασμού των μεθόδων ήταν να βρεθούν πιθανές συσχετίσεις μεταξύ αυτών, δηλαδή αν οι αντικειμενικές μέθοδοι μπορούν να αποδώσουν τη γνώμη των καταναλωτών για το εκάστοτε προϊόν και αντιστρόφως, ώστε σε επόμενο στάδιο να είναι δυνατή η αξιολόγηση της σκληρότητας, της θραυστότητας αλλά και του χρώματος με τη χρήση μόνο αντικειμενικών μεθόδων μέτρησης.

Αναφορικά με την επίδραση της προσθήκης ελαίων στα παξιμάδια, φάνηκε ότι η σκληρότητα αυξάνεται με την αύξηση του επιπέδου προσθήκης ελαιολάδου, καθώς παρατηρήθηκε ότι τα δείγματα με 20% περιεκτικότητα σε ελαιόλαδο ήταν σημαντικά σκληρότερα από εκείνα με 5% περιεκτικότητα, εύρημα το οποίο επιβεβαιώθηκε και από την ομάδα δοκιμαστών κατά την οργανοληπτική δοκιμή κατάταξης σε κλίμακα. Όμως, αυτή η αύξηση της σκληρότητας δεν επηρέασε την αρεστότητα, αναφορικά με τη σκληρότητα, των παξιμαδιών. Ομοίως, η θραυστότητα των παξιμαδιών, η ενόργανη μέτρηση της οποίας συσχετίστηκε αρνητικά με την ενόργανη μέτρηση της σκληρότητας στη δεδομένη μελέτη, μειώνεται με την αύξηση της περιεκτικότητας σε ελαιόλαδο. Οι μεταβολές αυτές οφείλονται στη μειωμένη ικανότητα της ζύμης να συγκρατήσει αέριο, όταν στη σύσταση υπάρχουν μεγάλα ποσοστά ελαίων, με αποτέλεσμα την παραγωγή πιο σκληρών και λιγότερο εύθραυστων παξιμαδιών (Kamel, 1994). Σε παρόμοιες μελέτες, όπου μελετήθηκε η επίδραση της αντικατάστασης

στερεών λιπαρών ουσιών με πιο «υγιεινά» λιπαρά, όπως είναι το ελαιόλαδο, στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, τα αποτελέσματα ήταν ανάλογα (Taracón et al., 2013). Βέβαια, στην περίπτωση αύξησης των περιεχόμενων στερεών λιπαρών, για παράδειγμα της μαργαρίνης ή του βουτύρου, σημειώνεται σαφώς μείωση στη σκληρότητα των αρτοσκευασμάτων, εξαιτίας των πλαστικών τους ιδιοτήτων, οι οποίες επιτρέπουν την ενσωμάτωση αέρα στη ζύμη, με ταυτόχρονη διατήρησή του κατά τον κλιβανισμό (Laguna et al., 2013). Μεταξύ των δύο τύπων ελαίων, ελαιολάδου και ηλιελαίου, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στη σκληρότητα και στη θραυστότητα, όπως αναφέρεται και σε ανάλογη μελέτη (Taracón et al., 2013).

Η αρεστότητα των παξιμαδιών ως προς τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά δεν παρουσίασε σημαντικές μεταβολές με την αύξηση της περιεκτικότητας σε ελαιόλαδο από 5 σε 20%, όμως στην περίπτωση του ηλιελαίου τα παξιμάδια απέκτησαν λιγότερο αποδεκτή γεύση, οσμή και γενική αποδοχή από το καταναλωτικό κοινό. Το χρώμα των παξιμαδιών όπως ήταν αναμενόμενο, επηρεάστηκε από την αύξηση της περιεκτικότητας σε ελαιόλαδο, χωρίς να προκαλέσει μεταβολές στην αρεστότητά τους από τους δοκιμαστές.

Η επίδραση της προσθήκης φυτικών ινών στα παξιμάδια, μέσω της κλιμάκωσης της υποκατάστασης του λευκού σταρένιου αλεύρου από αντίστοιχο πλήρους άλεσης, ήταν εμφανής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αυξανόμενη της περιεκτικότητας σε φυτικές ίνες από 2,4 σε 4,6%, και από εκεί σε 8,7%, μέσα από την προσθήκη 40 και 100% αντίστοιχα αλεύρου ολικής αλέσεως, παρατηρείται αύξηση στη σκληρότητα και στο δείκτη καστώνωσης των παξιμαδιών, με ταυτόχρονη μείωση στη θραυστότητα και το πορώδες. Τα παξιμάδια δηλαδή γίνονται σκληρότερα, πιο συμπαγή, λιγότερο εύθραυστα και αποκτούν πιο σκούρο χρώμα με την προσθήκη αλεύρου ολικής αλέσεως. Οι μεταβολές αυτές ανιχνεύτηκαν τόσο από τις αντικειμενικές μεθόδους μέτρησης όσο και από την οργανοληπτική αξιολόγηση, και συμπίπτουν με ανάλογα ευρήματα άλλων μελετών (Gupta et al., 2011; Laguna et al., 2013). Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα παξιμάδια με 40% σταρένιο αλεύρι ολικής αλέσεως ήταν τα πλέον αποδεκτά από τους καταναλωτές, και συνεπώς μπορεί να πραγματοποιηθεί από τις βιομηχανίες τροφίμων με σχετική σιγουριά, όσο αφορά την εμπορική επιτυχία, 40% υποκατάσταση με ολικής αλέσεως σταρένιο αλεύρι.

Το νέο προϊόν παρασκευάστηκε με στόχο τη δημιουργία ενός παξιμαδιού με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και φυτικές ίνες, διατηρώντας τα επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, και για το λόγο αυτό έγινε αξιολόγηση της αντικατάστασης κατά 40% του σταρένιου αλεύρου με άλευρο φασολιών. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι το προϊόν που προέκυψε ήταν το ίδιο σκληρό και εύθραυστο

με το παξιμάδι που παρασκευάζεται από 100% ολικής αλέσεως σταρένιο αλεύρι, σύμφωνα με την ανάλυση υφής, και οι καταναλωτές το βαθμολόγησαν ως το πιο σκληρό συγκρινόμενο με τα υπόλοιπα δείγματα. Η σκληρότητα του προϊόντος οφείλεται στην μειωμένη ικανότητα σχηματισμού του πλέγματος γλουτένης από το μίγμα, λόγω μεγάλης υποκατάστασης του σταρένιου αλεύρου. Πιθανότατα, σε μικρότερα ποσοστά υποκατάστασης, να προκύψει ένα προϊόν με καλύτερα αποδεκτά χαρακτηριστικά αναφορικά με την υφή. Ωστόσο, το χρώμα, η οσμή και η γεύση του προϊόντος, ήταν αρεστά στους καταναλωτές, εύρημα που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το άλευρο φασολιών (οσπρίων) είναι κατάλληλο για προσθήκη σε αρτοσκευάσματα από την αρτοποιηχανία, εφ' όσον πρώτα μελετηθεί σε ποιο επίπεδο υποκατάστασης δεν επηρεάζεται η υφή του προϊόντος.

Επιπροσθέτως, σχετικά με το συνδυασμό αντικειμενικών και υποκειμενικών μεθόδων μέτρησης των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, στη μελέτη βρέθηκαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ αυτών, οι οποίες θα μπορούσαν να αποβούν ιδιαίτερα χρήσιμες σε μελλοντικές εργασίες. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ελαφρά θετική συσχέτιση μεταξύ της αντικειμενικής μέτρησης της σκληρότητας (μέγιστη δύναμη κατά τη διάτρηση) και της οργανοληπτικής αξιολόγησής της, με $r = 0.274$ και $P < 0.05$. Για τον δεύτερο δείκτη της σκληρότητας, που αντιστοιχεί στο εμβαδόν της καμπύλης που σχηματίζεται κατά τη δοκιμασία διάτρησης, βρέθηκε επίσης ελαφρά θετική συσχέτιση με την οργανοληπτική αξιολόγηση της σκληρότητας από ανεκπαίδευτους δοκιμαστές, με $r = 0.406$ και $P < 0.001$. Επιπροσθέτως, η αντικειμενική μέτρηση της θραυστότητας σχετίζεται ισχυρά θετικά με την οργανοληπτική αξιολόγηση αυτού του χαρακτηριστικού, καθώς το r είναι ίσο με 0,906 ($P < 0.001$).

Αναφορικά με το χρώμα των παξιμαδιών, ο δείκτης κίτρινου χρώματος (yellowness index) σχετίζεται ισχυρά θετικά με το αντιλαμβανόμενο κίτρινο χρώμα από τους δοκιμαστές ($r = 1.00$, $P < 0.05$), και ανάλογα αποτελέσματα βρέθηκαν και για το δείκτη καστανότητας ($r = 0.885$, $P < 0.05$).

Θα ήταν επίσης χρήσιμο να γνωρίζουμε και την επίδραση της διαβάθμισης των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών στην αρεστότητα των προϊόντων από τους καταναλωτές. Για το λόγο αυτό, ελέγχθηκε η ύπαρξη συσχετίσεων μεταξύ του οργανοληπτικού ελέγχου αρεσκείας και των οργανοληπτικών δοκιμών κατάταξης. Αξιοσημείωτη είναι η ύπαρξη ελαφράς αρνητικής συσχέτισης μεταξύ της «αντικειμενικής» οργανοληπτικής αξιολόγησης και της αρεστότητας της σκληρότητας, με $r = -0.341$ και $P < 0.05$, που σημαίνει ότι αυξανόμενης της σκληρότητας, η αρεστότητα (ως προς τη σκληρότητα) των παξιμαδιών από τους καταναλωτές μειώνεται ελαφρώς. Επίσης, η αύξηση της θραυστότητας σχετίζεται θετικά με την αρεστότητα ($r = 0.241$,

$P < 0.05$), ενώ δεν βρέθηκε καμία συσχέτιση μεταξύ του χρώματος των παξιμαδιών και της αρεστότητας αυτών. Το γεγονός αυτό δεν προκαλεί έκπληξη. Στην περίπτωση που τα παξιμάδια περιέχουν μεγάλο ποσοστό φυτικών ινών, το χρώμα τους θα είναι ιδιαίτερα σκούρο, όμως ο καταναλωτής προχωρά στην αγορά του, διότι αναγνωρίζει την ύπαρξη φυτικών ινών, και πιθανότατα το επιλέγει για τις ευεργετικές τους ιδιότητες στην υγεία. Συνεπώς, η αυξανόμενη τάση των τελευταίων ετών που ευνοεί τα προϊόντα ολικής αλέσεως, καθιστά το χρώμα ένα λιγότερο σημαντικό παράγοντα, καθώς προϊόντα αρτοποιίας με σκούρο χρώμα, λόγω αλεύρου ολικής αλέσεως, είναι πλέον αποδεκτά (Baik & Ullrich, 2008). Ομοίως το κίτρινο χρώμα στο παξιμάδι, αντικατοπτρίζει την ύπαρξη κάποιας λιπαρής ύλης, ο καταναλωτής το αναγνωρίζει και το επιλέγει, χωρίς να επηρεάζεται θετικά ή αρνητικά από το χρώμα του προϊόντος.

Από τα ανωτέρω, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι αντικειμενικές μέθοδοι μέτρησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών αποδίδουν ικανοποιητικά τις διαφορές των δειγμάτων, συγκριτικά με τον τρόπο που τα αξιολογούν οι καταναλωτές. Η σκληρότητα, η θραυστότητα και το χρώμα είναι μερικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, τα οποία επηρεάζονται τόσο από την περιεκτικότητα σε έλαια όσο και από την περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες των παξιμαδιών. Οι μεταβολές τους μπορούν να εντοπιστούν ικανοποιητικά χρησιμοποιώντας μόνο μία από τις κατηγορίες μεθόδων αξιολόγησης, αντικειμενικές ή υποκειμενικές.

Μελέτες που θα μπορούσαν να γίνουν μελλοντικά αφορούν στη μελέτη του ανώτερου επιπέδου υποκατάστασης του λευκού σταρένιου αλεύρου από ολικής αλέσεως, δηλαδή τα ενδιάμεσα στάδια υποκατάστασης από 40 έως 100%, ώστε να διατηρείται η αρεστότητα των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών από τους καταναλωτές, και επίσης θα ήταν χρήσιμο να ελεγχθεί αν και κατά πόσο διατηρούνται τα αντιοξειδωτικά συστατικά του ελαιολάδου, μετά το διπλό κλιβανισμό των παξιμαδιών. Επιπροσθέτως, θα μπορούσε να διερευνηθεί το βέλτιστο επίπεδο προσθήκης αλεύρου φασολιών στα παξιμάδια, καθώς και η πιθανή χρήση του σε άλλα αρτοσκευάσματα, όπως ψωμί, μπισκότα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Βιβλιογραφία

- Abboud, A.M., Rubenthaler, G.L., Hosney, R.C. (1985). Effect of fat and sugar and in sugar snap cookies and evaluation of tests measure cookie flour quality. *Cereal Chemistry*, 62, 124-129.
- Abdullah, Z.M., Guan, L.C., Lim, K.C., Karim, A.A. (2001). The applications of computer vision system and tomographic radar imaging for assessing physical properties of food. *Journal of Food Engineering*, 61, 125-135.
- Ahmad, F., Rehman, S., Mushtaq, Z. (2012). Impact of Xylitol on Physicochemical and Sensory Parameters of Rusks. *World Applied Sciences Journal*, 20, 1287-1292.
- Al- Hooti, S.N., Sidhu, J.S., Al-Saquer, J.M., Al-Othman, A. (2002). Effect of raw wheat germ addition on the physical texture and objective color of a designer food. (pan bread). *Nahrung/Food*, 46, 68-72.
- Aller, R., de Luis, D. A., Izaola, O., La Calle, F., del Olmo, L., Fernandez, L., Arranz, T., and Hernandez, J. M. (2004). Effect of soluble fiber intake in lipid and glucose levels in healthy subjects: A randomized clinical trial. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 65, 7–11.
- Almeida, E.L., Chang, Y.K., Steel, C.J. (2013). Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. *Food Science and Technology*, 50, 545-553.
- Alonso, A., Ruiz-Gutierrez, V., Martinez-Gonzalez, M.A. (2006). Monounsaturated fatty acids, olive oil and blood pressure: epidemiological, clinical and experimental evidence. *Public Health Nutrition*, 9, 251-257.
- Alpaslan, M., Hayta, M. (2006). The effects of flaxseed, soy and corn flours on the textural and sensory properties of a bakery product. *Journal of Food quality*, 29, 617-627.
- Altamirano-Fortoul, R., Hernando, I., Rosell, C.M. (2012). Texture of Bread Crust: Puncturing Settings Effect and its Relationship to Microstructure. *Journal of Texture Studies*, 44, 85-94.
- American Diabetes Association, Bantle, J. P., Wylie-Rosett, J., Albright, A. L., Apovian, C. M., Clark, N. G., Franz, M. J., Hoogwerf, B. J., Lichtenstein, A. H., Mayer-Davis, E., Mooradian, A. D., Wheeler, M. L. (2008). Nutrition recommendations and interventions for diabetes: A position statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 31: S61–S78.
- American Dietetic Association. (2008). Position of the American Dietetic Association: Health implications of Dietary Fiber. *Journal of American Dietetic Association*, 108, 1716-1731.

- American Association of Cereal Chemists. (2001). The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World*, 46, 112–126.
- Anderson, J.W. (2003). Whole grains protect against atherosclerotic cardiovascular disease. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 62, 135-142.
- Angioloni, A., Collar, C. (2011). Physicochemical and nutritional properties of reduced – caloric density high-fibre breads. *LWT- Food Science and Technology*, 44, 747-758.
- AOAC. (1980). Official methods of analysis (13th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Aune, D., Chan, D.S., Lau, R., Vieira, R., Greenwood, D.C., Kampman, E., Norat, T. (2011). Dietary fibre, whole grains, and risk of colorectal cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *British Medical Journal*, 343:d6617.
- Bach-Faig, A., Berry, E.M., Lairon, D., Reguant, J., Trichopoulou, A., Deereini, S., Medina, F.X., Battino, M., Belahsen, R., Miranda, G., Serra-Majem, L., on behalf of the Mediterranean Diet Foundation Expert group. (2011). Mediterranean Diet pyramid today. Science and cultural updates. *Public Health Nutrition*, 14, 2274-2284.
- Bachmanov, A.A., Beauchamp, G.K. (2007). Taste receptor genes. *Annual Review of Nutrition*, 27, 389-414.
- Baik, B.K., Ullrich, S.E. (2008). Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science*, 48, 233-242.
- Behall, K.M., Scholfield, D.J., Hallfrisch, J. (2004). Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 80, 1185–1193.
- Belitz, H.D., Grosch, W., Schieberle, P. (2004). *Food Chemistry*, 3rd Revised Edition. Springer – Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Berbert, A.A., Kondo, C.R., Almendra, C.L., Matsuo, T., Dichi, I. (2005). Supplementation of fish oil and olive oil in patients with rheumatoid arthritis. *Nutrition*, 21, 131-136.
- Bester, D., Esterhuyse, A. J., Truter, E. J., van Rooyen, J. (2010). Cardiovascular effects of edible oils: a comparison between four popular edible oils. *Nutrition Research Reviews*, 23, 334–348.
- Bourne, M.C. (2002). *Food Texture and Viscosity. Concept and Measurement*. Second Edition, Academic Press, London.
- Brennan, J.G. (2006). *Food Processing Handbook*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, Weinheim.

- Brookfield, P. L., Nicoll, S., Gunson, F. A., Harker, F. R., & Wohlers, M. (2011). Sensory evaluation by small postharvest teams and the relationship with instrumental measurements of apple texture. *Postharvest Biology and Technology*, 59, 179–186.
- Brosnan T., San D.W. (2004). Improving quality inspection of food products by computer vision – a review, *Journal of Food Engineering*, 61, 3-16.
- Casiraghi, M.C., Garsetti, M., Testolin, G., Brighenti, F. (2006). Post-prandial responses to cereal products enriched with barley beta-glucan. *Journal of the American College of Nutrition*, 25, 313-320.
- Cauvain, S.P. (2000). *Bread making: Improving Quality*. Woodhead Publishing Limited, UK.
- Cauvain, S.P., Young, L.S. (2006). *Baked Products : Science, Technology and Practice*. Blackwell, UK.
- Cavallero, A., Empilli, S., Brighenti, F., Stanco, A.M., (2002). High (1/3, 1/4)-bglucan barley fractions in bread making and their effects on human glucemic response. *Journal of Cereal Science*, 36, 59–66.
- Chen, J. S., Karlsson, C., & Povey, M. (2005). Acoustic envelope detector for crispness assessment of biscuits. *Journal of Texture Studies*, 36, 139–156.
- Chen, J. (2009). Food oral processing – a review. *Food Hydrocolloids*, 23, 1-25.
- Chen, L., Opara, U.L. (2013). Texture measurement approaches in fresh and processed foods – A review. *Food Research International*, 51, 823-835.
- Choi, I.-D., Philips, R.D., Resurreccion, A.V.A. (2007). Consumer- Based Optimization of a Third – Generation Product made from Peanut and Rice Flour. *Journal of Food Science*, 72, 443-449.
- Chung, C., Degner, B., & McClements, D. J. (2012). Instrumental mastication assay for texture assessment of semi-solid foods: Combined cyclic squeezing flow and shear viscometry. *Food Research International*, 49, 161–169.
- Civille, G.V., Oftedal, K.N. (2012). Sensory evaluation techniques — Make “good for you” taste “good”. *Physiology and Behavior*, 107, 598-605.
- Collado- Fernandez, M. (2003). Bread. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. pp. 627-637.
- Collado- Fernandez, M. (2003). Dough Fermentation. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. pp. 650-654.
- Costa, C., Antonucci, F., Pallottino, F., Aguzzi, J., Sun, D.W., Menesatti, P. (2011). Shape Analysis of Agricultural Products: A Review of Recent Research Advances and

- Potential Application to Computer Vision. *Food Bioprocess Technology*, 4, 673-692.
- Costa, F., Cappellin, L., Fontanari, M., Longhi, S., Guerra, W., Magnago, P. (2012). Texture dynamics during postharvest cold storage ripening in apple (*Malus x domestica* Borkh.). *Postharvest Biology and Technology*, 69, 54-63.
- de Lorgeril, M., Salen, P. (2006). The Mediterranean-style diet for the prevention of cardiovascular diseases. *Public Health Nutrition*, 9, 118-123.
- De Vries, J. W. (2003). On defining dietary fibre. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62, 37-43.
- Deshpande, S.D. (2003). Dough Mixing and Testing Operations. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. pp. 619-627.
- Destefanis, G., Brugiapaglia, A., Barge, M. T., Dal Molin, E. (2008). Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force. *Meat Science*, 78(3), 153-156.
- Dexter, J.E., Sarkar, A.K. (2004). Wheat: Dry Milling. In: *Encyclopedia of Grain Science*, pp. 363-375.
- Dhingra, S., Jood, S. (2004). Effect of flour blending on functional, baking and organoleptic characteristics of bread. *International Journal of Food Science & Technology*, 39, 213-222.
- Doblado- Maldonado, A.F., Pike, O.A., Sweley, J.C., Rose, D.J. (2012). Key issues and challenges in whole wheat flour milling and storage. *Journal of Cereal Science*, 56, 119-126.
- Dobraszczyka, B.J., Morgenstern, M.P. (2003). Rheology and the breadmaking process. *Journal of Cereal Science*, 38, 229-245.
- Drake, B. K. (1963). Food crushing sounds. An introductory study. *Journal of Food Science*, 28, 233-241.
- Duizer, S. (2001). A review of acoustic research for studying the sensory perception of crisp, crunchy and crackly texture. *Trends in Food Science and Technology*, 12, 17-24.
- Edney, M.J., Rossnagel, B.G., Endo, Y., Ozawa, S., Brophy, M. (2002). Pearling quality of Canadian barley varieties and their potential uses as rice extenders. *Journal of Cereal Science*, 36, 295-305.
- Edwards, P.W. (2007). *The Science of Bakery Products*. Royal Society of Chemistry Publishing, UK.
- Egli, H. (2008). *Kjeldahl Guide*. BÜCHI Labortechnik AG, CH-9320 Flawil, Switzerland.

- European Food Safety Authority. (2010). Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to oat beta glucan and lowering blood cholesterol and reduced risk of (coronary) heart disease pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006. EFSA Journal, 8, 1885.
- European Food Safety Authority .(2011). Scientific opinion on the substantiation of health claims related to beta- glucans from oats and barley and maintenance of normal blood LDL- cholesterol concentrations (ID 1236, 1299), increase in satiety leading to a reduction in energy intake (ID 851, 852), reduction of post-prandial glycaemic responses (ID 821, 824), and “digestive function” (ID 850) pursuant to article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. EFSA Journal, 9, 2470.
- Fastnaught, C.E. (2001). Barley fibre. In: Cho, S., Dreher, M. (Eds.), Handbook of Dietary Fibre. Marcel Dekker, NewYork.
- Fernandez, M.L. (2001). Soluble fiber and nondigestible carbohydrate effects on plasma lipids and cardiovascular risk. Current Opinion in Lipidology, 12, 35-40.
- Figura, L. O., Teixeira, A. A. (2007). Food physics: physical properties-measurement and application. New York: Springer.
- Foegeding, E. A., Çakır, E., & Koç, H. (2010). Using dairy ingredients to alter texture of foods: Implications based on oral processing considerations. International Dairy Journal, 20, 562–570.
- Francis, F. J. (1995). Quality as influenced by color. Food Quality and Preference, 6(3), 149–155.
- Gan, Z., Ellis, P.R., Schofield, J.D. (1995). Mini review: Gas cell stabilization and gas retention in wheat bread dough. Journal of Cereal Science, 21, 215-230.
- Ghotra, B.S., Dyal, S.D., Narine, S.S. (2002). Lipid shortenings: a review. Food Research International, 35, 1015-1048.
- Giannou, V., Kessoglou, V., Tzia, C. (2003). Quality and safety characteristics of bread made from frozen dough. Trends in Food Science and Technology, 14, 99–108.
- Gilani, A.H., Khan, A.U., Shah, A.J., Connor, J., Jabeen, Q. (2005). Blood pressure lowering effect of olive is mediated through calcium channel blockade. International Journal of Food Science and Nutrition, 56, 613-620.
- Goesaert H., Brijs, K., Veraverbeke, W.S., Courtin, C.M., Gebruers, K., Delcour, J.A. (2005). Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. Trends in Food Science & Technology, 16, 12–30.

- Gómez, M., Ronda, F., Blanco, C.A., Caballero, P.A., Apesteguía, A. (2003). Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *European Food Research and Technology*, 216, 51-56.
- Granato, D., Maoon, M.L. (2010). Instrumental color and sensory acceptance of soy-based emulsions: a response surface approach. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 30, 1090-1096.
- Grundas, S.T. (2003). Wheat. Grain Structure of Wheat and Wheat-Based Products. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*, pp. 6138-6139.
- Grundas, S.T. (2003). Wheat. The crop. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*, pp. 6130-6137.
- Gupta, M., Bawa, A.S., Semwal, A.D. (2011). Effect of barley flour Blending on functional, baking and organoleptic characteristics of high fiber rusks. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35, 46-63.
- Harwood, J.L., Yaqoob, P. (2002). Nutritional and health aspects of olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104, 685-697.
- Hooper, L., Symmerbell, C., Higgins, J., Thomson, R., Capps, N., Smith, G.D., Riemersma, R., Ebrahim, S. (2001). Dietary fat intake and prevention of cardiovascular disease: systematic review. *British Medical Journal*, 322, 757-763.
- Huang, M., & Lu, R. (2010). Apple mealiness detection using hyperspectral scattering technique. *Postharvest Biology and Technology*, 58, 168–175.
- 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.
- Hunterlab. (1995). Colorimeters vs. Spectrophotometers. Applications note. *Insight on Colour*, 5, 1-2.
- International Organization for Standardization. ISO 712. (1985). Cereal and Cereal Products Determination of Moisture Content (Routine Reference Method).
- International Organization for Standardization. ISO 6658. (2005). Sensory analysis – Methodology- General guidance. Second Edition, Geneva (Switzerland).
- Izydorczyk, M.S., Storsley, J., Labossiere, D., MacGregor, A.W., Rossnagel, B.G. (2000). Variation in total and soluble β -glucan content in hullless barley: effects of thermal, physical, and enzymic treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 982–989.
- Jacobs, DR Jr., Gallaher, D.D. (2004). Whole grain intake and cardiovascular disease: a review. *Current Atherosclerosis Reports*, 6, 415-423.

- Jaworska D., Hoffman M. (2008). Relative importance of texture properties in the sensory quality and acceptance of commercial crispy products, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 1804-1812.
- Jelen, H. (2011). Food Flavors : Chemical, sensory and technological properties. 2, 19-20.
- Kabir, M., Oppert, J. M., Vidal, H., Bruzzo, F., Fiquet, C., Wursch, P., Slama, G., and Rizkalla, S. W. (2002). Four-week low-glycemic index breakfast with a modest amount of soluble fibers in type 2 diabetic men. *Metabolism*, 51, 819–826.
- Kamal-Eldin, A., Åman, P., Zhang, J.X., Bach Knudsen, K.E., Poutanen, K. (2008). Rye Bread and other Rye Products. *Technology of Functional Cereal Products*. Woodhead Publishing Limited, UK.
- Kamel, B. S. (1994). Creaming, emulsions, and emulsifiers. In Hamed Faridi (Ed.), *The science of cookie and cracker production*. New York: Chaman & Hall.
- Karathanos, V.T. (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.
- Khoury, D. E., Cuda, C., Luhovyy, B.L., Anderson, G. H. (2012). Beta Glucan: Health Benefits in Obesity and Metabolic Syndrome. *Journal of Nutrition and Metabolism*, Article ID 851362.
- 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.
- Lambert, E.V., Goedecke, J. H., Bluett, K., Heggie, K., Claassen, A., Rae, D.E., West, S., Dugas, J., Meltzer, S., Charlton, K., Mohede, I. (2007). Conjugated linoleic acid versus high-oleic acid sunflower oil: effects on energy metabolism, glucose tolerance, blood lipids, appetite and body composition in regularly exercising individuals. *British Journal of Nutrition*, 97, 1001–1011.
- Lattimer, J.M., Haub, M.D. (2010). Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients*, 2, 1266-1289.
- Lawless, H.T., Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. Second Edition. Springer Science + Business Media, LLC, New York.
- Lee, H. S. (2000). Objective measurement of red grapefruit juice color. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 1507–1511.
- Li, S., Zhang, H.Q., Jin, Z.T., Hsieh, F. (2005). Textural modification of soya bean/corn extrudates as affected by moisture content, screw speed and soya bean

- concentration. *International Journal of Food Science and Technology*, 40, 731–741.
- Lindhauer, M.G., Dreisoerner, J. (2003). Rye. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (Second Edition), pp. 5027-5031.
- Linos, A., Kaklamani, V.G., Kaklamani, E., Koumantaki, Y., Giziaki, E., Papazoglou, S., Mantzoros, C.S. (1999). Dietary factors in relation to rheumatoid arthritis: a role for olive oil and cooked vegetables? *American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 1077-1082.
- Lubbers, S., Landy, P & Voilley, A. (1998). Retention and release of aroma compounds in food containing proteins. *Journal of Food Technology*, 52, 68–74.
- MacGregor, A.W. (2003). Barley. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (Second Edition), pp. 380-381.
- Manirakiza, P., Covaci, A., Schepens, P. (2001). Comparative Study on Total Lipid Determination using Soxhlet, Roese-Gottlieb, Bligh & Dyer, and Modified Bligh & Dyer Extraction Methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 14, 93-100.
- Marconi, E., Graziano, M., Cubadda, R. (2000). Composition and utilization of barley pearling by-products for making functional pasta rich in dietary fibre and b-glucans. *Cereal Chemistry*, 77, 133–139.
- McCaig, T. N. (2002). Extending the use of visible/near infrared reflectance spectrophotometers to measure colour of food and agricultural products. *Food Research International*, 35, 731–736.
- Meléndez-Martínez, A., Vicario, I., & Heredia, F. (2005). Instrumental measurement of orange juice colour: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(6), 894–901.
- Molina-Delgado, D., Alegre, S., Barreiro, P., Valero, C., Ruiz-Altisent, M., Recasens, I. (2009). Addressing potential sources of variation in several non-destructive techniques for measuring firmness in apples. *Biosystems Engineering*, 104, 33–46.
- Mondal, A., Datta, A.K. (2008). Bread baking – A review. *Journal of Food Engineering*, 86, 465-474.
- Mudambi, S. R., Rao, S.M., Rajagopal, M.V. (2006). *Food Science*, Revised Second Edition. New Age International (P) Ltd., Publishers.
- Murray, J.M., Baxter, I.A. (2003). Food Acceptability and Sensory Evaluation. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, pp. 5130-5136.
- Navarro, M.D., Hortelano, P., Periago, J.L., Pita, M.L. (1992). Effect of dietary olive and sunflower oils on the lipid composition of the aorta and platelets and on blood

- eicosanoids in rats. *Arteriosclerosis and Thrombosis: a journal of vascular biology/ American Heart Association*, 12, 830-835.
- Newman, C.W., Newman, R.K. (2006). A brief history of barley foods. *Cereal Foods World*, 51, 4–7.
- Newman, R.K., McGuire, C.F., Newman, C.W. (1990). Composition and muffin-baking characteristics of flours from four barley cultivars. *Cereal Foods World* 35, 563-566.
- Nicholls, R. J., Appelqvist, I. A. M., Davies, A. P., Ingman, S. J., Lillford, P. J. (1995). Glass transitions and fracture behaviour of gluten and starches within the glassy state. *Journal of Cereal Science*, 21, 25–36.
- Nisha, P., Singhal, R. S., Pandit, A. B. (2011). Kinetic modelling of colour degradation in tomato puree (*Lycopersicon esculentum* L.). *Food and Bioprocess Technology*, 4, 781–787.
- Oliveira, A. C. M., Balaban, M. O. (2006). Comparison of a colorimeter with a machine vision system in measuring color of Gulf of Mexico sturgeon fillets. *Applied Engineering in Agriculture*, 22, 583-587.
- Oraguzie, N., Alspach, P., Volz, R., Whitworth, C., Ranatunga, C., Weskett, R. (2009). Postharvest assessment of fruit quality parameters in apple using both instruments and an expert panel. *Postharvest Biology and Technology*, 52, 279–287.
- Owen, R.W., Giacosa, A., Hull, W.E., Haubner, R., Würtele, G., Spiegelhalder, B., Bartsch, H. (2000). Olive oil consumption and health: the the possible role of antioxidants. *The Lancet Oncology*, 1, 107-112.
- Oxley, T.A., Pixton, S.W., Howe, R.W. (1960). Determination of moisture content in cereals. I-Interaction of Type of Cereal and Oven Method. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 11, 18-25.
- 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.
- Papathanasopoulos. A., Camilleri, M. (2010). Dietary fiber supplements: effects in obesity and metabolic syndrome and relationship to gastrointestinal functions. *Gastroenterology*, 138, 65-72.
- Pathare, P.B., Opara, U.L., Al-Said, A.J. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Technology*, 6, 36–60.

- Patras, A., Brunton, N.P., Tiwari, B., Butler, F. (2011). Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 4, 1245-1252.
- Pareyt, B., Delcour, J.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.
- Pedreschi, F., León, J., Mery, D., Moyano, P., 2006. Development of a computer vision system to measure the color of potato chips. *Food Research International* 39, 1092–1098.
- Peleg, M. (2006). On fundamental issues in texture evaluation and texturization – A view. *Food Hydrocolloids*, 20, 405-414.
- Pereira, M.A., Ludwig, D.S. (2001). Dietary fiber and body-weight regulation. Observations and mechanisms. *Pediatric Clinics of North America*, 48, 969-80.
- Piazza, L., Masi, P. (1997). Development of crispness in cookies during baking in an industrial oven. *Cereal Chemistry*, 74, 135–140.
- Piazza L., Gigli J., Ballabio D. (2007). On the application of chemometrics for the study of acoustic – mechanical properties of crispy bakery products. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 86, 52-59.
- Piazza L, Gigli J, Benedetti S. (2008). Study of structure and flavour release relationships in low moisture bakery products by means of the acoustic – mechanical combined technique and the electronic nose. *Journal of cereal science*, 48, 413-419.
- 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*, Third Edition. Aspen Publishers, Inc.
- Posner, E.S. (2003). Principles of Milling. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (Second Edition), pp. 3980-3986.
- Posner, E.S., Hibbs, A.N. (2005). *Wheat Flour Milling*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- Post, R.E., Mainous, A.G., King, D.E., Simpson, K.N. (2012). Dietary fiber for the treatment of type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis. *Journal of the American Board of Family Medicine*, 25, 16-23.

- Prosky, L., Asp, N.G., Schweizer, T. F., DeVries, J. W., Furda, I. (1988). Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. *Journal of Association of Official Analytical Chemists*, 71, 1017-1023.
- Psaltopoulou, T., Naska, A., Orfanos, P. Trichopoulos, D., Mountokalakis, T., Trichopoulou, A. (2004). Olive oil, the Mediterranean diet, and arterial blood pressure: the Greek European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 80, 1012-1018.
- Purlis, E. (2010). Browning development in bakery products – A review. *Journal of Food Engineering*, 99, 239-249.
- Quinde, Z., Ullrich, S.E., Baik, B.K. (2004). Genotypic variation in colour and discolouration potential of barley-based food products. *Cereal Chemistry*, 81, 752-758.
- Qureshi, A.A., Qureshi, N., Wright, J.J.K., Shen, Z., Kramer, G., Gapor, A., Chong, Y.H., Dewitt, G., Ong, A.S.H., Peterson, D.M., Bradlow, B.A., (1991). Lowering serum cholesterol in hypercholesterolemic humans by tocotrienols (palmvitee). *American Journal of Clinical Nutrition*, 53, 1021-1026.
- Qureshi, A. A., Sami, S. A., and Khan, F. A. (2002). Effects of stabilized rice bran, its soluble and fiber fractions on blood glucose levels and serum lipid parameters in humans with diabetes mellitus Types I and II. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 13, 175-187.
- Rhim, J., Wu, Y., Weller, C., Schnepf, M. (1999). Physical characteristics of a composite film of soy protein isolate and propyleneglycol alginate. *Journal of Food Science*, 64, 149-152.
- Romeo, F.V., De Luca, S., Piscopo, A., Santisi, V., Poiana, M. (2010). Shelf-life of Almond Pastry Cookies with Different Types of Packaging and Levels of Temperature. *Food Science and Technology International*, 16, 233-238.
- Romero, C., Medina, E., Vargas, J., Brenes, M., De Castro, A. (2007). In vitro activity of olive oil polyphenols against *Helicobacter pylori*. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 55, 680-686.
- Roudaut, G., Dacremont, C., Le Meste, M. (1998). Influence of water on the crispness of cereal-based foods: acoustic, mechanical, and sensory studies. *Journal of Texture Studies*, 29, 119-213.
- 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*, 6/7, 217-227.

- Rozengurt, E. (2006). Taste receptors in the gastrointestinal tract. I. Bitter taste receptors and alpha-gustducin in the mammalian gut. *American Journal of physiology. Gastrointestinal and liver physiology*, 291, 171-177.
- Saeleaw M., Schleining G. (2011). Crispness in dry foods and quality measurements based on acoustic – mechanical destructive techniques. *Journal of Food Engineering*, 105, 387-399.
- Sahin, S., & Sumnu, S. G. (2006). *Physical properties of foods*. New York: Springer.
- Salo – Väänänen, P.P., Koivistoinen, P.E. (1996). Determination of protein in foods: comparison of net protein and crude protein (N x 6.25) values. *Food Chemistry*, 57, 27-31.
- Saura-Calixto, F., García-Alonso, A., Goñi, I., Bravo, L. (2000). In Vitro Determination of the Indigestible Fraction in Foods: An Alternative to Dietary Fiber Analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 3342–3347.
- Sauvageot, F., Blond, G. (1991). Effect of water activity on crispness and mechanical deformation of snack food products. *Journal of Texture Studies*, 22, 423–442.
- Schaller, E., Bosset, J. O., Escher, F. (1998). ‘Electronic Noses’ and Their Application to Food. *LWT- Food Science and Technology*, 31, 305–316.
- 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.
- Slavin, J. L. (2008). Position of the American Dietetic Association: Health implications of dietary fiber. *Journal of the American Dietetic Association*, 108, 1716–1731.
- Smedes, F., Askland, T. K. (1999). Revisiting the development of the Bligh and Dyer total lipid determination. *Marine Pollution Bulletin*, 38, 193-201.
- Stauffer, C.E. (2005). *Fats and Oils in Bakery Products*. Bailey’s Industrial Oil and Fat Products, Sixth Edition. Stone, H., Sidel, J.L. (2003). Sensory Evaluation/ Descriptive analysis. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, Second Edition. pp. 5152-5161.
- Stone, H., Sidel, J.L. (2003). Sensory Evaluation/ Descriptive analysis. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, Second Edition. pp. 5152-5161.
- Stone, H., Bleibaum, R.N., Thomas, H.A. (2012). *Sensory evaluation Practices*, Fourth Edition. Food Science and Technology. International Series, Elsevier Inc.

- Sun, D.-W., & Brosnan, T. (2003). Pizza quality evaluation using computer vision - part 1 - Pizza base and sauce spread. *Journal of Food Engineering*, 57, 81-89.
- Szczesniak, A. S. (1991). Textural perceptions and food quality, *Journal of Food Quality*, 14, 75-78.
- Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13, 215-225.
- Szczesniak, A. S. and Kleyn, D. H. (1963). Consumer awareness of texture and other food attributes. *Food Technology*, 17, 74-77.
- Taniwaki, M., Kohyama, K. (2012). Mechanical and acoustic evaluation of potato chip crispness using a versatile texture analyzer. *Journal of Food Engineering*, 112, 268-273.
- Taracón, P., Fiszman, S.M., Salvador, A., Tárrega, A. (2013). Formulating biscuits with healthier fats. Consumer profiling of textural and flavour sensations during consumption. *Food Research International*, 53, 134-140.
- Tester, R. F., Debon, S. J. J. (2000). Annealing of starch—A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 27, 1-12.
- Trumbo P, Schlicker S, Yates AA, Poos M; Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine, The National Academies. (2002). Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. *Journal of the American Dietetic Association*, 102, 1621-1630.
- Tunick Michael H. (2010). Food Texture Analysis in the 21st Century. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 1477-1480.
- Tuorila, H. (1996). Hedonic responses to flavor and their implications for food acceptance. *Trends in Food Science & Technology*, 7, 453-456.
- 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 Borcht, 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 Hecke, E., Allaf, K., & Bouvier, J.M. (1998). Texture and structure of crispy-puffed food products II: mechanical properties in puncture. *Journal of Texture Studies*, 29, 617-632.

- Van Vliet, T., Primo-Martin, C. (2011). Interplay between product characteristics, oral physiology and texture perception of cellular brittle foods. *Journal of Texture Studies*, 42, 82-94.
- Vandeputte, G.E., Delcour, J.A. (2004). From sucrose to starch granule to starch physical behaviour: a focus on rice starch. *Carbohydrate Polymers*, 58, 245-266.
- Vanin, F.M., Lucas, T., Trystram, G. (2009). Crust formation and its role in bread baking. *Trends in Food Science & Technology*, 20, 333-343.
- Varela, P., Salvador, A., Fiszman, S. (2009). On the assessment of fracture in brittle foods II. Biting or chewing? *Food Research International*, 42, 1468-1474.
- Vieira, S.M., Silva, T.M., Glória, M.B.A. (2010). Influence of processing on the levels of amines and proline and on the physico-chemical characteristics of concentrated orange juice. *Food Chemistry*, 119, 7-11.
- Vickers, Z. (1987). Crispness and crunchiness – textural attributes with auditory components. In: H. R. Moskowitz (ed.), *Food Texture: Instrumental and Sensory Measurement*. Dekker, New York, pp. 145-166.
- Visioli, F., Galli, C., Galli, G., Caruso, D. (2002). Biological activities and metabolic fate of olive oil phenols. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104, 677-684.
- Wang, J., Rosella, C.M., Benedito de Barbera, C. (2002). Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry*, 79, 221-226.
- Waterman, E., Lockwood, B. (2007). Active Components and Clinical Applications of Olive Oil. *Alternative Medicine Review*, 12, 331-342.
- Weickert, M.O., Pfeiffer, A.F. (2008). Metabolic effects of dietary fiber consumption and prevention of diabetes. *Journal of Nutrition*, 138, 39-42.
- Wilkinson C, Dijksterhuis G.B., Minekus M. (2000). From food structure to texture. *Trends in Food Science & Technology*, 11, 442-450.
- Willett, W.C., Sacks, F., Trichopoulou, A., Drescher, G., Ferro-Luzzi, A., Helsing, E., Trichopoulos, D. (1995). Mediterranean diet pyramid: a cultural model for healthy eating. *American Journal of Clinical Nutrition*, 61, 1402-1406.
- Wu, D., Sun, D.W. (2013). Colour measurements by computer vision for food quality – a review. *Trends in Food Science & Technology*, 29, 5-20.
- Yokoyama, W.H., Hudson, C.A., Knuckles, B.E., Chiu, M.M., Sayre, R.N., Turnlund, J.R., Schneeman, B.O. (1997). Effect of barley β -glucan in durum wheat pasta on human glycemic response. *Cereal Chemistry*, 74, 293-296.

Zoulas El., Oreopoulou, V., Kounalaki, E. (2002). Journal of the Science of Food and Agriculture, 82, 1637-1644.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Ανδρικόπουλος, Ν. (2010). Ανάλυση Τροφίμων, Θεωρία μεθοδολογίας-οργανολογίας και εργαστηριακές ασκήσεις. Εκδόσεις Μπιστικά.

Γεωργακάκης, Σ.Α. (1993). Ποιοτικός έλεγχος τροφίμων. University Studio Press.

Πολυχρονιάδου – Αληχανίδου, Α. (1994). Ανάλυση Τροφίμων. Εκδόσεις Γαργατάνης.

Τσάκνης, Γ. (2012). Εργαστηριακές ασκήσεις οργανοληπτικού ελέγχου. ΤΕΙ Αθήνας.

Ζόγκζας, Ν.Π. (2012). Εργαστηριακές ασκήσεις μηχανικής τροφίμων ΙΙ. ΤΕΙ Αθήνας.

Παράρτημα

Έντυπα οργανοληπτικού ελέγχου παξιμαδιού

Οργανοληπτική δοκιμή αρεσκείας

Προϊόν: Παξιμάδι

Ημ/νία:

Ονοματεπώνυμο δοκιμαστή:.....

Αξιολογήστε τα δείγματα παξιμαδιού, αναφορικά με την υφή, χρώμα, γεύση, οσμή και την γενική αποδοχή σας, σύμφωνα με την παρακάτω 9-βάθμια ηδονική κλίμακα:

- | | | |
|----------------------|-------------------------------|----------------------|
| 1. Απαράδεκτο | 4. Ελαφρά μη αρεστό | 7. Μέτρια αρεστό |
| 2. Σχεδόν απαράδεκτο | 5. Ούτε αρεστό ούτε μη αρεστό | 8. Πάρα πολύ αρεστό |
| 3. Μέτρια μη αρεστό | 6. Ελαφρά αρεστό | 9. Υπερβολικά αρεστό |

Δείγμα	Υφή		Χρώμα	Γεύση	Οσμή	Γενική αποδοχή
	Σκληρότητα	Θραυστότητα				
A1						
A2						
A3						
B1						
B2						
B3						
B4						

Σχόλια/ Παρατηρήσεις :

Οργανοληπτική δοκιμή κατάταξης χαρακτηριστικών σε κλίμακα

Προϊόν: Παξιμάδι

Ημ/νία:

Ονοματεπώνυμο δοκιμαστή:.....

Αξιολογήστε τη σκληρότητα, τη θραυστότητα και το χρώμα των δειγμάτων παξιμαδιού, σύμφωνα με την παρακάτω κλίμακα (σημειώστε με X):

1. Σκληρότητα

Βαθμολόγηση	Δείγματα						
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4
Καθόλου							
Μικρή							
Μεσαία							
Μεγάλη							
Πολύ μεγάλη							

2. Θραυστότητα

Βαθμολόγηση	Δείγματα						
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4
Καθόλου							
Μικρή							
Μεσαία							
Μεγάλη							
Πολύ μεγάλη							

3. Χρώμα

Βαθμολόγηση	Δείγματα						
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4
Ελαφρώς κίτρινο							
Μέτρια κίτρινο							
Πολύ κίτρινο							
Ελαφρώς καφέ							
Μέτρια καφέ							

Σχόλια/ Παρατηρήσεις:

