



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ (IV)
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Μελέτη του αντιμικροβιακού χαρακτήρα
φυσικών ουσιών και της επίδρασης πηγών
διαιτητικών ινών σε φρέσκα ζυμαρικά

Διπλωματική εργασία

Ρούτουλα Ελένη

Επιβλέπουσα καθηγήτρια

Τζιά Κωνσταντίνα

2013

ΑΘΗΝΑ

Στα υπόλοιπα τέσσερα μέλη της οικογένειάς μου.

Μην κοιτάς πίσω, δεν βρίσκεσαι εκεί.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να απευθύνω τις θερμές μου ευχαριστίες στην Καθηγήτρια Ε.Μ.Π. Δρ. Κωνσταντίνα Τζιά, για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, τη συνεχή καθοδήγηση, τις γνώσεις και το ενδιαφέρον που μου παρείχε, τόσο κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, όσο και γενικότερα κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου στη Σχολή.

Αναγνωρίζοντας την πολύτιμη βοήθεια της υποψήφιας διδάκτορος Χαρίκλειας Χρανιώτη, την ευχαριστώ θερμά για την προθυμία της, την ουσιαστική βοήθεια που μου παρείχε και το εξαιρετικό κλίμα που δημιούργησε στη μεταξύ μας συνεργασία. Επίσης ευχαριστώ τους υποψήφιους διδάκτορες Σοφία Χανιώτη, Βασιλική Πολυχνιάτου και Παναγιώτη Σφακιανάκη, για τη βοήθεια, τις συμβουλές και την καθοδήγησή τους σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου.

Οφείλω να ευχαριστήσω όλους τους διδάκτορες και το προσωπικό του εργαστηρίου Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων για τη φιλική και δημιουργική ατμόσφαιρα που διαμόρφωσαν κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των πειραμάτων μου στο εργαστήριο, όπως επίσης και τους καθηγητές μου Δρ. Πέτρο Ταούκη και Δρ. Βασιλική Ωραιοπούλου για τις ουσιαστικές γνώσεις που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένειά μου και τους κοντινούς μου ανθρώπους για τη συμπαράσταση, την αγάπη και την υποστήριξή τους και τις φίλες μου Βαρβάρα, Εύη και Μαρία, οι οποίες έκαναν τα χρόνια των σπουδών μου ανεκτίμητα.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε δυο αντικείμενα μελέτης. Μελετήθηκε η ενσωμάτωση φυσικού αντιμικροβιακού παράγοντα σε φρέσκα ζυμαρικά είτε απευθείας, είτε σε εγκλεισμένη μορφή σε διαφόρους φορείς, με παράλληλη εξέταση των αντικειμενικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των ζυμαρικών. Επίσης, μελετήθηκε η επίδραση της προσθήκης πηγών διαιτητικών ινών σε φρέσκα ζυμαρικά, όσον αφορά τα αντικειμενικά και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους. Τα αντικειμενικά χαρακτηριστικά των φρέσκων ζυμαρικών που εξετάστηκαν ήταν το επιφανειακό χρώμα (σε κλίμακα L, a, b), η υφή (σκληρότητα), η ενεργότητα του νερού, οι μικροβιολογικές παράμετροι (ολική μικροβιακή χλωρίδα και σύνολο μούχλων και μυκήτων) και τα χαρακτηριστικά βρασίματος (δείκτης διόγκωσης, δείκτης απορρόφησης νερού και δείκτης απώλειας μάζας κατά το βράσιμο), κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Όλα τα δείγματα συσκευάστηκαν και αποθηκεύτηκαν υπό ψύξη για χρονικό διάστημα 8 ημερών.

Το φυσικό αντιμικροβιακό που μελετήθηκε ήταν εκχύλισμα κοριάνδρου, σε μορφή ελαιορητίνης. Οι φορείς εγκλεισμού που χρησιμοποιήθηκαν ήταν αραβικό κόμμα, συνδυασμός αραβικού κόμματος και τροποποιημένου αμύλου και συνδυασμός τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης. Οι πηγές διαιτητικών ινών που μελετήθηκαν ήταν ινουλίνη, πίτουρο βρώμης και απομονωμένες ίνες καρότου.

Από τα πειραματικά αποτελέσματα αποδείχθηκε πως το φυσικό αντιμικροβιακό λειτουργεί θετικά παρέχοντας προστασία ως προς τις μικροβιακές αλλοιώσεις (ολική μικροβιακή χλωρίδα, ζύμες – μούχλες) των φρέσκων ζυμαρικών κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη. Η ενσωμάτωση της ελαιορητίνης απευθείας στα δείγματα αποδείχθηκε ότι έχει ελαφρώς καλύτερη προστατευτική δράση από ότι η εγκλεισμένη μορφή της σε φορέα, ενώ η ποσότητα ενσωματωμένης ελαιορητίνης δεν φάνηκε να παίζει σημαντικό ρόλο στην αντιμικροβιακή δράση του κοριάνδρου. Η σκληρότητα των δειγμάτων με απευθείας ενσωμάτωση ελαιορητίνης αυξάνεται ελαφρά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, ενώ στα δείγματα με ενσωμάτωση εγκλεισμένης ελαιορητίνης η

σκληρότητα παραμένει σχετικά σταθερή. Η φωτεινότητα και το ολικό χρώμα της επιφάνειας των δειγμάτων επηρεάζονται σε μικρό βαθμό από την ενσωμάτωση της ελαιορητίνης. Η ενεργότητα του νερού των δειγμάτων παραμένει σχεδόν αμετάβλητη κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, με τιμές όμως χαμηλότερες από αυτές του τυφλού δείγματος. Οργανοληπτική εξέταση των διαφόρων χαρακτηριστικών των φρέσκων ζυμαρικών με ενσωμάτωση ελαιορητίνης κορίανδρου, σε αυτούσια ή σε εγκλεισμένη μορφή, έδειξε πως το γευστικό προφίλ τους επηρεάζεται έντονα στις πρώτες ημέρες αποθήκευσης, ενώ η αρωματική επίδραση της ελαιορητίνης μειώνεται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Σε συνολικό επίπεδο εξέτασης, προτιμώμενος τρόπος ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης κρίθηκε η εγκλεισμένη μορφή της σε φορέα και προτιμώμενος φορέας εγκλεισμού κρίθηκε ο συνδυασμός αραβικού κόμμεος και τροποποιημένου αμύλου.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα των χαρακτηριστικών βρασίματος των δειγμάτων με προσθήκη πηγής διαιτητικών ινών, ο τύπος της πηγής ινών αποδείχθηκε πως επηρεάζει τα χαρακτηριστικά αυτά του προϊόντος, σε αντίθεση με το ποσοστό προσθήκης αυτής, ενώ οι τιμές των χαρακτηριστικών διατηρούνται αναλλοίωτες κατά τη διάρκεια αποθήκευσης. Η σκληρότητα των δειγμάτων επηρεάζεται από το είδος της ενσωματωμένης ίνας και αυξάνεται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Η φωτεινότητα και το ολικό επιφανειακό χρώμα των δειγμάτων επηρεάζονται από το είδος της ίνας, αλλά οι τιμές τους διατηρούνται σχετικά σταθερές κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Ο τύπος της ενσωματωμένης ίνας επιδρά και στην ενεργότητα του νερού των δειγμάτων, η οποία όμως διατηρείται σε σταθερά επίπεδα κατά την αποθήκευση. Οργανοληπτική εξέταση των διαφόρων χαρακτηριστικών των δειγμάτων με ενσωματωμένες πηγές διαιτητικών ινών έδειξε σημαντική επίδραση τόσο του είδους της ίνας όσο και του ποσοστού ενσωμάτωσης. Σε συνολικό επίπεδο εξέτασης, προτιμώμενο δείγμα κρίθηκε αυτό με προσθήκη απομονωμένων ινών καρότου σε ποσοστό 7.5%.

Abstract

In the present thesis, two subjects were studied. The first one was the incorporation of a natural, antimicrobial agent in fresh pasta samples, which was added directly to the dough, or after being encapsulated in various carriers and its effect on the objective and sensorial characteristics. The second subject studied was the effect caused by the incorporation of sources of dietary fibers into pasta samples, concerning their objective and sensorial characteristics. The objective characteristics studied were surface color (in the L, a, b system), texture (hardness), water activity, microbial parameters (total microbial flora and total colony number of molds and fungus), as well as boiling parameters (swelling index, water absorption and cooking loss), during the storage of the samples. Every sample was packaged and stored refrigerated for 8 days.

The natural antimicrobial agent used was coriander oleoresin. The carriers of encapsulation were arabic gum, mixture of arabic gum along with modified starch and mixture of modified starch along with chitosan. Concerning the sources of dietary fibers used, they were inulin, oat bran and isolated carrot fiber.

From the experimental results it was proved that the antimicrobial agent incorporated into fresh pasta samples acts protectively towards microbial deterioration, during storage of the samples refrigerated. Incorporation of oleoresin directly into pasta showed better results concerning microbial protection than oleoresin encapsulated into carriers, as well as the quantity of oleoresin appeared to have no significant effect on the protection of pasta towards microbial deterioration. Hardness of samples with addition of non encapsulated oleoresin increases slightly during storage, while hardness of samples with encapsulated oleoresin remains steady. Concerning the color parameters, both luminosity and surface color of the samples are slightly affected by the oleoresin incorporation, while water activity values of the samples remain steady but lower than these of the blind sample. Analysis of the sensorial characteristics of fresh pasta samples with incorporation of coriander oleoresin in straight or encapsulated form showed that the flavor profile of the samples is more strongly influenced during the first days of storage, while the aromatic influence of oleoresin does weaken during storage. At an aggregate level of

study, preferable way of incorporation of oleoresin into fresh pasta samples was the encapsulation, using as carrier a mixture of arabic gum along with modified starch.

Regarding the second object studied in this thesis, results concerning the three boiling parameters of samples with incorporation of sources of dietary fibers showed that the source of fiber affects those parameters, while the percentage of fiber added does not seem to affect. Hardness of samples is also affected by the source of fiber, and in general its values rise during storage. Both color parameters and water activity are affected by the type of the fiber, but the values of those parameters are kept stable during storage. Analysis of the sensorial characteristics of fresh pasta samples with added sources of dietary fiber showed that both the type of fiber as well as the percentage of addition had a significant impact. At an aggregate level of study, preferable source of fiber was the isolated carrot fiber, when added at a percentage of 7,5%.

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract	7
ΜΕΡΟΣ Ι.....	18
Εισαγωγή.....	18
Κεφάλαιο 1: Ζυμαρικά	20
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	20
1.2 Παγκόσμια αγορά.....	22
1.3 Διατροφική αξία	27
1.4 Πρώτες ύλες	30
1.4.1 Σιτάρι.....	30
1.4.2 Αλεύρι – Σιμιγδάλι	33
1.4.3 Νερό	36
1.4.4 Άλλα συστατικά.....	37
1.5 Είδη ζυμαρικών	38
1.5.1 Εισαγωγή.....	38
1.5.2 Αφυδατωμένα ζυμαρικά	38
1.5.3 Φρέσκα ζυμαρικά	39
Κεφάλαιο 2: Παραγωγή Ζυμαρικών.....	40
2.1 Μηχανήματα και μέθοδοι – Παραγωγική διαδικασία.....	40
2.1.1 Εισαγωγή.....	40
2.1.2 Ανάμιξη σιμιγδαλιού	41
2.1.3 Παραγωγή σε παρτίδες	41
2.1.4 Συνεχής παραγωγή.....	48
2.2 Ξήρανση	53
2.2.1 Εισαγωγή.....	53
2.2.2 Διαδικασία ξήρανσης σε παρτίδες	54
2.2.3 Ξήρανση σε συνεχή παραγωγική διαδικασία.....	56
2.2.4 Συνθήκες ξήρανσης	60
2.2.5 Άλλες μέθοδοι ξήρανσης	64
2.3 Συσκευασία	66
2.4 Έλεγχος ποιότητας.....	69
2.4.1 Εισαγωγή.....	69

2.4.2 Παράμετροι ελέγχου	71
2.4.3 HACCP.....	82
Κεφάλαιο 3: Εμπλουτισμός ζυμαρικών με διαιτητικές ίνες.....	84
3.1 Εισαγωγή.....	84
3.2 Διαιτητικές Ίνες.....	85
3.2.1 Ιστορικά στοιχεία – Ορισμός.....	85
3.2.2 Χημική σύσταση διαιτητικών ινών.....	87
3.2.3 Πηγές διαιτητικών ινών	89
3.2.3.1 Διαιτητικές ίνες από σιτηρά.....	90
3.2.3.2 Διαιτητικές ίνες από όσπρια	91
3.2.3.3 Διαιτητικές ίνες από φρούτα και λαχανικά	91
3.2.3.4 Διαιτητικές ίνες από ζαχαρότευτλα	91
3.2.3.5 Άλλες πηγές διαιτητικών ινών	92
3.2.4 Ιδιότητες διαιτητικών ινών	93
3.2.4 Ινουλίνη, πίτουρο βρώμης και ίνες καρότου.....	96
3.2.5 Διατροφικά οφέλη των διαιτητικών ινών.....	99
3.2.6 Εμπλουτισμός ζυμαρικών με διαιτητικές ίνες.....	100
Κεφάλαιο 4: Φυσικές αντιμικροβιακές ουσίες	102
4.1 Εισαγωγή.....	102
4.2 Πηγές φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών.....	103
4.3 Ρόλος – δράση αντιμικροβιακών ουσιών.....	105
4.4 Κορίανδρος.....	108
4.4.1 Εισαγωγή.....	108
4.4.2 Σύνθεση.....	109
4.4.3 Αντιμικροβιακή δράση	110
4.5 Προσθήκη αντιμικροβιακών ουσιών στα ζυμαρικά.....	112
ΜΕΡΟΣ II.....	113
Κεφάλαιο 5: Πειραματικό μέρος.....	113
5.1 Σκοπός.....	113
5.2 Συσκευές, όργανα και υλικά.....	114
5.3 Πειραματική διαδικασία	116
5.4 Μετρήσεις και αναλύσεις	119
5.5 Σχεδιασμός πειραμάτων και στατιστική επεξεργασία	132

Κεφάλαιο 6: Αποτελέσματα και συζήτηση	135
6.1 Εισαγωγή.....	135
6.2 Αποτελέσματα Πειράματος 1: Επίδραση προσθήκης φυσικού αντιμικροβιακού (ελαιορητίνη κορίανδρου σε εγκλεισμένη ή μη μορφή) σε φρέσκα ζυμαρικά	135
6.2.1 Μετρήσεις σκληρότητας.....	135
6.2.2 Μετρήσεις χρώματος	138
6.2.3 Μετρήσεις ενεργότητας νερού.....	143
6.2.4 Οργανοληπτική αξιολόγηση	145
6.2.5 Μικροβιολογικές αναλύσεις	155
6.2.5.1 Κατηγοριοποίηση ανάλογα με τον τρόπο ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης κορίανδρου	155
6.2.5.2 Κατηγοριοποίηση ανάλογα με την ποσότητα ελαιορητίνης κορίανδρου που ενσωματώθηκε.....	160
6.2.6 Ανάλυση συσχέτισης	164
6.3 Αποτελέσματα Πειράματος 2: Επίδραση προσθήκης διαιτητικών ινών (ινουλίνη, πίτουρο βρώμης και απομονωμένες ίνες καρότου) σε φρέσκα ζυμαρικά.....	169
6.3.1 Μετρήσεις σκληρότητας.....	169
6.3.2 Μετρήσεις χρώματος	172
6.3.3 Μετρήσεις ενεργότητας νερού.....	175
6.3.4 Οργανοληπτική αξιολόγηση	177
6.3.5 Ανάλυση χαρακτηριστικών βρασίματος.....	184
6.3.6 Ανάλυση συσχέτισης	190
Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα και Προτάσεις.....	195
7.1 Συμπεράσματα.....	195
Αντιμικροβιακή δράση κορίανδρου σε φρέσκα ζυμαρικά	195
Επίδραση προσθήκη πηγής διαιτητικών ινών σε φρέσκα ζυμαρικά	198
7.2 Προτάσεις για το μέλλον	202
Βιβλιογραφία.....	205
ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ	212
Παράρτημα.....	212

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1: Παραγωγή ζυμαρικών κατά το έτος 2011. (IPO).....	24
Εικόνα 2: Κατά κεφαλήν κατανάλωση ζυμαρικών κατά το έτος 2011. (IPO).....	25
Εικόνα 3: Παραγωγή ζυμαρικών στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά το 2012. (UNAFPA)	26
Εικόνα 4: Στοιχεία εισαγωγών και εξαγωγών σιταριού στην Ευρώπη. (IPO).....	26
Εικόνα 5: Παραγωγή διάφορων τύπων σιταριού. (IPO)	27
Εικόνα 6: Διατροφική ανάλυση ζυμαρικών παρασκευασμένων από σιμιγδάλι. (Landi, 1995).....	28
Εικόνα 7: Επιμήκης τομή κόκκου σιταριού (H. D. Belitz, 2011).....	31
Εικόνα 8: Μορφολογικά χαρακτηριστικά καρπών σιταριού. (Kill R. C., 2001).....	32
Εικόνα 9: Διαγραμματική αποτύπωση διαδικασίας άλεσης και παραγωγής σιμιγδαλιού. (http://www.professionalpasta.it/source/pastarawmaterials.html)	34
Εικόνα 10: Ανάλυση εναπομένωντων αλάτων σε 1Lt πόσιμο νερό (Hummel, 1966)	36
Εικόνα 11: Τύποι χρησιμοποιούμενων αλεύρων και η επίδρασή τους στο ζυμάρι και στα ζυμαρικά (T. Fuad, 2010)	37
Εικόνα 12: Διάφορα είδη ζυμαρικών (http://www.film.queensu.ca/Cj3b/Photos/Toys/Pasta/PastaShapes.jpg).....	39
Εικόνα 13: Παραδείγματα φρέσκων ζυμαρικών (http://www.tastepotting.com/features/homemade-fresh-pasta-recipe , http://bunintended.wordpress.com/page/2/)	40
Εικόνα 14: Επίδραση της δοσολογίας και της ανάμιξης στο τελικό μίγμα (Kill R. C., 2001).....	43
Εικόνα 15: Κεφαλή εκβολής με γράμματα και αριθμούς (αριστερά) και κεφαλή εκβολής κλασικού σχήματος (Hummel, 1966)	47
Εικόνα 16: Κεφαλές εκβολής ζυμαρικών σε ποικίλα σχήματα (http://www.enginsoft.com/assets/img/casestudy/pasta/pasta_05.jpg , http://london.kijiji.ca/c-ViewAdLargeImage?AdId=526550784)	47
Εικόνα 17: Σχηματική αποτύπωση διάταξης για συνεχή παραγωγή ζυμαρικών (Kruger J.E., 1996)	51
Εικόνα 18: Παράδειγμα πρέσας για συνεχή παραγωγή ζυμαρικών (http://www.archiexpo.com/prod/dominioni/commercial-combined-pasta-dough-machines-68825-563495.html)	51
Εικόνα 19: Παραδείγματα πρέσας για συνεχή παραγωγή ζυμαρικών (Kruger J.E., 1996).....	52
Εικόνα 20: Επεξηγηματικό διάγραμμα διάταξης πρέσας με απλό ατέρμονα κοχλία για συνεχή παραγωγή (Kill R. C., 2001).....	52
Εικόνα 21: Απεικόνιση ξηραντηρίου (Hummel, 1966).....	55
Εικόνα 22: Τυπική διάταξη πρέσας εκβολής και ξηραντηρίου συνεχούς λειτουργίας (Hummel, 1966)	57
Εικόνα 23: Ξηραντήριο τύπου Buhler	57
Εικόνα 24: Περιστρεφόμενα τύμπανα για ξήρανση ζυμαρικών μεγάλου μήκους (Hummel, 1966)	60

Εικόνα 25: Σχηματική απεικόνιση ξηραντηρίου τύπου Buhler-Bassano (Hummel, 1966)	60	
Εικόνα 26: Καμπύλη συσχέτισης της θερμοκρασίας ξήρανσης με τον απαιτούμενο χρόνο (Kill R. C., 2001)	61	
Εικόνα 27: Τα τρία κυριότερα μοντέλα ξήρανσης που ακολουθούνται (Hummel, 1966)	62	
Εικόνα 28: Στάδια ξήρανσης για ζυμαρικά μεγάλου μήκους (Kill R. C., 2001).....	62	
Εικόνα 29: Στάδια ξήρανσης για ζυμαρικά μικρού μεγέθους (Kill R. C., 2001)	63	
Εικόνα 30: Διάγραμμα ροής της διαδικασίας συσκευασίας ζυμαρικών με διάφορες μεθόδους (Kruger J.E., 1996).....	66	
Εικόνα 31: Διάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας φρέσκων ζυμαρικών (IPO)	69	
Εικόνα 32: Οι παράμετροι που επηρεάζουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος (Kill R. C., 2001).....	71	
Εικόνα 33: Παράγοντες που επηρεάζουν χαρακτηριστικά και ελαττώματα των ζυμαρικών (Kruger J.E., 1996).....	81	
Εικόνα 34: Ολοκληρωμένο σύστημα ποιοτικού ελέγχου (Wallace C., 2001).....	82	
Εικόνα 35: Εφαρμογή των αρχών HACCP (Τζιά, 2010)	84	
Εικόνα 36: Χημική απεικόνιση των μονομερών που αποτελούν τις διαιτητικές ίνες (Λεμπέση 2012)	88	
Εικόνα 37: Δομή ινουλίνης (Λεμπέση 2012).....	97	
Εικόνα 38: Διαδικασία επεξεργασίας αρωματικών φυτών και καρπών προς μερική απομόνωση δραστικών ουσιών (Douglas M., 2005)	105	
Εικόνα 39: Σύνθεση αιθερίου ελαίου κοριανδρού σε διάφορα στάδια ωρίμανσης των καρπών (Burdock G.A., 2009).....	110	
Εικόνα 40: Αναλυτής υφής TA-XT2.....	120	
Εικόνα 41: Στέλεχος κοπής (TA-4 Craft Knife)	121	
Εικόνα 42: Χρωματόμετρο CR - 200 (Konica - Minolta)	122	
Εικόνα 43: Σφαιρικό σύστημα CIELAB	Εικόνα 44: Τριαξονικό σύστημα CIELAB	123
Εικόνα 45: Πρότυπο έντυπο οργανοληπτικής αξιολόγησης.....	126	
Εικόνα 46: Τεχνική των διαδοχικών αραιώσεων	129	

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Δομικές μονάδες διαιτητικών ινών (Λεμπέση 2012)	88
Πίνακας 2: Σύσταση (επί τοις 100) του πίτουρου των κυριότερων σιτηρών (Λεμπέση 2012)	90
Πίνακας 3: Αρωματικά φυτά και οι σημαντικότερες αντιμικροβιακές ενώσεις τους (Χανιώτη, 2010)	104
Πίνακας 4: Τυπική ανάλυση σύνθεσης ελαίου κοριανδρού. (Burdock G.A., 2009)	109
Πίνακας 5: Αντιμικροβιακή δράση ελαίου κοριανδρού σε στελέχη παθογόνων μικροοργανισμών (Alves-Silva J.M., 2013)	111
Πίνακας 6: Τιμές παραμέτρων για την ανάλυση σκληρότητας	121
Πίνακας 7: Μετρούμενα μεγέθη για τον προσδιορισμό χαρακτηριστικών βρασμού	132
Πίνακας 8: Περιγραφή και κωδικοποίηση των δειγμάτων του Πειράματος 1	133
Πίνακας 9: Περιγραφή και κωδικοποίηση των δειγμάτων του Πειράματος 2	134

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Μεταβολή σκληρότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριανδρού κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη	136
Διάγραμμα 2: Μεταβολή σκληρότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριανδρού εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμπος κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη	137

Διάγραμμα 22: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος και τροποποιημένου αμύλου κατά την όγδοη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη	149
Διάγραμμα 23: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορέα τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης κατά την πρώτη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη	150
Διάγραμμα 24: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορέα τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης κατά την όγδοη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη	150
Διάγραμμα 25: Συγκριτική παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών στην πρώτη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη.....	153
Διάγραμμα 26: Συγκριτική παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών στην όγδοη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη	153
Διάγραμμα 27: Συγκριτική παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου σε εγκλεισμένη μορφή στην πρώτη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη	154
Διάγραμμα 28: Συγκριτική παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη σε εγκλεισμένη μορφή στην όγδοη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη	155
Διάγραμμα 29: Μικροβιακή ανάλυση PCA δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου σε ποσοστά κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη	156
Διάγραμμα 30: Μικροβιακή ανάλυση RBC δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου σε ποσοστά κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη	156
Διάγραμμα 31: Μικροβιακή ανάλυση PCA δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	157
Διάγραμμα 32: Μικροβιακή ανάλυση RBC δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	157
Διάγραμμα 33: Μικροβιακή ανάλυση PCA δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος και τροποποιημένου αμύλου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη	158
Διάγραμμα 34: Μικροβιακή ανάλυση RBC δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος και τροποποιημένου αμύλου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη	158
Διάγραμμα 35: Μικροβιακή ανάλυση PCA δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορέα τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	159
Διάγραμμα 36: Μικροβιακή ανάλυση RBC δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορέα τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	159
Διάγραμμα 37: Συγκριτική παρουσίαση αποτελεσμάτων μικροβιακών αναλύσεων στο υπόστρωμα PCA, δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με 1 mL περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου, κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη	161
Διάγραμμα 38: Συγκριτική παρουσίαση αποτελεσμάτων μικροβιακών αναλύσεων στο υπόστρωμα PCA, δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με 2 mL περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου, κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη	161
Διάγραμμα 39: Συγκριτική παρουσίαση αποτελεσμάτων μικροβιακών αναλύσεων στο υπόστρωμα RBC, δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με 1 mL περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου, κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	162

Διάγραμμα 40: Συγκριτική παρουσίαση αποτελεσμάτων μικροβιακών αναλύσεων στο υπόστρωμα RBC, δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με 2 mL περιεχόμενη ελαιορητίνη κορίανδρου, κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	162
Διάγραμμα 41: Συγκριτικά αποτελέσματα μικροβιολογικών αναλύσεων σε υπόστρωμα PCA όλων των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	163
Διάγραμμα 42: Συγκριτικά αποτελέσματα μικροβιολογικών αναλύσεων σε υπόστρωμα RBC όλων των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	164
Διάγραμμα 43: Ανάλυση συσχέτισης των μελετώμενων μεταβλητών για τα δείγματα του Πειράματος 1	165
Διάγραμμα 44: Μεγέθυνση της αριστερής πλευράς του διαγράμματος 43.....	166
Διάγραμμα 45: Ανάλυση συσχέτισης των δειγμάτων	167
Διάγραμμα 46: Μεγέθυνση του τμήματος (1-2, 6-8) του διαγράμματος 45	168
Διάγραμμα 47: Μεγέθυνση του τμήματος (-2-2, -4-0) του διαγράμματος 45.....	168
Διάγραμμα 48: Μεγέθυνση του τμήματος (-1-2, -2-0) του διαγράμματος 45.....	169
Διάγραμμα 49: Αποτελέσματα μέτρησης σκληρότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινουλίνης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	170
Διάγραμμα 50: Αποτελέσματα μέτρησης σκληρότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου βρώμης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη	170
Διάγραμμα 51: Αποτελέσματα μέτρησης δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινών καρότου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	171
Διάγραμμα 52: Ανάλυση φωτεινότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινουλίνης. κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	172
Διάγραμμα 53: Ανάλυση φωτεινότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου βρώμης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη	172
Διάγραμμα 54: Ανάλυση φωτεινότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινών καρότου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	173
Διάγραμμα 55: Ανάλυση ολικού χρώματος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινουλίνης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	173
Διάγραμμα 56: Ανάλυση ολικού χρώματος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου βρώμης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη	174
Διάγραμμα 57: Ανάλυση ολικού χρώματος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινών καρότου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη	174
Διάγραμμα 58: Ανάλυση ενεργότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινουλίνης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	175
Διάγραμμα 59: Ανάλυση ενεργότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου βρώμης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	176
Διάγραμμα 60: Ανάλυση ενεργότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινών καρότου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	176
Διάγραμμα 61: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινουλίνης κατά την πρώτη ημέρα αποθήκευσης.....	178
Διάγραμμα 62: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινουλίνης κατά την όγδοη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη	178
Διάγραμμα 63: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου βρώμης κατά την πρώτη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη	179
Διάγραμμα 64: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου βρώμης κατά την όγδοη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη.....	179
Διάγραμμα 65: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινών καρότου κατά την πρώτη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη.....	180

Διάγραμμα 66: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινών καρότου κατά την όγδοη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη	180
Διάγραμμα 67: Συγκριτική παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πηγών φυτικών ινών κατά την πρώτη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη	183
Διάγραμμα 68: Συγκριτική παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πηγών φυτικών ινών κατά την όγδοη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη	184
Διάγραμμα 69: Συντελεστής διόγκωσης των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινουλίνης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	185
Διάγραμμα 70: Συντελεστής διόγκωσης των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου βρώμης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη	185
Διάγραμμα 71: Συντελεστής διόγκωσης των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινών καρότου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη	186
Διάγραμμα 72: Απορρόφηση νερού των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινουλίνης. κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη	187
Διάγραμμα 73: Απορρόφηση νερού των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου βρώμης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη	187
Διάγραμμα 74: Απορρόφηση νερού των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινών καρότου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	188
Διάγραμμα 75: Δείκτης απωλειών κατά το βράσιμο για δείγματα φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινουλίνης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.....	189
Διάγραμμα 76: Δείκτης απωλειών κατά το βράσιμο για δείγματα φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου βρώμης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη	189
Διάγραμμα 77: Δείκτης απωλειών κατά το βράσιμο για δείγματα φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινών καρότου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη	190
Διάγραμμα 78: Ανάλυση συσχέτισης των μεταβλητών του Πειράματος 2.....	191
Διάγραμμα 79: Μεγέθυνση της αριστερής πλευράς του διαγράμματος 78.....	192
Διάγραμμα 80: Ανάλυση συσχέτισης των δειγμάτων του Πειράματος 2.....	193
Διάγραμμα 81: Μεγέθυνση του πρώτου και τρίτου τεταρτημορίου του διαγράμματος 80	194

ΜΕΡΟΣ Ι

Εισαγωγή

Η κατανάλωση των ζυμαρικών από τους ανθρώπους έχει μακρά ιστορία. Τα ζυμαρικά αποτελούν μέρος της ανθρώπινης διατροφής εδώ και χιλιάδες χρόνια, καθώς αποτελούν καλή πηγή υδατανθράκων –δηλαδή ενέργειας– και πηγή βιταμινών και ιχνοστοιχείων. Η παρασκευή τους ξεκίνησε σε οικιακή κλίμακα και εξελίχθηκε σε βιομηχανία διαρκώς αναπτυσσόμενη. Η συνήθης μορφή απάντησης των ζυμαρικών είναι αφυδατωμένα, δηλαδή αποξηραμένα (αρχικά με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας και στη συνέχεια μέσω κατάλληλου βιομηχανικού εξοπλισμού), καθώς έτσι είναι πιο εύκολα αποθηκεύσιμα.

Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να αναπτύσσεται ο κλάδος των φρέσκων ζυμαρικών, δηλαδή ζυμαρικών τα οποία μετά την παρασκευή τους δεν ξηραίνονται αλλά συσκευάζονται και διατίθενται ως έχουν στην αγορά. Τα πλεονεκτήματα των φρέσκων ζυμαρικών σε σχέση με την κλασική μορφή των ζυμαρικών, είναι η πιο ντελικάτη και ανάλαφρη γεύση τους, καθώς και η ευκολία εμπλουτισμού της σύστασής τους με αρωματικά ή θρεπτικά στοιχεία, τα οποία δεν χάνουν τις ιδιότητές τους με την εφαρμογή ξήρανσης. Το μεγάλο μειονέκτημα των φρέσκων ζυμαρικών, είναι η ίδια η σύστασή τους, δεδομένου πως το μεγάλο ποσοστό του περιεχόμενου νερού τους τα καθιστά ιδιαίτερα ευπαθή σε μικροβιακές αλλοιώσεις. Για την αποφυγή τέτοιων φαινομένων, τα φρέσκα ζυμαρικά περιέχουν χημικούς αντιμικροβιακούς και συντηρητικούς παράγοντες.

Οι απαιτήσεις των καταναλωτών για ασφαλή τρόφιμα με όσο το δυνατόν φυσικά συστατικά ολοένα και αυξάνονται, καθώς τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια στροφή στη χρήση φυσικών συστατικών τόσο στον τομέα της διατροφής όσο και σε άλλους τομείς της καθημερινότητας. Οι απαιτήσεις αυτές δημιούργησαν την ανάγκη εύρεσης εναλλακτικών αντιμικροβιακών ουσιών για την προστασία των φρέσκων ζυμαρικών. Προς απάντηση, η βιομηχανία τροφίμων, υποστηριζόμενη από την ερευνητική κοινότητα, προσπαθεί να βελτιώσει την ποιότητα και την ασφάλεια των φρέσκων

ζυμαρικών και να ανακαλύψει μεθόδους διατήρησής τους χωρίς τη χρήση χημικών πρόσθετων. Ουσίες που αποδεδειγμένα έχουν αντιμικροβιακή δράση και μπορούν να δράσουν ως αντιμικροβιακοί παράγοντες, είναι ενώσεις που περιέχονται σε αρκετά αρωματικά φυτά. Η χρήση ουσιών προερχόμενων από αρωματικά φυτά, πέρα από αντιμικροβιακή δράση, προσφέρει και ενίσχυση της γεύσης των φρέσκων ζυμαρικών, προσδίδοντάς τους τον αρωματικό χαρακτήρα του αντίστοιχου φυτού.

Τα τελευταία χρόνια, λόγω των έντονων ρυθμών ζωής και της έλλειψης χρόνου για ολοκληρωμένες διατροφικές επιλογές, έχουν αναπτυχθεί προϊόντα με ενισχυμένη διατροφική αξία (εμπλουτισμένα προϊόντα), ώστε με κατανάλωσή τους να λαμβάνονται τα απαραίτητα συστατικά μιας ισορροπημένης διατροφής. Ένα από τα βασικά συστατικά μιας ισορροπημένης διατροφής είναι οι διαιτητικές ίνες, οι οποίες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη διατροφή, με ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία. Τα φρέσκα ζυμαρικά θεωρήθηκαν κατάλληλοι φορείς πηγών διαιτητικών ινών, καθώς η αμυλούχα σύστασή τους και τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά επιτρέπουν την ενσωμάτωση διαιτητικών ινών.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, μελετήθηκε η αντιμικροβιακή δράση της ελαιορητίνης κορίανδρου σε δείγματα φρέσκων ζυμαρικών και η επίδρασή της στις αντικειμενικές και οργανοληπτικές τους ιδιότητες. Επίσης, μελετήθηκε η επίδραση ενσωμάτωσης τριών πηγών διαιτητικών ινών (ινουλίνης, πίτουρου βρώμης και απομονωμένων ινών καρότου) στις αντικειμενικές και οργανοληπτικές ιδιότητες των φρέσκων ζυμαρικών.

Κεφάλαιο 1: Ζυμαρικά

1.1 Ιστορική αναδρομή

Καταγωγή

Η Ιταλία θεωρείται παραδοσιακά γενέτειρα των ζυμαρικών και σίγουρα πρόκειται για τη χώρα στην οποία τα ζυμαρικά ήταν και παραμένουν ιδιαίτερα δημοφιλή ως διατροφική επιλογή. Παρόλα αυτά, υπάρχουν στοιχεία που δείχνουν πως τα ζυμαρικά κατάγονται από την Κίνα ή την Ιαπωνία, ή τουλάχιστον ότι αναπτύχθηκαν και εκεί παράλληλα με την ανάπτυξή τους στην Ιταλία. Σύμφωνα με έναν ιταλικό μύθο, τα ζυμαρικά παρασκευάστηκαν για πρώτη φορά στην Ιταλία, από μια Κινέζα παραδουλεύτρια, την οποία παρενόχλησε ένας Ιταλός ναύτης καθώς αυτή έφτιαχνε ζυμαρί για ψωμί. Η κοπέλα φλερτάροντας μαζί του ξέχασε το ζυμαρί το οποίο φούσκωσε και ξεχείλισε από τη λεκάνη, σχηματίζοντας «νήματα ζύμης» μέχρι το πάτωμα τα οποία ξεράθηκαν γρήγορα στον ήλιο. Ο Ιταλός ναύτης, ο οποίος ονομαζόταν «Spaghetti», θέλοντας να καλύψει την απροσεξία της κοπέλας, πήρε τα «νήματα» στο καράβι του. Ο μάγειρας του караβιού τα έβρασε μέσα σε ζωμό και παρατήρησε ότι ήταν πολύ ευχάριστα κατά την κατανάλωση. Έτσι ο ναύτης, κατά το ταξίδι του στις Ιταλικές ακτές, δίδαξε την τυχαία συνταγή για τα περίφημα «νήματα ζύμης», στα οποία έδωσε και το όνομά του, συστήνοντας την τέχνη παρασκευής ζυμαρικών στη χώρα η οποία εξελίχθηκε αργότερα στο μεγαλύτερο καταναλωτή τους. Ένας άλλος μύθος αναφέρει πως ο εξερευνητής Μάρκο Πόλο επιστρέφοντας από το ταξίδι του στην Κίνα, είχε στις αποσκευές του ένα νέο προϊόν, το οποίο ανακάλυψε εκεί. Πέρα από τους μύθους, υπάρχουν αποδείξεις πως οι Ετρούσκοι (λαός νοτιοευρωπαϊκής καταγωγής τους οποίους διαδέχτηκαν οι Ρωμαίοι) έφτιαχναν ζυμαρικά ήδη από το 400π.Χ., καθώς βρέθηκαν μηχανήματα τα οποία μοιάζουν με τις σύγχρονες μηχανές παρασκευής ζυμαρικών (πλάστες, επιφάνειες πλασίματος, οδοντωτοί τροχοί). Ακόμη, ο ποιητής Oratius Flaccus Q., ο οποίος έζησε τον πρώτο αιώνα π.Χ., περιγράφει στο έργο του «6th Satira, Book I» το δείπνο του, το οποίο αποτελείτο από σούπα με πράσα, ρεβίθια και λαζάνια (είδος ζυμαρικού). Από τους Ετρούσκους, η συνταγή παρασκευής ζυμαρικών πέρασε στους Ρωμαίους και από αυτούς μέσω της εξάπλωσης της αυτοκρατορίας, σε όλη την Ευρώπη. Όσον αφορά στις «φήμες» για την κινεζική καταγωγή των ζυμαρικών, οι πρώτες αναφορές παρασκευής ζυμαρικών στην

Κίνα γίνονται κατά τη διάρκεια βασιλείας της Δυναστείας των Shang (1700-1100 π.Χ.). (Hummel, 1966), (Kruger J.E., 1996), (DelGiudice, 2003)

Μέχρι τώρα, οι αναφορές (αληθείς ή μη) αφορούσαν σε φρέσκα ζυμαρικά. Η πρώτη αναφορά σε ξερά (αφυδατωμένα) ζυμαρικά που μπορούν να διατηρηθούν, γίνεται το 1138μ.Χ. και προέρχεται από το αραβικό τμήμα της Σικελίας. Ένας Μαροκινός γεωγράφος, ο Abu Abdullah Muhemmed ibn Idris, κατά διαταγή του βασιλιά της Σικελίας Roger II, έκανε επιθεώρηση στο βασίλειο. και σε αναφορά του μεταξύ άλλων περιέγραφε τα αχανή χωράφια, τους αμέτρητους μύλους και τα αγροκτήματα στην Trabia (περιοχή 30 χιλιόμετρα έξω από το Παλέρμο) όπου παράγονταν ζυμαρικά σε μορφή σκοινιού (τα σημερινά спаγγέτι) και εξάγονταν «με караβιές» στην Καλαβρία και σε άλλα μέρη του μουσουλμανικού και χριστιανικού κόσμου. Τα ζυμαρικά ήταν προφανώς αφυδατωμένα, ενώ στην αναφορά του δίνεται και περιγραφή της μηχανής παραγωγής τους. Από το 12^ο αι. μ.Χ., Γενοβέζοι έμποροι διέδωσαν τα σισιλιάνικα ζυμαρικά στο βορρά οι οποίοι το 14^ο αι. μ.Χ. έγιναν παραγωγοί, κατατάσσοντας τη Γένοβα, μετά τη Σικελία, στις πρώτες περιοχές παραγωγής ζυμαρικών στην Ιταλία. (DelGiudice, 2003)

Εξάπλωση

Με αφετηρία τη Σικελία και τη Γένοβα, τα ζυμαρικά (είτε ως προϊόν είτε ως παραγωγή) εξαπλώνονται αρχικά σε ιταλικές περιοχές και στη συνέχεια σε όλο τον κόσμο. Κατά το 13^ο αι. μ.Χ. αναφέρονται σε πόλεις όπως η Πίζα και η Νάπολη, η οποία αργότερα γύρω στο 18^ο αι. μ.Χ. θα γίνει η «πόλη-ορόσημο των ζυμαρικών» π.χ. το 1785 υπήρχαν 280 μαγαζιά που πωλούσαν ζυμαρικά στη Νάπολη. Τα ζυμαρικά έγιναν φαγητό του δρόμου και οι πιο πιστοί καταναλωτές τους ήταν άνθρωποι του δρόμου οι οποίοι καταλάωναν μακριά спаγγέτι με παρμεζάνα τεντώνοντάς τα και καταπίνοντάς τα αμάσητα κάποιες φορές. Το θέαμα αυτό προσέλκυε πολύ κόσμο και τουρίστες. Οι παρασκευαστές ζυμαρικών αυξήθηκαν κατακόρυφα σε όλη την Ιταλία και οργανώθηκαν σε συλλόγους και σωματεία για να προστατεύσουν την τέχνη τους και τα συμφέροντά τους από άλλους ανταγωνιστικούς κλάδους, όπως οι αρτοποιοί. Το πρώτο τέτοιο σωματείο αναφέρεται στη Φλωρεντία, γύρω στο 1337 μ.Χ. (Kruger J.E., 1996).

Παράλληλα με την εξάπλωση των ζυμαρικών, αφενός εμπλουτίστηκαν τα είδη τους και αφετέρου αναπτύχθηκαν σκεύη για το μαγείρεμά τους. Άρχισε έτσι να γίνεται η παραγωγή τους σε μεγάλη κλίμακα, αρχικά σε παραθαλάσσιες πόλεις της Ιταλίας, όπως Νάπολη, Παλέρμο και Γένοβα, όπου οι καιρικές συνθήκες (ηλιοφάνεια και θαλάσσια αύρα) διευκόλυναν την ξήρανση των ζυμαρικών και έκαναν εύκολη την αποστολή παραγγελιών. Ορόσημο στην ιστορία παραγωγής των ζυμαρικών αποτελεί και το πέρασμα από τον παραδοσιακό (χειρωνακτικό πλάσιμο ζύμης και αφυδάτωση ζυμαρικών στον ήλιο) στο μηχανικό τρόπο παραγωγής τους με τη βοήθεια μηχανών πλασίματος, πρεσών συνεχούς λειτουργίας, παρότι η μεγάλη ανάπτυξη και αναβάθμιση της παραγωγικής διαδικασίας των ζυμαρικών έγινε κατά τη διάρκεια του 19^{ου} αι. μ.Χ. (DelGiudice, 2003).

Από την Ιταλία, τα ζυμαρικά γρήγορα βρέθηκαν στην υπόλοιπη Ευρώπη και στην Αμερική με τη βοήθεια του εμπορίου και των μεταναστών. Στην Αμερική τα ζυμαρικά ξεκίνησαν να παράγονται το 1848, αν και το ενδιαφέρον του τότε προέδρου Thomas Jefferson για το νέο αυτό τρόφιμο είχε ήδη εκδηλωθεί από το 1786. Κατά τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο διακόπηκε η αποστολή ζυμαρικών από το εξωτερικό προς την Αμερική και έτσι αναπτύχθηκε η βιομηχανική παραγωγή των ζυμαρικών. Πολλοί εισαγωγείς ιταλο-αμερικανικής καταγωγής έγιναν παραγωγοί ζυμαρικών, ιδρύοντας μικρές οικογενειακές επιχειρήσεις (DelGiudice, 2003).

1.2 Παγκόσμια αγορά

Τα ζυμαρικά ίσως το αγαπημένο φαγητό της μεγαλύτερης μερίδας πληθυσμού του κόσμου. Ξεκινώντας από την Ιταλία (ή την Κίνα όπως παρουσιάζεται σε κάποιες πηγές) κατέκτησαν τον κόσμο και παραμένουν στην κορυφή παρά τις διατροφικές τάσεις οι οποίες συνεχώς μεταβάλλονται. Η αγορά ζυμαρικών αυξήθηκε κατά 3 δισεκατομμύρια δολάρια κατά την περίοδο 2003 – 2010 (από 13 σε 16 δισεκατομμύρια δολάρια) και η διαφορά αυτή υπολογίζεται να επαναληφθεί μέχρι το 2015, φτάνοντας το ποσό των 19 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Τα χαρακτηριστικά των ζυμαρικών τα οποία τα κάνουν τόσο «αγαπητά» στο ευρύ κοινό είναι το ότι πρόκειται για μια τροφή οικονομική, εύκολα διαθέσιμη και εύκολα παρασκευάσιμη, το ότι αποτελούν μια πρώτη ύλη για μεγάλο αριθμό πιάτων καθώς μπορούν να συνδυαστούν κυριολεκτικά με τα πάντα, το ότι είναι

αποθηκεύσιμα για μεγάλο χρονικό διάστημα και το ότι είναι χορταστικά, συντηρώντας το αίσθημα πλήρωσης για μεγάλο χρονικό διάστημα. Στα στοιχεία αυτά προστίθενται και η «απενοχοποίησή» τους από το χαρακτηρισμό «παχυντική τροφή». Δεν είναι τυχαία λοιπόν η εμπορικά προτιμότερη τροφή. (McClatchey, 2011)

Δεδομένης της καταγωγής των ζυμαρικών καθώς και της πρώτης ύλης, η Ιταλία κατέχει τα σκήπτρα τόσο της παραγωγής ζυμαρικών, όσο και της εξαγωγής τους. Γενικά η Ευρώπη είναι η ήπειρος με το μεγαλύτερο ποσοστό εξαγωγής ζυμαρικών και προς έκπληξη είναι η δεύτερη ήπειρος όσον αφορά την εισαγωγή ζυμαρικών και της πρώτης ύλης τους. Συγκριτικά, η Ευρώπη έχει περίπου το 50% της παγκόσμιας παραγωγής ζυμαρικών ενώ στην Αμερική αντιστοιχεί περίπου το 30% της παγκόσμιας παραγωγής. Στην Εικόνα 1 φαίνεται η ετήσια παραγωγή ζυμαρικών για το 2011 για διάφορες χώρες του κόσμου, ενώ στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται η κατά κεφαλήν κατανάλωση ζυμαρικών για το έτος 2011. Και στην κατανάλωση κυριαρχεί η Ιταλία (με την Ελλάδα να ακολουθεί στην τέταρτη θέση). (IPO), (Kill R. C., 2001)

Pasta production by country in 2011 (in tonnes)

Italy	3,316,728	Hungary	66,000
United States *	2,000,000	Rep. Dominicana	65,000
Brazil	1,300,000	Ecuador	56,000
Russia	1,083,000	Austria	54,778
Turkey	851,830	Romania	52,600
Iran	560,000	Australia	50,000
Egypt	400,000	Switzerland	46,470
Venezuela	341,554	Bolivia	43,000
Germany	334,179	Guatemala	38,000
Mexico	330,000	United Kingdom	35,000
Peru	297,162	Netherlands	23,335
Argentina	324,437	Slovak Republic	22,000
Spain	252,208	Costa Rica	20,873
France	241,933	Sweden	20,200
Tunisia	183,000	Jordan	20,000
Canada	170,000	Croatia	13,000
Poland	160,000	El Salvador	13,000
Greece	145,000	Syria	9,005
Japan	144,500	Slovenia	6,261
Colombia	131,270	Lituania	5,976
Chile	126,080	Panama	4,364
India	100,000	Latvia	1,845
Portugal	76,000	Estonia	1,400
Czech Republic	70,000		

Source: IPO Annual Survey on World Pasta Industry (October 2012)

Εικόνα 1: Παραγωγή ζυμαρικών κατά το έτος 2011. (IPO)

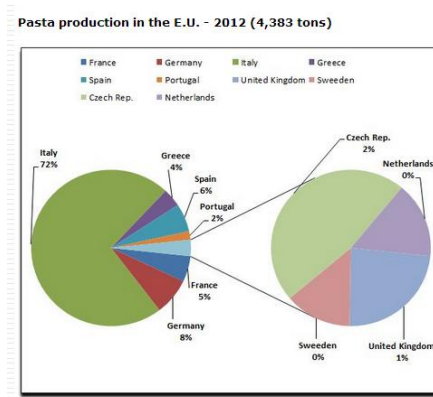
Pasta per-capita consumption by country in 2011 (kg)

Italy	26.0	Spain	5.0
Venezuela	12.3	Slovak Republic	5.0
Tunisia	11.9	Bolivia	4.8
Greece	10.5	Netherlands	4.4
Switzerland	9.3	Lithuania	4.4
Sweden	9.0	Poland	4.4
United States	8.8	Latvia	4.1
Iran	8.5	Dominican Rep.	4.0
Chile	8.4	Australia	4.0
Peru	8.2	Israel	4.0
France	8.1	Ecuador	3.9
Germany	8.1	Panama	3.8
Argentina	7.9	Costa Rica	3.2
Russia	7.8	Finland	3.2
Hungary	7.5	Colombia	3.0
Uruguay	7.5	Mexico	2.7
Croatia	7.3	Romania	2.7
Austria	7.0	United Kingdom	2.5
Slovenia	6.7	Guatemala	2.0
Portugal	6.6	Denmark	2.0
Canada	6.5	Libya	2.0
Brazil	6.2	Japan	1.7
Turkey	6.1	Egypt	1.2
Czech Republic	6.0	Ireland	1.0
Belgium - Lux.	5.4	El Salvador	1.0
Estonia	5.3		

Source: IPO Annual Survey on World Pasta Industry (October 2012)

Εικόνα 2: Κατά κεφαλήν κατανάλωση ζυμαρικών κατά το έτος 2011. (IPO)

Όσον αφορά τις χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης, η Ιταλία είναι η κυρίαρχη χώρα στην παραγωγή ζυμαρικών, με μεγάλη διαφορά από τις υπόλοιπες, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3. Στην Ιταλία δραστηριοποιείται μεγάλος αριθμός βιομηχανιών παραγωγής ζυμαρικών, εκ των οποίων η μεγαλύτερη είναι η Barilla. Η Barilla κατέχει το 35% της παραγωγής ζυμαρικών από σιμιγδάλι, το 40% της παραγωγής ζυμαρικών που περιέχουν και αβγό καθώς και το 10% της παραγωγής φρέσκων ζυμαρικών. (Landi, 1995)



Εικόνα 3: Παραγωγή ζυμαρικών στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά το 2012. (UNAFPA)

Η παραγωγή ζυμαρικών είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την παραγωγή του σιταριού τύπου durum το οποίο χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά ως πρώτη ύλη των ζυμαρικών χάρη στις ιδιότητες που παρουσιάζει. Συνεπώς, όπως παρουσιάζεται από τα δεδομένα στην Εικόνα 4 η Ευρώπη έχει μεν τη μεγαλύτερη παραγωγή σιταριού, αλλά παράλληλα είναι και ένας από τους μεγαλύτερους εισαγωγείς σιταριού, ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις για την παραγωγή ζυμαρικών.

- **Imports:** 15.7 mio t (12.5 mio t in 2011/12; 11.6 mio t 2 years ago)
 - 3.5 mio t soft wheat
 - 1.3 mio t durum wheat
 - 10.0 mio t maize
 - 40 000 t barley
- **Exports:** 26.2 mio t (20.2 mio t last year; 26.2 mio t 2 years ago)
 - 17.8 mio t soft wheat
 - 4.5 mio t barley
 - 1.1 mio t durum wheat
 - 1.4 mio t maize

Εικόνα 4: Στοιχεία εισαγωγών και εξαγωγών σιταριού στην Ευρώπη. (IPO)

Δεδομένων των μεταβαλλόμενων συνθηκών όσον αφορά τις διατροφικές τάσεις, υπάρχει παραγωγή ζυμαρικών τα οποία δεν αποτελούνται αποκλειστικά από σμιγδάλι το οποίο προέρχεται από σιτάρι τύπου durum. Στις νέες συνταγές ενσωματώνονται και άλλα συστατικά όπως άλευρα διαφόρων ποικιλιών. Τα «εναλλακτικά» αυτά ζυμαρικά απευθύνονται σε συγκεκριμένες ομάδες πληθυσμού, οι οποίες αποζητούν διαφορετικά

στοιχεία από τα ζυμαρικά, πέραν των γνωστών μέχρι πρότινος. Άρα φυσικό είναι η παραγωγή σιταριού τύπου durum να μην αυξάνεται αλλά να παραμένει σταθερή ή με μια μικρή πτωτική τάση, ενώ παράλληλα η παραγωγή άλλων ποικιλιών σιταριού να αυξάνονται. Το γεγονός αυτό υποστηρίζεται από τα δεδομένα παραγωγής τύπων σιταριού, όπως αυτά παρουσιάζονται στην Εικόνα 5. (IPO) (Kill R. C., 2001)

Mio ha	2011	2012	2013 April fcst	2013 May fcst	% change 2012/2013	%change AVG 5 Y
TOTAL	55,9	57,0	57,4	57,9	1,5	1,3
Soft wheat	23,2	23,0	23,2	23,3	1,2	0,6
Durum wheat	2,51	2,73	2,69	2,68	-1,7	-4,7
Barley	11,9	12,4	12,5	12,5	0,9	-2,3
Maize	9,0	9,6	9,4	9,7	2	11,4
Rye	2,2	2,4	2,5	2,5	6	-3,5
Oats	2,7	2,7	2,7	2,8	3,8	0,1

Εικόνα 5: Παραγωγή διάφορων τύπων σιταριού. (IPO)

1.3 Διατροφική αξία

Η διατροφή είναι ουσιαστικά το «καύσιμο» για την «ανθρώπινη μηχανή» προκειμένου ο άνθρωπος αφενός να επιβιώσει και αφετέρου να εκτελέσει τις βιολογικές του λειτουργίες και τις καθημερινές του δραστηριότητες. Για να επιτευχθεί η βέλτιστη λειτουργία του ανθρώπινου σώματος, πρέπει να υπάρχει γνώση τόσο του καυσίμου όσο και της μηχανής. Η διατροφή γίνεται, παραδοσιακά, μέσω των τροφίμων. Στα τρόφιμα υπάρχουν δύο κατηγορίες συστατικών, θερμιδικά ή μη, ανάλογα με το αν παρέχουν ενέργεια. Με την έννοια «παρέχω ενέργεια» εννοείται η παροχή μηχανικής ή θερμιδικής ενέργειας μέσω μετατροπής των χημικών ουσιών που περιέχονται στα τρόφιμα με τη διαδικασία της πέψης τους. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα λιπίδια (παροχή ενέργειας: 9 Kcal/g) καθώς και οι πρωτεΐνες και οι υδατάνθρακες (παροχή ενέργειας: 4Kcal/g). Στη δεύτερη κατηγορία ανήκει το νερό, οι βιταμίνες, τα μέταλλα και άλλες ουσίες, οι οποίες αν και δεν παρέχουν ενέργεια, είναι εντούτοις απαραίτητες για τη σωστή λειτουργία του οργανισμού. Η ενέργεια που παραλαμβάνεται από τις τροφές και η οποία απαιτείται ημερησίως, εξαρτάται από τις ανάγκες του ατόμου, οι οποίες διαφοροποιούνται ανάλογα με το αν ακολουθείται κάποια συγκεκριμένη διαίτα, αν λαμβάνει χώρα μυϊκή άσκηση, ή αν υπάρχουν άλλες ιδιαίτερες απαιτήσεις. Υπολογίζεται πως οι ημερήσιες ενεργειακές

απαιτήσεις ενός ανθρώπου, χωρίς να λαμβάνει χώρα μυϊκή άσκηση, ανέρχονται περίπου σε 1700 Kcal, ενώ το ποσό αυτό αυξάνεται ανάλογα με τη μυϊκή άσκηση (Strata).

Η διατροφική αξία των ζυμαρικών, με βάση τη σύνθεσή τους (σιμιγδάλι και νερό), δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή, καθώς πρόκειται για μια κατηγορία τροφίμων πλούσια σε άμυλο και με μικρό πρωτεϊνικό περιεχόμενο (περίπου 7-8 φορές χαμηλότερο από την περιεκτικότητα των προϊόντων σε άμυλο). Παρά τη σχετικά χαμηλή διατροφική τους αξία, τα ζυμαρικά δεν θεωρούνται πλέον «παχυντική κατηγορία τροφίμων», αλλά ανήκουν στις «υγιεινές διατροφικές επιλογές». Τα ζυμαρικά, όπως και τα περισσότερα προϊόντα που προέρχονται από τα δημητριακά, παρέχουν στον οργανισμό υδατάνθρακες, καθώς και μικρή ποσότητα πρωτεϊνών οι οποίες όμως δεν έχουν υψηλή βιολογική αξία. Στην Εικόνα 6 φαίνεται η διατροφική αξία των ζυμαρικών. Το λίπος που περιέχουν προέρχεται κυρίως από ακόρεστα λιπαρά οξέα. Όσον αφορά το περιεχόμενο των ζυμαρικών σε αμινοξέα, αυτό είναι πολύ φτωχό, καθώς δεν περιέχουν αξιόλογη πηγή πρωτεϊνών. Σε αντίθεση με διάφορα άλλα τρόφιμα υψηλής υδατανθρακικής αξίας, τα ζυμαρικά δεν συνηθίζεται να καταναλώνονται «ως έχουν», αλλά συνήθως συνδυάζονται με σάλτσες, καρυκεύματα, τυριά ή λειτουργούν ως συμπλήρωμα σε πιάτα που περιέχουν κρέας ή άλλη πηγή πρωτεΐνης. Με τον τρόπο αυτό, αυξάνεται η διατροφική τους αξία, καθώς συνδυάζεται με τη διατροφική αξία του άλλου συνοδευτικού. Ως εκ τούτου, τα ζυμαρικά τα οποία παρασκευάζονται από σιμιγδάλι και νερό, αν και δεν θεωρούνται πλήρης τροφή από διατροφική άποψη, μπορούν να παίξουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην καθημερινή διατροφή αν συνδυαστούν καταλλήλως με συνοδευτικά τα οποία εμπλουτίζουν το θρεπτικό τους περιεχόμενο. (Kill R. C., 2001, Strata, Landi, 1995).

	Semolina pasta
Carbohydrates	74-75%
Proteins	10-12%
Fats	1-2%
Water	11-12%

Εικόνα 6: Διατροφική ανάλυση ζυμαρικών παρασκευασμένων από σιμιγδάλι. (Landi, 1995)

Εκτός από τα παραδοσιακά «απλά» ζυμαρικά τα οποία παρασκευάζονται μόνο από σιμιγδάλι και νερό και καταναλώνονται σκέτα ή με προσθήκη συνοδευτικών, υπάρχει

και μια άλλη κατηγορία ζυμαρικών, τα «γεμιστά». Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν ζυμαρικά όπως τα ραβιόλι ή τα τორτελίνια, τα οποία παρασκευάζονται όπως τα απλά ζυμαρικά και στη συνέχεια γεμίζονται με διαφόρων ειδών υλικά. Τέτοια υλικά είναι διάφορα είδη τυριών, φρέσκα μυρωδικά, κρέας σε διάφορες μορφές, σάλτσες και άλλα. Η προσθήκη γέμισης στα ζυμαρικά προέκυψε από την ανάγκη για αύξηση του διατροφικού τους περιεχομένου, ειδικά όσον αφορά τις πρωτεΐνες και τα λίπη. Η διατροφική αξία των γεμιστών ζυμαρικών είναι σαφώς μεγαλύτερη από αυτή των απλών εξαρτώμενη από τη διατροφική αξία της εκάστοτε γέμισης. Εάν τα γεμιστά ζυμαρικά συνδυαστούν με επιπλέον συνοδευτικά, τότε δημιουργείται ένα πλήρες γεύμα με μεγάλη διατροφική αξία (Strata).

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί προσθήκη συμπυκνωμάτων (απομονωμένων) θρεπτικών συστατικών στη σύνθεση των ζυμαρικών. Το είδος των ζυμαρικών αυτών ονομάζεται «ενισχυμένα ή εμπλουτισμένα ζυμαρικά». Στην περίπτωση των ενισχυμένων ζυμαρικών, η διατροφική αξία έχει επί τούτου αυξηθεί, ώστε να θεωρούνται καλύτερα και πιο πλήρη ως διατροφική επιλογή. Η ενίσχυση μπορεί να γίνει με διάφορα συστατικά που λείπουν από τη βασική σύνθεση των ζυμαρικών, όπως βιταμίνες (κυρίως του συμπλέγματος Β), ιχνοστοιχεία, φυτικές ίνες, πηγές πρωτεϊνών ή αμινοξέα. Η διατροφική αξία των ενισχυμένων ζυμαρικών είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η διατροφική αξία των προστιθέμενων ουσιών. Αξίζει να αναφερθεί πως ένας πολύ καλός τρόπος ενίσχυσης της διατροφικής αξίας των ζυμαρικών, θα ήταν με προσθήκη μαγιάς, η οποία είναι πλούσια σε βιταμίνες, πολύ καλή πηγή πρωτεϊνών (και αμινοξέων) και καλή πηγή ιχνοστοιχείων και μετάλλων. Προς το παρόν δεν υπάρχει κάποιος βέλτιστος τρόπος ενσωμάτωσης της μαγιάς στα ζυμαρικά (Malcolmson, 2003, Hummel, 1966).

Διατροφικά οφέλη από την κατανάλωση ζυμαρικών

Εδώ και μερικά χρόνια γίνονται μελέτες για την απόδειξη της ευεργετικής δράσης των ζυμαρικών στην καθημερινή διατροφή. Υπάρχουν ενδείξεις για τη μείωση της εμφάνισης καρδιαγγειακών προβλημάτων και για καλύτερο χειρισμό του διαβήτη. Σύμφωνα με έρευνα, άτομα τα οποία ακολουθούσαν διατροφή πλούσια σε ζυμαρικά παρουσίασαν χαμηλότερα επίπεδα λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας και συνολικών λιποπρωτεϊνών στον ορό του αίματος, από άτομα τα οποία δεν περιελάμβαναν ζυμαρικά συχνά στη

διατροφή τους. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής είναι έγκυρα, υπό την προϋπόθεση πως τα ζυμαρικά παρασκευάζονται και καταναλώνονται σε συνδυασμό με υλικά και συνοδευτικά χαμηλού περιεχομένου λίπους. Όσον αφορά την ευεργετική δράση των ζυμαρικών ενάντια στο διαβήτη, αυτή δεν είναι πλήρως διασαφηνισμένη. Είναι γεγονός πως δίαιτες πλούσιες σε ζυμαρικά σχετίζονται με μειωμένους ρυθμούς τόσο της πρόσληψης αμύλου όσο και της εκκένωσης του στομάχου. Η μείωση των ρυθμών αυτών υποδεικνύει μειωμένη τιμή γλυκόζης στο αίμα μετά το γεύμα, καθώς και μειωμένη ανταπόκριση της ινσουλίνης. (Malcolmson, 2003, Constantini, 1986).

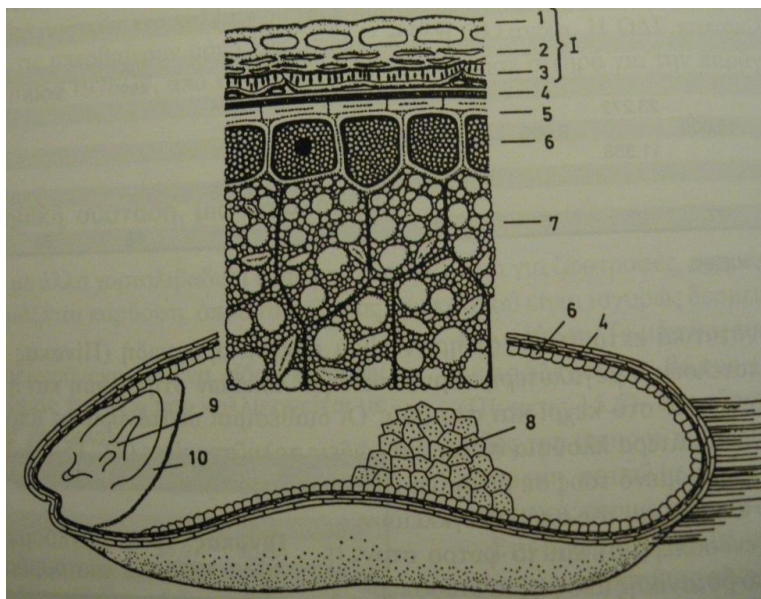
1.4 Πρώτες ύλες

1.4.1 Σιτάρι

Το σιμιγδάλι –και το αλεύρι– αποτελεί το βασικό συστατικό των ζυμαρικών, το οποίο διαμορφώνει τη δομή, την υφή, και το άρωμά τους. Το είδος του αλεύρου, η σύνθεση και οι ιδιότητες του επηρεάζουν άμεσα τις ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Ο σημαντικότερος καλλιεργούμενος καρπός που χρησιμοποιείται εμπορικά για την παραγωγή αλεύρου είναι ο σίτος, ακριβώς λόγω των μοναδικών του αρτοποιητικών ιδιοτήτων. Κατά το έτος 2010-2011, η παραγωγή σιταριού ανήλθε στους 60 Mtn. Όλες οι ποικιλίες σίτου (άγριες και καλλιεργούμενες) ανήκουν στο γένος *Triticum*, που είναι το σημαντικότερο από οικονομική άποψη γένος των φυλών *Gramineae* και *Hordeae*, οι οποίες απαρτίζουν την οικογένεια των *Large Grass*. Τρεις είναι οι κύριες ποικιλίες σίτου που χρησιμοποιούνται εμπορικά: η *Triticum aestivum* (κοινός σίτος), η *Triticum durum* (σκληρός σίτος) και η *Triticum monococcum*, με διαφορετικά καθεμία ποιοτικά χαρακτηριστικά. Η γενετικά απλούστερη ποικιλία είναι η *T. monococcum*, στην οποία ο καρπός ονομάζεται «διπλοειδής» και το γονιδιώμα του (έχει δοθεί η ονομασία A) έχει δύο σειρές από επτά χρωμοσώματα. Στην περίπτωση της ποικιλίας *T. durum*, ο καρπός ονομάζεται τετραπλοειδής και έχει τέσσερις σειρές από επτά χρωμοσώματα τα οποία κατηγοριοποιούνται σε δύο γονιδιώματα (έχουν δοθεί οι ονομασίες A και B). Τέλος, η ποικιλία *T. aestivum* περιλαμβάνει καρπούς οι οποίοι ονομάζονται εξαπλοειδείς και έχουν έξι σειρές από επτά χρωμοσώματα οι οποίες κατηγοριοποιούνται σε τρία γονιδιώματα (έχουν δοθεί οι ονομασίες A, B και D). Η ποιότητα του αλεύρου εξαρτάται από την ποιότητα του σίτου, τη μέθοδο άλεσης, την έκταση της εξαγωγής (κατά την άλεση) και το βαθμό της χημικής επεξεργασίας. Στις ΗΠΑ και σε ορισμένα άλλα μέρη, ο

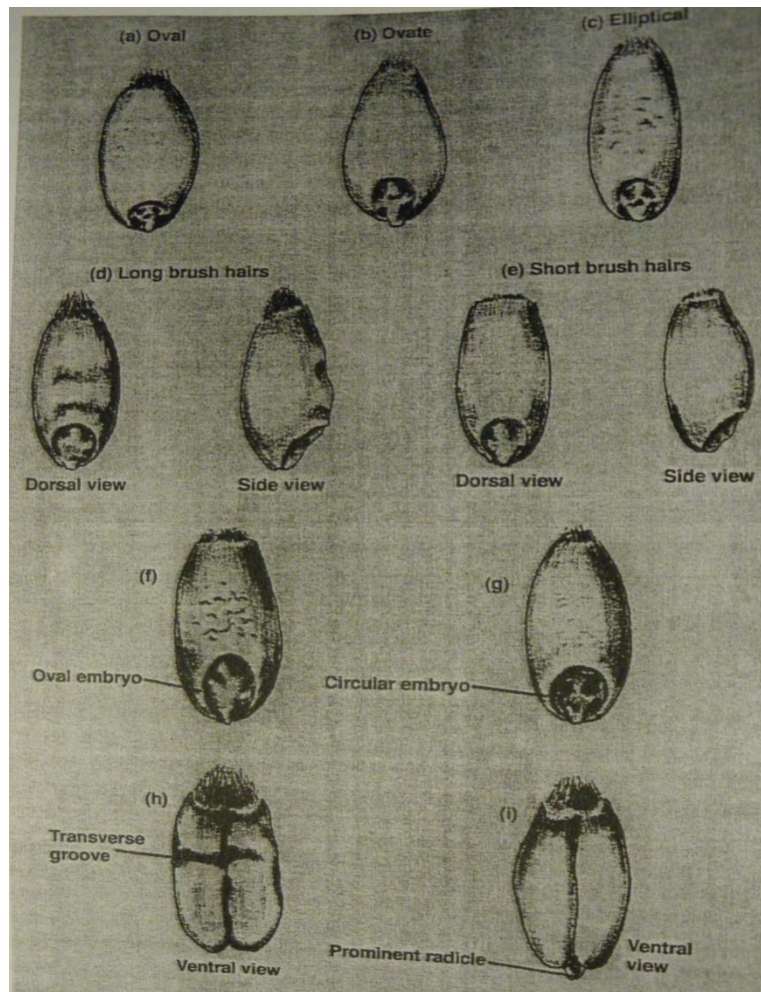
κοινός σίτος ταξινομείται ως σκληρός ή μαλακός, με βάση την υφή του καρπού ή την απαιτούμενη δύναμη για τη σύνθλιψή του, η οποία επηρεάζεται τόσο από γενετικούς όσο και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Επίσης, ταξινομείται ως ερυθρός ή λευκός (ανάλογα με το χρώμα του πιτύρου του σίτου), και ως ανοιξιάτικος ή χειμερινός σίτος (ανάλογα με την εποχή σποράς και ανάπτυξης του σίτου. Οι παραπάνω τύποι σίτου ευδοκούν σε διαφορετικά μέρη των ΗΠΑ. Αντίθετα, στην Ευρώπη ο κοινός σίτος (*Triticum aestivum*) καλείται μαλακός, ενώ ως σκληρός χαρακτηρίζεται ο *Triticum durum* και χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για την παραγωγή σιμιγδαλιού για ζυμαρικά. (Λεμπέση, 2012, Kill R. C., 2001, Jaillais B., 2012).

Στην Εικόνα 7 φαίνεται η επιμήκης τομή ενός κόκκου σιταριού. Ο χαρακτηρισμός I προσδιορίζει το περικάρπιο του σπόρου, περιλαμβάνοντας την επιδερμίδα ή επικάρπιο (1), την υποδερμίδα (2) και τα σωληνοειδή κύτταρα (3). Στη συνέχεια ακολουθεί το περίβλημα του σπόρου (4), ο υαλώδης ιστός και η στοιβάδα αλευρώνης (5 και 6), και τα εξωτερικά και εσωτερικά κύτταρα του αμυλώδους ενδοσπερμίου (7 και 8) τα οποία αποτελούν το κύριο μέρος του σπόρου. Στην άκρη του σπόρου φαίνεται το φυτό και το περισπέρμιο (9 και 10). Ανεξάρτητα από την ποικιλία στην οποία ανήκουν, οι καρποί του σιταριού έχουν αυτή τη μορφολογία, αλλά διαφέρουν ως προς ποιοτικά χαρακτηριστικά των δομών.



Εικόνα 7: Επιμήκης τομή κόκκου σιταριού (H. D. Belitz, 2011)

Για παράδειγμα οι καρποί της ποικιλίας *T. durum* είναι μεγαλύτεροι με πιο ωοειδές σχήμα σε σχέση με τους καρπούς της –πιο συχνά απαντώμενης– ποικιλίας *T. aestivum*, οι οποίοι είναι ωοειδούς σχήματος και μικρότερου μεγέθους. Οι καρποί της ποικιλίας *T. durum* έχουν σκληρό ενδοσπέρμιο το οποίο και ευθύνεται για το κίτρινο χρώμα του αλεύρου και του σιμιγδαλιού που παράγεται με την άλεση, σε αντίθεση με τους καρπούς της ποικιλίας *T. aestivum* οι οποίοι έχουν ενδοσπέρμιο πιο μαλακό και αμυλώδες, με αποτέλεσμα να αλέθονται πιο εύκολα.



Εικόνα 8: Μορφολογικά χαρακτηριστικά καρπών σιταριού. (Kill R. C., 2001)

Στην Εικόνα 8 παρουσιάζονται κάποια μορφολογικά χαρακτηριστικά των κόκκων σιταριού διαφόρων ποικιλιών όπως αυτά έχουν παρατηρηθεί. Στην πρώτη σειρά φαίνονται τα σχήματα των κόκκων, τα οποία διαφέρουν ανάλογα με την ποικιλία στην οποία ανήκουν. Το σχήμα του κόκκου είναι ένα κριτήριο αυθεντικότητας και

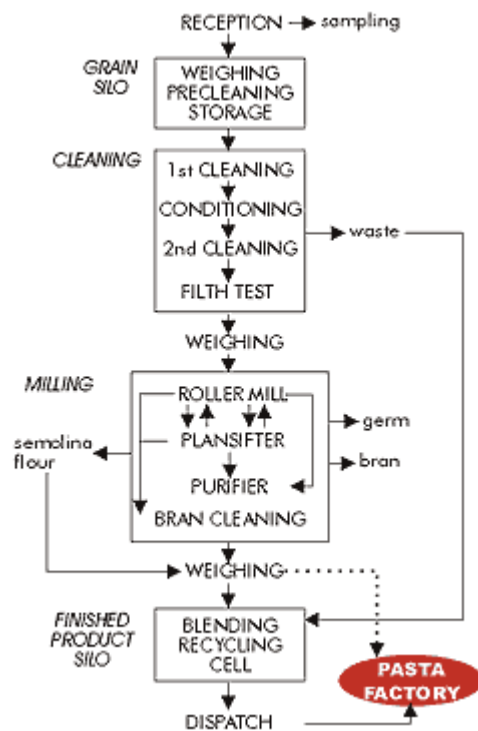
ταυτοποίησης της ποικιλίας σιταριού, όπως επίσης και το χρώμα καθώς πρόκειται για χαρακτηριστικά τα οποία επηρεάζονται από το γονιδίωμα του καρπού. Όμως, τόσο το σχήμα του κόκκου όσο και το χρώμα, μεταβάλλονται ανάλογα με το περιβάλλον και τις συνθήκες ανάπτυξης του φυτού, οδηγώντας έτσι σε προϊόν με αλλοιωμένα χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, ανάπτυξη σε συνθήκες στρες οδηγεί σε καρπούς «μαραμένους» και «ωοειδείς». Στην περίπτωση που η ποικιλία *T. aestivum* αναπτύσσεται υπό συνθήκες στρες, τότε οι καρποί από ωοειδείς μπορεί να καταλήξουν οβάλ σχήματος και να θεωρηθεί –λανθασμένα– πως ανήκουν στην ποικιλία *T. durum*. Επίσης, πέρα από τις τυχαίες καιρικές συνθήκες, μπορεί να επιδιωχθεί «φαινοτυπική μετάλλαξη» καρπών για οικονομικούς λόγους. Το οβάλ σχήμα των καρπών της ποικιλίας *T. durum* δεν είναι ιδιαίτερα βολικό για μεγάλη παραγωγή αλεύρου σε σχέση με την ποσότητα των προς άλεση σπόρων, οπότε επιδιώκεται να παράγονται καρποί με περισσότερο ωοειδές σχήμα (χαρακτηριστικό της ποικιλίας *T. aestivum*) για μεγαλύτερη παραγωγή αλεύρου. Επίσης, πολλά προϊόντα, αρτοποιίας και όχι μόνο, παρασκευάζονται με χρήση αλεύρων με ειδικά χαρακτηριστικά που εξαρτώνται από την ποικιλία του σίτου, καθώς και από την τοποθεσία και τις συνθήκες καλλιέργειας του σίτου. Τόσο η ποσότητα όσο και η δύναμη της πρωτεΐνης του αλεύρου είναι σημαντικοί δείκτες της καταλληλότητάς του για διάφορες εφαρμογές. Η αντοχή του αλεύρου εξαρτάται κατά κύριο λόγο, αλλά όχι εξ ολοκλήρου, από το ποσό και τον τύπο της περιεχόμενης πρωτεΐνης στο άλευρο (Kill R. C., 2001, Λεμπέση, 2012, Schulthessa A., 2013).

1.4.2 Αλεύρι – Σιμιγδάλι

Τα ζυμαρικά παράγονται, κατά το μεγαλύτερο ποσοστό τους αν όχι εξ ολοκλήρου, από σιμιγδάλι το οποίο προέρχεται από σιτάρι της ποικιλίας *T. durum*., καθώς αυτό προσδίδει το χαρακτηριστικό χρώμα, την ιδιαίτερη γεύση και τις καλές ιδιότητες βρασίματος στο τελικό προϊόν. Οι καρποί του σιταριού μπορούν να έχουν απόδοση σε σιμιγδάλι μέχρι και 65%, ποσοστό μικρότερο από την απόδοση των καρπών της ποικιλίας *T. aestivum* (Aalamia M., 2007).

Στις βιομηχανίες παραγωγής αλεύρων και σιμιγδαλιού, οι καρποί αρχικά καθαρίζονται με απομάκρυνση όλων των προσμίξεων (πέτρες, ρινίσματα μετάλλων, άχυρα, σκόνη, έντομα, ζώφια και άλλα) με τη βοήθεια κατάλληλων συστημάτων διαχωρισμού. Επίσης

γίνεται απομάκρυνση των φυσικών τριχών του καρπού. Τα συστήματα και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο, ώστε να εκμεταλλεύονται τη διαφορά μεγέθους των σπόρων και των ξένων σωμάτων καθώς και τις φυσικοχημικές τους διαφορές. Ακολουθεί πλύση και καθάρισμα των καρπών καθώς και ρύθμιση της υγρασίας και της θερμοκρασίας τους πριν το στάδιο της άλεσης (το τελευταίο στάδιο είναι προαιρετικό, αλλά συχνά ακολουθείται καθώς επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα). Η κατάλληλη θερμοκρασία και υγρασία των σπόρων διευκολύνει το σπάσιμό τους και το διαχωρισμό των διαφόρων τμημάτων με σκοπό την απομόνωση του ενδοσπερμίου. Η άλεση γίνεται με κατάλληλα σχεδιασμένους κυλίνδρους, οι οποίοι εναλλάσσονται με κόσκινα και διαχωρηστές, ώστε να απομονώνονται ή/και να απομακρύνονται αν χρειάζεται τα διάφορα τμήματα του καρπού. Μετά την απομάκρυνση των μη επιθυμητών τμημάτων, το κύριο σώμα των καρπών επανατοποθετείται με τη βοήθεια πνευματικών συστημάτων στους κυλίνδρους και η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι επίτευξης του επιθυμητού αποτελέσματος. Η διαδικασία αυτή περιγράφεται διαγραμματικά στην Εικόνα 9.



Εικόνα 9: Διαγραμματική αποτύπωση διαδικασίας άλεσης και παραγωγής σιμιγδαλιού.
<http://www.professionalpasta.it/source/pastarawmaterials.html>

Ένα γεγονός που χρήζει προσοχής, είναι ότι, με το συνεχές πέρασμα των καρπών από τους κυλίνδρους και τα κόσκινα, το παραγόμενο σιμιγδάλι (ή αλεύρι) υφίσταται μηχανική καταπόνηση, η οποία μπορεί να προκαλέσει φθορές στους κόκκους του αμύλου και κατά συνέπεια να οδηγήσει σε τελικά προϊόντα με υποβαθμισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Όμως, αν οι καρποί δεν περαστούν πολλές φορές από τους κυλίνδρους και αν η άλεση δεν καταλήξει σε σιμιγδάλι (ή αλεύρι) μικρής κοκκομετρίας, τότε θα υπάρξει δυσκολίες κατά την προετοιμασία του ζυμαριού, την παρασκευή των ζυμαρικών και την ξήρανσή τους, λόγω της ανομοιογένειας της πρώτης ύλης (Jaillais B., 2012, Hummel, 1966).

Μετά την παρασκευή του σιμιγδαλιού, ελέγχονται οι φυσικοχημικές του ιδιότητες καθώς και τα ρεολογικά του χαρακτηριστικά. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες οι οποίες πρέπει να προσδιοριστούν είναι η περιεχόμενη υγρασία, η τέφρα, η περιεχόμενη γλουτένη, οι αζωτούχες ενώσεις (ως πρωτεϊνικό περιεχόμενο). Όσον αφορά τα ρεολογικά χαρακτηριστικά, αυτά αναφέρονται στο ζυμάρι που θα προκύψει από την ανάμιξη του σιμιγδαλιού με νερό. Πρόκειται δηλαδή για χαρακτηριστικά τα οποία προσδιορίζονται, με σκοπό να προκύψει το καλύτερο δυνατον ποιοτικό ζυμάρι με βάση την πρώτη ύλη. Ο προσδιορισμός των ρεολογικών χαρακτηριστικών είναι σημαντικός τόσο για το τελικό προϊόν (ζυμαρικά) όσο και για τις ενδιάμεσες διαδικασίες (σχηματισμός ζυμαριού, πέρασμα ζυμαριού από μηχανές σχηματοποίησης). Τα μετρούμενα χαρακτηριστικά είναι το ιξώδες και η ελαστικότητα του ζυμαριού και προσδιορίζονται με τη βοήθεια του φαρινογράφου (farinograph), του εξτενσιογράφου (extensiongraph) και του αλβεογράφου (alveograph). Ο φαρινογράφος μελετά τη σύσταση και τη συνοχή του ζυμαριού και το περιεχόμενό του σε νερό. Η αρχή στην οποία βασίζεται είναι η αντίσταση του ζυμαριού σε κάποια συγκεκριμένη μηχανική καταπόνηση η οποία διατηρείται σταθερή και υποβάλλεται σε σταθερές συνθήκες. Ο εξτενσιογράφος προσδιορίζει την ελαστικότητα του ζυμαριού (αφορά κυρίως ζυμάρια τα οποία προέρχονται από μαλακό αλεύρι) και την αντοχή του σε συνθήκες ανάπαυσης. Τέλος, ο αλβεογράφος προσδιορίζει την αντοχή και τη συνοχή του ζυμαριού (Hummel, 1966, Jaillais B., 2012, Sapirsteina H.D., 2007).

1.4.3 Νερό

Εκτός από το σιμιγδάλι, το άλλο απαραίτητο στοιχείο για την παρασκευή των ζυμαρικών είναι το νερό. Το νερό το οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να είναι διαυγές, χωρίς γεύση ή οσμή, χωρίς μικροβιακό φορτίο και με μικρή περιεκτικότητα σε άλατα. Γενικά, το νερό πρέπει να είναι πόσιμο, ώστε να χρησιμοποιηθεί. Στην Εικόνα 10 παρουσιάζεται μια τυπική ανάλυση πόσιμου νερού και άρα κατάλληλου και για παρασκευή ζυμαρικών.

Carbonate	.	.	.	.	200 mg
Sulphate	.	.	.	.	80 mg
Silicate	.	.	.	.	25 mg
Nitrate	.	.	.	.	10 mg
Chlorate	.	.	.	.	10 mg
Organic matter	.	.	.	.	30 mg

Εικόνα 10: Ανάλυση εναπομένων αλάτων σε 1Lt πόσιμο νερό (Hummel, 1966)

Η θερμοκρασία του νερού που θα χρησιμοποιηθεί για το σχηματισμό του ζυμαριού παίζει πολύ σημαντικό ρόλο. Συνιστώνται τιμές θερμοκρασίας περίπου 50°C για το συνηθισμένο σιμιγδάλι, ενώ μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας για σκληρότερο ή μεγαλύτερης κοκκομετρίας σιμιγδάλι. Αντίστοιχα, για σιμιγδάλι μικρότερης κοκκομετρίας η θερμοκρασία του νερού μπορεί να είναι χαμηλότερη, αλλά σε κάθε περίπτωση πρέπει να βρίσκεται μεταξύ 40-60°C. Νερό χαμηλής θερμοκρασίας βοηθά στην ενίσχυση του κίτρινου χρώματος του σιμιγδαλιού και των ζυμαρικών και οδηγεί σε απαλότερο ζυμάρι από ότι με κρύο νερό, διευκολύνοντας το πέρασμά του από τις μηχανές εκβολής με μικρότερη πίεση και καταλήγοντας σε πιο ραφινρισμένο τελικό προϊόν. Το όφελος από τη θερμοκρασία του νερού μπορεί να χαθεί, αν οι χρησιμοποιούμενες συσκευές και μηχανές έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία. Οι πρέσες τελευταίας τεχνολογίας χρησιμοποιούν τη θερμότητα που παράγεται από τη λειτουργία τους για να θερμαίνουν τις επιφάνειές τους τόσο, όσο χρειάζεται για να διατηρηθούν τα ευεργετικά αποτελέσματα από τη χρήση χλιαρού νερού. Σε περίπτωση απαίτησης ψύξης των μηχανών για την επίτευξη της ιδανικής θερμοκρασίας, το νερό ψύξης θα πρέπει είτε να ικανοποιεί τα χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού, είτε, αν αυτό δεν είναι εφικτό, να κυκλοφορεί σε κλειστό σύστημα ψύξης το οποίο δεν έρχεται σε επαφή με την παραγωγή των ζυμαρικών (Hummel, 1966).

1.4.4 Άλλα συστατικά

Η βασική συνταγή παρασκευής ζυμαρικών περιλαμβάνει μόνο σιμιγδάλι και νερό, συχνά όμως χρησιμοποιούνται και άλλα συστατικά για τον εμπλουτισμό της σύστασης και την ενίσχυση της γεύσης τους. Το κυριότερο από τα συστατικά αυτά είναι το αβγό, το οποίο χρησιμοποιείται σε πολλές συνταγές – παραλλαγές της κλασικής, διχάζοντας τον κόσμο των ζυμαρικών (στα οποία περιλαμβάνονται και τα ασιατικά noodles). Οι πιο συνηθισμένες μορφές ενσωμάτωσης του αβγού στα ζυμαρικά είναι τρεις: φρέσκα, κατεψυγμένα ή αφυδατωμένα. Η προσθήκη του γίνεται πρώτα στο νερό, αφού χτυπηθεί για να αφρατέψει, και στη συνέχεια ενσωματώνεται στη ζύμη, καθώς το αβγό θεωρείται «συστατικό υγρής μορφής». Εάν πρόκειται για αφυδατωμένο αβγό τότε αυτό μπορεί να αναμιχθεί με το σιμιγδάλι και στη συνέχεια να προστεθεί το νερό. Η μορφή και το ποσοστό προσθήκης διαφέρουν ανάλογα με τη νομοθεσία της χώρας. Επίσης, ανάλογα με τη νομοθεσία κάθε χώρας, το αβγό θα πρέπει να παστεριωθεί πριν τη χρήση του ή να σταθεροποιηθεί όσον αφορά τη διατηρησιμότητά του (Hummel, 1966).

Εκτός από σιμιγδάλι, ενδέχεται να χρησιμοποιηθεί και αλεύρι, σε ορισμένο ποσοστό, για την παραγωγή ζυμαρικών. Το αλεύρι που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι διαφόρων τύπων και αναλόγως με τον τύπο προσδίδονται διαφορετικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά στο τελικό προϊόν. Στην Εικόνα 11 φαίνονται οι συνηθέστεροι τύποι αλεύρων που χρησιμοποιούνται, καθώς και τα χαρακτηριστικά τα οποία προσδίδουν στα ζυμαρικά (T. Fuad, 2010).

Flour	Dough	Color	Properties	Products
<i>Unbleached White Flour</i>	Firm, easy to handle	Creamy beige	Basic pasta flavor	Home-made pasta
<i>Semolina Flour</i>	Strong, elastic dough; easier to form into different shapes	Yellow	Basic pasta flavor	All types of pasta products
<i>Whole Wheat Flour</i>	Heavier pasta requires a little more water for dough	Brownish yellow	More vitamins and fiber	Flat noodles
<i>Buckwheat Flour</i>	Pasta dough with a fairly gritty texture	Darker color	Slightly smoother texture	Wide and thick ribbon pasta
<i>Brown Rice Flour</i>	High in fiber	Tan or light brown in color	Slightly sweet flavor	Flat ribbon pasta
<i>Corn Meal</i>	Dough is too grainy and is difficult to roll out or extrude	Darker color	Slight nut-like flavor	Flat noodles

Εικόνα 11: Τύποι χρησιμοποιούμενων αλεύρων και η επίδρασή τους στο ζυμάρι και στα ζυμαρικά (T. Fuad, 2010)

Ένα άλλο συστατικό, πέραν των δυο απαραίτητων για την παρασκευή ζυμαρικών, που χρησιμοποιείται αρκετά συχνά, είναι το αλάτι. Το αλάτι προστίθεται σε ποσοστό 1-2% επί του βάρους του σιμιγδαλιού και ενισχύει τη γεύση των ζυμαρικών, αλλά η ενίσχυση που παρέχει μπορεί να δοθεί και κατά το βράσιμο, αν το νερό που θα βράσουν τα ζυμαρικά είναι επαρκώς αλατισμένο (Hummel, 1966).

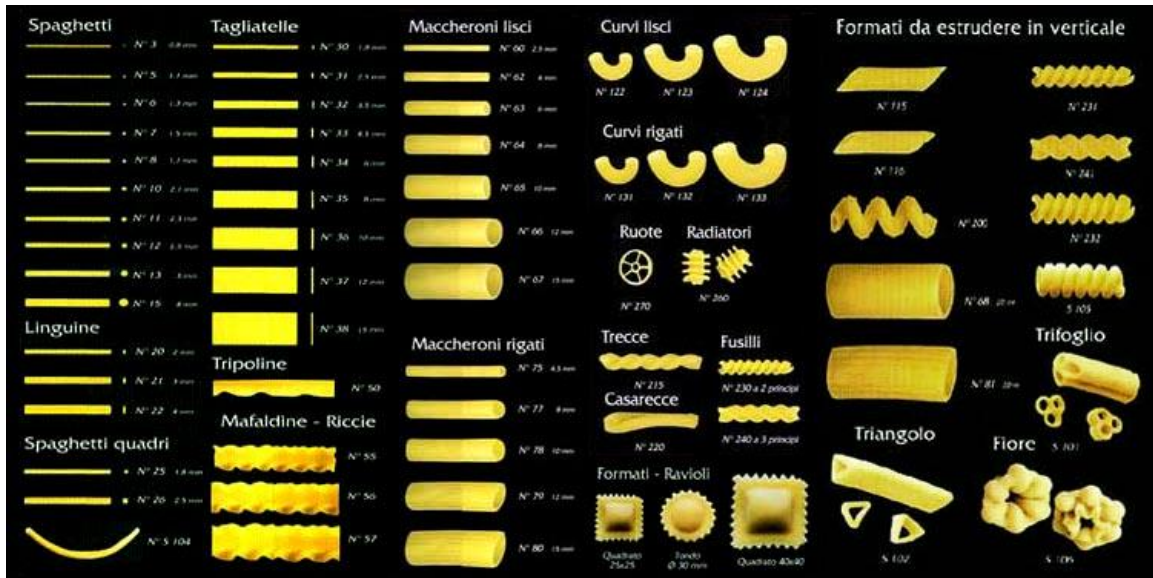
1.5 Είδη ζυμαρικών

1.5.1 Εισαγωγή

Τα ζυμαρικά πρωτοεμφανίστηκαν σε μορφή «spaghetti» ή μορφή «φύλλων» (τα σημερινά λαζάνια). Από τότε μέχρι σήμερα, έχουν δημιουργηθεί εκατοντάδες διαφορετικά σχήματα ζυμαρικών, σε ποικιλία μεγεθών, χρωμάτων και γεύσεων. Ο αριθμός των διαφορετικών ειδών ζυμαρικών υπολογίζεται κάπου μεταξύ 600 και 1000. Ακόμη, υπάρχουν γεμιστά ζυμαρικά με τη γέμιση να ποικίλει από λαχανικά, μέχρι τυριά και κρέας. Αν και τα ζυμαρικά θεωρούνται κατά κύριο λόγο τμήμα της αλμυρής κουζίνας, τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει προσπάθειες εισαγωγής τους και στην ζαχαροπλαστική. Ένας βασικός διαχωρισμός των ειδών των ζυμαρικών είναι σε αυτά με μεγάλο μήκος και στα ζυμαρικά μικρού σχήματος. Επίσης, ένας άλλος κύριος διαχωρισμός είναι στα αφυδατωμένα ζυμαρικά και τα φρέσκα ζυμαρικά (DelGiudice, 2003, Kill R. C., 2001)

1.5.2 Αφυδατωμένα ζυμαρικά

Είναι η μορφή των ζυμαρικών την οποία έχει συνηθίσει το μεγαλύτερο ποσοστό καταναλωτών του πλανήτη. Κάθε σπίτι έχει στην κουζίνα του τουλάχιστον ένα πακέτο ζυμαρικών, καθώς πρόκειται για ένα από τα πιο εύκολα παρασκευαζόμενα γεύματα, το οποίο μπορεί να είναι και ιδιαίτερα γευστικό και θρεπτικό αν συνδυαστεί με κάποια σάλτσα ή με κάποιο άλλο τρόφιμο. Στην Εικόνα 12 φαίνονται μερικά από τα πιο συνηθισμένα σχήματα αφυδατωμένων ζυμαρικών. Στα αφυδατωμένα ζυμαρικά εντοπίζεται η μεγαλύτερη ποικιλία σχημάτων, τα οποία μπορούν να διαχωριστούν σε κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος και το σχήμα τους (ζυμαρικά μεγάλου μήκους, ζυμαρικά μικρού σχήματος, ζυμαρικά με μορφή σωλήνα, ζυμαρικά με μορφή φύλλου και άλλα), ή τη χρήση τους (ζυμαρικά για σούπα, ζυμαρικά για φούρνο και άλλα) (DelGiudice, 2003).



Εικόνα 12: Διάφορα είδη ζυμαρικών (<http://www.film.queensu.ca/Ci3b/Photos/Toys/Pasta/PastaShapes.jpg>)

1.5.3 Φρέσκα ζυμαρικά

Αν και η συνηθέστερη μορφή που απαντώνται τα ζυμαρικά είναι ως αφυδατωμένα, τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να αναπτύσσεται η ζήτηση φρέσκων ζυμαρικών. Τα φρέσκα ζυμαρικά δεν είναι παρά αφυδατωμένα ζυμαρικά χωρίς την εφαρμογή ξήρανσης. Δηλαδή πρόκειται για ζυμαρικά τα οποία συσκευάζονται αμέσως μετά την παραγωγή τους και διατίθενται στην αγορά. Δεδομένης της σύστασής τους δεν έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (τουλάχιστον όχι τόση όση τα αφυδατωμένα ζυμαρικά), όμως το μειονέκτημα αυτό δεν εμποδίζει τους λάτρεις των ζυμαρικών από την επιλογή τους. Ιστορικά, πριν αρχίσει η βιομηχανική παραγωγή τους, τα ζυμαρικά παράγονταν κατ' οίκον και καταναλώνονταν άμεσα στα ημερήσια γεύματα. Αργότερα, λόγω της μεγάλης ζήτησής τους και για λόγους ευκολίας άρχισαν να παράγονται μαζικά και εφαρμόστηκε η ξήρανσή τους, ώστε να διατηρούνται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μέχρι να καταναλωθούν. Τα σχήματα στα οποία είναι διαθέσιμα τα φρέσκα ζυμαρικά δεν είναι τόσο πολυάριθμα όσο η ποικιλία των αφυδατωμένων, καθώς λόγω της «μαλακής» δομής του ζυμαριού δεν είναι δυνατό να διατηρηθούν δομές όπως «σωλήνας» ή άλλα ογκώδη σχήματα χωρίς να παραμορφωθούν κατά την αποθήκευση και τη διανομή. Τα πιο συνηθισμένα σχήματα φρέσκων ζυμαρικών, τα οποία είναι εμπορικά διαθέσιμα, είναι οι «ταλιατέλες» (πεπλατυσμένο είδος τύπου «spaghetti» με πλάτος περίπου 1cm, τα «τορτελίνι» ή «ραβιόλι» (σχήμα μικρής τσέπης στην οποία τοποθετείται γέμιση και

ανάλογα με το αν διπλώνονται οι άκρες το ζυμαρικό αποκτά διαφορετική ονομασία) και σε μικρότερο βαθμό τα «λαζάνια» (ζυμαρικά σε σχήμα φύλλου τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως σε φαγητά φούρνου).



Εικόνα 13: Παραδείγματα φρέσκων ζυμαρικών (<http://www.tastepotting.com/features/homemade-fresh-pasta-recipe>, <http://bunintended.wordpress.com/page/2/>)

Σε οικιακό επίπεδο μπορούν να παρασκευαστούν πολλά ακόμα σχήματα φρέσκων ζυμαρικών, τα οποία δεδομένου ότι μαγειρεύονται άμεσα δεν χάνουν τη δομή τους. Τα φρέσκα ζυμαρικά, όπως και τα αφυδατωμένα, παράγονται από σιμιγδάλι και νερό, όμως αρκετά συχνά χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη και το αβγό, αντικαθιστώντας σε ορισμένες περιπτώσεις τελείως το νερό. Κατά κανόνα, τα φρέσκα ζυμαρικά απαιτούν μικρότερο χρόνο βρασμού από τα αφυδατωμένα, καθώς ενυδάτωση του αμύλου έχει ήδη συμβεί (Petroni, 2011, DelGiudice, 2003).

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί πως η αγορά των φρέσκων ζυμαρικών είναι σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη των αφυδατωμένων, όμως παρουσιάζει έντονες τάσεις αύξησης, καθώς τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται ραγδαία, με ποσοστό έως και 10%, έναντι του 2% της ετήσιας αύξησης της αγοράς αφυδατωμένων ζυμαρικών (Kill R. C., 2001).

Κεφάλαιο 2: Παραγωγή Ζυμαρικών

2.1 Μηχανήματα και μέθοδοι – Παραγωγική διαδικασία

2.1.1 Εισαγωγή

Ο σκοπός της διαδικασίας παραγωγής ζυμαρικών είναι να μετατρέψει μια χαλαρή μάζα (το σιμιγδάλι) σε ένα μίγμα με ομογενή σύσταση το οποίο να μπορεί να διατηρήσει ένα συγκεκριμένο σχήμα. Τα βασικά στάδια για τη μετατροπή αυτή είναι τα ακόλουθα:

- Ανάμιξη του σιμιγδαλιού και του νερού προς σχηματισμό ομογενούς μίγματος
- Ζύμωση του μίγματος
- Μορφοποίηση του στο τελικό σχήμα των ζυμαρικών

Παλαιότερα, όλα τα στάδια γίνονταν χειρωνακτικά, από ειδικευμένους παρασκευαστές ή σε οικιακό επίπεδο. Στη συνέχεια, για κάθε στάδιο κατασκευάστηκαν κατάλληλα μηχανήματα, το μέγεθος, η λειτουργία και οι δυνατότητες των οποίων εξελίσσονται μέχρι και σήμερα. Πρόκειται για τον αναμικτήρα, το ζυμωτήρα και τον εκβολέα. Ακόμη, λόγω έλλειψης τεχνολογίας και τεχνογνωσίας η διαδικασία παραγωγής ζυμαρικών αρχικά γινόταν μόνο ανά παρτίδες προϊόντος, ενώ σήμερα η διαδικασία μπορεί να είναι και συνεχής. Ανάλογα με το αν η παραγωγή είναι ανά παρτίδες ή συνεχής και ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής, οι μηχανές μπορεί να αλλάζουν, αλλά η γενική ιδέα παραμένει σταθερή (Hummel, 1966, Kruger J.E., 1996).

2.1.2 Ανάμιξη σιμιγδαλιού

Πριν την ανάμιξη του σιμιγδαλιού με το νερό προς σχηματισμό ζυμαριού, μπορεί να χρειαστεί ένα επιπλέον στάδιο ανάμιξης του σιμιγδαλιού, σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται περισσότερες από μια ποικιλίες αυτού, ώστε να διασφαλιστεί η ομοιογένεια των πρώτων υλών και συνεπώς και η ομοιογένεια του ζυμαριού. Η ανάμιξη του σιμιγδαλιού μπορεί να γίνει με τη βοήθεια μιας μηχανής με ανυψούμενους κάδους και λειτουργία παρόμοια με αυτή του νερόμυλου. Μετά το σιμιγδάλι οδηγείται στην πρέσα αν πρόκειται για παραγωγή συνεχούς λειτουργίας ή στον αναμικτήρα αν πρόκειται για παραγωγή σε παρτίδες. Κατά το στάδιο ανάμιξης ή/και μεταφοράς, συχνά λαμβάνει χώρα ήπια θέρμανση του σιμιγδαλιού (περίπου στους 25°C) διότι αν το σιμιγδάλι χρησιμοποιηθεί όντας σε χαμηλή θερμοκρασία, τότε το τελικό προϊόν υστερεί χρωματικά και υποβαθμίζεται η ποιότητά του κατά το βράσιμο (Hummel, 1966).

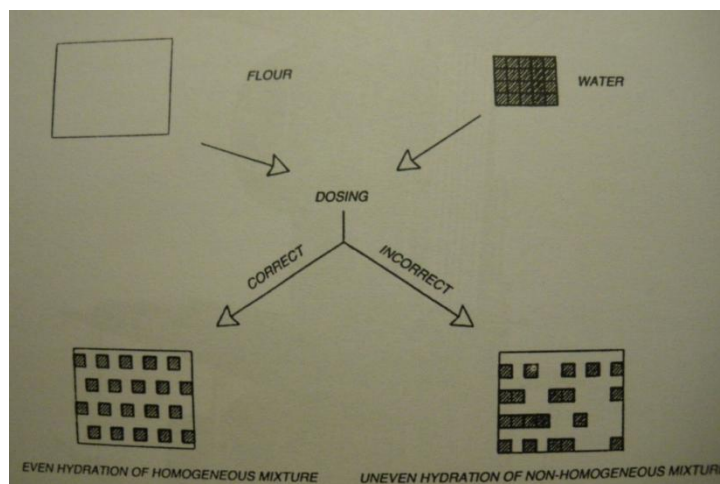
2.1.3 Παραγωγή σε παρτίδες

Η ανάμιξη του σιμιγδαλιού και του νερού θα πρέπει να γίνεται σε συγκεκριμένες αναλογίες, ώστε το τελικό προϊόν να έχει τις επιθυμητές ιδιότητες. Κατά κανόνα, τα ζυμαρικά τύπου «spaghetti» απαιτούν μικρότερη αναλογία νερού από τα ζυμαρικά τύπου «elbow». Η ακριβής ποσότητα νερού που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από την ποιότητα του σιμιγδαλιού, τον τύπο του παραγόμενου ζυμαρικού και το είδος του

χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού. Για τον ακριβή υπολογισμό των ποσοτήτων νερού και σιμιγδαλιού που θα εισαχθούν στον αναμκτήρα χρησιμοποιείται κατάλληλος εξοπλισμός.

Ανάμιξη

Συνήθως, οι αναμκτήρες που χρησιμοποιούνται διαθέτουν θερμομανδύα για διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας κατά την ανάμιξη, γεγονός που εξασφαλίζει επιτυχή ανάμιξη, ομοιογένεια του ζυμαριού και σταθερές ιδιότητες στα προϊόντα των παρτίδων. Προτιμάται να τοποθετείται πρώτα το σιμιγδάλι στον αναμκτήρα και στη συνέχεια να προστίθεται το νερό σταδιακά πάνω στο σιμιγδάλι, αποφεύγοντας έτσι να κολλήσει το μίγμα στα τοιχώματα του αναμκτήρα. Ο τρόπος εισαγωγής του νερού δεν επηρεάζει ιδιαίτερα το τελικό προϊόν. Έχει δοκιμαστεί και εισαγωγή του κατευθείαν από αγωγό απλής εξόδου, από αγωγό με μικρά ανοίγματα για πιο ομοιόμορφη κατανομή, ακόμη και με ψεκασμό. Εκείνο μόνο που χρειάζεται προσοχή είναι να μην βραχούν τα τοιχώματα του αναμκτήρα, καθιστώντας έτσι δυσκολότερη την ανάμιξη, αλλά και τον καθαρισμό της συσκευής. Ένα άλλο σημείο που πρέπει να προεχθεί είναι στον κάδο του αναμκτήρα όπου δεν πρέπει να ευνοείται η συσσώρευση ενυδατωμένου σιμιγδαλιού εις βάρος του στεγνού. Γενικώς το σύστημα ανάδευσης και το σχήμα του αναμκτήρα θα πρέπει να επιτρέπουν την ομοιόμορφη διασπορά του νερού. Αν το σιμιγδάλι δεν ενυδατωθεί ομοιόμορφα, κατά την εισαγωγή του στο ζυμωτήρα, απαιτείται επιπλέον δουλειά και εντονότερη λειτουργία του ζυμωτήρα, ώστε να εξασφαλιστεί η ισοκατανομή του νερού στο ζυμάρι. Όμως τόσο ο μεγαλύτερος χρόνος ζυμώματος όσο και το εντονότερο ζύμωμα προκειμένου να διορθωθεί το πρόβλημα της κατανομής του νερού, συνεπάγεται καταπόνηση της γλουτένης και ίσως επίπτωση στο χρώμα του τελικού προϊόντος. Στην Εικόνα 14 φαίνεται σχηματικά η δομή του «σωστού» μίγματος ανάμιξης νερού και σιμιγδαλιού, το οποίο θα οδηγήσει στο σχηματισμό ζυμαριού χωρίς την απαίτηση επιπλέον ζυμώματος.



Εικόνα 14: Επίδραση της δΟΣολογίας και της ανάμιξης στο τελικό μίγμα (Kill R. C., 2001)

Οι αναμικτήρες που χρησιμοποιούνται στην πράξη για παραγωγή ζυμαρικών σε παρτίδες έχουν μέγεθος (χωρητικότητα) που κυμαίνεται από 50Kg έως 200Kg και διαθέτουν ταχύτητα ανάδευσης από 20rpm μέχρι και πάνω από 50rpm. Αποτελούνται συνήθως από έναν οριζόντιο κύλινδρο στον οποίο εισάγονται οι πρώτες ύλες από άνοιγμα στο πάνω μέρος και όταν ο κύλινδρος κλείνει, ξεκινά η ανάμιξη με διαδικασία η οποία προσομοιάζει με τη λειτουργία της μπετονιέρας. Η διάταξη των πτερυγίων ανάμιξης μέσα στον κύλινδρο είναι τέτοια, ώστε να διατηρούνται τα τοιχώματα του αναμικτήρα καθαρά, αλλά να διευκολύνεται και το άδειασμά του μετά την ολοκλήρωση του σταδίου της ανάμιξης. Το υλικό κατασκευής των περισσότερων αναμικτήρων είναι ανοξείδωτος χάλυβας και οι εταιρείες κατασκευής είναι τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Αμερική (Hummel, 1966, Kruger J.E., 1996).

Ζύμωση

Μετά την ανάμιξη των πρώτων υλών - που αναφέρεται ουσιαστικά και ως ενυδάτωση του σιμιγδαλιού - το μίγμα οδηγείται στον ζυμωτήρα όπου θα ζυμωθεί μέχρι το σχηματισμό του ζυμαριού. Οι πρώτοι ζυμωτήρες που κατασκευάστηκαν αποτελούνταν από έναν οριζόντιο περιστρεφόμενο δίσκο πάνω στον οποίο τοποθετείτο το μίγμα από την ανάμιξη. Ο δίσκος έφερε στη μέση ένα στροφαλοφόρο άξονα στον οποίο στηριζόταν ένας βαρύς δρομέας με δυνατότητα κίνησης σε οριζόντιο ή/και κατακόρυφο επίπεδο, ανάλογα με την ποσότητα του μίγματος φόρτισης στο δίσκο. Πάνω στο δίσκο ήταν προσαρτημένοι κοπτήρες οι οποίοι έκοβαν το σχηματιζόμενο ζυμάρι σε κομμάτια, ενώ

παράλληλα το ανέστρεφαν, ώστε να γίνεται ομοιόμορφο ζύωμα. Η διαδικασία της ζύμωσης, μέχρι να προκύψει ομοιογενές ζυμάρι με σταθερό πάχος, διαρκούσε περίπου 10min. Αυτός ο τύπος ζυμωτήρα αντικαταστάθηκε από έναν πιο αποτελεσματικό, αλλά σχετικά παρόμοιας λειτουργίας, ο οποίος χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα. Η βάση του αποτελείται πάλι από έναν περιστρεφόμενο δίσκο στον οποίο τοποθετείται το μίγμα που προκύπτει από τον αναμικτή. Ο δρομέας έχει αντικατασταθεί όμως από δύο ή τρία μεταλλικά γρανάζια με κωνικές άκρες, τα οποία ονομάζονται «εργάτες». Οι εργάτες έχουν δυνατότητα να ρυθμίζονται σε κατάλληλο ύψος ανάλογα με την ποσότητα του τοποθετούμενου μίγματος, ενώ κατά το πέρασμά τους πάνω στο δίσκο υπάρχουν διατάξεις που ανασηκώνουν και ανατρέπουν το σχηματιζόμενο ζυμάρι, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ομοιογένεια και η αποτελεσματικότητα της ζύμωσης. Γενικά, κατά τα πρώτα λεπτά της ζύμωσης οι εργάτες τοποθετούνται πιο ψηλά και κατεβαίνουν σταδιακά για πιο αποτελεσματικό ζύωμα. Θα πρέπει να δοθεί προσοχή στην τοποθέτηση του μίγματος ανάμιξης στο δίσκο. Προτιμάται η ισοκατανομή του πάνω στο δίσκο, ούτως ώστε κατά τη διάρκεια του ζυμώματος να ασκείται η ίδια πίεση από τους εργάτες και να μην επιβαρύνεται η λειτουργία τους λόγω ανισόπεδων τμημάτων. Αν ο όγκος του μίγματος δεν είναι στο ίδιο ύψος πάνω στο δίσκο, οι εργάτες (οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε σταθερό ύψος από το δίσκο) ενδέχεται είτε να μην εφάπτονται σε τμήματα του μίγματος, είτε να εισέρχονται κατά πολύ στο μίγμα και να προκαλούν υπερβολικές πιέσεις και τριγμούς στη δομή του μηχανήματος. Με ισοκατανομή του μίγματος ανάμιξης, η ζύμωση καταλήγει σε μια ισοπαχή και ομοιογενή λωρίδα ζυμαριού, έτοιμο για το επόμενο στάδιο. Με το πέρασμα του χρόνου λίγες τροποποιήσεις έγιναν στη διάταξη του ζυμωτήρα, με τις πιο πρόσφατες να αφορούν την ασφάλεια των εργαζομένων, σταματώντας τη λειτουργία των «εργατών», όταν ο δίσκος δεν κινείται. Ο χρόνος λειτουργίας ενός ζυμωτήρα νεότερου τύπου προκειμένου να παραχθεί ζυμάρι με επιθυμητά χαρακτηριστικά, κυμαίνεται από 5min έως 10min. Ο μικρότερος χρόνος ζυμώματος δρα ευεργετικά αφενός ως προς το χρώμα του ζυμαριού και αφετέρου ως προς τη γλουτένη, διασφαλίζοντας έτσι και τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος, αφού δεν υπάρχει κόπωση του σιμιγδαλιού και η συνεπακόλουθη λεύκανσή του. Πρέπει να αναφερθεί πως ο ζυμωτήρας αλλά και ο αναμικτήρας, σε μικρότερο βαθμό, είναι τα πιο επικίνδυνα μηχανήματα στη βιομηχανία παραγωγής ζυμαρικών, τόσο

κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους όσο και κατά τον καθαρισμό τους - ο οποίος παρεπιπτόντως είναι απαραίτητος μετά από κάθε παρτίδα και πρέπει να είναι ενδεδειγμένη, ώστε να μην υπάρχει η πιθανότητα επιμόλυνσης των επόμενων παρτίδων.

Σε περίπτωση που προκύψουν υπολείμματα και αποξέσματα ζυμαριού, αυτά μπορούν να ενσωματωθούν στον κύριο όγκο του ζυμαριού κατά τη ζύμωση, αν είναι φρέσκα και προέρχονται από την παρτίδα που ζυμώνεται. Αν όμως τα τμήματα αυτά έχουν ξηρανθεί, ή ακόμα χειρότερα, αν έχει ξεκινήσει μικροβιακή ανάπτυξη, τότε υπάρχει κίνδυνος καταστροφής ολόκληρης της παρτίδας με την ενσωμάτωσή τους σε αυτή (Hummel, 1966, Kruger J.E., 1996).

Εκβολή

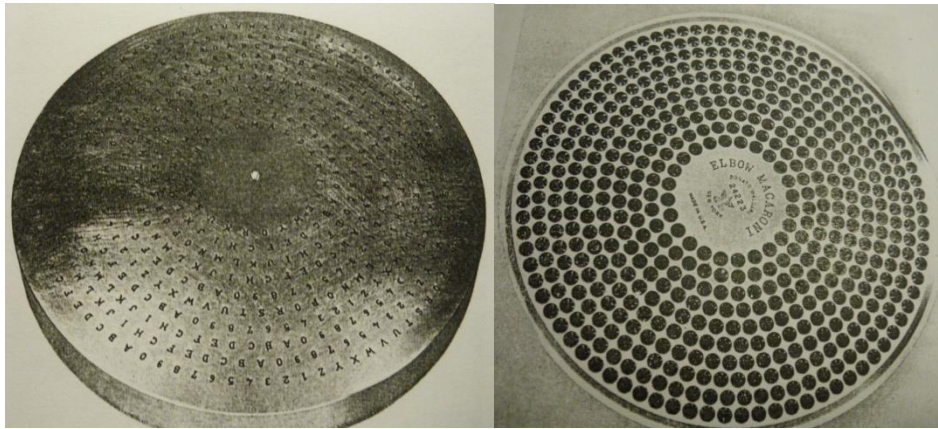
Όταν σχηματιστεί το ζυμάρι και απομακρυνθεί από το ζυμωτήρα, πρέπει να μεταφερθεί όσο το δυνατόν πιο σύντομα στον εκβολέα για το σχηματισμό των ζυμαρικών. Αν η μεταφορά δεν είναι άμεσα δυνατή, τότε το ζυμάρι πρέπει να καλύπτεται με κατάλληλο υλικό –συνήθως με νωπές γάζες– ώστε να αποφεύγεται η επιφανειακή του ξήρανση η οποία μπορεί να δημιουργήσει σκληρά τμήματα τα οποία προκαλούν δυσκολία κατά την εκβολή και οδηγούν σε ελαττωματικά προϊόντα. Προς αποφυγή τέτοιων προβλημάτων, αναπτύχθηκε κατάλληλος εξοπλισμός για απομάκρυνση τυχόν προσμίξεων και ακατάλληλων τμημάτων του ζυμαριού πριν την εκβολή του. Πρόκειται για μια σήτα αρκετά μικρού διαμετρήματος, κατασκευασμένη από σκληρό μέταλλο, η οποία τοποθετείται πριν την είσοδο του ζυμαριού στον εκβολέα που αποτρέπει τη διατήρηση των ξηρών τμημάτων και τυχόν προσμίξεων στον όγκο του ζυμαριού. Μετά το πέρασμα του ζυμαριού από τη σήτα ακολουθεί η εκβολή του.

Οι πρώτοι εκβολείς κατασκευάστηκαν πριν από 150 χρόνια περίπου και ήταν τύπου «screw extrusion press», χειροκίνητοι και με μικρή δυναμικότητα παραγωγής. Πριν από περίπου 70 χρόνια κατασκευάστηκαν οι υδραυλικοί εκβολείς, οι οποίοι γρήγορα αντικατέστησαν τους προηγούμενους και αυτοί χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα. Η πίεση η οποία απαιτείται για την εκβολή του ζυμαριού εξαρτάται από τη σκληρότητά του, από τη θερμοκρασία του, από την ταχύτητα εκβολής καθώς και από την εκάστοτε χρησιμοποιούμενη κεφαλή. Οι πιέσεις που εξασκούνται για την εκβολή των

παραδοσιακών «spaghetti» είναι της τάξης των $100\text{Kg}/\text{cm}^2$ με $200\text{Kg}/\text{cm}^2$. Οι τιμές αυτές είναι ιδιαίτερα υψηλές και αυτό δικαιολογεί τον όγκο αλλά και το κόστος των εκβολών. Κατά την εκβολή του ζυμαριού είναι απαραίτητη η συμπίεσή του, ώστε να απομακρυνθεί ο αέρας που τυχόν βρίσκεται παγιδευμένος. Η ύπαρξη αέρα κατά την εκβολή είναι επικίνδυνη, καθώς με τις υπερβολικές πιέσεις που ασκούνται, οι φυσαλίδες αέρα διασπώνται και καταστρέφουν το προϊόν της εκβολής. Φυσικά δεν είναι δυνατό να απομακρυνθεί όλος ο αέρας που βρίσκεται εγκλωβισμένος στο ζυμάρι, αλλά το ποσοστό που παραμένει έχει τη μορφή μικροσκοπικών φυσαλίδων οι οποίες διασπώνται κατά την εκβολή, αλλά δεν καταστρέφουν το προϊόν. Η ύπαρξή τους είναι ορατή μόνο κατά το σπάσιμο αφυδατωμένων ζυμαρικών, όπου φαίνονται ως μικρές οπές. Με το πέρασμα του χρόνου οι απαιτήσεις για την εμφάνιση και την ποιότητα των παραγόμενων ζυμαρικών γίνονταν συνεχώς μεγαλύτερες, και έτσι προτάθηκαν διάφορες μέθοδοι απομάκρυνσης του αέρα από το ζυμάρι. Η μέθοδος η οποία επικράτησε και ακολουθείται σήμερα από τις περισσότερες βιομηχανίες είναι η εκβολή υπό κενό η οποία εφαρμόζεται κατά κόρον στην παραγωγή ζυμαρικών υπό συνεχείς συνθήκες και όχι κατά παρτίδες.

Οι περισσότεροι υδραυλικοί εκβολείς περιλαμβάνουν στη διάταξή τους δύο δοχεία καθένα εκ των οποίων έχει μία είσοδο μέσω της οποίας τοποθετείται ζυμάρι και μία έξοδο στην οποία είναι βιδωμένη η επιθυμητή κεφαλή εκβολής, τα οποία είναι τοποθετημένα εκατέρωθεν ενός άξονα που έχει δυνατότητα περιστροφής. Ανάλογα με την επιθυμητή μορφή των ζυμαρικών τοποθετείται και η κατάλληλη κεφαλή. Στις Εικόνες Εικόνα 15 και Εικόνα 16 φαίνονται μερικά παραδείγματα κεφαλών που χρησιμοποιούνται σήμερα. Στο πρώτο δοχείο τοποθετείται ποσότητα ζυμαριού και από κατάλληλα τοποθετημένη πρέσα πάνω από το δοχείο ασκείται πίεση (μέσω της κίνησης πιστονιών), ώστε αφενός να απομακρυνθεί το μεγαλύτερο μέρος του αέρα που περιέχεται και αφετέρου να γίνει η εκβολή. Τα παραγόμενα ζυμαρικά συλλέγονται, η κεφαλή απομακρύνεται, προκειμένου να επανατοποθετηθεί ποσότητα ζυμαριού στο δοχείο, και ο άξονας περιστρέφεται, ώστε να τοποθετηθεί κάτω από την πρέσα το δεύτερο δοχείο, στο οποίο κατά τη διάρκεια εκβολής του πρώτου τοποθετείται ομοίως ποσότητα ζυμαριού. Στο δεύτερο δοχείο τοποθετείται εκ νέου η κεφαλή, η οποία πρέπει πρώτα να καθαριστεί από τα υπολείμματα εκβολής του πρώτου δοχείου. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου ολοκληρωθεί η παρτίδα. Στους εκβολείς νεώτερου τύπου, η κεφαλή δεν

τοποθετείται πάνω στο δοχείο, αλλά προσαρτάται σε αυτό από μία άλλη συσκευή, η οποία περιλαμβάνει την κεφαλή και ένα σύστημα με βοηθητικά πιστόνια τα οποία ασφαλίζουν την κεφαλή πάνω στο δοχείο, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος διαρροής του ζυμαριού. Ο τρόπος αυτός βελτιστοποιεί την παραγωγή, καθώς δεν χάνεται χρόνος πλέον με το βίδωμα και ξεβίδωμα της κεφαλής, ενώ είναι πιο γρήγορος αφενός ο καθαρισμός της κεφαλής και αφετέρου η τοποθέτηση ζυμαριού στα δοχεία. Το μόνο σημείο προσοχής είναι ότι τα δοχεία έχουν πλέον δύο ελεύθερα άκρα, οπότε πρέπει να προσεχθεί η διαδικασία εισαγωγής του ζυμαριού.



Εικόνα 15: Κεφαλή εκβολής με γράμματα και αριθμούς (αριστερά) και κεφαλή εκβολής κλασικού σχήματος (Hummel, 1966)



Εικόνα 16: Κεφαλές εκβολής ζυμαρικών σε ποικίλα σχήματα (http://www.enginsoft.com/assets/img/casestudy/pasta/pasta_05.jpg, <http://london.kijiji.ca/c-ViewAdLargeImage?AdId=526550784>)

Η λειτουργία των υδραυλικών εκβολών γίνεται με τη χρήση νερού κάτω από υψηλές πιέσεις οι οποίες επιτυγχάνονται με τη βοήθεια αντλιών και τη χρήση συσσωρευτή. Οι αντλίες μπορεί να είναι οριζόντιας ή κάθετης διάταξης, περιλαμβάνοντας από ένα μέχρι

τέσσερις κυλίνδρους. Η πίεση που πρέπει να εφαρμόζεται κάθε φορά, καθορίζεται από τη σχέση μεγέθους του εμβόλου και του πιστονιού. Αν έχουν το ίδιο μέγεθος, τότε η απαιτούμενη πίεση που ασκείται στο νερό είναι ίση με την πίεση που εξασκείται στο ζυμάρι, ενώ αν η διάμετρος του πιστονιού είναι μικρότερη από τη διάμετρο του εμβόλου, τότε η εφαρμοζόμενη πίεση στο νερό αυξάνεται. Το αντίστοιχο ισχύει και σε αντίθετη περίπτωση. Ο συσσωρευτής καθιστά δυνατή την επιτάχυνση της παραγωγής ή την αύξηση της πίεσης των πιστονιών (εφόσον το απαιτεί το ζυμάρι) χωρίς την απαίτηση πολύ ισχυρής αντλίας (Hummel, 1966).

Μετά το τέλος της εκβολής, τα ζυμαρικά συγκεντρώνονται και τοποθετούνται σε κατάλληλες διατάξεις, ώστε να τους δοθεί το τελικό σχήμα –αν πρόκειται για ζυμαρικά μεγάλου μήκους ή «φωλιές»– και μεταφέρονται στο χώρο ξήρανσης. Η διαδικασία ξήρανσης είναι κοινή και για τους δύο τρόπους παραγωγής και αναλύεται στην παράγραφο 2.2 Ξήρανση.

2.1.4 Συνεχής παραγωγή

Μέχρι το 1935, ο μόνος γνωστός και ακολουθούμενος από τις βιομηχανίες τρόπος παραγωγής ζυμαρικών ήταν σε παρτίδες. Είχαν αναπτυχθεί σποραδικά και κάποιες γραμμές συνεχούς παραγωγής, οι οποίες όμως δεν είχαν ευρεία βιομηχανική εφαρμογή. Από το 1935 η συνεχής παραγωγή άρχισε να εφαρμόζεται βιομηχανικά, αναπτύχθηκε ραγδαία και εξελίχθηκε εκτοπίζοντας την παραγωγή σε παρτίδες. Τα πλεονεκτήματα που προσέφερε ήταν –και παραμένουν– η εξοικονόμηση χρόνου από τη μετακίνηση υλικού από μηχανή σε μηχανή κατά τα στάδια παραγωγής, η εξοικονόμηση χώρου από το μικρότερο αριθμό μηχανημάτων, καθώς και η αύξηση της παραγωγής.

Για την επίτευξη συνεχούς παραγωγής συνδυάζονται τα τρία στάδια παραγωγής των ζυμαρικών σε ένα μηχάνημα που αναφέρεται και ως πρέσα, το οποίο τα εκτελεί διαδοχικά.

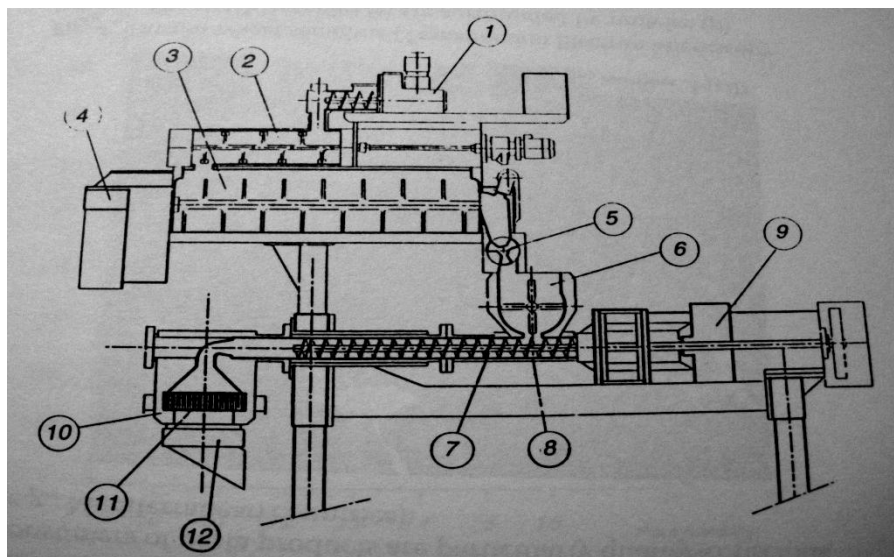
Η λειτουργία της πρέσας βασίζεται στην εφαρμογή πίεσης, η οποία μπορεί να αποκτηθεί με τρεις τρόπους: μέσω κυλίνδρων, μέσω ατέρμονα κοχλία σε συνδυασμό με κίνηση πιστονιών και μέσω συνδυασμού παραπάνω του ενός κοχλιών. Σύμφωνα με τη λειτουργία της πρέσας με χρήση κυλίνδρων, το σιμιγδάλι και το νερό τοποθετούνται από κατάλληλα συστήματα διανομής μέσα σε κάδο ανάμιξης όπου και αναμιγνύονται. Μετά

την ολοκλήρωση της ανάμιξης, το υλικό του κάδου τροφοδοτείται σε ένα σύστημα δύο κυλίνδρων το οποίο το σχηματοποιεί σε φύλλο ζυμαριού. Κατά τη φυλλοποίηση, λαμβάνει χώρα και ζύμωση του μίγματος. Το φύλλο ζυμαριού παραδίδεται σε ένα δεύτερο σύστημα κυλίνδρων, μετά το οποίο ακολουθεί ένας μικρός χώρος συγκέντρωσης στο τέλος του οποίου βρίσκεται η κεφαλή εκβολής. Μόλις ο χώρος αυτός γεμίσει με ζυμάρι, αναπτύσσεται πίεση η οποία το εξωθεί από την κεφαλή. Ένας μετρητής πίεσης στο θάλαμο εξασφαλίζει τη διατήρηση της πίεσης σε σταθερή τιμή, ώστε το παραγόμενο προϊόν να έχει σταθερά ποιοτικά χαρακτηριστικά. Η δυνατότητα παραγωγής του συστήματος αυτού κυμαίνεται από 400 Kg/h έως 550Kg/h, ανάλογα με την επιλεγόμενη ταχύτητα λειτουργίας.

Σύμφωνα με το δεύτερο σύστημα ανάπτυξης πίεσης, υπολογίζεται η κατάλληλη ποσότητα του νερού και μεταφέρεται στον κάδο μέσω της κίνησης πιστονιού. Η απαιτούμενη ποσότητα σιμιγδαλιού υπολογίζεται και απομονώνεται από τη διαθέσιμη ποσότητα μέσω συστήματος τάλαντωσης. Το νερό και το σιμιγδάλι μεταφέρονται στον κάδο ανάμιξης μέσω κοινού στροφαλοφόρου άξονα, ώστε η διανομή τους να γίνεται ταυτόχρονα. Ακολουθεί ανάμιξη, και μόλις ολοκληρωθεί, το σχηματιζόμενο μίγμα μεταφέρεται σε σύστημα κυλίνδρων για να σχηματοποιηθεί, και στη συνέχεια μεταφέρεται αυτόματα στην περιφέρεια ατέρμονα κοχλία όπου και λαμβάνει χώρα το ζύωμα με τη βοήθεια της κίνησης κοχλία. Στο τέλος της περιμέτρου του κοχλία, το ζυμάρι τοποθετείται σε έναν κύλινδρο από τον οποίο θα γίνει η εκβολή. Ο κύλινδρος αυτός περιέχει δυο ατέρμονες κοχλίες οι οποίοι έχουν δυνατότητα να περιστρέφονται με εναλλασσόμενη κατακόρυφη κίνηση. Όταν οι κοχλίες περιστρέφονται προς τα πάνω, είναι η στιγμή εισαγωγής του ζυμαριού από το περιβάλλον ζυμάματος, ενώ όταν περιστρέφονται προς τα κάτω, δρουν ως πιστόνι το οποίο εξωθεί το ζυμάρι από την κεφαλή. Η παραγωγικότητα της πρέσας η οποία δρα με συνδυασμό ατέρμονα κοχλία και πιστονιού είναι αρκετά καλή, όμως η πολυπλοκότητα του σχεδιασμού της αποτρέπει τη χρήση της σε βιομηχανικό επίπεδο.

Ο τρίτος τύπος πρέσας, στον οποίο η πίεση αναπτύσσεται από την κίνηση ατέρμωνων κοχλιών, είναι ο πλέον προτιμώμενος και χρησιμοποιούμενος από τη βιομηχανία παραγωγής ζυμαρικών. Και στην πρέσα αυτή όπως και στις προηγούμενες,

υπολογίζονται οι κατάλληλες ποσότητες νερού και σιμιγδαλιού και μεταφέρονται στο σύστημα ανάμιξης. Ο υπολογισμός των ποσοτήτων προτιμάται να γίνεται μέσω ζυγαριάς για το σιμιγδάλι και μέσω όγκου για το νερό. Χρησιμοποιείται σύστημα ταυτόχρονης παραλαβής των δυο υλικών και τοποθέτησής τους στον κάδο ανάμιξης. Ο κάδος ανάμιξης στην περίπτωση αυτή περιλαμβάνει δυο βραχίονες ανάμιξης αντί για έναν όπως στις προηγούμενες περιπτώσεις. Οι βραχίονες είναι κατασκευασμένοι από ανοξείδωτο χάλυβα και τοποθετούνται έτσι, ώστε με τη λειτουργία τους να επιτυγχάνεται αφενός ομοιόμορφη ανάδευση στον όγκο του χώρου ανάμιξης και αφετέρου να απομάκρυνση τυχόν υπολειμμάτων από τα τοιχώματα. Η ύπαρξη δεύτερου βραχίονα ανάμιξης εξομαλύνει την τάση συσσώρευσης τμημάτων σιμιγδαλιού ιδιαίτερα ενυδατωμένων, με αποτέλεσμα να παράγεται υλικό με ομοιόμορφη κατανομή νερού, το οποίο δεν θα δημιουργήσει προβλήματα στα υπόλοιπα τμήματα της πρέσας και θα οδηγήσει σε προϊόν με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Μόλις ολοκληρωθεί το στάδιο της ανάμιξης, το μίγμα μεταβαίνει στο χώρο ζύμωσης όπου και ζυμώνεται μέσω ενός ατέρμονα κοχλία, ο οποίος στο τέλος καταλήγει στον εκβολέα, έχοντας αναπτύξει κατάλληλη πίεση για την εξώθηση του ζυμαριού. Η πίεση με την οποία εξωθείται το μίγμα στα συστήματα συνεχούς παραγωγής είναι μικρότερη από την αντίστοιχη που εφαρμόζεται στους υδραυλικά εκβολείς, καθώς στη συνεχή παραγωγική διαδικασία σχηματίζεται μαλακότερο ζυμάρι, δεδομένου ότι δεν μεσολαβεί χρόνος μεταξύ της ανάμιξης και της ζύμωσης ή της ζύμωσης και της εκβολής, γεγονός που αποτρέπει τη σκλήρυνση τμημάτων του ζυμαριού. Κατά την εκβολή του ζυμαριού από την κεφαλή, τα παραγόμενα προϊόντα κόβονται στο επιθυμητό μέγεθος από έναν προσαρτημένο κόπτη. Όλη η παραπάνω διαδικασία φαίνεται σχηματικά στην Εικόνα 17, στην οποία με τις ενδείξεις 1, 2 και 3 σημαίνονται ο δοσομετρητής, ο προ-αναμίκτης και ο αναμικτήρας, η ένδειξη 4 αναφέρεται στο ρυθμιστή ταχυτήτων των αναμικτήρων, με την ένδειξη 5 προσδιορίζεται η μετάβαση στον αναμικτήρα υπό κενό (ένδειξη 6), οι ενδείξεις 7 και 8 αναφέρονται στον ατέρμονα κοχλία και με την ένδειξη 9 προσδιορίζεται ο ρυθμιστής ταχυτήτων του. Τέλος, οι ενδείξεις 10, 11 και 12 προσδιορίζουν το χώρο της εκβολής, την προσαρτημένη κεφαλή και τον κόπτη (Hummel, 1966, Kill R. C., 2001, Kruger J.E., 1996).



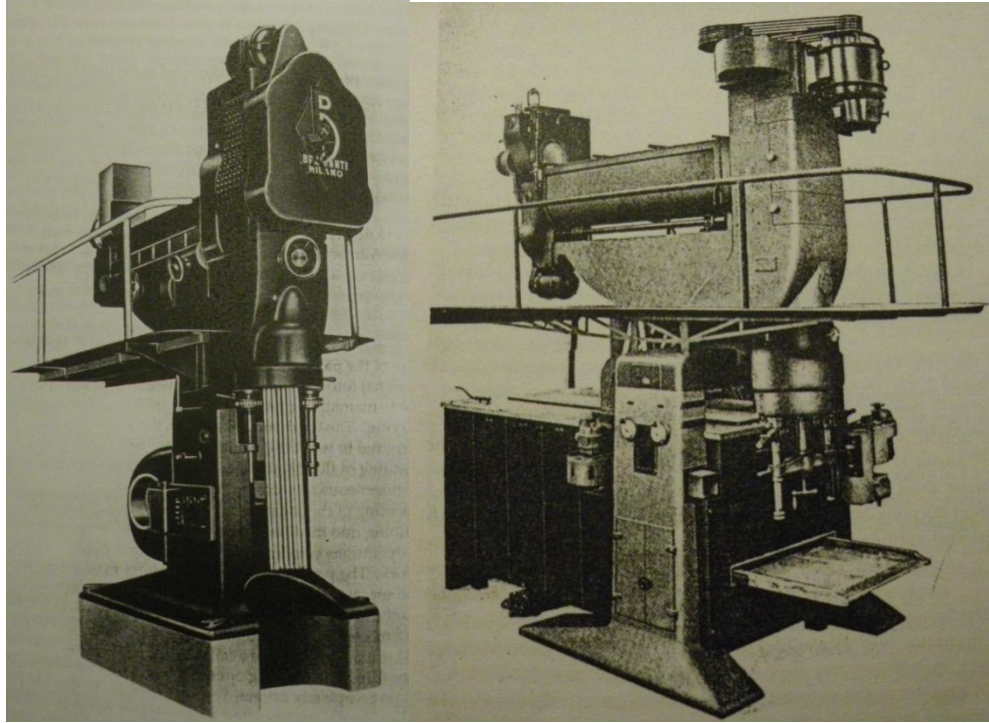
Εικόνα 17: Σχηματική αποτύπωση διάταξης για συνεχή παραγωγή ζυμαρικών (Kruger J.E., 1996)

Το στάδιο ζύμωσης – εκβολής μπορεί να πραγματοποιηθεί και υπό κενό, ούτως ώστε να ελαχιστοποιηθεί η ποσότητα αέρα που βρίσκεται εγκλωβισμένος στο ζυμάρι και να παραχθούν αρτιότερα προϊόντα. Η ύπαρξη κενού μπορεί να αναπτυχθεί με τη βοήθεια αντλίας, συνήθως σε ποσοστό 60% με 80%, καθώς ο όγκος του ζυμαριού ενδέχεται να εμποδίζει την απομάκρυνση ποσότητας αέρα. Η χρήση κενού ολοένα και υιοθετείται από τη βιομηχανία παραγωγής ζυμαρικών.

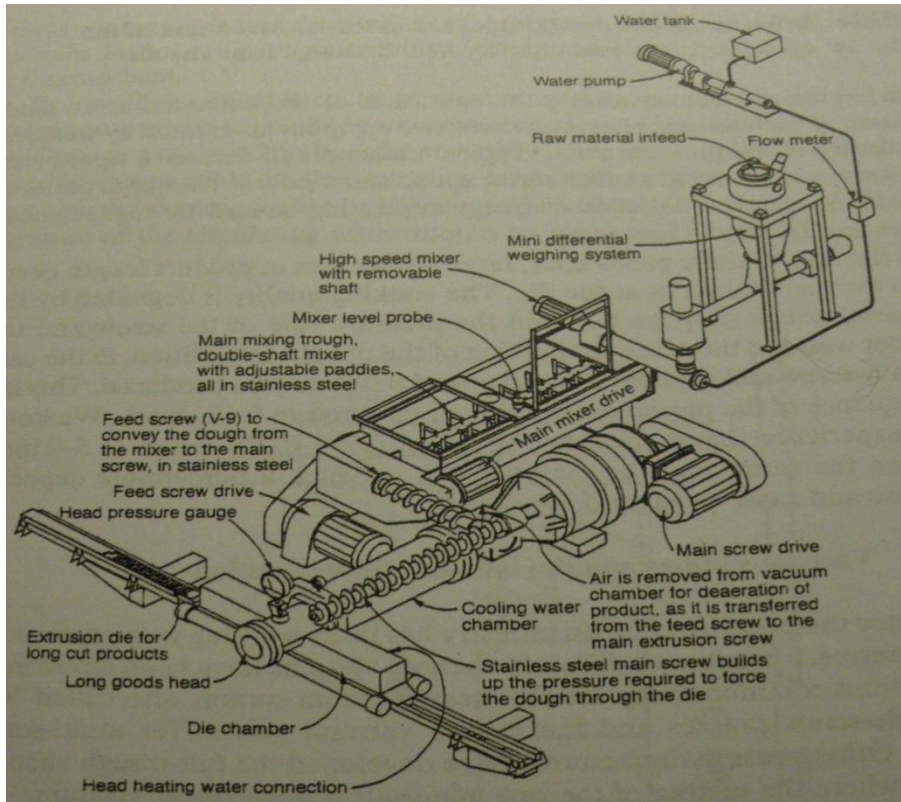
Στις Εικόνες Εικόνα 18, Εικόνα 19 και Εικόνα 20 παρατίθενται ορισμένα παραδείγματα πρεσών για συνεχή παραγωγή ζυμαρικών.



Εικόνα 18: Παράδειγμα πρέσας για συνεχή παραγωγή ζυμαρικών
(<http://www.archiexpo.com/prod/dominioni/commercial-combined-pasta-dough-machines-68825-563495.html>)



Εικόνα 19: Παραδείγματα πρέσας για συνεχή παραγωγή ζυμαρικών (Kruger J.E., 1996)



Εικόνα 20: Επεξηγηματικό διάγραμμα διάταξης πρέσας με απλό ατέρμονα κοχλία για συνεχή παραγωγή (Kill R. C., 2001)

2.2 Ξήρανση

2.2.1 Εισαγωγή

Το στάδιο της ξήρανσης είναι απαραίτητο για τη δυνατότητα αποθήκευσης των ζυμαρικών. Κατά την παραγωγή τους, δεδομένης της μεγάλης περιεκτικότητάς τους σε νερό (περίπου 30% με 40%), πρόκειται για προϊόντα μικροβιολογικά και βιοχημικά ασταθή με αρκετά μικρό χρόνο ζωής (λίγες ημέρες). Άρα για να είναι διατηρήσιμα σε αποθήκευση προϊόντα με μεγάλη διάρκεια ζωής και χωρίς να ενέχουν μικροβιολογικούς κινδύνους, πρέπει να ελαττωθεί το περιεχόμενο ελεύθερο νερό. Η ελάττωση του διαθέσιμου νερού γίνεται μέσω της ξήρανσης, η οποία μειώνει το ποσοστό ελεύθερου νερού στα ζυμαρικά περίπου στο επίπεδο του ελεύθερου νερού στο σιμιγδάλι (Kill R. C., 2001).

Η απομάκρυνση της υγρασίας γίνεται από την επιφάνεια των ζυμαρικών, με τη βοήθεια ρεύματος αέρα. Η επιφανειακή απομάκρυνση δημιουργεί μια διαβάθμιση της υγρασίας, γεγονός που επιτρέπει τη μεταφορά της από το κέντρο του προϊόντος προς τα έξω, ώστε να επέλθει ισορροπία. Η διαδικασία μεταφοράς της υγρασίας από το κέντρο προς την επιφάνεια ένα πολύ αργό στάδιο, το οποίο και καθορίζει την όλη διαδικασία της ξήρανσης, ανεξάρτητα από όλες τις άλλες αλληλεπιδράσεις που τυχόν λαμβάνουν χώρα. Έχουν γίνει πολλές βελτιώσεις για να επιταχυνθεί η διαδικασία της ξήρανσης και σε μεγάλο βαθμό αυτό έχει επιτευχθεί (Kill R. C., 2001).

Εκτός από τη μικροβιολογική και βιοχημική σταθεροποίηση, η ξήρανση των ζυμαρικών είναι πολύ σημαντική και για την τελική τους εμφάνιση. Κατά το στάδιο της ξήρανσης διαμορφώνεται το τελικό χρώμα και η μορφή των ζυμαρικών. Κατά την ξήρανσή τους, τα ζυμαρικά δεν πρέπει να στραβώσουν ή να σπάσουν –εννοείται ότι δεν πρέπει να σπάσουν και σε οποιοδήποτε άλλο επόμενο στάδιο, αλλά προς το παρόν γίνεται αναφορά στην ξήρανση. Επίσης, δεν πρέπει να εμφανίσουν μεγάλη οξύτητα και πρέπει να αναπτύξουν την αναμενόμενη, συμπαγή, διαπερατή στο φως («που να φεγγίζει»), κιτρινωπή μορφή και την ορεκτική σταρένια γεύση για την οποία είναι γνωστά. Τέλος, εάν η ξήρανση πραγματοποιηθεί σωστά, τότε πέρα από την εμφανισιακή και γευστική απόδοση, τα ζυμαρικά στέκονται στο ύψος και των μαγειρικών περιστάσεων, διατηρώντας το σχήμα τους χωρίς να μετατρέπονται σε μια μπάλα υγρού ζυμαριού κατά

το βρασμό. Για τους λόγους αυτούς το στάδιο αυτό απαιτεί τη μεγαλύτερη προσοχή. Επίσης, δεδομένης της σημαντικότητας της ξήρανσης για την παραγωγή των ζυμαρικών, έγιναν οι σημαντικότερες βελτιώσεις για το στάδιο αυτό και γίνεται η μεγαλύτερη έρευνα σε σχέση με την όλη διαδικασία παραγωγής των ζυμαρικών (Kruger J.E., 1996, Hummel, 1966).

Όπως και η διαδικασία παραγωγής των ζυμαρικών, έτσι και η ξήρανση μπορεί να γίνει είτε κατά παρτίδες είτε ως συνεχής παραγωγική διαδικασία, αν και όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 2.1.4 Συνεχής παραγωγή συνεχής διαδικασία έχει εκτοπίσει την παραγωγή (άρα και ξήρανση) σε παρτίδες.

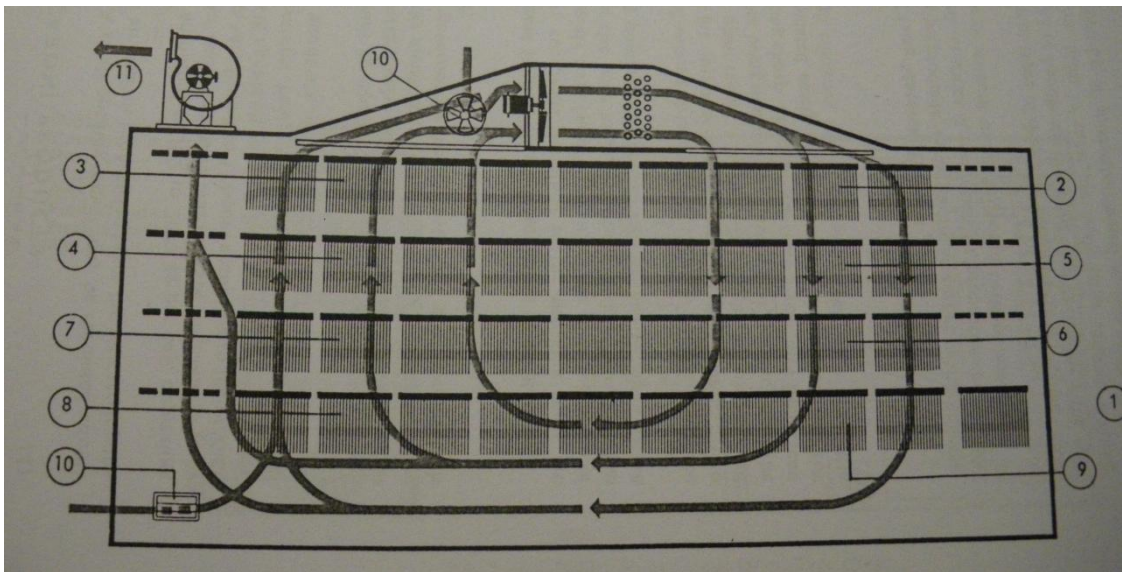
2.2.2 Διαδικασία ξήρανσης σε παρτίδες

Η ξήρανση σε παρτίδες γινόταν αρχικά μέσα σε κατάλληλα διαμορφωμένους θαλάμους, οι οποίοι σιγά σιγά αντικαταστάθηκαν από μικρότερους θαλάμους ξήρανσης. Κατά την ξήρανση σε παρτίδες αναγνωρίζονται τρία στάδια: η προ-ξήρανση, η περίοδος μαλακώματος και η τελική ξήρανση.

Το στάδιο της προ-ξήρανσης ξεκινά ήδη από τον εκβολέα, δεδομένου ότι τα ζυμαρικά καθώς σχηματοποιούνται έχουν τάση να προσκολλώνται μεταξύ τους. Για αποφυγή αυτού του φαινομένου, πάνω στους εκβολείς ή κοντά στο σημείο εκβολής τοποθετούνται ανεμιστήρες οι οποίοι διοχετεύουν κύματα ζεστού (ξηρού) αέρα προς τα παραγόμενα ζυμαρικά, ώστε να είναι ευκολότερος ο περαιτέρω χειρισμός τους. Ανάλογα με το σχήμα και το μέγεθος των παραγόμενων ζυμαρικών, οι ανεμιστήρες μπορεί να τοποθετηθούν και σε άλλες θέσεις, όπως κάτω από το παλλόμενο πλέγμα συλλογής των ζυμαρικών στην περίπτωση μικρού σχήματος προϊόντων. Επίσης, πέρα από τη χρήση ανεμιστήρων έχουν διαμορφωθεί και κατάλληλης διάταξης και λειτουργίας μηχανήματα, οι προ-ξηραντήρες, στους οποίους τοποθετούνται τα φρέσκα ζυμαρικά αμέσως μετά την παραγωγή τους, μέχρι να μεταφερθούν στο ξηραντήριο για την τελική τους ξήρανση.

Το στάδιο του μαλακώματος και της τελικής ξήρανσης διενεργούνται στον ίδιο χώρο, στο ξηραντήριο. Ανάλογα με το είδος του ζυμαρικού, χρησιμοποιούνται διαφορετικές διατάξεις. Για παράδειγμα, για μικρού μεγέθους ζυμαρικά χρησιμοποιούνται δίσκοι κατασκευασμένοι από πλέγμα ανοξειδωτού χάλυβα, ώστε να διευκολύνεται το πέρασμα

του αέρα, ενώ για τα ζυμαρικά τύπου «spaghetti» και τα παρόμοιου σχήματος χρησιμοποιούνται βέργες στις οποίες τα ζυμαρικά τοποθετούνται κάθετα ή σπανιότερα σε οριζόντιες διατάξεις. Επίσης, ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη διάταξη, μπορεί να διαφέρει ο τρόπος διανομής του αέρα μέσα στο ξηραντήριο. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να διασφαλίζεται πως όλα τα τμήματα του ξηραντηρίου δέχονται την ίδια ποσότητα και ποιότητα αέρα, ώστε να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη ξήρανση. Τόσο η ποσότητα όσο και η ποιότητα του αέρα καθορίζονται από την τοποθέτηση της παροχής αέρα μέσα στο ξηραντήριο, και ελέγχεται από αντλίες, θερμοστάτες και υγρόμετρα. Στα ξηραντήρια σύγχρονης τεχνολογίας, οι διατάξεις στις οποίες τοποθετούνται τα ζυμαρικά δεν παραμένουν ακίνητες κατά τη διάρκεια της ξήρανσης, αλλά κινούνται, ώστε να γίνεται καλύτερη κατανομή του παρεχόμενου αέρα και να επιτυγχάνεται ομοιόμορφη ξήρανση. Στην Εικόνα 21 φαίνεται διαγραμματικά η μορφή ενός ξηραντηρίου για ξήρανση παρτίδων ζυμαρικών. Με την ένδειξη 1 αναφέρεται το σημείο φόρτωσης και εκφόρτωσης τμημάτων στα οποία τοποθετούνται τα ζυμαρικά και με τις ενδείξεις 2 έως και 9 αναφέρονται οι θέσεις στις οποίες μεταφέρεται κάθε τμήμα κατά τη διάρκεια της ξήρανσης. Οι ενδείξεις 10 και 11 αναφέρονται στην είσοδο φρέσκου αέρα και στην έξοδο του υγρού αέρα ο οποίος μεταφέρει την υγρασία που απομακρύνεται από τα ζυμαρικά.

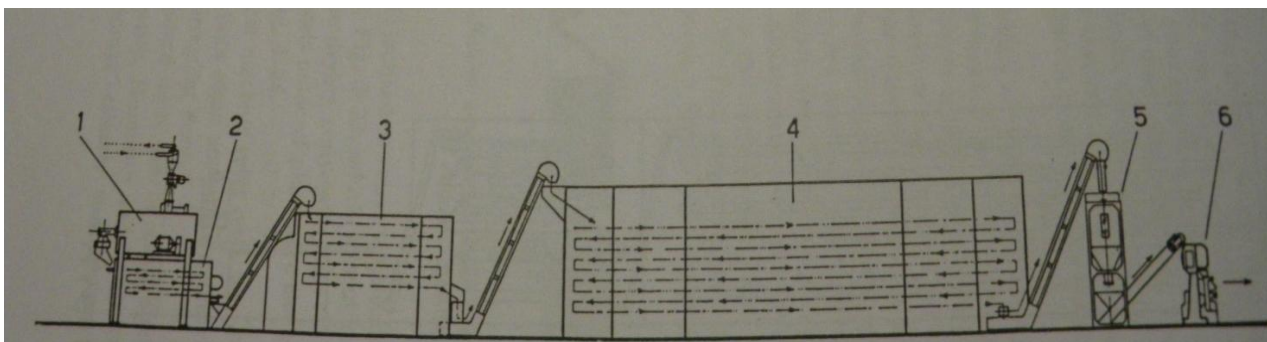


Εικόνα 21: Απεικόνιση ξηραντηρίου (Hummel, 1966)

Ο τύπος αυτός ξηραντηρίου βρίσκεται ανάμεσα στους δύο τρόπους ξήρανσης. Περιλαμβάνει μεν παρτίδες ζυμαρικών, αλλά η κίνησή τους κατά τη ξήρανση αποτελεί στοιχείο «δανεισμένο» από την ξήρανση συνεχούς λειτουργίας. Ένας ακόμη τύπος ξηραντηρίου ο οποίος βρίσκεται στο μεταίχμιο της διαλείπουσας και συνεχούς παραγωγής είναι το σύστημα ξηραντήριων σε σειρά. Στο σύστημα αυτό, αρκετά μικρά ξηραντήρια είναι τοποθετημένα σε σειρά, ενωμένα με μια ζώνη μεταφοράς. Τα ζυμαρικά ερχόμενα σε παρτίδες από τους προ-ξηραντήρες τοποθετούνται πάνω στη ζώνη και μεταφέρονται στο πρώτο κατά σειρά ξηραντήριο. Όταν υπάρχει επόμενη διαθέσιμη παρτίδα, η πρώτη μεταφέρεται μέσω της ζώνης μεταφοράς στο δεύτερο κατά σειρά ξηραντήριο. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου η παρτίδα που τοποθετήθηκε πρώτη φτάσει στο τελευταίο κατά σειρά ξηραντήριο. Ο αριθμός -και ο τύπος των ξηραντηρίων- υπολογίζεται, ώστε όταν στο τελευταίο ξηραντήριο τοποθετηθεί η πρώτη παρτίδα και συμπληρωθεί το απαραίτητο χρονικό διάστημα για την εισαγωγή της επόμενης παρτίδας και άρα την εξαγωγή της πρώτης από το σύστημα ξηραντηρίων, η παρτίδα αυτή να έχει υποστεί πλήρη ξήρανση, σύμφωνα με τις επικρατούσες συνθήκες (Hummel, 1966, Kruger J.E., 1996).

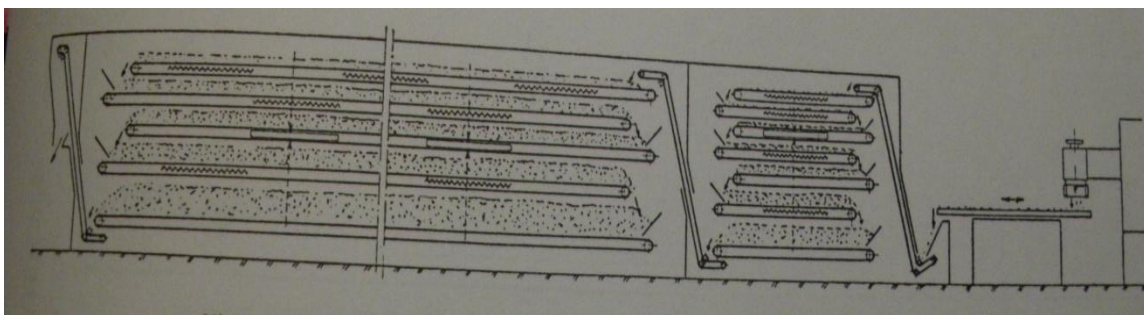
2.2.3 Ξήρανση σε συνεχή παραγωγική διαδικασία

Η ξήρανση σε συνεχή παραγωγική διαδικασία προέκυψε ως αποτέλεσμα της χρήσης του συστήματος συνεχούς παραγωγής ζυμαρικών. Ήδη παρουσιάστηκαν τύποι ξηραντήριων για παρτίδες ζυμαρικών, που προσομοιάζουν τη συνεχή λειτουργία, όμως έχουν αναπτυχθεί και ξηραντήρια σαφώς συνεχούς λειτουργίας, ως συνέχεια της παραγωγικής διαδικασίας. Στην Εικόνα 22 φαίνεται ένα τυπικό παράδειγμα πλήρους παραγωγής ζυμαρικών, από την παρασκευή μέχρι και τη συσκευασία τους. Η διάταξη αυτή αφορά κατά κύριο λόγο στην παραγωγή ζυμαρικών μικρού μεγέθους.



Εικόνα 22: Τυπική διάταξη πρέσας εκβολής και ξηραντηρίου συνεχούς λειτουργίας (Hummel, 1966)

Με την ένδειξη 1 παρουσιάζεται η πρέσα εκβολής των ζυμαρικών, ενώ με τις ενδείξεις 2 και 3 αναφέρονται οι προ-ξηραντήρες. Το ξηραντήριο αντιστοιχεί στην ένδειξη 4 και με τις ενδείξεις 5 και 6 σημαίνεται η συγκέντρωση και η συσκευασία των ζυμαρικών. Τα παραγόμενα κατά την εκβολή τους από την πρέσα πέφτουν πάνω στη ζώνη του προ-ξηραντήρα. Το στάδιο της προ-ξήρανσης περιλαμβάνει έναν αριθμό «ορόφων» στις ζώνες των οποίων μεταφέρονται τα ζυμαρικά τοποθετημένα ισόπαχα. Μόλις ολοκληρωθεί το πέρασμά τους στους «ορόφους» του προ-ξηραντήρα, μέσω κατάλληλης διάταξης μεταφέρονται στο ξηραντήριο, το οποίο λειτουργεί με το ίδιο σύστημα. Σε άλλους τύπους ξηραντηρίων, ο προ-ξηραντήρας περιλαμβάνεται στη μονάδα του κυρίως ξηραντηρίου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 23, και η διάταξη της ζώνης ξήρανσης είναι ελαφρώς διαφορετική.



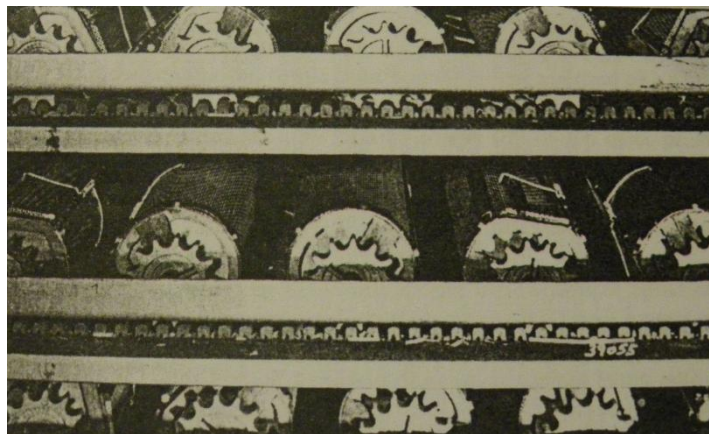
Εικόνα 23: Ξηραντήριο τύπου Buhler

Στον τύπο αυτό, τα ζυμαρικά αμέσως μετά την εκβολή τους τοποθετούνται σε ένα λεπτό στρώμα στη ζώνη του προ-ξηραντήρα, η μετέπειτα μεταφορά τους όμως στους «ορόφους» δεν γίνεται ισοπαχώς. Κάθε «όροφος» έχει τη δική του ζώνη μεταφοράς, η οποία κινείται με ελαφρώς χαμηλότερη ταχύτητα από την ταχύτητα κίνησης της ζώνης

που βρίσκεται αμέσως πιο κοντά στο σημείο εκβολής. Ως αποτέλεσμα των διαφορετικών ταχυτήτων, όσο προχωρούν τα ζυμαρικά σε επόμενο όροφο, το πάχος του τοποθετούμενου στρώματος αυτών αυξάνει. Με την αύξηση του πάχους δεν υπάρχει κίνδυνος προσκόλλησης των ζυμαρικών μεταξύ τους, καθώς έχουν προηγηθεί «όροφοι» με μικρότερο πάχος ή και με μονοεπίπεδες στρώσεις ζυμαρικών, όπου έλαβε χώρα ξήρανση σε τέτοιο βαθμό, ώστε να μειώνεται η πιθανότητα προσκόλλησής τους. Αυτός ο τύπος ξηραντήρα φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματικός από τον προηγούμενο, καθώς με την ίδια κατανάλωση ενέργειας και παροχή αέρα επιτρέπει την ξήρανση μεγαλύτερης ποσότητας ζυμαρικών. Τέλος, υπάρχουν και τύποι ξηραντήριων όπου η διαφορά στη λειτουργία τους δεν αφορά τόσο στον τρόπο διανομής και κίνησης των ζυμαρικών πάνω στις ζώνες μεταφοράς, αλλά στην παροχή του αέρα. Στα ξηραντήρια αυτά, το σύστημα παροχής αέρα δεν είναι σταθερό προς μια κατεύθυνση, όπως στους προαναφερθέντες τύπους, αλλά μεταβάλλεται, είτε αλλάζοντας φορά, είτε αλλάζοντας τη σύσταση του παρεχόμενου αέρα, ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής ξήρανση των ζυμαρικών (Hummel, 1966).

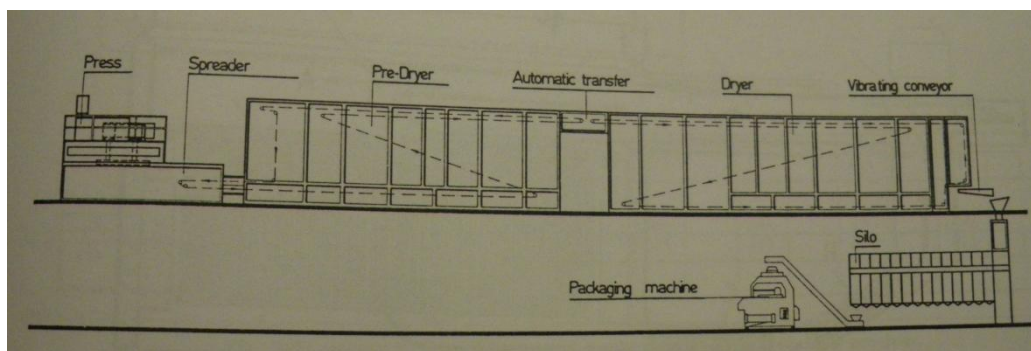
Όλοι οι τύποι ξηραντηρίων συνεχούς λειτουργίας που αναφέρθηκαν έως τώρα αφορούν ζυμαρικά μικρού μεγέθους. Όσον αφορά στα μακαρόνια τύπου «spaghetti» και τα παρόμοιου σχήματος, η διάταξη και η λειτουργία των ξηραντηρίων προσαρμόζεται αναλόγως, δεδομένου ότι αφενός η ξήρασή τους είναι πιο χρονοβόρα λόγω της μεγαλύτερης επιφάνειας και αφετέρου ο χειρισμός τους είναι πιο δύσκολος. Τα ξηραντήρια για ζυμαρικά μεγάλης επιφάνειας έχουν την ίδια αρχή λειτουργίας με εκείνα για ζυμαρικά μικρού σχήματος –εξάτμιση επιφανειακής υγρασίας μέσα σε κατάλληλα διαμορφωμένο χώρο με τη βοήθεια ρεύματος αέρα– μεταβάλλεται μόνο ο τρόπος εισαγωγής και μεταφοράς των ζυμαρικών μέσα σε αυτά. Κατά την εκβολή τους, τα ζυμαρικά τοποθετούνται ομοιόμορφα σε ράβδους και με κατάλληλο μηχάνημα κόβονται οι άκρες τους, ώστε να κρέμονται ισομοιρασμένα από κάθε πλευρά. Τα κομμάτια που κόβονται μεταφέρονται πίσω στο ζυμωτήριο για ανακύκλωση. Η ράβδος, μέσω συστήματος μεταφοράς με αλυσίδες μεταφέρεται στο ξηραντήριο, εισάγεται από το επάνω μέρος του και αρχίζει να μεταφέρεται προς τα κάτω. Τα συνήθη ξηραντήρια περιλαμβάνουν τρεις οριζόντιες ομάδες αλυσίδων, τη μία κάτω από την άλλη, στις οποίες τοποθετούνται ράβδοι. Κατά τη μεταφορά, η πρώτη ράβδος που εισάγεται τοποθετείται

στο πρώτο σύστημα αλυσίδων κατά σειρά. Αντίστοιχα, η δεύτερη ράβδος τοποθετείται στο δεύτερο σύστημα και η τρίτη ράβδος στο τρίτο. Η τέταρτη κατά σειρά εισαγωγής ράβδος τοποθετείται στο πρώτο σύστημα αλυσίδων, η πέμπτη ράβδος στο δεύτερο και ούτω καθεξής. Με το σύστημα αυτό, οι ράβδοι οι οποίες βρίσκονται η μία κάτω από την άλλη, δηλαδή έχουν εισαχθεί διαδοχικά, βρίσκονται στην ίδια κατάσταση, έχοντας υποστεί τον ίδιο χρόνο ξήρανσης. Οι ομάδες αλυσίδων κινούνται οριζοντίως, μεταφέροντας τις ράβδους κατά μήκος του ξηραντηρίου. Το ξηραντήριο μπορεί, ανάλογα με το σχεδιασμό του, να αποτελείται από διάφορα τμήματα. Κάθε τμήμα περιέχει έναν ανεμιστήρα ο οποίος διαχέει τον παρεχόμενο αέρα από την κορυφή προς τα κάτω, ενώ βαλβίδες επιτρέπουν την είσοδο φρέσκου αέρα και την έξοδο του κορεσμένου σε υγρασία αέρα από κάθε τμήμα. Οι παροχές αέρα είναι τοποθετημένες σε τέτοια σημεία, ώστε να προσφέρεται αέρας ίδιας ποιότητας σε κάθε ομάδα αλυσίδων. Όταν εξατμιστεί περίπου κατά το ήμισυ η υγρασία, τότε αρκεί μια παροχή αέρα και για τις τρεις ομάδες, καθώς μειώνεται ο ρυθμός μεταφοράς μάζας. Στο τελευταίο τμήμα του ξηραντηρίου ο αέρας που παρέχεται από τις βαλβίδες δεν θερμαίνεται καθόλου και τα ζυμαρικά αφήνονται να κρυώσουν και να ισορροπήσουν. Η ταχύτητα κίνησης των αλυσίδων και άρα της μεταφοράς των ράβδων μεταξύ των διαφόρων τμημάτων εξαρτάται από τις συνθήκες του παρεχόμενου αέρα, αλλά κατά κύριο λόγο εξαρτάται από το είδος των ζυμαρικών. Για παράδειγμα, για τα χοντρά ζυμαρικά οι αλυσίδες πρέπει να κινούνται πιο αργά από ότι για τα λεπτά ζυμαρικά. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ξηραντηρίων για μεγάλου μεγέθους ζυμαρικά οι οποίοι έχουν περίπου την ίδια διάταξη και λειτουργία. Ένας τύπος ξηραντηρίου για ζυμαρικά μεγάλου μεγέθους, διαφορετικός από τους υπόλοιπους, είναι ο τύπος Buhler-Bassano, ο οποίος δεν περιλαμβάνει ράβδους. Στο ξηραντήριο αυτό, τα ζυμαρικά αμέσως μετά την εκβολή τους κόβονται στο επιθυμητό μήκος και τοποθετούνται σε κατάλληλους δίσκους. Οι δίσκοι αυτοί είναι θερμαινόμενοι και αποτελούν ουσιαστικά το στάδιο της προ-ξήρανσης. Τα ζυμαρικά μεταφέρονται από τους δίσκους με κατάλληλα συστήματα σε μικρά ταλαντευόμενα ή περιστρεφόμενα τύμπανα όπως στην Εικόνα 24 όπου και ολοκληρώνεται η ξήρανση.



Εικόνα 24: Περιστρεφόμενα τύμπανα για ξήρανση ζυμαρικών μεγάλου μήκους (Hummel, 1966)

Στην Εικόνα 25 φαίνεται σχηματικά η διαδικασία ξήρανσης ζυμαρικών μεγάλου μήκους σε ξηραντήριο τύπου Buhler-Bassano. Αξίζει να αναφερθεί ότι καθώς τα ζυμαρικά κόβονται στο επιθυμητό μήκος πριν την ξήρανσή τους, δεν υπάρχει ανάγκη για σχηματοποίησή τους μετά την ξήρανση, οπότε δεν παράγεται παράπλευρα σκόνη και κομματάκια ζυμαρικών. Το γεγονός αυτό καθιστά τη διαδικασία ξήρανσης ιδιαίτερα καθαρή και οικονομική, έναντι των άλλων τύπων ξηραντηρίων. Ακόμη, δεδομένου ότι τα ζυμαρικά είναι τοποθετημένα οριζοντίως στο χώρο ξήρανσης, τα τελικά προϊόντα είναι εξαιρετικά ίσια, καθαρά και χειρίζονται εύκολα κατά το στάδιο της συσκευασίας τους. (Hummel, 1966)



Εικόνα 25: Σχηματική απεικόνιση ξηραντηρίου τύπου Buhler-Bassano (Hummel, 1966)

2.2.4 Συνθήκες ξήρανσης

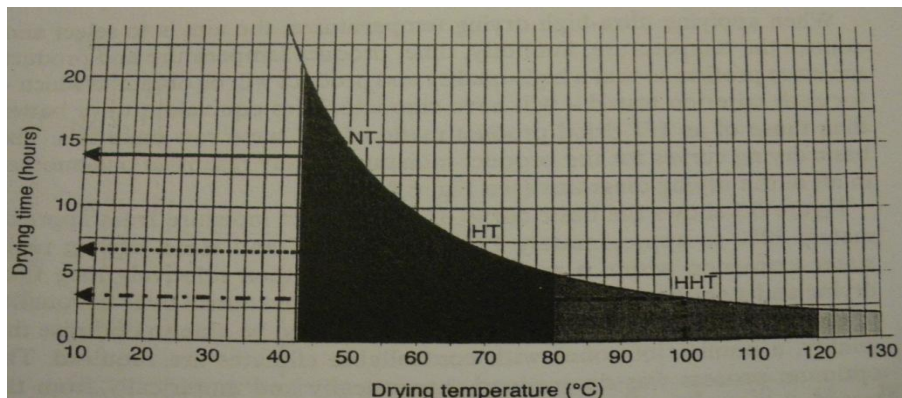
→ Χρόνος

Ανάλογα με τον τύπο ζυμαρικών και τον τύπο ξηραντηρίου που χρησιμοποιείται, ο χρόνος ξήρανσης ποικίλει. Κατά κανόνα, για τα μικρού σχήματος προϊόντα ο

απαιτούμενος χρόνος ξήρανσης σε επιθυμητό βαθμό είναι μικρότερος από το χρόνο για τα μεγάλα σχήματος προϊόντα. Οι συνήθεις χρόνοι ξήρανσης των μικρού μεγέθους προϊόντων είναι 10-16h, ανάλογα και με τον τύπο του ξηραντηρίου, ενώ οι αντίστοιχοι χρόνοι για τα μεγάλα μεγέθους προϊόντα κυμαίνονται γύρω στις 24h, εξαρτώμενοι και πάλι από το ξηραντήριο. Οι χρόνοι αυτοί αναφέρονται σε ξήρανση υπό κανονικές και υψηλές θερμοκρασίες. Είναι προφανές πως ο απαιτούμενος χρόνος ξήρανσης εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία ξήρανσης, καθώς και από τη ροή του αέρα και τον κορεσμό του σε υγρασία (Kruger J.E., 1996).

→ Θερμοκρασία

Η επιλογή της κατάλληλης θερμοκρασίας του παρεχόμενου αέρα για την ξήρανση των ζυμαρικών έχει αναλυθεί αρκετά στη βιβλιογραφία και έχει περάσει από πολλά στάδια μέχρι σήμερα. Ξεκινώντας από την ξήρανση στον ήλιο σε συνδυασμό με τη θαλασσινή αύρα σε παραθαλάσσιες πόλεις της Ιταλίας - θερμοκρασία περίπου 30°C - τα πρώτα ξηραντήρια ακολούθησαν αυτό το απλό μοντέλο. Στη συνέχεια, η θερμοκρασία ξήρανσης αυξήθηκε περίπου στους 40°C με 50 °C και μόλις πριν από λίγα χρόνια αναπτύχθηκαν μοντέλα ξήρανσης τα οποία επιτρέπουν τη χρήση υψηλών (περίπου 70°C) και πολύ υψηλών (περίπου 100°C) θερμοκρασιών για την ξήρανση των ζυμαρικών. Στις Εικόνες Εικόνα 26: Καμπύλη συσχέτισης της θερμοκρασίας ξήρανσης με τον απαιτούμενο χρόνο (Kill R. C., 2001) και Εικόνα 27 φαίνεται η συσχέτιση της θερμοκρασίας με το χρόνο ξήρανσης καθώς και τα τρία θερμοκρασιακά μοντέλα που ακολουθούνται κατά κύριο λόγο.

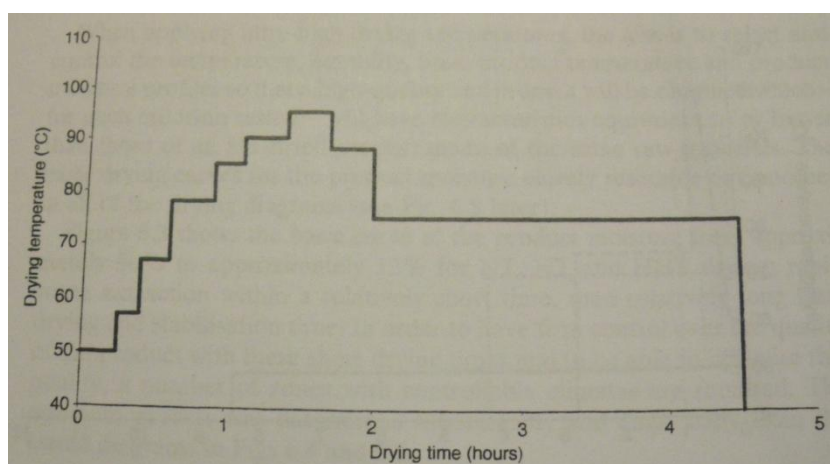


Εικόνα 26: Καμπύλη συσχέτισης της θερμοκρασίας ξήρανσης με τον απαιτούμενο χρόνο (Kill R. C., 2001)

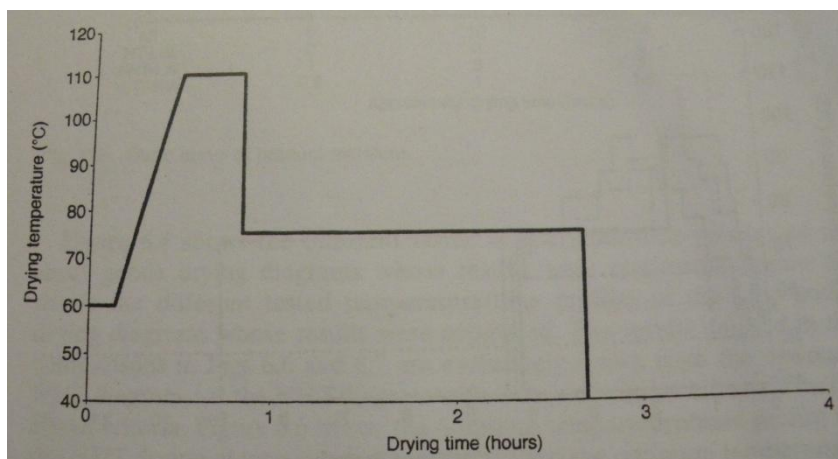
Drying technology	Drying temperature (including pre-drying) (°C)	Relative Humidity %	Drying time (hours)
LT (low temperature)	40-60°C	70-80	18-28
HT (high temperature)	60-84°C	74-82	8-11
THT (very high temperature)	> 84°C	74-90	2-5

Εικόνα 27: Τα τρία κυριότερα μοντέλα ξήρανσης που ακολουθούνται (Hummel, 1966)

Η θερμοκρασία δεν διατηρείται σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της ξήρανσης, αλλά περνά από διάφορα στάδια, καθώς έτσι η ξήρανση είναι πιο αποτελεσματική και λιγότερο χρονοβόρα. Κατά κανόνα, η ξήρανση ξεκινά με θερμοκρασία «κανονική», γύρω στους 50°C και στη συνέχεια αυξάνεται σταδιακά ή απότομα, ανάλογα με τις προϋποθέσεις του προϊόντος και του ξηραντήρα, έως ότου φτάσει στην ανώτερη επιθυμητή τιμή. Εκεί παραμένει για καθορισμένο χρονικό διάστημα και στη συνέχεια συνήθως μειώνεται λίγο (παραμένοντας όμως υψηλή), όπου και διατηρείται για την υπόλοιπη διάρκεια της ξήρανσης. Οι θερμοκρασιακές αυτές μεταβολές φαίνονται στις Εικόνες Εικόνα 28 και Εικόνα 29 για προϊόντα μεγάλου και μικρού μεγέθους αντίστοιχα. Οι θερμοκρασιακές μεταβολές που υφίστανται τα ζυμαρικά μεγάλου μήκους είναι αρκετά περισσότερες, καθώς αυτά απαιτούν ακριβέστερο χειρισμό λόγω του αρκετά ευαίσθητου σχήματός τους και του μεγάλου μεγέθους αυτών.



Εικόνα 28: Στάδια ξήρανσης για ζυμαρικά μεγάλου μήκους (Kill R. C., 2001)



Εικόνα 29: Στάδια ξήρανσης για ζυμαρικά μικρού μεγέθους (Kill R. C., 2001)

Τα στάδια που παρουσιάζονται στις παραπάνω εικόνες δεν εφαρμόζονται υποχρεωτικά σε όλες τις βιομηχανίες παραγωγής ζυμαρικών, καθώς μπορούν να γίνουν μεταβολές ή τροποποιήσεις. Υπάρχουν δυο κύριες προσεγγίσεις όσον αφορά τα στάδια ξήρανσης. Η πρώτη είναι αυτή η οποία παρουσιάζεται στις παραπάνω εικόνες και κατά την οποία η ξήρανση ξεκινά με προ-ξήρανση σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, οι οποίες αυξάνονται αργότερα στο στάδιο της ξήρανσης παραμένοντας υψηλές για το μεγαλύτερο μέρος της διάρκειάς του. Στη δεύτερη προσέγγιση, η ξήρανση ξεκινά με προ-ξήρανση σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες και ακολουθείται από το κύριο στάδιο της ξήρανσης σε ελαφρώς χαμηλότερες θερμοκρασίες (αλλά υψηλότερες από 50°C). Με τη χρήση υπερυψηλών θερμοκρασιών ο χρόνος ξήρανσης μειώνεται ραγδαία, φτάνοντας περίπου τις 7h για τα ζυμαρικά μεγάλου μήκους και τις 5h για τα ζυμαρικά μικρού μεγέθους. Παρά τα χρονικά οφέλη της εφαρμογής υψηλής θερμοκρασίας για την ξήρανση των ζυμαρικών, υπάρχουν μελέτες που δείχνουν πως η θερμοκρασία ξήρανσης επηρεάζει τις ιδιότητες του τελικού προϊόντος, τόσο πριν όσο και μετά το βράσιμο, υποδεικνύοντας πως η πολύ υψηλή θερμοκρασία είναι επιβλαβής για την ποιότητα του τελικού προϊόντος (Hummel, 1966, Kill R. C., 2001, Bonomi Francesco, 2012).

→ Ποιότητα αέρα (κορεσμός, σχετική υγρασία)

Εκτός από τη θερμοκρασία, σημαντικό ρόλο κατά την ξήρανση παίζει και η σχετική υγρασία του παρεχόμενου αέρα, ώστε να παραχθούν ζυμαρικά με την κατάλληλη περιεκτικότητα υγρασίας και τα επιθυμητά ποιοτικά χαρακτηριστικά. Κάποιες έρευνες

δείχνουν μάλιστα πως η σχετική υγρασία του αέρα ίσως να επιδρά περισσότερο από τη θερμοκρασία στην ποιότητα των τελικών προϊόντων. Αν και έχουν γίνει και συνεχίζουν να γίνονται μελέτες για μοντελοποίηση της ρύθμισης της σχετικής υγρασίας και της ποιότητας του παρεχόμενου αέρα γενικότερα, η ρύθμιση των παραμέτρων αυτών γίνεται εμπειρικά, μέσω δοκιμής και σφάλματος. Κατά την ξήρανση η απομάκρυνση του νερού από τα ζυμαρικά γίνεται με μεταφορά μάζας δύο μορφών: νερού σε υγρή μορφή και νερού σε μορφή ατμών. Το νερό σε υγρή μορφή μεταφέρεται από το εσωτερικό των ζυμαρικών προς την επιφάνεια μέσω τριχοειδούς διάχυσης και στη συνέχεια το επιφανειακό νερό των ζυμαρικών απομακρύνεται με τη μορφή ατμού, μέσω μοριακής διάχυσης και συναγωγής. Άρα, η σχετική υγρασία του αέρα είναι πολύ σημαντική. Οι συνήθεις τιμές σχετικής υγρασίας κυμαίνονται από 40% μέχρι 95% και συνδυάζονται με τη θερμοκρασία του αέρα, ανάλογα με το στάδιο της ξήρανσης. Η σχετική υγρασία επηρεάζει κυρίως τη μέση συγκέντρωση υγρασίας στο ζυμαρικό στις χαμηλότερες συγκεντρώσεις υγρασίας, δηλαδή όταν το ζυμαρικό γίνεται ξηρότερο (Mercier S., 2014, Villeneuve S., 2007, De Temmerman J., 2007)

Με βάση τα χρησιμοποιούμενα εύρη της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του αέρα, του σχήματος των ζυμαρικών, του διαθέσιμου εξοπλισμού και πολλών άλλων παραγόντων οι οποίοι επηρεάζουν σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό τη διαδικασία της ξήρανσης, έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα, τα οποία στοχεύουν σε βελτιστοποίηση της διαδικασίας της ξήρανσης, αφενός από χρονικής και οικονομικής άποψης και αφετέρου με σκοπό την αριστοποίηση του τελικού προϊόντος. Τα μοντέλα αυτά βασίζονται στους νόμους της φυσικοχημείας που διέπουν τη διαδικασία, αλλά μέσω παραδοχών και διαφορετικών προσεγγίσεων, ανάλογα με τα δεδομένα κάθε φορά, παρουσιάζουν τις βέλτιστες συνθήκες για την επίτευξη της ξήρανσης.

2.2.5 Άλλες μέθοδοι ξήρανσης

Αν και η ξήρανση με εξάτμιση του νερού μέσω υψηλών θερμοκρασιών είναι η πιο γνωστή μέθοδος και η ευρέως χρησιμοποιούμενη στη βιομηχανία, υπάρχουν και άλλες αναπτυσσόμενες μέθοδοι ξήρανσης των ζυμαρικών. Για παράδειγμα η χρήση κενού έχει εφαρμοσθεί στην ξήρανση μεγάλου όγκου ζυμαρικών με ικανοποιητικά αποτελέσματα όσον αφορά την εμφάνιση των τελικών προϊόντων, όχι όμως και ως προς τη

συμπεριφορά τους κατά το βράσιμο. Άλλος τρόπος ξήρανσης που έχει εφαρμοσθεί, με εξαιρετικά αποτελέσματα μεν, αλλά με οικονομική επιβάρυνση δε, είναι η υπέρυθρη ακτινοβολία ως πηγή θερμότητας. Αν η υπέρυθρη ακτινοβολία χρησιμοποιηθεί στον χρόνο ξήρανσης που προβλέπεται, τότε καταλήγει σε ένα άψογο τελικό προϊόν αλλά με μεγάλη οικονομική επιβάρυνση, ενώ αν επιταχυνθεί η διαδικασία τότε το οικονομικό όφελος που επιτυγχάνεται υποσκελίζεται από τη χαμηλή ποιότητα του τελικού προϊόντος. Εκτός από υπέρυθρη ακτινοβολία έχει αναφερθεί και η χρήση μικροκυμάτων, η οποία, σε συνδυασμό με συμβατική ξήρανση, οδηγεί σε αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα, τόσο ποιοτικά όσο και οικονομικά. Μία άλλη μέθοδος ξήρανσης είναι η θέρμανση μέσω ρεύματος υψηλής συχνότητας. Στην περίπτωση αυτή, υπάρχει το σημαντικό πλεονέκτημα ότι τα υψηλής συχνότητας κύματα μπορούν να διαπεράσουν το πάχος του στρώματος των ζυμαρικών και αν φτάσουν στο κέντρο τους, ώστε να εξατμιστεί το ευρισκόμενο νερό, όμως το υπερβολικό κόστος αποτρέπει τη χρήση τους ως εναλλακτική του κανονικού ρεύματος. Μία μέση λύση είναι ο συνδυασμός συμβατικής ξήρανσης με χρήση υψηλής συχνότητας ρεύματος για μικρό χρονικό διάστημα, ώστε το κόστος να μην υπερκαλύπτει το προσφερόμενο πλεονέκτημα. Τέλος, παραλλαγή της συμβατικής ξήρανσης η οποία όμως αναφέρεται κυρίως σε ξήρανση παρτίδων, είναι το κλειστό κύκλωμα διάθεσης αέρα, με χρήση συμπυκνωτήρων, ώστε να γίνεται ανακύκλωση του αέρα, σε αντίθεση με τη συμβατική ξήρανση όπου ο αέρας αυτός αποβάλλεται. Έτσι, δεν χάνεται η θερμότητα που περιέχεται στον αέρα, όταν αυτός έχει περάσει από τα ζυμαρικά. Οι συμπυκνωτήρες είναι απαραίτητοι, γιατί προκειμένου να γίνει ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση του αέρα (ή μέρους του) πρέπει να απομακρυνθεί ποσότητα υγρασίας από αυτόν. Η διάταξη της διαδικασίας ξήρανσης με το σύστημα αυτό όμως γίνεται ιδιαίτερα πολύπλοκη και συν τοις άλλοις υπάρχει πιθανότητα μόλυνσης του συμπυκνούμενου νερού από σκόνες και ζύμες, προκαλώντας επιπλέον προβλήματα (Hummel, 1966, Berteli M.N., 2005).

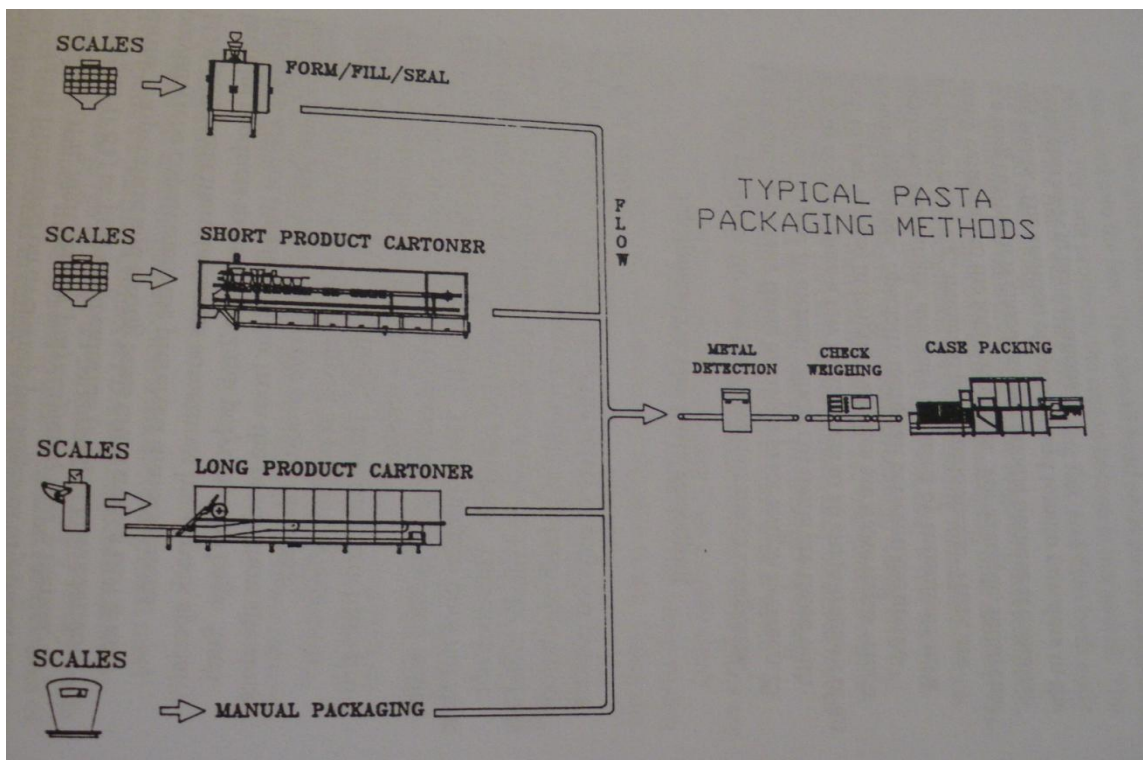
Ο έλεγχος της διαδικασίας της ξήρανσης γίνεται –παραδοσιακά– μέσω θερμομέτρων, και αντλιών όσον αφορά τον αέρα και μέσω εξέτασης δείγματος όσον αφορά το προϊόν. Έχουν γίνει μελέτες για αυτοματοποιημένο έλεγχο της διαδικασίας της ξήρανσης μέσω οπτικών μεθόδων, κατά τις οποίες αυτόματες κάμερες καταγράφουν εικόνες των προϊόντων κατά τη διάρκεια της ξήρανσης και μέσω κατάλληλου λογισμικού από την

εικόνα εξάγονται διάφορα συμπεράσματα για την πορεία της ξήρανσης (Grob Frauke, 2011).

2.3 Συσκευασία

→ Συσκευασία αφυδατωμένων ζυμαρικών

Μετά την ξήρανση –η οποία συνήθως περιλαμβάνει και ένα στάδιο ψύξης των ζυμαρικών σε θερμοκρασία περιβάλλοντος– τα ζυμαρικά είναι έτοιμα να συσκευαστούν. Αν η άμεση συσκευασία δεν είναι εφικτή, τότε τα έτοιμα ζυμαρικά συγκεντρώνονται σε κατάλληλους χώρους έως ότου συσκευαστούν. Η μεταφορά των αφυδατωμένων προϊόντων μπορεί να γίνει μέσω ιμάντων μεταφοράς, μέσω πνευματικών συστημάτων ή μέσω δονούμενων δίσκων και τα προϊόντα καταλήγουν σε κατάλληλα καλάθια, από τα οποία αυτόματα συσκευαστικά μηχανήματα παραλαμβάνουν ποσότητες ανάλογα με το επιθυμητό βάρος και τα συσκευάζουν στις αντίστοιχες συσκευασίες. Στην Εικόνα 30: Διάγραμμα ροής της διαδικασίας συσκευασίας ζυμαρικών με διάφορες μεθόδους (Kruger J.E., 1996) φαίνεται το διάγραμμα ροής της συσκευασίας για τα αφυδατωμένα ζυμαρικά.



Εικόνα 30: Διάγραμμα ροής της διαδικασίας συσκευασίας ζυμαρικών με διάφορες μεθόδους (Kruger J.E., 1996)

Τα μικρού μεγέθους ζυμαρικά δεν αντιμετωπίζουν κανένα πρόβλημα κατά τη μεταφορά και τη συσκευασία τους, καθώς το μικρό και σχετικά συμπαγές μέγεθός τους επιτρέπει ακόμη και αρκετά «απότομους» χειρισμούς. Όμως, στην περίπτωση των ζυμαρικών μεγάλου μήκους, οι χειρισμοί πρέπει να είναι αρκετά πιο προσεκτικοί και απαλοί. Αν και είναι τόσο σκληρά όσο τα ζυμαρικά μικρού μεγέθους, τα ζυμαρικά μεγάλου μήκους έχουν αρκετά μικρότερη διατομή και μεγαλύτερο μήκος και για αυτό έχουν την τάση να σπάνε πολύ εύκολα. Ακόμη, από την ξήρανση μέχρι τη συσκευασία των ζυμαρικών μεγάλου μήκους, μεσολαβεί ένα ακόμα στάδιο επεξεργασίας, στο οποίο τα ζυμαρικά κόβονται στο κατάλληλο μήκος. Όπως αναφέρθηκε, κατά την ξήρανσή τους τα φρέσκα προϊόντα τοποθετούνται σε ράβδους με τις άκρες τους εκατέρωθεν της ράβδου και κατά την τοποθέτησή τους στη ράβδο σχηματίζεται ένα είδος «βρόγχου», ο οποίος δεν πρέπει να περιλαμβάνεται στη συσκευασία. Ακόμη, το μήκος των προϊόντων προς ξήρανση είναι αρκετά μεγαλύτερο από το επιθυμητό μήκος για τις συνήθεις συσκευασίες (το μήκος των προϊόντων προς ξήρανση είναι περίπου 500mm, ενώ οι συνήθεις συσκευασίες έχουν μήκος 250mm), συνεπώς η κοπή των προϊόντων είναι απαραίτητη. Το επιπλέον αυτό στάδιο της μορφοποίησης, επιφέρει μεγάλη καταπόνηση στα τελικά προϊόντα, με αποτέλεσμα να σπάνε αρκετά. Η κοπή των προϊόντων γίνεται με μηχανικά περιστρεφόμενα πριόνια, επικαλυμμένα με πούδρα διαμαντιού, ώστε να γίνεται καθαρότερη κοπή (Kruger J.E., 1996).

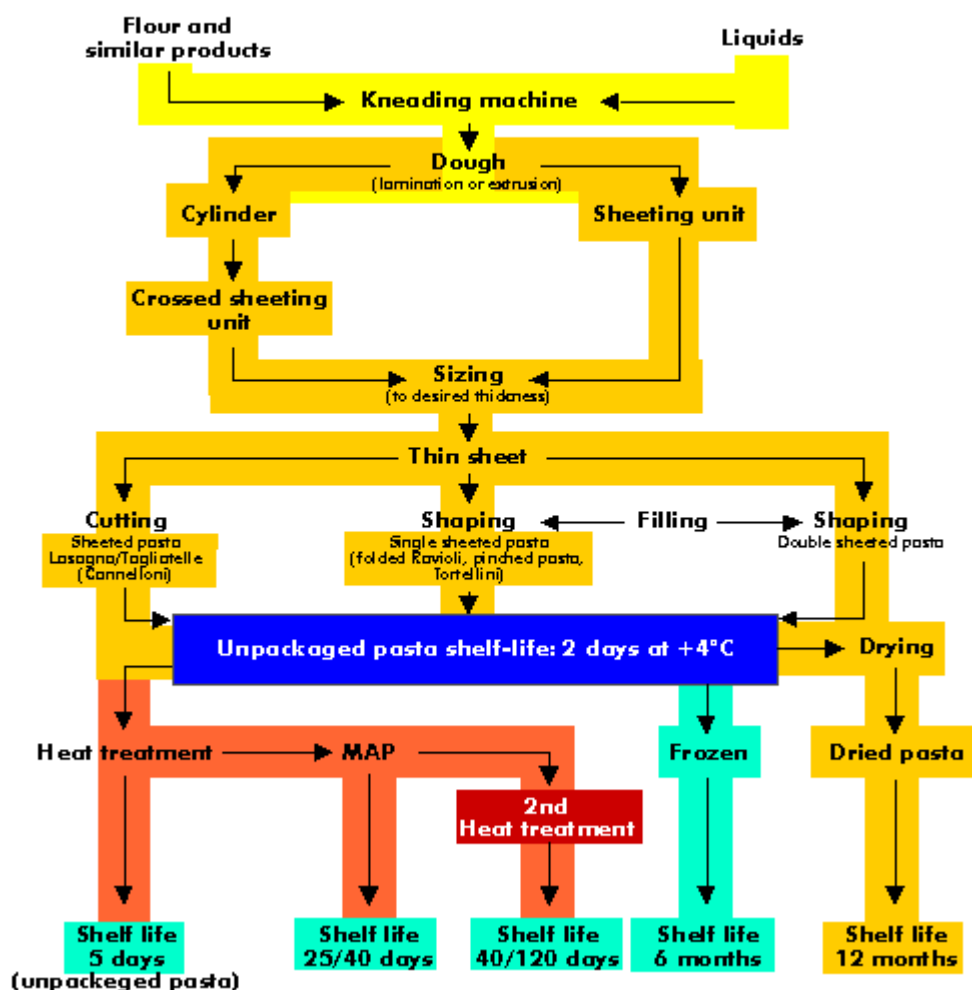
→ Συσκευασία φρέσκων ζυμαρικών

Μεταξύ του σταδίου παραγωγής και του σταδίου συσκευασίας των φρέσκων ζυμαρικών παρεμβάλλεται ένα στάδιο κατά το οποίο τα φρέσκα ζυμαρικά έρχονται σε επαφή με αέρα υψηλής θερμοκρασίας για τόσο χρόνο, ώστε να πραγματοποιηθεί παστερίωσή τους, αλλά να μην χάσουν μεγάλο ποσοστό της υγρασίας τους. Η παστερίωση είναι απαραίτητη –ιδιαίτερα στην περίπτωση που στις πρώτες ύλες συμπεριλαμβάνεται και αβγό– καθώς λόγω του μεγάλου ποσοστού υγρασίας τους, τα φρέσκα ζυμαρικά είναι εξαιρετικά ευαίσθητα σε μικροβιακές και βιολογικές αλλοιώσεις κατά την αποθήκευσή τους. Όμως, η παστερίωση των φρέσκων ζυμαρικών ενδέχεται να προκαλέσει αλλοιώσεις στο τελικό προϊόν, λόγω αλληλεπιδράσεων και μεταβολών που προκαλούνται μεταξύ της γλουτένης και του αμύλου σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι

συγκεκριμένες αλλοιώσεις αφορούν ποιοτικά χαρακτηριστικά και είναι ορατές στο χρώμα, στην ενεργότητα του νερού, στην απορρόφηση νερού κατά το μαγείρεμα και στην ζελατινοποίηση του αμύλου. Με κατάλληλη ρύθμιση των παραμέτρων της παστερίωσης μπορεί να μετριαστεί η επίπτωση στην ποιότητα του τελικού προϊόντος. Όσον αφορά τη συσκευασία, αυτή γίνεται προσεκτικά, ώστε να μην αλλοιωθεί το σχήμα των τελικών προϊόντων, χρησιμοποιώντας χαρτονένιες ή πλαστικές «βάσεις», με σκοπό να προστατεύεται το προϊόν κατά τη μεταφορά του. Ακόμη, λόγω της ευαίσθητης φύσης των φρέσκων ζυμαρικών και λόγω των προβλημάτων που προκαλούνται λόγω επαφής με το οξυγόνο, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι συσκευασίας, όπως υπό κενό ή με τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Στην Εικόνα 31 φαίνεται το διάγραμμα ροής που ακολουθείται για την παραγωγή φρέσκων ζυμαρικών (IPO, Del Nobile M.A., 2009) (Zardetto, 2005).

Τα υλικά συσκευασίας είναι διάφορα, ανάλογα με τις απαιτήσεις των πελατών. Συνήθως χρησιμοποιούνται χαρτονένιες συσκευασίες ή συσκευασίες κατασκευασμένες από πλαστικές μεμβράνες (PET, Kruger J.E., 1996).

FRESH PASTA DIFFERENT PRODUCTION TECHNOLOGIES AND SHELF LIFE



Εικόνα 31: Λιάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας φρέσκων ζυμαρικών (IPO)

2.4 Έλεγχος ποιότητας

2.4.1 Εισαγωγή

Στη σύγχρονη βιομηχανία τροφίμων, ο όρος «ποιότητα» μπορεί να έχει πολλές διαφορετικές έννοιες και παραμέτρους, ανάλογα με τον τομέα στον οποίο αναφέρεται. Ποιότητα είναι η ικανότητα του προϊόντος να ανταποκρίνεται στο σκοπό για τον οποίο προορίζεται. Είναι το σύνολο των ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών του προϊόντος, που εξυπηρετούν καθορισμένες ή υπονοούμενες ανάγκες. Στη βιομηχανία των ζυμαρικών, πριν από 30 χρόνια, με τον όρο «ποιότητα των ζυμαρικών» εννοούνταν τα εμφανισιακά

τους χαρακτηριστικά και η συμπεριφορά τους κατά το βράσιμο. Με βάση τα σημερινά δεδομένα, στην «ποιότητα των ζυμαρικών» περιλαμβάνονται τόσο τα εμφανισιακά χαρακτηριστικά και η συμπεριφορά κατά το βράσιμο, αλλά πλέον εμπεριέχεται και η ασφάλεια του προϊόντος καθώς και η συμφωνία του με τη νομοθεσία. Η ασφάλεια αποτελεί προϋπόθεση για τα τρόφιμα και θεωρείται αδιαπραγμάτευτη. Ορίζεται ως η κατάσταση των τροφίμων η οποία δεν έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του καταναλωτή ή η διασφάλιση των τροφίμων έναντι διαφόρων κινδύνων (μικροβιολογικών, χημικών, φυσικών). Η ασφάλεια και η συμφωνία με τη νομοθεσία δεν αναφέρονται μόνο στο τελικό προϊόν, αλλά αφορά και στην παραγωγική του διαδικασία, από τις πρώτες ύλες μέχρι τη συσκευασία του, καθώς και στο γενικότερο χώρο του εργοστασίου. Με την παγκοσμιοποίηση οι ασθένειες που σχετίζονται με τρόφιμα (προκαλούνται από τα συστατικά τροφίμων ή οφείλονται σε εξωγενείς παράγοντες που αφορούν τα τρόφιμα) έχουν αυξηθεί, καθώς δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που προϊόντα τροφίμων παράγονται σε κάποια χώρα για να εξαχθούν και να καταναλωθούν σε κάποια άλλη. Συνεπώς, τόσο η ποιότητα όσο και η ασφάλεια είναι έννοιες που απαραίτητα πρέπει να συνοδεύουν τα τρόφιμα από τις πρώτες ύλες και την παραγωγή τους μέχρι το πιάτο του καταναλωτή. Για την διασφάλιση της ποιότητας στην βιομηχανία έχουν αναπτυχθεί από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO), Πρότυπα Διασφάλισης Ποιότητας, τα οποία έχουν υιοθετηθεί και από τη βιομηχανία τροφίμων, στην οποία το έργο του ελέγχου ποιότητας διεξάγεται από ειδικό τμήμα, το τμήμα Διασφάλισης Ποιότητας. Συγκεκριμένα, συστήματα διαχείρισης ποιότητας, τα οποία έχουν αποδοχή από τις βιομηχανίες τροφίμων είναι το ISO 9001 (Kill R. C., 2001, Martins E. A., 2008, Τζιά, 2010).

Στην Εικόνα 32 φαίνεται πως η ποιότητα του τελικού προϊόντος επηρεάζεται από κάθε παράγοντα που συμμετέχει στην παραγωγή του. Συνεπώς, σε ποιοτικό έλεγχο δεν πρέπει να υπόκεινται μόνο το τελικό προϊόν, αλλά όλη η παραγωγική διαδικασία. Δηλαδή πρέπει να υπάρχουν επιμέρους έλεγχοι για τις πρώτες ύλες και την κατεργασία τους, για κάθε στάδιο της παραγωγής και φυσικά για το τελικό προϊόν.



Εικόνα 32: Οι παράμετροι που επηρεάζουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος (Kill R. C., 2001)

2.4.2 Παράμετροι ελέγχου

→ Όσον αφορά τις πρώτες ύλες

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, οι βασικές πρώτες ύλες παρασκευής των ζυμαρικών είναι το σιμιγδάλι προερχόμενο από σιτάρι της ποικιλίας *T. Durum* και το νερό. Στην παράγραφο 1.4.2 Αλεύρι – Σιμιγδαλίγινεται αναφορά των κυριότερων ελέγχων που υφίσταται το **σιμιγδάλι** πριν την αποδοχή του ως πρώτη ύλη. Οι έλεγχοι αυτοί εξετάζουν ιδιότητες του σιμιγδαλιού οι οποίες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα των παραγόμενων ζυμαρικών. Οι ιδιότητες αυτές είναι:

– Τέφρα

Το περιεχόμενο τέφρας στο σιμιγδάλι υπολογίζεται εύκολα, ζυγίζοντας το υπόλειμμα μετά από την καύση ζυγισμένης ποσότητας σιμιγδαλιού. Η τέφρα είναι ένας δείκτης του τρόπου άλεσης και της εξαγωγής του σιμιγδαλιού από το σπόρο του σιταριού. Επηρεάζει τόσο το χρώμα όσο και τη γεύση του σιμιγδαλιού –και άρα και των ζυμαρικών. Σιμιγδάλι με μικρό περιεχόμενο τέφρας προέρχεται από το κέντρο του σπόρου και είναι το πρώτο προϊόν κατά την άλεση. Η τιμή της τέφρας για καλής ποιότητας σιμιγδάλι πρέπει να είναι χαμηλότερη από 0.9% (ξ.β.) (σε ξηρή βάση), Kill R. C., 2001, Sissons, 2004).

– Υγρασία

Η περιεχόμενη υγρασία στο σιμιγδάλι είναι εξέχουσας σημασίας, τόσο από μικροβιολογικής άποψης όσο και από τεχνικής. Αν είναι γνωστή η υγρασία του

σιμιγδαλιού μπορεί να βελτιστοποιηθεί η διαδικασία παραγωγής του ζυμαριού, εισάγοντας την κατάλληλη ποσότητα νερού για το σχηματισμό του. Η μέση τιμή υγρασίας του σιταριού είναι περίπου 10%, εξαρτώμενη από το έδαφος καλλιέργειας. Κατά την άλεση, γίνεται προεργασία του σιταριού με νερό, με αποτέλεσμα η μέση υγρασία του παραγόμενου σιμιγδαλιού να κυμαίνεται γύρω στο 14% με 15%. Η μέτρηση της υγρασίας του σιμιγδαλιού γίνεται με ζύγιση προζυγισμένης ποσότητας σιμιγδαλιού μετά την παραμονή της σε φούρνο με αέρα για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και αφού επανέλθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (Kill R. C., 2001).

– Πρωτεϊνικό περιεχόμενο

Το πρωτεϊνικό περιεχόμενο του σιμιγδαλιού είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την ποιότητά του. Γενικά, ισχύει πως όσο μεγαλύτερο το πρωτεϊνικό περιεχόμενο, τόσο πιο δυνατά και ανθεκτικά είναι τα παραγόμενα ζυμαρικά, με καλύτερη υφή μετά το βράσιμο και χωρίς μεγάλη απώλεια μάζας. Οι τιμές πρωτεϊνικού περιεχομένου στο σιμιγδάλι κυμαίνονται συνήθως από 11% (ξ.β.) μέχρι 16% (ξ.β). Η μέτρηση της ιδιότητας αυτής γίνεται μέσω της κλασσικής μεθόδου Kjeldahl ή της μεθόδου Dumas, ενώ έχουν αναπτυχθεί και άλλες ταχύτερες μέθοδοι όπως η NIR (Near Infrared Spectroscopy) (Kill R. C., 2001, Sissons, 2008).

– Ποιότητα περιεχόμενης γλουτένης

Το κύριο μέρος του πρωτεϊνικού περιεχομένου του σιμιγδαλιού είναι η γλουτένη. Η ποιότητα της γλουτένης είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ποιότητα του σιμιγδαλιού και κατ' επέκταση και των παραγόμενων ζυμαρικών. Η ποιότητα της γλουτένης μετράται με βάση το σύστημα FEX (firmness elasticity extensibility), δηλαδή με βάση τη σκληρότητα, την ελαστικότητα και την εκτασιμότητά της. Η μέτρηση των παραμέτρων αυτών γίνεται είτε εμπειρικά από καταρτισμένους ειδικούς, είτε μηχανικά από μηχανήματα όπως το σύστημα Perten Glutomatic το οποίο εξετάζει την καθαυτή γλουτένη, ή ο φαρινογράφος και ο αλβεογράφος τα οποία εξετάζουν την ποιότητα της γλουτένης παράλληλα με την ποιότητα του σιμιγδαλιού (Kill R. C., 2001, Sissons, 2008).

– Χρώμα

Το χρώμα του σιμιγδαλιού είναι μια παράμετρος που επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως η κοκκομετρία, το σχήμα των κόκκων, το περιεχόμενο αλεύρου, το περιεχόμενο σε β-καροτένιο καθώς και η «επιμόλυνση» από πίτουρο. Η μέτρηση του χρώματος μπορεί να γίνει με μεθόδους όπως το σύστημα (L, a, b), ενώ έχουν αναπτυχθεί ειδικές κεφαλές μέτρησης οι οποίες απομονώνουν και εξαιρούν την επίδραση της κοκκομετρίας από το ολικό χρώμα (Kill R. C., 2001).

– Πλήθος στιγμάτων

Τα στίγματα του σιμιγδαλιού είναι ένα σταθερό σημείο συζήτησης μεταξύ του των αλευρόμυλων και των παραγωγών ζυμαρικών. Η ύπαρξή τους επηρεάζεται από την καταγωγή του σιταριού, από τον καθαρισμό του πριν την άλεση και από την ίδια την άλεση. Τα μαύρα στίγματα οφείλονται σε κακή ποιότητα σιταριού και κακή διαλογή των σπόρων, δεν είναι πολλά σε αριθμό, αλλά ξεχωρίζουν τόσο στο σιμιγδάλι όσο και στο ζυμαρικό. Τα καφέ στίγματα προκαλούνται από κακή άλεση και υπεράλεση, είναι περισσότερα σε αριθμό αλλά παράλληλα είναι δυσκολότερο να διακριθούν στο σιμιγδάλι και δίνουν στο τελικό προϊόν μια «γκριζωπή και θαμπή» όψη. Ο προσδιορισμός και των δυο κατηγοριών στιγμάτων μέχρι πρότινος γινόταν οπτικά, με μέτρηση των στιγμάτων σε μια δεδομένη επιφάνεια σιμιγδαλιού. Σήμερα έχουν αναπτυχθεί ειδικές συσκευές οι οποίες σκανάρουν μια επιφάνεια σιμιγδαλιού και με βάση τη σκίαση προσδιορίζεται ο αριθμός των στιγμάτων (Kill R. C., 2001, Sissons, 2004).

– Κοκκομετρία

Και η κοκκομετρία αποτελεί αντικείμενο διαφωνιών μεταξύ αλευρόμυλων και παραγωγών. Η κοκκομετρία του σιμιγδαλιού είναι σημαντικός ποιοτικός παράγοντας για τα ζυμαρικά, καθώς αν δεν είναι ομοιόμορφη, τότε η ενυδάτωση του σιμιγδαλιού δεν γίνεται σωστά και το στάδιο της ανάμιξής του με το νερό γίνεται ιδιαίτερα χρονοβόρο έως ότου επιτευχθεί ζυμάρι. Το αποτέλεσμα από την ελλιπή ανάμιξη είναι η εμφάνιση λευκών κηλίδων (μη ενυδατωμένου σιμιγδαλιού) στο τελικό προϊόν, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την αυξημένη απώλεια αμύλου κατά το βράσιμο. Ο έλεγχος της

κοκκομετρίας γίνεται με πέρασμα του σιμιγδαλιού από σύστημα αποτελούμενο από μηχανοκίνητα κόσκινα δεδομένης διατομής για συγκεκριμένο χρόνο (Kill R. C., 2001).

– α-Αμυλάση

Η α-αμυλάση είναι ένζυμο το οποίο εκλύεται κατά τη βλάστηση των σπόρων του σιταριού και είναι υπεύθυνη για τη διάσπαση του αμύλου σε απλά σάκχαρα για ευκολότερη αφομοίωσή του κατά τη βλάστηση. Η βλάστηση των σπόρων μπορεί να συμβεί αν το σιτάρι παραμείνει αποθηκευμένο για μεγάλο χρονικό διάστημα μέχρι την άλεσή του, αν η αποθήκευση γίνεται σε μέρος με υγρασία ή αν κατά τη συγκομιδή και αποθήκευση υπήρχαν πολλές βροχοπτώσεις. Η βλάστηση δεν είναι άμεσα εμφανής, οπότε υπάρχει πιθανότητα το σιτάρι να αλεστεί, ενώ έχει ξεκινήσει η βλάστησή του. Η χρήση σιμιγδαλιού για παρασκευή ζυμαρικών από σιτάρι που έχει αρχίσει να βλασταίνει έχει μεγάλη επίδραση στο τελικό προϊόν. Η παρουσία σακχάρων από το αποδομημένο άμυλο μπορεί να οδηγήσει σε κολλητικότητα των ζυμαρικών (και πριν το βράσιμο) καθώς και σε προβλήματα κατά την εκβολή τους. Η μέτρηση της ποσότητας και της ενεργότητας της α-αμυλάσης στο σιμιγδάλι γίνεται κυρίως μέσω της συσκευής Hagberg η οποία είναι παγκόσμια αναγνωρισμένη για τα αποτελέσματά της (Kill R. C., 2001, Sissons, 2008).

– Μικροβιολογία και ύπαρξη ρύπων και βιομολυντών

Το σιμιγδάλι το οποίο προορίζεται για την παραγωγή ζυμαρικών δεν υφίσταται καμία θερμική διαδικασία, οπότε η μικροβιολογία του σιταριού μεταφέρεται άμεσα στο τελικό προϊόν. Πριν την άλεση συνήθως απομακρύνεται το μεγαλύτερο μέρος των προσμίξεων μέσω κατάλληλων συσκευών και κατά την άλεση γίνεται ύγρανση του σιταριού με χλωριωμένο νερό, οπότε απομακρύνεται και το μεγαλύτερο μέρος των παθογόνων οργανισμών, αλλά ο κίνδυνος δεν εξαλείφεται. Στις σύγχρονες μεθόδους ξήρανσης, η εφαρμογή αρκετά υψηλών θερμοκρασιών προκαλεί παστερίωση των ξηραϊνόμενων προϊόντων, οπότε οι παθογόνοι οργανισμοί εξαλείφονται, όμως ενέχει ακόμα ο κίνδυνος επιμόλυνσης μέσω των αναδευτήρων και των ζυμωτηρίων και η πρόκληση προβλημάτων που αφορούν την υγιεινή όλου του εργοστασίου. Για την πρόληψη όλων αυτών των σεναρίων συνήθως απαιτείται μικροβιολογικός έλεγχος του σιμιγδαλιού πριν τη χρήση

του στην παρασκευή ζυμαρικών, ο οποίος αφορά την ολική μικροβιακή χλωρίδα, το επίπεδο μουχλών και ζυμών, το επίπεδο κολοβακτηρίων καθώς και ελέγχους για επιμέρους παθογόνους όπως οι *Salmonella spp.* και *Staphylococcus au.*

Εκτός από το μικροβιακό φορτίο, το σιτάρι μπορεί να περιέχει και άλλους ρύπους, οι οποίοι μπορεί να περάσουν στο σιμιγδάλι και να καταλήξουν στα ζυμαρικά. Τέτοιοι ρύποι είναι τα φυτοφάρμακα, οι μυκοτοξίνες και τα βαρέα μέταλλα. Οι μέθοδοι ανάλυσης και προσδιορισμού του επιπέδου των ρύπων αυτών είναι περίπλοκες και ακριβές και συνήθως οι έλεγχοι γίνονται σε εξωτερικά ανεξάρτητα εργαστήρια.

Τέλος, ένα άλλο είδος μόλυνσης που μπορεί να υπάρχει στο σιτάρι και μπορεί να μεταφερθεί στην παραγωγή των ζυμαρικών, είναι η προσβολή του από έντομα και ζώφια. Αν και σε παλαιότερες εποχές θεωρείτο αναπόφευκτη η ύπαρξη ζουφίων, σήμερα είναι ανεπίτρεπτη και ικανή για αισθητική απόρριψη του προϊόντος από τους καταναλωτές.

Τόσο η απομάκρυνση του μικροβιακού φορτίου όσο και η απομάκρυνση των ρύπων και των ζουφίων είναι αρμοδιότητα του αλευρόμυλου και όχι του αποδέκτη του σιμιγδαλιού. Σε κάθε βιομηχανία ζυμαρικών πρέπει να υπάρχει ένας υπεύθυνος ποιότητας ο οποίος να ελέγχει τις πρώτες ύλες, αλλά η βασική πιστοποίηση της ποιότητας του σιμιγδαλιού πρέπει να γίνεται κατά την άλεσή του (Kill R. C., 2001, Trematerra P., 2011, Cheli F., 2014).

Όσον αφορά τον ποιοτικό έλεγχο του νερού, στην παράγραφο 1.4.3 Νερό αναφέρεται ότι το χρησιμοποιούμενο **νερό** πρέπει να πληροί τις προϋποθέσεις του πόσιμου. Αυτό σημαίνει πως πρέπει να γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι της σύστασής του καθώς και του μικροβιολογικού του φορτίου και της περιεκτικότητας σε ρύπους και μολυντές. Δεδομένου ότι το νερό έρχεται σε επαφή με το σιμιγδάλι για περιορισμένο χρονικό διάστημα και στη συνέχεια απομακρύνεται μέσω της ξήρανσης, δίδονται οι απόψεις περί ειδικού και αναλυτικού ποιοτικού ελέγχου. Γενικά υποστηρίζεται η διασφάλιση της ποιότητας του νερού καθώς και ο λεπτομερής σχεδιασμός των σωληνώσεων από τις οποίες μεταφέρεται, ώστε να είναι εύκολα απομονώσιμα τυχόν προβληματικά τμήματα (Kill R. C., 2001).

Για τα υπόλοιπα υλικά που μπορεί να χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγή των ζυμαρικών πρέπει να υπάρχουν οι αντίστοιχοι έλεγχοι για την ποιότητά τους. Ανάλογα με τα υλικά (αβγό, πρόσθετα και άλλα) ο ποιοτικός έλεγχος προσαρμόζεται στις απαιτήσεις.

Γενικά πρέπει να τηρούνται καλές και εχέμυθες σχέσεις μεταξύ των προμηθευτών των πρώτων υλών και των λοιπών υλικών και των παραγωγών των ζυμαρικών, ώστε να τηρούνται οι προδιαγραφές και να διασφαλίζεται η ποιότητα των τελικών προϊόντων.

→ Όσον αφορά την παραγωγική διαδικασία

Το πρώτο σημείο της παραγωγικής διαδικασίας στο οποίο πρέπει να γίνεται έλεγχος, ώστε να διασφαλιστεί η ποιότητα του τελικού προϊόντος, είναι το **στάδιο παραλαβής και αποθήκευσης των πρώτων υλών**. Στις περισσότερες βιομηχανίες το σιμιγδάλι που παραλαμβάνεται τοποθετείται σε δεξαμενές αποθήκευσης (σιλό), οι οποίες χωρητικότητας έως 25 tn. Πριν την αποθήκευσή του, λαμβάνεται δείγμα προς εξέταση των παραγόντων όπως ήδη αναφέρθηκαν. Οι δεξαμενές αποθήκευσης μπορεί να βρίσκονται στο εσωτερικό περιβάλλον της παραγωγής ή σε εξωτερικό χώρο. Ειδικά στη δεύτερη περίπτωση, πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στην κατασκευή της δεξαμενής, καθώς πρέπει να είναι πλήρως αδιάβροχη, να μην επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες και να διατηρεί σε σχετικά σταθερή θερμοκρασία το σιμιγδάλι. Και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να γίνεται έλεγχος της δεξαμενής για ενδείξεις διάβρωσης και φθοράς, να ελέγχονται οι εξωτερικές και εσωτερικές σωληνώσεις και να γίνεται σχολαστική καθαριότητα τόσο της δεξαμενής όσο και των λοιπών τμημάτων της (φίλτρα, σωληνώσεις). Όσον αφορά στο χρησιμοποιούμενο νερό, εάν αυτό παρέχεται από το τοπικό δίκτυο απευθείας, τότε είναι απαραίτητοι μόνο οι γενικοί τακτικοί έλεγχοι της ποιότητάς του. Εάν όμως αποθηκεύεται σε δεξαμενές για μελλοντική χρήση, τότε πρέπει να ελέγχεται η καθαριότητα των δεξαμενών και να γίνεται κατά περιόδους αποστείρωσή τους (Kill R. C., 2001).

Το επόμενο στάδιο στο οποίο απαιτείται έλεγχος για τη διασφάλιση της ποιότητας των ζυμαρικών είναι το **στάδιο ανάμιξης των πρώτων υλών**. Με την έννοια «ανάμιξη των πρώτων υλών» δεν εννοείται μόνο η ανάμιξη του σιμιγδαλιού με το νερό, αλλά εννοείται

και η ανάμιξη διαφορετικών τύπων σιμιγδαλιού προς σχηματισμό της ζητούμενης ποιότητας σιμιγδαλιού. Κατά την ανάμιξη τύπων σιμιγδαλιού θα πρέπει να γίνονται άμεσοι έλεγχοι του νέου τύπου που παράγεται, ώστε να προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά του και να κρίνεται η αποτελεσματικότητα της ανάμιξης. Η μεταφορά του σιμιγδαλιού στο χώρο ανάμιξης γίνεται συνήθως μέσω αεροσήραγγας και του νερού μέσω σωλήνα, οπότε θα πρέπει να ελέγχεται και η καθαριότητα των μέσων μεταφοράς. Τα μέσα μεταφοράς (αεροσήραγγα, σωληνώσεις) συνήθως διαθέτουν ροόμετρα τα οποία μετρούν την ποσότητα της πρώτης ύλης που διατίθεται, ή πριν τη μεταφορά γίνεται προζύγιση της απαιτούμενης ποσότητας. Επίσης, σε πολλές περιπτώσεις αμέσως μετά το ροόμετρο -πριν την τοποθέτηση του σιμιγδαλιού στον κάδο ανάμιξης- υπάρχει κόσκινο, ώστε να κατακρατούνται τυχόν ανομοιόμορφοι κόκκοι, όπως και σειρά μαγνητών για κατακράτηση τυχόν μεταλλικών προσμίξεων. Καθήκον του υπεύθυνου ποιότητας είναι ο έλεγχος για τη σωστή λειτουργία των χρησιμοποιούμενων μετρητικών συστημάτων και για τη βαθμονόμησή τους. Η ανάμιξη του σιμιγδαλιού με το νερό συνήθως γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο το οποίο είναι βραχύ (διάρκειας περίπου 2min) γίνεται ανάμιξη του σιμιγδαλιού από ταχείας λειτουργίας αναμίκτη, ώστε να διαχωριστούν τυχόν συσσωματώματα και να γίνει πλήρης επικάλυψη κάθε κόκκου με νερό. Στο επόμενο στάδιο (διάρκειας περίπου 20min) γίνεται ανάμιξη των θρυμμάτων που σχηματίζονται, ώστε να γίνει πλήρης απορρόφηση του νερού. Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του ζυμαριού και που πρέπει να ελέγχονται κατά το στάδιο της ανάμιξης είναι η θερμοκρασία του σιμιγδαλιού πριν την ανάμιξη, το περιεχόμενο υγρασίας του, η θερμοκρασία του νερού πριν την ανάμιξη, και η υγρασία και η θερμοκρασία του μίγματος. Επίσης, πρέπει να γίνεται έλεγχος για τη σωστή λειτουργία των αναμκτών και τη συντήρησή τους. Το στάδιο της ανάμιξης είναι ίσως το μόνο κατά την παραγωγή των ζυμαρικών στο οποίο υπάρχει κίνδυνος μικροβιακής ανάπτυξης, καθώς υπό την ύπαρξη νερού και σχετικά υψηλής θερμοκρασίας (το νερό προστίθεται σε θερμοκρασία περίπου 50°C) υπάρχει πιθανότητα ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών που προϋπάρχουν στο σιμιγδάλι. Η πιθανότητα αυτή μπορεί να μειωθεί με κατάλληλο σχεδιασμό του αναμίκτη, με κατάλληλο σύστημα εξαερισμού καθώς και με επαρκείς συνθήκες καθαριότητας. Επίσης, κατά το στάδιο της ανάμιξης (δεδομένης της ύπαρξης νερού και της υψηλής θερμοκρασίας) ξεκινούν οι ενζυμικές αντιδράσεις μεταβολής του χρώματος

του σιμιγδαλιού και άρα η ποιοτική υποβάθμιση του τελικού προϊόντος. Οι αντιδράσεις αυτές, καθώς και η μικροβιακή ανάπτυξη, εξαρτώνται άμεσα από το χρόνο, οπότε καθήκον του υπεύθυνου ποιότητας είναι η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη επιτάχυνση του σταδίου ανάμιξης με το μικρότερο δυνατό ποιοτικό κόστος (Kill R. C., 2001, Kruger J.E., 1996).

Το επόμενο κατά σειρά στάδιο είναι το **στάδιο σχηματισμού του ζυμαριού και της εκβολής του**. Στη συνεχή παραγωγή ζυμαρικών, το μίγμα, μετά την ολοκλήρωση της ανάμιξης, μεταφέρεται στον κοχλία όπου γίνεται αρχικά η ζύμωση και στη συνέχεια η εκβολή. Στην παραγωγή κατά παρτίδες το μίγμα μπορεί να μην ζυμωθεί αμέσως, αλλά να χρειαστεί να παραμείνει για κάποιο χρονικό διάστημα μεταξύ των δύο σταδίων. Τόσο η μεταφορά του μίγματος από τον αναμίκτη στον κοχλία, όσο και η παραμονή του μίγματος μέχρι την ζύμωση, ενέχει κινδύνους πιθανής ποιοτικής υποβάθμισης του τελικού προϊόντος, καθώς αν στον κοχλία μεταφερθεί και αέρας ή αν κατά την παραμονή του το μίγμα έρθει σε επαφή με τον αέρα, τότε οι αντιδράσεις υποβάθμισης και η μικροβιακή ανάπτυξη εξελίσσονται. Επίσης, αν υπάρχουν φυσαλίδες αέρα κατά την εκβολή, μπορεί να προκληθούν διάφορα προβλήματα άμεσα ορατά ή μελλοντικά ορατά στον καταναλωτή. Στα πλαίσια των καθηκόντων του υπεύθυνου ποιότητας είναι και η γρήγορη και χωρίς επαφή με τον αέρα μεταφορά του μίγματος στον κοχλία εκβολής. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με εφαρμογή κενού κατά τη μεταφορά. Άπαξ και το μίγμα μεταφερθεί στον κύλινδρο του κοχλία, τότε ξεκινά η συμπίεσή του μέχρι την εκβολή. Η συμπίεση αυτή μετατρέπει το μίγμα σε ζυμάρι, όπως έχει περιγραφεί και στην παράγραφο 2.1.4 Συνεχής παραγωγή, μετά το σχηματισμό του, το ζυμάρι οδηγείται στην κεφαλή εκβολής όπου σχηματοποιούνται τα ζυμαρικά στο επιθυμητό σχήμα και κόβονται στο επιθυμητό μέγεθος μέσω του προσαρτημένου μηχανισμού κοπής. Κατά το στάδιο ζύμωσης και εκβολής, οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τη διαδικασία –και άρα και το τελικό προϊόν– είναι η υγρασία του μίγματος, το επίπεδο του κενού που πιθανώς εφαρμόζεται, η πίεση στην κεφαλή, η θερμοκρασία στην κεφαλή εκβολής, η ταχύτητα του μηχανήματος κοπής, η θερμοκρασία του νερού ψύξης –αν υπάρχει εγκατάσταση– και τέλος το μήκος του εκβολέα. Όλοι αυτοί οι παράγοντες πλέον ελέγχονται αυτόματα, και μέσω κατάλληλων συστημάτων σημαίνεται αμέσως συναγερμός σε περίπτωση μεταβολής των προβλεπόμενων τιμών. Σε κάποιες

περιπτώσεις το στάδιο της ζύμωσης ελέγχεται μέσω της ρεολογίας του σχηματιζόμενου ζυμαριού. Ο υπεύθυνος ποιοτικού ελέγχου είναι επιφορτισμένος και με τον έλεγχο των προϊόντων εκβολής, όσον αφορά στην εμφάνισή τους και τα τυχόν ελαττώματα. Επίσης στα πλαίσια του ποιοτικού ελέγχου ανήκει και η μικροβιολογική ανάλυση δειγμάτων εκβολής, αν και δεν θεωρείται απολύτως απαραίτητη, ώστε να διακοπεί η παραγωγή σε περίπτωση επικίνδυνων αποτελεσμάτων (Kill R. C., 2001, Hahn, 1989, Kruger J.E., 1996).

Μετά το στάδιο της εκβολής ακολουθεί το **στάδιο της ξήρανσης**. Στα πλαίσια του ποιοτικού ελέγχου είναι ο καθορισμός του τρόπου και των συνθηκών ξήρανσης, ούτως ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή ποιότητα τελικού προϊόντος, δεδομένης της ποιότητας των πρώτων υλών. Πέραν της ποιότητας, το στάδιο της ξήρανσης επηρεάζει και την ασφάλεια των παραγόμενων προϊόντων, καθώς πρέπει να τα καταστήσει μικροβιολογικά σταθερά. Ο παράγοντας ο οποίος καθορίζει την ασφάλεια του τελικού προϊόντος είναι η το επίπεδο υγρασίας του ζυμαρικού μετά την ξήρανση, το οποίο δεν πρέπει να επιτρέπει τη μικροβιολογική ανάπτυξη. Η τιμή του ελάχιστου ποσοστού υγρασίας για μικροβιολογική ανάπτυξη έχει υπολογιστεί ίση με 12,6% και για το λόγο αυτό το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό υγρασίας στα ζυμαρικά μετά το στάδιο της ξήρανσης ορίζεται στο 12,5%. Καθήκον του υπεύθυνου ποιοτικού ελέγχου είναι, εκτός από το σχεδιασμό της διεργασίας, ο έλεγχος κάθε τμήματός της και η παροχή αξιόπιστων πληροφοριών για κάθε τμήμα της διεργασίας προς αντιμετώπιση τυχόν προβλημάτων. (Kill R. C., 2001, Kruger J.E., 1996).

Τέλος, ακολουθεί το **στάδιο της αποθήκευσης των ζυμαρικών**. Το στάδιο αυτό δεν είναι λιγότερο σημαντικό από τα προηγούμενα, καθώς εδώ πρέπει να διατηρηθεί η ποιότητα που επετεύχθη στα προηγούμενα στάδια. Η αποθήκευση των ζυμαρικών πρέπει να γίνεται σε ελεγχόμενο περιβάλλον και με τρόπο τέτοιο ώστε να μην υπάρχει πιθανότητα πρόκλησης ποιοτικών υποβαθμίσεων. Οι χώροι αποθήκευσης των μικρού μεγέθους ζυμαρικών είναι συνήθως σιλό, ενώ τα μεγάλου μήκους ζυμαρικά αποθηκεύονται με τέτοιο, τρόπο ώστε να είναι εύκολος ο χειρισμός τους και να μην προκαλούνται ποιοτικά προβλήματα. Κάθε είδος ζυμαρικού (αναφορικά με το μέγεθος και το σχήμα) πρέπει να αποθηκεύεται σε χωριστό χώρο, για να μην γίνεται ανάμιξη

διαφορετικών τύπων. Για τη διασφάλιση της ποιότητας πρέπει οι χώροι αποθήκευσης να καθαρίζονται τακτικά και να γίνεται έλεγχος για πιθανή μόλυνσή τους η οποία μπορεί να μεταδοθεί στα ζυμαρικά. Επίσης, τα ζυμαρικά πρέπει να είναι τοποθετημένα με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην προκαλούνται μηχανικές καταπονήσεις τους (Kill R. C., 2001).

→ Όσον αφορά το τελικό προϊόν

Αν έχει γίνει σωστά ο ποιοτικός έλεγχος κατά την παραλαβή των πρώτων υλών και σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας και αν υπάρχει άριστη συνεργασία μεταξύ του υπεύθυνου ποιότητας και του προσωπικού που απασχολείται στην παραγωγή, θεωρητικά δεν υπάρχει ανάγκη για ποιοτικό έλεγχο του τελικού προϊόντος. Όμως, ακόμη και στις μεγαλύτερες βιομηχανίες, για την διασφάλιση του μέγιστου βαθμού ασφάλειας του προϊόντος και της άριστης ποιότητάς του, γίνονται επιπλέον έλεγχοι και στο τελικό προϊόν. Τα αποτελέσματα των ελέγχων στα προηγούμενα στάδια πρέπει να φυλάσσονται και να αρχειοθετούνται, ούτως ώστε να είναι δυνατή η ιχνηλασιμότητα - προσδιορισμός της συγκεκριμένης παρτίδας ή τύπου ζυμαρικών η οποία εμφάνισε πρόβλημα στο τελικό προϊόν.

Οι έλεγχοι που γίνονται στο τελικό προϊόν αφορούν τόσο την ποιότητά του, όσο και την ασφάλειά του για τον τελικό καταναλωτή. Ακόμη, είναι καθήκον του υπεύθυνου ποιότητας να ελέγχει την ποιότητα τόσο του τελικού προϊόντος πριν το βράσιμο όσο και μετά, ώστε να επιβεβαιώνονται τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά που αφορούν την προετοιμασία από τον καταναλωτή (το μαγείρεμα). Στην Εικόνα 33: Παράγοντες που επηρεάζουν χαρακτηριστικά και ελαττώματα των ζυμαρικών (Kruger J.E., 1996) φαίνονται ορισμένοι από τους παράγοντες που επηρεάζουν την εικόνα/εμφάνιση των ζυμαρικών πριν και μετά το βράσιμο. Οι ποιοτικοί έλεγχοι οι οποίοι διεξάγονται είναι οι ακόλουθοι:

- Έλεγχος χρώματος
- Έλεγχος μεγέθους και μήκους
- Έλεγχος στομίου εκβολής
- Έλεγχος για ραγίσματα (απόρροια της διαδικασίας ξήρανσης) ή σπασίματα (ως αποτέλεσμα κακών χειρισμών κατά την αποθήκευση)

- Οπτικός έλεγχος για άλλα ελαττώματα (λανθασμένο σχήμα, ανομοιομορφία σχήματος)
- Οπτικός έλεγχος βρασμένου προϊόντος (αναφορά σε χρώμα, σχήμα, υφή)
- Έλεγχος αποδέσμευσης αμύλου κατά τη διάρκεια του βρασμού
- Οργανοληπτικός έλεγχος βρασμένου προϊόντος.

Οι έλεγχοι που αφορούν την ασφάλεια του τελικού προϊόντος είναι οι ακόλουθοι:

- Έλεγχος περιεχομένου υγρασίας
- Μικροβιολογικός έλεγχος (αφορά και έλεγχο για παρουσία σαλμονέλας αν στις πρώτες ύλες περιλαμβάνεται και αβγό)
- Έλεγχος για ύπαρξη μολυντών
- Έλεγχος για διασφάλιση χρήσης σιμιγδαλιού μόνο τύπου durum (σε περίπτωση που οι πρώτες ύλες των ζυμαρικών διατείνονται να είναι σιμιγδάλι τύπου durum και νερό).

Quality Factor	Attribute or Defect	Origin of Defect or Attribute			
		Raw Material	Milling	Pasta Processing	Cooking
Pasta appearance: Checking	Defect	Severe sprout; low protein		Poor drying	
White spots	Defect	Yellow berry; common wheat adulteration		Inadequate hydration and mixing	
Brown specks	Defect	Damaged kernels	Poor cleaning; improper tempering; poor purification		
Black specks	Defect	Discolored kernels (smudge); ergot			
Smooth surface	Attribute			Teflon die	
Yellow color	Attribute	High pigment; low lipoxigenase	Elimination of germ	Mixing and extrusion under vacuum; high T at beginning of drying; addition of eggs	
Brown hue	Defect	High PPO activity	High extraction rate	Prolonged high T during drying	
Pasta cooking performance: Firmness, resistance to disintegration, lack of stickiness, low loss of solids	Attribute	High protein (vitreous grain); strong gluten (gamma-45 gliadin)	Inclusion of peripheral part of endosperm in semolina	Moderate mechanical processing; high temperature drying	Optimal cooking time; soft cooking water

Εικόνα 33: Παράγοντες που επηρεάζουν χαρακτηριστικά και ελαττώματα των ζυμαρικών (Kruger J.E., 1996)

(Kill R. C., 2001, Kruger J.E., 1996).

Στις σύγχρονες βιομηχανίες οι περισσότεροι έλεγχοι διεξάγονται αυτοματοποιημένα από κατάλληλα συστήματα τα οποία αποκρίνονται άμεσα σε περίπτωση εντοπισμού κάποιας

απόκλισης από τις καθορισμένες προδιαγραφές. Μία νέα μέθοδος η οποία έχει αναπτυχθεί αρκετά, σχεδόν σε βαθμό εφαρμογής της σε βιομηχανικό επίπεδο, είναι η οπτική παρατήρηση των διαφόρων σταδίων παραγωγής, μέσω κατάλληλων καμερών και αισθητήρων και η εξαγωγή των απαραίτητων ιδιοτήτων και συμπερασμάτων μέσω κατάλληλα σχεδιασμένου λογισμικού. Ο τρόπος αυτός ελέγχου είναι γρήγορος και αποτελεσματικός, καταργεί τους «παλιούς» αισθητήρες, διευκολύνει κατά πολύ το σύστημα παρακολούθησης της διεργασίας και δεν επιβαρύνει οικονομικά τη βιομηχανία (Groß Frauke, 2011, Mokhtar A., 2011, Fongaro L., 2013).

2.4.3 HACCP

Ένα σύστημα για την ασφάλεια και υγιεινή των τροφίμων γενικής αποδοχής, που εστιάζει σε όλες τις φάσεις επεξεργασίας των προϊόντων είναι το HACCP (Ανάλυση Επικινδυνότητας στα Κρίσιμα Σημεία Ελέγχου - *Hazard Analysis of Critical Control Points*). Το σύστημα HACCP εφαρμόζεται υποχρεωτικά στις βιομηχανίες τροφίμων και υπάρχει πρότυπο το ISO 29000 το οποίο μπορεί να συνδυαστεί με ένα πρότυπο σύστημα ποιότητας όπως το ISO 9001, παρέχοντας ένα ολοκληρωμένο σύστημα για ποιότητα και ασφάλεια των τροφίμων.



Εικόνα 34: Ολοκληρωμένο σύστημα ποιοτικού ελέγχου (Wallace C., 2001)

Το σύστημα HACCP πρωτοεφαρμόστηκε στη βιομηχανία Pillsbury τη δεκαετία του 1960, μετά από συνεργασία με τη NASA. Το HACCP επικεντρώνεται στα κρίσιμα σημεία ελέγχου (CCPs: *critical control points*) που είναι τα πιο σημαντικά στη ροή της παραγωγής του τροφίμου και προσεγγίζει συστηματικά με τον καλύτερο δυνατό τρόπο την ασφάλεια του τροφίμου, ελέγχοντας τα σημεία αυτά. Το σύστημα HACCP διέπεται

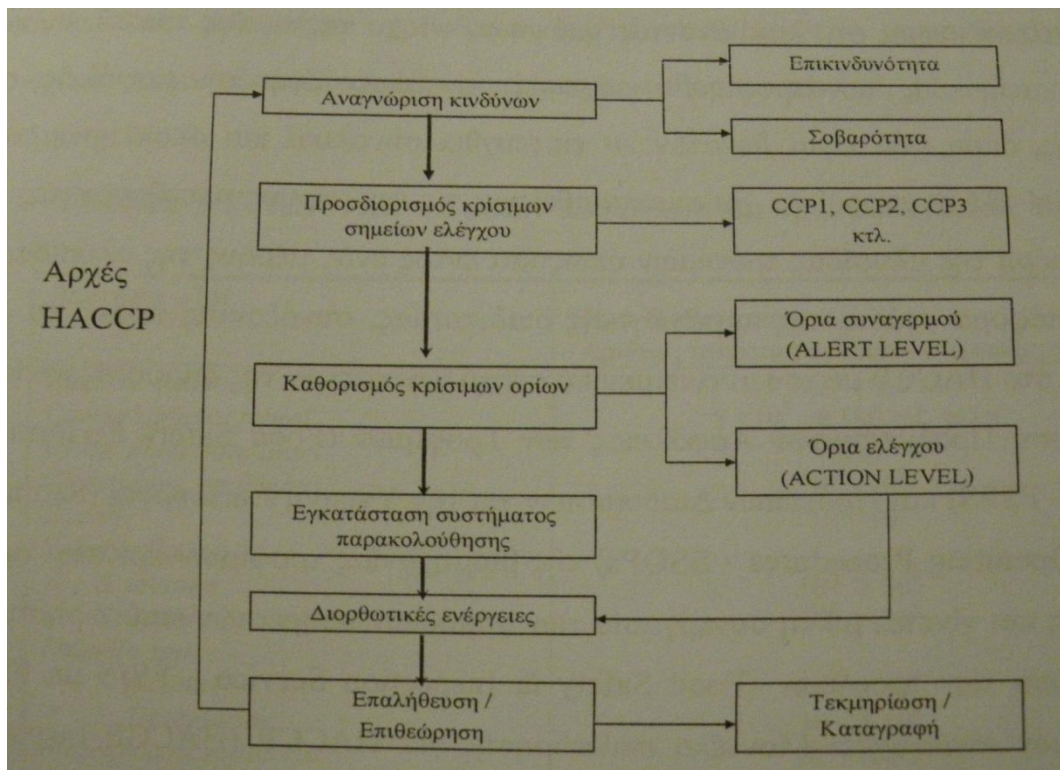
από ορισμένες αρχές, οι οποίες πρέπει να εφαρμόζονται προσεκτικά σε κάθε επιμέρους διεργασία, ώστε να έχει επιτυχή εφαρμογή το σύστημα, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 35. Οι αρχές αυτές είναι οι ακόλουθες:

1. Αναγνώριση των κινδύνων (επικινδυνότητα και σοβαρότητα) και καθορισμός προληπτικών μέτρων
2. Καθορισμός των κρίσιμων σημείων ελέγχου (CCPs)
3. Καθορισμός των κρίσιμων ορίων (CLs) για τα CCPs
4. Παρακολούθηση των CCPs και των αντίστοιχων CLs
5. Υλοποίηση διορθωτικών ενεργειών σε περίπτωση απόκλισης από τα κρίσιμα όρια
6. Αρχαιοθέτηση και καταγραφή του σχεδίου HACCP
7. Επαλήθευση του σχεδίου HACCP

(Τζιά, 2010, Quinn B.P., 2002)

Όσον αφορά στα εργοστάσια παραγωγής ζυμαρικών, τα κρίσιμα σημεία ελέγχου προσδιορίζονται ξεκινώντας από το στάδιο της παραλαβή των πρώτων υλών από τους προμηθευτές, το οποίο αποτελεί CCP. Πρέπει να έχουν τεθεί προδιαγραφές οι οποίες να τηρούνται. Οι προδιαγραφές αυτές αναφέρονται μόνο στο σιμιγδάλι ή το αλεύρι καθ' αυτό, αλλά να συνοδεύονται και από οδηγίες για τις συνθήκες μεταφοράς των πρώτων υλών από το μύλο στο εργοστάσιο ζυμαρικών. Κατά την αποθήκευση των πρώτων υλών θα πρέπει να τηρούνται τα μέτρα υγιεινής και GMP που αφορούν τις συνθήκες αποθήκευσης και τη συναποθήκευση. Κατά το στάδιο της ανάμιξης των πρώτων υλών και κατά τη σχηματοποίηση των ζυμαρικών δεν εντοπίζεται άλλο CCP. Στα στάδια αυτά θεωρείται ότι πρέπει να διέπονται από Ορθές Βιομηχανικές Πρακτικές (GMPs). Το επόμενο CCP αποτελεί το στάδιο της ξήρανσης, καθώς είναι η μόνη θερμική κατεργασία που υφίστανται τα ζυμαρικά πριν τη συσκευασία, την αποθήκευση και τη διανομή τους. Στο στάδιο της ξήρανσης, με την παραμονή των ζυμαρικών σε χώρο υψηλής θερμοκρασίας, όχι μόνο απομακρύνεται το νερό από τον όγκο τους, αλλά μειώνεται και σε κάποιο βαθμό το μικροβιακό τους φορτίο. Κρίσιμοι παράγοντες ελέγχου αποτελούν τόσο η θερμοκρασία του παρεχόμενου αέρα, η ποιότητα του αέρα όσο και η ταχύτητά του, η ανανέωσή του κ.α. Στην περίπτωση παραγωγής φρέσκων ζυμαρικών CCP αποτελεί η πολύ σύντομου χρονικού διαστήματος θερμική κατεργασία, η οποία

εφαρμόζεται ως παστερίωση. Μετά το στάδιο της ξήρανσης (ή της παστερίωσης για τα φρέσκα ζυμαρικά) ακολουθεί η συσκευασία των ζυμαρικών, η οποία σίγουρα πρέπει να διέπεται από GMPs, αλλά δεν είναι σαφές αν πρόκειται για CCP ή όχι, καθώς η απώλεια ελέγχου κατά τη συσκευασία μπορεί να υποβαθμίσει την ποιότητα του τελικού προϊόντος, ενώ εναλλακτικά θεωρείται πως το στάδιο της ξήρανσης αποτελεί επίσης CCP. (Kill, 2001, Τζιά 2010).



Εικόνα 35: Εφαρμογή των αρχών HACCP (Τζιά, 2010)

Κεφάλαιο 3: Εμπλουτισμός ζυμαρικών με διαιτητικές ίνες

3.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 1.3 Διατροφική αξία, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται τάση ενίσχυσης της διατροφικής αξίας των ζυμαρικών, με προσθήκη συμπυκνωμάτων θρεπτικών συστατικών. Η δράση αυτή καλείται «εμπλουτισμός» και τα ζυμαρικά ενισχυμένης διατροφικής αξίας περιγράφονται με τον όρο «εμπλουτισμένα». Ο

εμπλουτισμός των ζυμαρικών γίνεται είτε με προσθήκη συστατικών που βρίσκονται σε ίχνη στην αυθεντική συνταγή των ζυμαρικών, είτε με συστατικά που λαμβάνονται σε μικρές ποσότητες από την καθημερινή διατροφή. Τα συστατικά με τα οποία εμπλουτίζονται τα ζυμαρικά είναι κατά κύριο λόγο πρωτεΐνες, αμινοξέα, βιταμίνες, μέταλλα, ιχνοστοιχεία, διαιτητικές –ή φυτικές– ίνες, και αντιοξειδωτικές ουσίες. Στόχος του εμπλουτισμού είναι η αύξηση της θρεπτικής αξίας των ζυμαρικών, καθιστώντας τα σημαντικό μέρος μιας ισορροπημένης διατροφής. Δεν πρέπει να συγχέεται ο εμπλουτισμός των ζυμαρικών με την προσθήκη χρώματος ή/και αρώματος στη βασική συνταγή τους, καθώς το χρώμα ή το άρωμα που προστίθεται δεν ενισχύει τη διατροφική αξία του τελικού προϊόντος, ή τουλάχιστον σε μη αξιόλογο βαθμό.

Λόγω της χαμηλής κατανάλωσης διαιτητικών ινών στις ανεπτυγμένες χώρες, δημιουργήθηκε η ανάγκη εμπλουτισμού με διαιτητικές ίνες διαφόρων τροφίμων τα οποία θα έπρεπε να διαθέτουν ευχάριστη γεύση και να έχουν ευρεία κατανάλωση. Τα αρτοσκευάσματα, λόγω της φύσης τους και της οργανοληπτικής τους συμβατότητας με τις ίνες, αποτελούν ιδανικά οχήματα/φορείς διαιτητικών ινών (Kill R. C. 2001, Hummel 1966, Λεμπέση 2012).

3.2 Διαιτητικές Ίνες

3.2.1 Ιστορικά στοιχεία – Ορισμός

Ο όρος «διαιτητικές ίνες» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1953 από τον Hispley, για να περιγράψει τα συστατικά των φυτικών κυτταρικών τοιχωμάτων, τα οποία, όπως υποστήριξε, παρέχουν προστασία από την τοξιναιμία της κήσης. Ωστόσο, η υπόθεση των διαιτητικών ινών θεμελιώθηκε τη δεκαετία του 1970 με ιατρικές μελέτες που αφορούσαν τη σχέση μεταξύ διατροφής (και ιδίως του ρόλου των πολυσακχαριτών στη διαίτα) και συχνότητας εμφάνισης ορισμένων χρόνιων ασθενειών και συνοπτικά διατυπώνεται ως εξής:

“Δίαιτες οι οποίες είναι πλούσιες σε τρόφιμα που περιέχουν φυτικά κυτταρικά τοιχώματα σε σχετικά φυσική κατάσταση, προστατεύουν από μία σειρά ασθενειών που κυριαρχούν στις εύρωστες δυτικές χώρες, όπως είναι ο διαβήτης, η στεφανιαία νόσος, η παχυσαρκία, η νόσος της χοληδόχου κύστης, η εκκολπωμάτωση και ο καρκίνος του παχέος εντέρου.”

Η υπόθεση αναφέρεται ουσιαστικά στην προστατευτική επίδραση μίας διατροφής πλούσιας σε φυτικά τρόφιμα και συγκεκριμένα σε συστατικά που περιέχονται στα κυτταρικά τοιχώματα των φυτών. Έκτοτε, αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο ότι με την κατανάλωση φυτικών τροφίμων (φρούτων, λαχανικών, σιτηρών) προσλαμβάνονται συστατικά με σημαντική βιολογική λειτουργία (διαιτητικές ίνες). Σήμερα, η έκδοση συνιστώμενων ημερήσιων ποσοτήτων λήψης διαιτητικών ινών από τους αρμόδιους οργανισμούς και οι αλλαγές στις διατροφικές συνήθειες των λαών, εντείνουν την προσπάθεια εμπλουτισμού των τροφίμων με συστατικά υψηλής περιεκτικότητας σε ίνες. Επίσης, η κατανόηση της τεχνολογικής λειτουργικότητας κατά τη χρήση των ινών, συνέβαλε στη βελτίωση της οργανοληπτικής ποιότητας των εμπλουτισμένων με διαιτητικές ίνες τροφίμων, και επομένως στην αύξηση της κατανάλωσής τους.

Έχουν διατυπωθεί διάφοροι ορισμοί για τις διαιτητικές ίνες, βασιζόμενοι σε διαφορετικές προσεγγίσεις. Ο ορισμός με βάση τη «βοτανική» προσέγγιση, αναφέρει τις διαιτητικές ίνες ως συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων των φυτών, ο ορισμός με βάση τη «χημική» προσέγγιση αναφέρει τις διαιτητικές ίνες ως μη αμυλούχους πολυσακχαρίτες, και τέλος ο ορισμός με βάση τη «φυσιολογική» προσέγγιση αναφέρει τις διαιτητικές ίνες ως πολυσακχαρίτες, ολιγοσακχαρίτες και άλλες σχετικές ουσίες των κυτταρικών τοιχωμάτων που παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στην πέψη στον ανώτερο γαστρεντερικό σωλήνα. Με τον όρο διαιτητικές ίνες περιλήφθηκαν όλες οι ουσίες με κοινό χαρακτηριστικό τη μη αφομοιωσιμότητά τους από τα πεπτικά ένζυμα του ανθρώπου. Ο πρώτος, επίσημος, ορισμός που διατυπώθηκε από τον Trowell το 1976 ήταν ο εξής: *«Οι διαιτητικές ίνες αποτελούνται από υπολείμματα (remnants) των φυτικών κυττάρων που δεν υδρολύονται (αφομοιώνονται) από τα πεπτικά ένζυμα του ανθρώπου»*. Ως κύρια συστατικά των διαιτητικών ινών ορίστηκαν οι ημικυτταρίνες, η κυτταρίνη, η λιγνίνη, οι ολιγοσακχαρίτες, οι πηκτίνες και τα κόμμεα. Ο νεότερος ορισμός του όρου, όπως ορίστηκε από την επιτροπή του Codex Alimentarius το 2009 και ισχύει μέχρι και σήμερα, περιλαμβάνει στοιχεία όλων των προγενέστερων ορισμών, και περιγράφει τις διαιτητικές ίνες ως ακολούθως:

«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, ή 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».

*όταν η πηγή προέλευσης είναι φυτική, οι διαιτητικές ίνες μπορεί να περιλαμβάνουν κλάσματα λιγνίνης και/ή άλλες ενώσεις που συνδέονται με τους πολυσακχαρίτες στα κυτταρικά τοιχώματα των φυτών. Οι ουσίες αυτές (κλάσματα λιγνίνης, φαινολικές ενώσεις, κηροί, άλατα φυτικού οξέος, σαπωνίνες, κουτίνη, φυτοστερόλες, κτλ.), όταν είναι ισχυρά συνδεδεμένες με υδατανθρακικά πολυμερή φυτικής προέλευσης, εκχυλίζονται κατά την ανάλυση των διαιτητικών ινών με τα υδατανθρακικά πολυμερή και συγκαταλέγονται στις διαιτητικές ίνες. Ωστόσο, όταν οι συνδεδεμένες αυτές ουσίες απομονώνονται από τα υδατανθρακικά πολυμερή και προστίθενται σε ένα τρόφιμο, δεν θα πρέπει να θεωρούνται ως διαιτητικές ίνες, γιατί μόνο όταν αυτές συνδυάζονται με τους πολυσακχαρίτες μπορεί να παρέχουν επιπρόσθετα φυσιολογικά οφέλη.

**η απόφαση για το αν θα περιλαμβάνονται υδατάνθρακες με 3 έως 9 μονομερή επαφίεται στη διακριτική ευχέρεια των εθνικών αρχών.

(Λεμπέση 2012, Southgate David A. T. 1978, Englyst H. N. 1986, Guillon 2000, DeVries 2003).

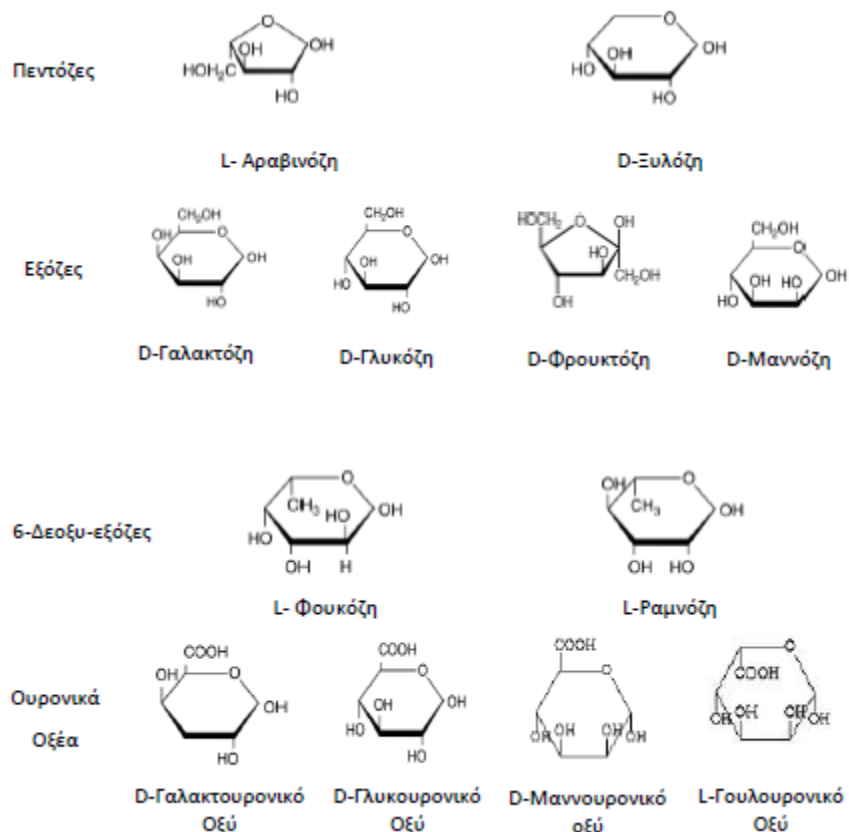
3.2.2 Χημική σύσταση διαιτητικών ινών

Σύμφωνα με τον ορισμό, οι διαιτητικές ίνες είναι είτε εδώδιμα μέρη των φυτών (ομοπολυσακχαρίτες, ετεροπολυσακχαρίτες, ολιγοσακχαρίτες, λιγνίνη) είτε ανάλογοι υδατάνθρακες (ανθεκτικό άμυλο, τροποποιημένοι φυσικοί πολυσακχαρίτες, συνθετικά πολυμερή κτλ.). Τα υδατανθρακικά πολυμερή που αποτελούν τις διαιτητικές ίνες αποτελούνται κυρίως από 12 μονομερή (μονοσακχαρίτες και ουρονικά οξέα). Τα μονομερή αυτά απαρτίζουν κυρίως τους πολυσακχαρίτες των κυτταρικών τοιχωμάτων, με εξαίρεση τη φρουκτόζη που αποτελεί το δομικό συστατικό μόνο των φρουκτανών (ινουλίνης) και της ολιγοφρουκτόζης, και τα ουρονικά οξέα: μανουρονικό οξύ και

γουλουρονικό οξύ, τα οποία συναντώνται μόνο σε εκχυλίσματα φυκών (αλγίνη). Στον Πίνακα 1 φαίνονται οι δομικές ομάδες (μονομερή και πολυμερή) των διαιτητικών ινών και στην Εικόνα 36 φαίνεται η χημική δομή των μονομερών των διαιτητικών ινών.

Πίνακας 1: Δομικές μονάδες διαιτητικών ινών (Λεμπέση 2012)

Μονομερή	Πολυμερή	
	Ολιγοσακχαρίτες	Πολυσακχαρίτες
Αραβινόζη	Φρουκτο- ολιγοσακχαρίτες	Κυτταρίνη
Ξυλόζη		Ξυλογλυκάνες
Γαλακτόζη	Γαλακτο- ολιγοσακχαρίτες	(Γλυκουρονο)-Αραβινοξυλάνες
Γλυκόζη		Γλυκομαννάνες
Φρουκτόζη		Γαλακτάνες
Μαννόζη		Γαλακτομαννάνες
Φουκόζη		β-Γλυκάνες
Ραμνόζη		β-1,3 Γλυκάνες
Γαλακτουρονικό οξύ		Πηκτίνες
Γλυκουρονικό οξύ		(Γαλακτουρονάνες, Ραμνογαλακτουρονάνες)
Μαννουρονικό οξύ		Αραβινογαλακτάνες
Γουλουρονικό οξύ		Αραβινάνες
		Φρουκτάνες (Ινουλίνη)
		Αλγινικά



Εικόνα 36: Χημική απεικόνιση των μονομερών που αποτελούν τις διαιτητικές ίνες (Λεμπέση 2012)

Τα μονομερή, ανάλογα με τη διαμόρφωσή τους (-α και β ανωμερή-), τον τρόπο σύνδεσης μεταξύ τους (μεταξύ διαφορετικών ατόμων άνθρακα, τύπος δεσμού α ή β) και τον αριθμό των μονάδων μονομερούς, είναι δυνατόν να σχηματίσουν πολυμερή με πολυάριθμες διαφορετικές δομές και διαφορετικό βαθμό πολυμερισμού (DP). Τα πολυμερή που προκύπτουν έχουν διαφορετικές ιδιότητες και συνήθως απαντώνται σε διαφορετικούς ιστούς ή/και είδος φυτού.

Τα κύρια υδατανθρακικά πολυμερή που απαρτίζουν τις διαιτητικές ίνες είναι πολυσακχαρίτες που βρίσκονται στα κυτταρικά τοιχώματα, τα εκκρίματα και τα εκχυλίσματα των φυτών. Πρέπει να αναφερθεί πως στις διαιτητικές ίνες συγκαταλέγεται και η λιγνίνη, αν και δεν αναφέρεται στον Πίνακα 1. Η λιγνίνη δεν είναι πολυσακχαρίτης, αλλά μία πολυφαινόλη και χρησιμεύει ως συνδετική «κόλλα» που κρατά ενωμένες τις δέσμες κυτταρίνης και ημικυτταρίνης στα ώριμα κυτταρικά τοιχώματα και λόγω της ισχυρής σύνδεσής της με τους πολυσακχαρίτες των κυτταρικών τοιχωμάτων συγκαταλέγεται στις διαιτητικές ίνες (Λεμπέση 2012).

3.2.3 Πηγές διαιτητικών ινών

Οι διαιτητικές ίνες απαντώνται στα τρόφιμα, ως εγγενή συστατικά των διαφόρων φυτικών τροφίμων, αλλά απομονώνονται και από πηγές τροφίμων και χρησιμοποιούνται ως προστιθέμενα συστατικά (προϊόντα διαιτητικών ινών) σε διάφορα τρόφιμα. Τα προϊόντα διαιτητικών ινών αποτελούνται από τα συμπυκνώματα (concentrates) τα οποία περιέχουν σημαντική ποσότητα μη-ινωδών συστατικών και από τα υπερσυμπυκνώματα (isolates) τα οποία αποτελούνται σχεδόν εξολοκλήρου από ινώδεις πολυσακχαρίτες.

Ως εγγενή συστατικά, λαμβάνονται μέσω της κατανάλωσης τροφίμων όπως σιτηρά και προϊόντα τους, ρίζες, βολβοί, λαχανικά και φρούτα. Για την παραγωγή συμπυκνωμάτων χρησιμοποιούνται κυρίως σιτηρά, όσπρια, φρούτα, λαχανικά και ζαχαρότευτλα, ενώ για η παραγωγή υπερσυμπυκνωμάτων γίνεται από εκχυλίσματα φυτών και φυκών, εκκρίματα φυτών, κόμμεα από σπόρους, συνθετικά κόμμεα και τροποποιημένους φυσικούς πολυσακχαρίτες. Η σύνθεση και οι ιδιότητες των ινών στα διαιτητικά προϊόντα, εξαρτώνται από την πηγή προέλευσής τους και από τη διατήρηση της ακεραιότητας των κυττάρων κατά τη διαδικασία απομόνωσης και παραλαβής τους. Η τεχνολογία απομόνωσης/παραλαβής των συμπυκνωμάτων συνήθως περιλαμβάνει άλεση και θερμική επεξεργασία (αφυδάτωση) της πρώτης ύλης, ενώ η τεχνολογία παραλαβής των υπερσυμπυκνωμάτων περιλαμβάνει υγρή κατεργασία, καθαρισμό και ανάκτηση ενός τύπου πολυσακχαριτών, ή ξήρανση και άλεση των έμφυτων εκκριμάτων.

3.2.3.1 Διαιτητικές ίνες από σιτηρά

Τα σιτηρά που καλλιεργούνται και χρησιμοποιούνται στην ανθρώπινη διατροφή είναι κυρίως το σιτάρι, η βρώμη, το ρύζι, το κριθάρι, το καλαμπόκι και η σίκαλη. Οι καρποί των σιτηρών έχουν παρόμοια δομή που περιλαμβάνει το κέλυφος και το σπόρο. Οι σπόροι του σιταριού, της σίκαλης, του καλαμποκιού και του σόργου παραλαμβάνονται χωρίς κέλυφος, επειδή ο σπόρος και το κέλυφος διαχωρίζονται άμεσα κατά τη διάρκεια της συγκομιδής, ενώ η βρώμη, το ρύζι και το κριθάρι διατηρούν τα κελύφη τους και μετά τη συγκομιδή. Ο σπόρος των σιτηρών αποτελείται από τρία βασικά μέρη- το πίτουρο, το ενδοσπέρμιο και το φύτρο. Κατά την άλεση του σπόρου, αρχικά απομακρύνεται το πίτουρο και στη συνέχεια το αμυλούχο ενδοσπέρμιο αλέθεται προς άλευρο. Ανάλογα με το βαθμό άλεσης του ενδοσπερμίου καθώς και με το αν τελικά αλέθεται και μέρος

πίτουρου, προκύπτουν άλευρα με διαφορετικό περιεχόμενο διαιτητικών ινών. Η διαδικασία άλεσης και μέσω αυτής η παραλαβή του πτύρου, που ενδιαφέρει ως πηγή και προϊόν διαιτητικών ινών, είναι ξεχωριστή για κάθε σιτηρό. Ενδεικτικά, στον Πίνακα 2 παρατίθεται η σύσταση των πτύρων των κυριότερων σιτηρών.

Πίνακας 2: Σύσταση (επί τοις 100) του πτύρου των κυριότερων σιτηρών (Λεμπέση 2012)

	Πίτυρο Βρώμης	Πίτυρο Ρυζιού	Πίτυρο Σίτου	Πίτυρο Καλαμποκιού	Πίτυρο Κριθαριού
Υγρασία	7-10	6-12	6-13	6-9	3-8
Πρωτεΐνες	15-20	12-16	14-17	4-7	17-18
Λιπαρά	1-12	16-22	3-7	1-2	6-7
Ολικές Διαιτητικές Ίνες	10-40	20-47	34-45	70-90	65-70
Διαλυτές Διαιτητικές Ίνες	5-20	2-7	2-4	1-11	2-7
Τέφρα	3-4	7-10	5-7	2-3	2-3

Με εξαίρεση τα ολικής άλεσης άλευρα, τα πτύρα σιτηρών είναι οι πιο άμεσα διαθέσιμες πηγές διαιτητικών ινών σιτηρών, αφού κατά την άλεση οι ίνες συγκεντρώνονται στο κλάσμα του πτύρου. Έτσι, τα πτύρα σιτηρών (ακατέργαστα ή κατεργασμένα) είναι από τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα προϊόντα διαιτητικών ινών για την αύξηση των συστατικών αυτών στα τρόφιμα. Οι κύριοι λόγοι για την ευρεία χρήση τους είναι: το χαμηλό κόστος, η διαθεσιμότητα, η λειτουργικότητα και τα αποδεκτά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Από την άλλη πλευρά, μειονέκτημα αποτελεί η αυξημένη συγκέντρωσή τους σε φυτικό οξύ, που βρίσκεται κυρίως στη στοιβάδα της αλευρόνης ορισμένων σιτηρών και μπορεί να δεσμεύει μέταλλα. Οι διαιτητικές ίνες που απαντώνται στα σιτηρά είναι κυρίως η κυτταρίνη, η λιγνίνη, οι αραβινοξυλάνες, γλυκουρονο-αραβινοξυλάνες και οι β-γλυκάνες. Το ποσοστό τόσο των διαιτητικών ινών όσο και των ειδών τους διαφέρει από σιτηρό σε σιτηρό. Ακόμη, η απομόνωση και η εξαγωγή των ινών γίνεται με διαφορετικές μεθόδους, ανάλογα με τις επιταγές του σπόρου (Λεμπέση 2012).

3.2.3.2 Διαιτητικές ίνες από όσπρια

Τα όσπρια που καταναλώνει άμεσα ο άνθρωπος είναι τα φασόλια, οι φακές, τα ρεβίθια, τα κουκιά, τα μπιζέλια και η σόγια. Οι σπόροι τους αποτελούν καλές πηγές διαιτητικών ινών και τα συμπυκνώματα διαιτητικών ινών οσπρίων προκύπτουν από αλεσμένους ή αποφλοιωμένους σπόρους κατά την παραλαβή των κλασμάτων αμύλου και των πρωτεϊνικών συμπυκνωμάτων. Η σύσταση και οι ιδιότητες των συμπυκνωμάτων

διαιτητικών ινών οσπρίων διαφέρουν ανάλογα με το τμήμα του σπόρου από το οποίο προέρχονται (πίτουρο ή υπόλοιπη κοτυληδόνα). Ειδικότερα, τα προϊόντα από το πίτουρο περιέχουν κυρίως αδιάλυτες ίνες, ενώ εκείνα από την κοτυληδόνα είναι πλούσια σε πηκτίνες και ημικυτταρίνες. Στα όσπρια απαντώνται επίσης και οι μη αφομοιώσιμοι ολιγοσακχαρίτες α-γαλακτοζίτες (της οικογένειας της ραφινόζης) (Λεμπέση 2012).

3.2.3.3 Διαιτητικές ίνες από φρούτα και λαχανικά

Συμπυκνώματα ινών από φρούτα και λαχανικά προκύπτουν μέσω αφυδάτωσης και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συστατικά εμπλουτισμού των τροφίμων με διαιτητικές ίνες. Η λειτουργικότητά τους εξαρτάται από την πηγή από την οποία εξάγονται και από τη διαδικασία απομόνωσής τους. Τα κυριότερα λαχανικά για εξαγωγή διαιτητικών ινών είναι η πατάτα και το καρότο, ενώ στην κατηγορία των φρούτων ιδιαίτερα υψηλό ποσοστό σε διαιτητικές ίνες έχει το μήλο. Οι διαιτητικές ίνες οι οποίες απατώνται συχνότερα στα φρούτα και τα λαχανικά είναι η κυτταρίνη, η λιγνίνη, οι ημικυτταρίνες και οι πηκτίνες (Λεμπέση 2012).

3.2.3.4 Διαιτητικές ίνες από ζαχαρότευτλα

Οι διαιτητικές ίνες από ζαχαρότευτλα (ή τεύτλα) προέρχονται κυρίως από τον πολτό των τεύτλων μετά την εκχύλιση της σακχαρόζης, που είναι το κύριο παραπροϊόν της βιομηχανίας της ζάχαρης. Ο πολτός τεύτλων έχει υψηλή περιεκτικότητα σε διαιτητικές ίνες (>75%) και ιδίως σε διαλυτές ίνες. Οι διαιτητικές ίνες των τεύτλων προέρχονται αποκλειστικά από τα κυτταρικά τους τοιχώματα, τα οποία και ως εκ τούτου και οι διαιτητικές ίνες από τεύτλα, χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε πηκτίνες, με περίπου 20% γαλακτουρονικό οξύ και 20% αραβινόζη (Λεμπέση 2012).

3.2.3.5 Άλλες πηγές διαιτητικών ινών

Εκτός από τις «παραδοσιακές» πηγές διαιτητικών ινών που αναφέρθηκαν, οι διαιτητικές ίνες μπορούν να απομονωθούν και από άλλες πηγές. Για παράδειγμα, υπάρχουν ορισμένοι τύποι αμύλου που είναι ανθεκτικοί ή δεν είναι προσπελάσιμοι από τα αμυλολυτικά ένζυμα του ανθρώπου και που συνολικά ανήκουν στην κατηγορία «ανθεκτικό άμυλο». Το ανθεκτικό άμυλο ορίζεται ως «το σύνολο του αμύλου και των προϊόντων της αποικοδόμησης του αμύλου που δεν απορροφώνται στο λεπτό έντερο των υγιών ανθρώπων» και απαντάται φυσικά σε ευρύ φάσμα αμυλούχων τροφίμων, ή μπορεί

να προστεθεί στα τρόφιμα ως λειτουργικό συστατικό. Αποτελεί μία ασυνήθιστη μορφή διαιτητικών ινών, λόγω του ότι το ποσό του μπορεί να μεταβληθεί κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των τροφίμων στα οποία περιέχεται. Κυριότερες πηγές ανθεκτικού αμύλου είναι ολόκληροι ή μερικώς αλεσμένοι σπόροι, υδροθερμικά κατεργασμένο ρύζι, όσπρια, πατάτες, πράσινες μπανάνες, καλαμπόκι, άμυλο υψηλής περιεκτικότητας σε αμυλόζη και άλλα.

Άλλες λιγότερο διαδεδομένες πηγές διαιτητικών ινών είναι τα εκχυλίσματα και τα εκκρίματα των φυτών, τα οποία περιέχουν πηκτίνες, β-γλυκάνες και κόμμεα. Τα κυριότερα κόμμεα από πλευράς περιεκτικότητας σε διαιτητικές ίνες είναι το κόμμι Κοχίας, το αραβικό κόμμι, το κόμμι καράγια, το τραγακανθικό κόμμι και το κόμμι ghatti. Οι διαιτητικές ίνες που περιέχονται στα κόμμεα είναι κυρίως ραμνογαλακτουρονάνες, αραβινογαλακτάνες και παράγωγα του γλυκουρονικού οξέος και του ουρουνικού οξέος. Ακόμη, πηγές διαιτητικών ινών θεωρούνται κάποια εκχυλίσματα φυκών όπως η αλγίνη ή η καραγεννάνη και άλλα.

Εκτός από τις φυσικές πηγές διαιτητικών ινών, είναι δυνατή η παραγωγή φυτικών ινών και από τροποποιημένες πηγές, όπως τροποποιημένο άμυλο ή τροποποιημένη κυτταρίνη, μέσω κατάλληλης επεξεργασίας με θερμικές κατεργασίες, υδρόλυση, κατεργασία με ένζυμα και άλλες διαδικασίες (Λεμπέση 2012).

3.2.4 Ιδιότητες διαιτητικών ινών

Για την ανάπτυξη τροφίμων εμπλουτισμένων με ίνες, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι φυσικοχημικές ιδιότητες των διαιτητικών ινών, τόσο από διατροφική όσο και από τεχνολογική σκοπιά. Τα κύρια δομικά συστατικά των διαιτητικών ινών είναι σάκχαρα και οξέα σακχάρων. Τα σάκχαρα περιέχουν λειτουργικές ομάδες (υδρογόνα, υδροξύλια, καρβονύλια, καρβοξύλια, θειικά, μεθύλια) που τους επιτρέπουν να αλληλεπιδρούν τόσο μεταξύ τους όσο και με άλλα συστατικά του τροφίμου. Οι τύποι των σακχάρων, των οξέων σακχάρων και των λειτουργικών ομάδων τους είναι καθοριστικοί για τις φυσικοχημικές ιδιότητες των ινών, και επομένως και για τη λειτουργικότητά τους.

Οι λειτουργικές ιδιότητες των διαιτητικών ινών δεν διαδραματίζουν ρόλο μόνο στις φυσιολογικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά επηρεάζουν και τις ιδιότητες

των τροφίμων στα οποία προστίθενται. Έτσι, η ενσωμάτωση των ινών σε τρόφιμα τροποποιεί τη συνοχή, την υφή, τις ρεολογικές ιδιότητες και τη σταθερότητά τους με διάφορους μηχανισμούς που εξαρτώνται κυρίως από τη διαλυτότητά τους. Γενικά οι διαλυτές διαιτητικές ίνες αυξάνουν το ιξώδες της υγρής φάσης του τροφίμου, ανάλογα με το μέγεθος του πολυμερούς και την κατανομή του μοριακού βάρους, ενώ οι αδιάλυτες ίνες διογκώνονται και συγκρατούν νερό ανάλογα με το μέγεθος και την κατανομή των πόρων τους. Οι κρίσιμες λειτουργικές ιδιότητες των ινών που καθορίζουν την ενσωμάτωσή τους στα τρόφιμα, πέραν της διαλυτότητας, περιλαμβάνουν τις ιδιότητες ενυδάτωσης, αύξησης του ιξώδους και απορρόφησης λιπαρών. Πρόσθετοι παράγοντες όπως το χρώμα και η γεύση των ινών, πρέπει να ληφθούν υπόψη σε πολλές εφαρμογές, λόγω των επιπτώσεών τους στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος.

– Διαλυτότητα

Η διαλυτότητα των ινών αναφέρεται στην κατάσταση διασποράς του πολυμερούς στο νερό, αφού τα μόρια των ινών δεν διαλύονται πλήρως, αλλά υπάρχουν ως κολλοειδείς διασπορές. Για αυτό το λόγο οι διαλυτές διαιτητικές ίνες ονομάζονται και υδροκολλοειδή. Οι διαιτητικές ίνες ταξινομούνται ως διαλυτές και αδιάλυτες. Οι διαλυτές ίνες περιλαμβάνουν πηκτικές ουσίες, κόμμεα και ορισμένες ημικυτταρίνες, ενώ οι αδιάλυτες περιλαμβάνουν την κυτταρίνη, τη λιγνίνη και ορισμένες ημικυτταρίνες. Η διαλυτότητα των ινών επηρεάζεται κυρίως από τη μοριακή δομή και το μοριακό βάρος των πολυμερών τους. Για δείγματα με παρόμοιο μέγεθος σωματιδίων, η διαλυτότητα συνήθως μειώνεται με αύξηση του μοριακού βάρους. Διακλάδωση ή υποκατάσταση των πολυσακχαριτικών αλυσίδων μειώνει την πιθανότητα διαμοριακών συνδέσεων και αυξάνει ως εκ τούτου τη διαλυτότητα. Έτσι, οι υψηλά διακλαδισμένοι πολυσακχαρίτες συνήθως έχουν καλή διαλυτότητα στο νερό. Επίσης, η διαλυτότητα των πολυσακχαριτών επηρεάζεται από τη θέση των ενδομοριακών δεσμών μεταξύ των σακχάρων. Ακόμη, όσο πιο ανομοιόμορφο είναι ένα πολυμερές, τόσο μεγαλύτερη είναι η διαλυτότητά του. Ο διαλυτός και ο αδιάλυτος χαρακτήρας των διαιτητικών ινών συνεπάγεται διαφορές στις φυσιολογικές επιδράσεις και τις τεχνολογικές λειτουργίες τους. Έτσι οι διαλυτές ίνες συμβάλλουν στη σταθεροποίηση της δομής του τροφίμου, τροποποιώντας τις ρεολογικές ιδιότητες της συνεχούς φάσης, λόγω των πηκτικών ιδιοτήτων, των ιδιοτήτων πάχυνσης

και συγκράτησης νερού που τις διακρίνουν. Οι αδιάλυτες ίνες μπορούν να επηρεάσουν την υφή των τροφίμων, λόγω της ικανότητας συγκράτησης νερού και της διόγκωσης που προκαλούν.

– Ενυδάτωση

Η προσθήκη διαιτητικών ινών στα τρόφιμα για τη δημιουργία προϊόντων υψηλής περιεκτικότητας σε ίνες περιορίζεται κυρίως από τα χαρακτηριστικά ενυδάτωσης των ινών, που καθορίζουν τα βέλτιστα επίπεδα χρήσης τους προκειμένου να διατηρηθεί μία επιθυμητή υφή και να μην επηρεαστεί η λειτουργικότητα των συστατικών ή διάφορα φαινόμενα που μπορεί να λαμβάνουν χώρα. Ο τρόπος με τον οποίο αντιδρούν οι ίνες με το νερό μπορεί να περιγραφεί με τη χρήση διαφόρων όρων όπως ενυδάτωση, πρόσληψη, απορρόφηση, δέσμευση ή συγκράτηση νερού. Συνήθως, οι ιδιότητες ενυδάτωσης περιγράφονται από τη διόγκωση, την ικανότητα συγκράτησης νερού και την ικανότητα δέσμευσης νερού, ενώ μερικοί ερευνητές χρησιμοποιούν αντί των δύο τελευταίων, την ικανότητα διατήρησης νερού και το ρυθμό απορρόφησης νερού. Οι ιδιότητες ενυδάτωσης παρέχουν μία γενική άποψη της ενυδάτωσης των ινών, που χρησιμεύει στην παραγωγή τροφίμων πλούσιων σε ίνες και εξαρτώνται από τη χημική (υδρόφιλες και υδρόφοβες περιοχές των πολυμερών, άμορφες και κρυσταλλικές περιοχές των πολυμερών) και φυσική δομή (μήκος ινών, πορώδες και μέγεθος των σωματιδίων) των πολυσακχαριτών που τις αποτελούν, από τις συνθήκες (pH, θερμοκρασία, παρουσία ιόντων και παρουσία άλλων μορίων που δεσμεύουν νερό κτλ.) που επικρατούν στο τρόφιμο και από την επεξεργασία που έχουν υποστεί κατά την παραλαβή τους (ξήρανση, θέρμανση, εκβολή κτλ.).

– Αύξηση ιξώδους

Μεταξύ των διαλυτών και των αδιάλυτων διαιτητικών ινών, οι διαλυτές ίνες μπορούν να αυξήσουν το ιξώδες ενός διαλύματος κατά κύριο λόγο. Το ιξώδες (αντίσταση στη ροή), εξαρτάται κυρίως από τη συγκέντρωση των ινών και το ρυθμό διάτμησης. Γενικά αυξάνεται με αύξηση της συγκέντρωσης της διαλυμένης ή διεσπαρμένης ουσίας, ενώ μειώνεται με αύξηση του ρυθμού διάτμησης. Αρκετοί παράγοντες όμως σχετίζονται με τις μεταβολές του ιξώδους των διαλυμάτων διαιτητικών ινών όπως το μοριακό βάρος, το

μέγεθος των σωματιδίων, η χημική σύσταση και δομή των ινών, οι συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, χρόνος) και το περιβάλλον (αλκαλικό ή όξινο). Παρόλο που και οι διαλυτές ίνες από σιτηρά ή φρούτα αυξάνουν το ιξώδες ενός διαλύματος, οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες διαλυτές ίνες ως παράγοντες πάχυνσης είναι τα κόμμεα. Τα κόμμεα, λόγω της ικανότητας που έχουν για αύξηση του ιξώδους, χρησιμοποιούνται για τη σταθεροποίηση των τροφίμων μέσω αποφυγής διαχωρισμού των φάσεων, αποσταθεροποίησης των αφρών, κρυστάλλωσης και καθίζησης.

– Απορρόφηση λιπαρών

Παράλληλα με τις ιδιότητες ενυδάτωσης, οι ίνες έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν λιπαρές ουσίες. Η ικανότητα δέσμευσης λιπαρών (Fat/Oil Binding Capacity) εκφράζει το ποσό του λιπαρού που κατακρατείται από τις ίνες, μετά από φυγοκέντρηση. Η ικανότητα δέσμευσης λιπαρών αφορά κυρίως τις αδιάλυτες ίνες και σχετίζεται με τις επιφανειακές ιδιότητες των σωματιδίων τους, με τη συνολική πυκνότητα φορτίου και με την υδρόφιλη φύση των συστατικών τους. Αν και η χημική σύσταση των ινών επηρεάζει την ικανότητα δέσμευσης λιπαρών, η παραπάνω εξαρτάται περισσότερο από το πορώδες της δομής των ινών παρά από την έλξη/συγγένεια των μορίων των ινών με τα λιπαρά (όπως στην περίπτωση της δέσμευσης νερού). Το μέγεθος των σωματιδίων επηρεάζει και αυτή την ιδιότητα, με τα μεγαλύτερα σωματίδια να παρουσιάζουν και μεγαλύτερες τιμές.

– Κρυοπροστατευτική δράση

Ο όρος «κρυοπροστασία» είναι αρκετά γενικός και αναφέρεται σε όλες τις πιθανές δράσεις και τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα κατά τα στάδια της κατάψυξης και αποθήκευσης των κατεψυγμένων προϊόντων, τα οποία σχετίζονται άμεσα με το σχηματισμό και την ανάπτυξη των παγοκρυστάλλων. Οι κύριοι παράγοντες που περιγράφουν την κρυοπροστατευτική δράση ενός υλικού είναι: η ταπείνωση του σημείου πήξης, οι αλλαγές στην υαλώδη κατάσταση του συστήματος, το ποσοστό της μη κρυσταλλώσιμης υγρασίας, η μοριακή κινητικότητα του νερού στη φάση ορού, η διάχυση νερού από την υδατική φάση προς την επιφάνεια των παγοκρυστάλλων, η δημιουργία πολυσακχαρικών δικτύων ή διαμορφώσεων, ο διαχωρισμός φάσεων θερμοδυναμικά ασύμβατων υλικών, το μικροϊξώδες της υδατικής φάσης και η

παρεμπόδιση της διάρρηξης της κυτταρικής μεμβράνης των βακτηριακών κυττάρων, λόγω κρυστάλλωσης του εξωκυτταρικού και ενδοκυτταρικού υγρού (στην περίπτωση των ζυμωμένων κατεψυγμένων προϊόντων). Η χρήση των διαιτητικών ινών ως κρυστοπροστατευτικά μέσα είναι σχετικά πρόσφατη. Κατά κύριο λόγο, ολιγοσακχαρίτες όπως η ινουλίνη και η ολιγοφρουκτόζη, έχουν χρησιμοποιηθεί ως μέσα κρυστοπροστασίας και βελτίωσης της υφής κατεψυγμένων προϊόντων των οποίων η κρυστοπροστατευτική δράση προκύπτει από την ανύψωση του σημείου πήξης που επιφέρουν (Λεμπέση 2012)

Στη βιομηχανία των ζυμαρικών, οι ιδιότητες των διαιτητικών ινών που ενδιαφέρουν περισσότερο είναι η διαλυτότητα και οι ιδιότητες ενυδάτωσης.

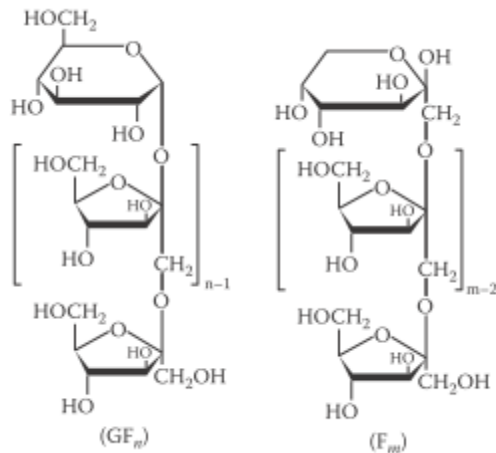
3.2.4 Ινουλίνη, πίτουρο βρώμης και ίνες καρότου

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής έγινε εμπλουτισμός ζυμαρικών με τρεις πηγές διαιτητικών ινών, με ινουλίνη, πίτουρο βρώμης και ίνες καρότου. Στην παράγραφο αυτή αναφέρονται κάποια ειδικότερα στοιχεία για την κάθε χρησιμοποιηθείσα πηγή.

Ινουλίνη

Η ινουλίνη ανήκει στην ευρύτερη οικογένεια των φρουκτανών (φρουκτοζανών) και είναι μίγμα ολιγομερών και πολυμερών β-2,1 φρουκτόζης, με βαθμό πολυμερισμού ο οποίος κυμαίνεται μεταξύ 10 και 60, ενώ συνήθως οι αλυσίδες της περιέχουν και τερματικές μονάδες γλυκόζης ενωμένες με β-1,2 γλυκοζιτικούς δεσμούς. Η δομή της απεικονίζεται από τον τύπο GF_n ή F_m, όπου G οι μονάδες γλυκόζης, F οι μονάδες φρουκτόζης και n, m ≥10 ο αριθμός των μονάδων φρουκτόζης στα GF_n και F_m μόρια αντίστοιχα.

Η ινουλίνη απαντάται σε φυτά που ανήκουν κυρίως στην οικογένεια *Liliacea* (πράσο, κρεμμύδι, σκόρδο, σπαράγγια κτλ.), ή στην οικογένεια *Compositae* (ηλίανθος, ντάλια, ραδίκια κτλ.). Η ντάλια, η αγκινάρα της Ιερουσαλήμ (ή κολοκάσι) (*Tuberosus helianthus*) και τα ραδίκια (*Cichorium intybus*), λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε ινουλίνη (> 10%), θεωρούνται καλές πηγές και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για βιομηχανική παραγωγή ινουλίνης σε εύκρατες περιοχές.



Εικόνα 37: Δομή ινουλίνης (Λεμπέση 2012)

Η ινουλίνη είναι μετρίως διαλυτή στο νερό (το πολύ 10% σε θερμοκρασία περιβάλλοντος), γεγονός που επιτρέπει την ενσωμάτωσή της σε υδατικά συστήματα όπου η καθίζηση άλλων ινών μπορεί να δημιουργεί προβλήματα. Γενικά συμβάλλει στη βελτίωση της υφής και της γεύσης των τροφίμων στα οποία προστίθεται, ενώ συχνά μειώνει και τη δυσάρεστη μετάγευση των τροφίμων που περιέχουν υψηλής έντασης γλυκαντικές ουσίες. Συχνά χρησιμοποιείται ως αντικαταστάτης λιπαρών σε γαλακτοκομικά προϊόντα και φαίνεται να έχει θετική επίδραση στη ρεολογία και τη σταθερότητα των προϊόντων (Λεμπέση 2012, El-Nagar 2002, Bodner J.M. 2009).

Πίτουρο βρώμης

Η βρώμη είναι μία από τις πλουσιότερες και πιο οικονομικές πηγές διαλυτών διαιτητικών ινών, η οποία περιέχει παράλληλα και αδιάλυτες διαιτητικές ίνες. Ο καρπός της βρώμης αποτελείται από το κέλυφος (husk) και το σπόρο (groat), ενώ υπάρχουν και ορισμένες ποικιλίες βρώμης χωρίς κέλυφος («γυμνές»). Οι διαιτητικές ίνες της βρώμης προέρχονται είτε από το πίτυρο (διαλυτές και αδιάλυτες), είτε από τα κελύφη του σπόρου (εξολοκλήρου αδιάλυτες), και ανάλογα με την προέλευσή τους παρουσιάζουν διαφορετικές λειτουργικές ιδιότητες και διαφορετικές φυσιολογικές επιδράσεις. Το κέλυφος της βρώμης αποτελεί το 20-35% του συνολικού βάρους του καρπού και περιέχει περίπου 90% αδιάλυτες διαιτητικές ίνες. Καθώς, δεδομένης της δομής του σπόρου δεν είναι διακριτό το πίτυρο της βρώμης, έχει αναπτυχθεί ο ακόλουθος ορισμός για τη

σύστασή του: «Το πίτυρο βρώμης παράγεται από την άλεση σπόρων βρώμης ή νιφάδων βρώμης, και το διαχωρισμό του προκύπτοντος αλεύρου βρώμης με κατάλληλα μέσα σε κλάσματα τέτοια, έτσι ώστε το κλάσμα του πιτύρου να μην υπερβαίνει το 50% της πρώτης ύλης, και να περιέχει τουλάχιστον 5.5% (ξ.β.) διαλυτές ίνες β-γλυκάνης και 16% (ξ.β.) ολικές διαιτητικές ίνες, από τις οποίες τουλάχιστον το 1/3 είναι διαλυτές». Εμπορικά κυκλοφορεί ποικιλία προϊόντων ινών βρώμης, τα οποία προέρχονται από διαφορετικό βαθμό επεξεργασίας/εξαγωγής (extraction), διαθέτοντας κατά συνέπεια διαφορετικές λειτουργικές και φυσικοχημικές ιδιότητες. Γενικά χαρακτηριστικά των προϊόντων ινών βρώμης, που προέρχονται από τα κελύφη της, είναι η υψηλή περιεκτικότητά τους σε αδιάλυτες διαιτητικές ίνες (περίπου 90%) και η ικανότητα δέσμευσης νερού από 250% έως και πάνω από 800% κατά βάρος. Το κύριο συστατικό των διαλυτών ινών της βρώμης είναι β-γλυκάνες, το σύνολο των οποίων ποικίλλει από 1.8 έως 8.5% εξαρτώμενο από γενετικούς και από περιβαλλοντικούς παράγοντες (Λεμπέση 2012, Bodner J.M. 2009).

Ίνες καρότου

Οι διαιτητικές ίνες στο καρότο αποτελούνται από πηκτίνη (7.41%), ημικυτταρίνες (9.14%), κυτταρίνη (80.94%) και λιγνίνη (2.48%) (ξ.β.) και σε ποσοστό 90% περίπου είναι αδιάλυτες. Ο πολτός καρότου που συνήθως προκύπτει ύστερα από χυμοποίηση των καρότων, περιέχει 37-48% διαιτητικές ίνες. Μετά την επεξεργασία, τα υπολείμματα καρότου (φλοιοί και πολτός), συνήθως απορρίπτονται ή χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή. Ωστόσο, τα παραπροϊόντα αυτά περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα σε ευεργετικές για την υγεία ουσίες, όπως αντιοξειδωτικά και διαιτητικές ίνες. Η μέθοδος και οι συνθήκες ξήρανσης των παραπροϊόντων επεξεργασίας του καρότου, καθώς και άλλες κατεργασίες (όπως η λεύκανση) που συνήθως παρεμβάλλονται, επηρεάζουν την περιεκτικότητα των διαιτητικών ινών στο προϊόν καθώς και τις λειτουργικές τους ιδιότητες (Bao B. 1994, Chantaro P. 2002, Bodner J.M. 2009).

3.2.5 Διατροφικά οφέλη των διαιτητικών ινών

Δίαιτες πλούσιες σε διαιτητικές ίνες σχετίζονται με τη μείωση του κινδύνου εμφάνισης ασθενειών του γαστρεντερικού συστήματος, διαφόρων τύπων καρκίνου, διαβήτη τύπου 2, παχυσαρκίας, καρδιαγγειακών νοσημάτων και ισχαιμικών επεισοδίων (κίνδυνος αθηροσκλήρωσης) και γενικότερα με τη μείωση της θνησιμότητας που προέρχεται από

αυτές τις ασθένειες. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μεταβολικών και μη οδών, όπως είναι η αύξηση του όγκου των κοπράνων, η μείωση της χοληστερόλης του πλάσματος και η καλύτερη ρύθμιση του μεταβολισμού των λιποπρωτεϊνών, η μείωση των λιπιδίων και της πίεσης του αίματος, η αύξηση της ευαισθησίας στην ινσουλίνη και η βελτίωση του ελέγχου της γλυκόζης στο αίμα κτλ.

Οι διαιτητικές ίνες ανάλογα με τον τύπο τους (διαλυτές ή αδιάλυτες) προκαλούν διαφορετικές επιδράσεις στον οργανισμό. Οι αδιάλυτες διαιτητικές ίνες χαρακτηρίζονται από υψηλό πορώδες και χαμηλή πυκνότητα. Τα οφέλη τους εστιάζονται στη βελτίωση της λειτουργίας του παχέος εντέρου και γενικότερα του γαστρεντερικού σωλήνα (αποφυγή δυσκοιλιότητας, αιμορροΐδων, προβλημάτων του εντέρου, μείωση κινδύνου εμφάνισης καρκίνου του παχέος εντέρου), καθώς επιταχύνουν τη διέλευση των τροφών από το πεπτικό σύστημα και συγκρατούν νερό στο έντερο, αυξάνοντας τον όγκο και αλλάζοντας τη σύσταση των κοπράνων (και επομένως μειώνοντας το χρόνο διέλευσής τους από το έντερο). Οι διαιτητικές ίνες, επίσης, επιβραδύνουν την απορρόφηση της γλυκόζης και την υδρόλυση του αμύλου, μειώνοντας (σε μικρό βαθμό σε σχέση με τις διαλυτές) τη γλυκαιμική απόκριση των τροφίμων. Οι διαλυτές ίνες, λόγω της ικανότητάς τους να δημιουργούν πηκτές και να αυξάνουν το ιξώδες, ρυθμίζουν ουσιαστικά το ρυθμό με τον οποίο τα θρεπτικά και μη συστατικά απορροφώνται από το λεπτό έντερο, επιβραδύνουν την κένωση του στομάχου και επιβραδύνουν την απορρόφηση της γλυκόζης. Έτσι, οι διαλυτές διαιτητικές ίνες συμβάλλουν στη μείωση/ρύθμιση των μεταγευματικών επιπέδων της γλυκόζης στο αίμα, στη μείωση της χοληστερόλης και επομένως της πιθανότητας εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων, στη χρονική επιμήκυνση της αίσθησης του κορεσμού (καθώς παραμένουν αρκετό διάστημα στο στομάχι) και επομένως στον έλεγχο του σωματικού βάρους, στη μείωση του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου του παχέος εντέρου (με την παραγωγή λιπαρών οξέων μικρής αλύσου) καθώς και σε άλλες ευεργετικές μεταβολικές δράσεις (Λεμπέση 2012, Frost G.S. 2003, Bodner J.M. 2009).

3.2.6 Εμπλουτισμός ζυμαρικών με διαιτητικές ίνες

Τα τελευταία χρόνια γίνονται όλο και περισσότερες αναφορές στον εμπλουτισμό ζυμαρικών με διαιτητικές ίνες. Τα ζυμαρικά –και γενικά όλα τα προϊόντα των

δημητριακών και τα αρτοσκευάσματα— αποτελούν ιδανικούς φορείς για την προσθήκη διαιτητικών ινών καθώς στη δομή τους ήδη περιέχουν ποσοστά ινών, οπότε υπάρχει συμβατότητα των ινών με τα υπόλοιπα χημικά συστατικά. Τα ζυμαρικά παρασκευασμένα από σμιγδάλι και νερό, περιέχουν περίπου 2% φυτικές ίνες, εκ των οποίων πάνω από το 50% είναι αδιάλυτες και το 20% περίπου διαλυτές (Li B. W. 2002).

Τα είδη ινών που έχουν μελετηθεί ως προς τη δυνατότητα ενίσχυσης των ζυμαρικών είναι πολυάριθμα. Ενδεικτικά αναφέρεται το πίτουρο σιταριού, το πίτουρο βρώμης, και οι απομονωμένες ίνες από μπιζέλι ως πιο «γενικές» πηγές και η ινουλίνη, το ανθεκτικό άμυλο, οι β-γλυκάνες, η καρβοξυλο-μεθυλο-κυτταρίνη, και το κόμμα γκουάρ ως πιο «ειδικές» πηγές. Οι ίνες καρότου δεν έχουν ακόμα πολλές αναφορές χρήσης, αλλά αποτελούν μία πηγή διαιτητικών ινών η οποία σχετικά πρόσφατα μελετάται ενώ ξεκίνησε και η χρήση της. Όπως φαίνεται και από τις χρησιμοποιούμενες πηγές, δεν γίνεται διάκριση στη χρήση μεταξύ διαλυτών και αδιάλυτων ινών, και οι δύο χρησιμοποιούνται εξίσου.

Έχουν γίνει διάφορες έρευνες οι οποίες αξιολογούν την επίδραση της προσθήκης διαιτητικών ινών στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των ζυμαρικών. Στην περίπτωση του πίτουρου από σιτάρι, η προσθήκη του ως μέσο εμπλουτισμού του περιεχομένου διαιτητικών ινών έχει αποδειχθεί γενικώς επιτυχής—δηλαδή χωρίς αξιόλογες διαφορές της ολικής ποιότητας ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου σε σχέση με το τυφλό— εφόσον το ποσοστό προσθήκης δεν υπερβαίνει το 10% (ξ.β.). Για μεγαλύτερα ποσοστά προσθήκης όμως παρατηρούνται εμφανείς διαφορές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και στις φυσικοχημικές ιδιότητες των ζυμαρικών (Aravind Nisha 2012).

Στην περίπτωση του πίτουρου βρώμης, αν το ποσοστό προσθήκης είναι μεγαλύτερο από 2% (ξ.β.) οι επιπτώσεις είναι πολλές και αφορούν τόσο τη γεύση και την οσμή των ζυμαρικών όσο και το χρώμα και την υφή τους. Για το λόγο αυτό η χρήση πίτουρου βρώμης τείνει να αντικατασταθεί από άλλες πιο ειδικές πηγές ινών όπως οι β-γλυκάνες (οι οποίες περιέχονται στο πίτουρο βρώμης) ή το ανθεκτικό άμυλο. Επίσης, οι αρνητικές επιδράσεις από την προσθήκη πίτουρου βρώμης μπορούν να μετριαστούν με την προσθήκη άλλων αλεύρων, όπως το άλευρο αραβόσιτου, και με την προσθήκη ουσιών με βοηθητικό ρόλο όσον αφορά τη δομή του ζυμαριού και τη ρεολογία του. Τέτοιες ουσίες

είναι πηγές διαλυτών ινών, όπως το προζελατινοποιημένο άμυλο, η χιτοζάνη, η καρβοξυλο-μεθυλο-κυτταρίνη και το κόμμι γκούαρ (Bustos M.C. 2011, Brennan C.S. 2005, Padalino Lucia 2011, Hager Anna-Sophie 2013).

Άλλες έρευνες είχαν ως αντικείμενο τον εμπλουτισμό ζυμαρικών με κόμμι γκούαρ και καρβοξυλο-μεθυλο-κυτταρίνη σε ποσοστά μέχρι 20% και 1% (ξ.β.) αντίστοιχα, ως πηγές διαλυτών διαιτητικών ινών. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως αυξανόμενου του ποσοστού του κόμμι γκούαρ προκαλείτο υποβάθμιση της ολικής ποιότητας των δειγμάτων, καθώς η επίδραση του ποσοστού καρβοξυλο-μεθυλο-κυτταρίνης ήταν μικρότερη αλλά και πάλι διακριτή, ενώ σε σχέση με την απελευθέρωση αμύλου κατά την πέψη, τα αποτελέσματα και για τις δυο πηγές ήταν πολύ θετικά (Aravind Nisha 2012).

Μελέτες που έγιναν πάνω σε εμπλουτισμό ζυμαρικών με ινουλίνη, έδειξαν πως η ινουλίνη δεν επηρεάζει τη δομή των ζυμαρικών τόσο πολύ όσο οι άλλες προαναφερθείσες πηγές ινών, ενώ συμβάλλει παράλληλα στην απώλεια αμύλου κατά το μαγείρεμα. Και αυτή όταν προστεθεί σε μεγάλο ποσοστό –πάνω από 20%– επιδρά αρνητικά στην ποιότητα των ζυμαρικών (φυσικοχημικά και οργανοληπτικά). Επίσης, όπως οι περισσότερες πηγές ινών, συμβάλλει στην αργή αποδέσμευση του αμύλου κατά τη χώνεψη και άρα στη διατήρηση ομαλών επιπέδων ινσουλίνης, υποστηρίζοντας την άποψη πως εκτός από τις αμυλούχες πηγές ινών και οι μη αμυλούχες καθυστερούν τη διάσπαση του αμύλου (Tudorica C.M. 2002, Brennan C.S. 2004, Aravind Nisha 2012).

Όσον αφορά το ανθεκτικό άμυλο (διαφόρων τύπων), ως πηγή διαιτητικών ινών, φαίνεται ότι η προσθήκη του στα ζυμαρικά δεν επηρεάζει σημαντικά τις οργανοληπτικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος, είναι άοσμο σε αντίθεση με άλλες πηγές ινών και επιβραδύνει το ρυθμό αποδόμησης του αμύλου κατά την πέψη, διατηρώντας έτσι τα επίπεδα ινσουλίνης σχετικά σταθερά (Bustos M.C. 2011).

Τέλος, δεν έχει γίνει ακόμα μελέτη για χρήση του καρότου ως πηγή διαιτητικών ινών στα ζυμαρικά, αλλά έχει μελετηθεί η προσθήκη απομονωμένων ινών καρότου σε λουκάνικα και λοιπά κρεατοσκευάσματα. Τα αποτελέσματα δείχνουν αύξηση της διατροφικής αξίας –σε επίπεδο διαιτητικών ινών– καθώς και μείωση της απορρόφησης χοληστερόλης (Hsu Pang-Kuei 2006, Eima Valeria S. 2013).

Κεφάλαιο 4: Φυσικές αντιμικροβιακές ουσίες

4.1 Εισαγωγή

Στην παράγραφο 2.3 Συσκευασία αναφέρθηκε πως τα φρέσκα ζυμαρικά έχουν μεγάλο ποσοστό υγρασίας –και ελεύθερου νερού – και συν αποτελούν εξαιρετική βάση ανάπτυξης μικροοργανισμών. Στα περισσότερα εμπορικά διαθέσιμα φρέσκα ζυμαρικά γίνεται θερμική κατεργασία ισοδύναμη με παστερίωση, ούτως ώστε να μειωθεί το μικροβιακό τους περιεχόμενο σε ασφαλές επίπεδο και άρα να αυξηθεί ο χρόνος ζωής τους, παράλληλα μειώνοντας και την επικινδυνότητά τους για τον καταναλωτή. Επίσης, στα περισσότερα προϊόντα, πέραν των βασικών πρώτων υλών (σιμιγδάλι, νερό και συνήθως αλεύρι), γίνεται χρήση και συντηρητικών ουσιών με σκοπό την καλύτερη προστασία τους έναντι των μικροβιολογικών και βιολογικών αλλοιώσεων. Η έντονη καταναλωτική ζήτηση για ασφαλή και υψηλής ποιότητας τρόφιμα λειτούργησε ως πρόκληση για την αντικατάσταση των χημικών συντηρητικών και των τεχνητών αντιμικροβιακών με φυσικά αντιμικροβιακά συντηρητικά. Τα φυσικά αντιμικροβιακά μειώνουν την ανάγκη για αντιβιοτικά, ελέγχουν τη μικροβιακή αλλοίωση και βελτιώνουν τη διάρκεια ζωής των τροφίμων.

Η χρήση φυσικών αρωματικών ουσιών είναι άρρητα συνυφασμένη με τα ζυμαρικά εδώ και δεκαετίες. Τα φυσικά αρωματικά (βασιλικός, ρίγανη, σκόρδο, δεντρολίβανο, μαντζουράνα και άλλα) ξεκίνησαν ως συστατικά σε συνοδευτικές σάλτσες για τα ζυμαρικά, αλλά με την πάροδο του χρόνου άρχισε η παραγωγή ζυμαρικών που περιείχαν ποσότητες αρωματικών –συνήθως σε αφυδατωμένη μορφή– στη σύστασή τους. Ήταν θέμα χρόνου λοιπόν να χρησιμοποιηθούν φυσικές αρωματικές ουσίες και ως αντιμικροβιακά, πέρα από την εκμετάλλευση του αρωματικού τους χαρακτήρα. Μελέτες δείχνουν πως ο αντιμικροβιακός χαρακτήρας διαφόρων φυσικών αρωματικών ουσιών είναι αρκετά ισχυρός έναντι πολλών παθογόνων μικροοργανισμών όπως *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* και άλλοι (Tajkarimi M.M. 2010).

Οι φυσικοί αντιμικροβιακοί παράγοντες που προέρχονται από πηγές, όπως τα φυτά, έχουν αναγνωριστεί και για αυτό χρησιμοποιούνται εδώ και αιώνες στη συντήρηση των

τροφίμων. Τα αιθέρια έλαια και τα καρυκεύματα χρησιμοποιούνταν από τους Αιγύπτιους και από τους Ασιάτες. Κάποια καρυκεύματα όπως το σκόρδο, το τζίντζερ, η κανέλλα και η μέντα αποτελούσαν εναλλακτικές φαρμακευτικές ουσίες στην Ινδία. Τα φυσικά εκχυλίσματα, πέρα από το άρωμα, μπορούν να δράσουν έναντι των gram-θετικών βακτηρίων και να ενισχύσουν τη σταθερότητα του τροφίμου κατά την αποθήκευσή του, εξαιτίας των σταθερών συστατικών που περιέχουν, όπως φαινόλες, αλκοόλες, αλδεϋδες, κετόνες και αιθέρες. Επίσης, χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση του κρέατος, όπως και σε σάλτσες και σιρόπια. Ήδη από το 1910, έχει επιβεβαιωθεί η αντιμικροβιακή δράση καρυκευμάτων όπως η ρίγανη, το θυμάρι, το δενδρολίβανο, ο κοριάνδρος και το πιπέρι (Tajkarimi M.M. 2010, Ockerman H.W. 2003).

4.2 Πηγές φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών

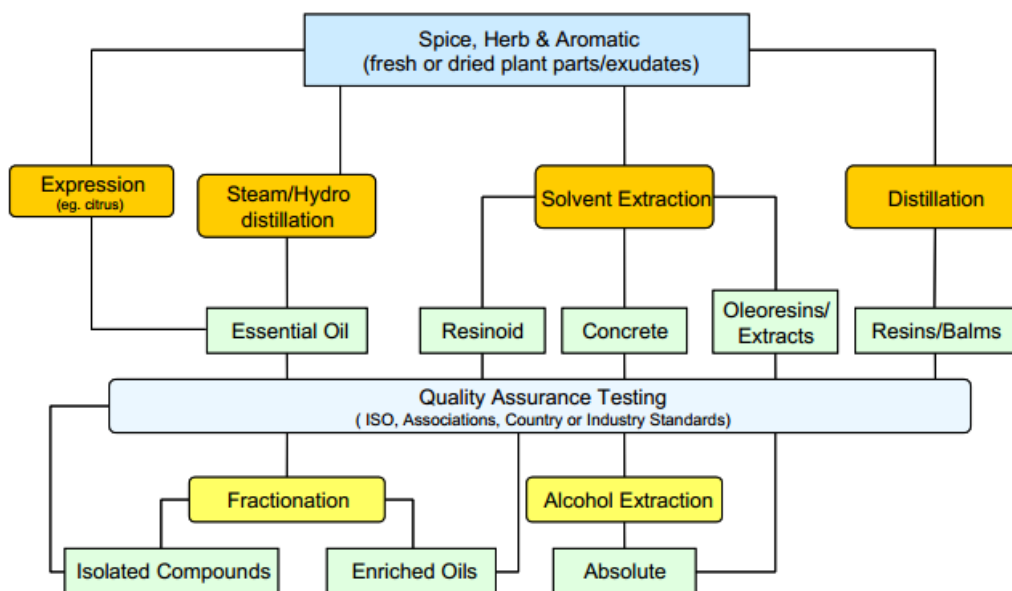
Οι φυσικά προερχόμενες αντιμικροβιακές ουσίες απαντώνται στα φυτά, τα βότανα και τα μπαχαρικά και κατ' επέκταση και στα παραγόμενα από αυτά εκχυλίσματα, έλαια και ενώσεις. Πολλά σε αριθμό φυτά, βότανα και μπαχαρικά είναι γνωστά και χρησιμοποιούνται και για τον αντιμικροβιακό τους ρόλο πέρα από τον αρωματικό. Στον Πίνακα 3 φαίνονται κάποια από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα αρωματικά φυτά, βότανα και μπαχαρικά.

Πίνακας 3: Αρωματικά φυτά και οι σημαντικότερες αντιμικροβιακές ενώσεις τους (Χανιώτη, 2010)

Φυτά, Βότανα και Μπαχαρικά	Σημαντικότερα συστατικά
Ινδοπιπέρι (<i>Pimenta dioica</i>)	Eugenol, methyl ether cineol
Βασιλικός (<i>Ocimum basilicum</i>)	d-linalool, methyl chavicol, eugenol, cineol, geraniol
Μαύρο πιπέρι (<i>Piper nigrum</i>)	Monoterpenes, sesquiterpenes
Δάφνη (<i>Laurus nobilis</i>)	Cineol, l-linalool, eugenol, geraniol
Κάρυον κυμινοειδές (<i>Carum carvi</i>)	Carvone, limonene
Σέλινο (<i>Apium graveolens</i>)	d-limonene
Κανέλλα (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>)	Cinnamic aldehyde, l-linalool, p-cymene, eugenol
Γαρύφαλλο (<i>Syzygium aromaticum</i>)	Eugenol, cariofilene
Κοριάνδρος (<i>Coriandum sativum</i>)	d-linalool, d- α -pinene, α -pinene
Κύμινο (<i>Cuminum cyminum</i>)	Cuminaldehyde, p-cymene
Μάραθο (<i>Foeniculum vulgare</i>)	Anethole
Σκόρδο (<i>Allium sativum</i>)	Diallyl disulfide, diethyl sulfide, diallyl trisulfide, allicin
Λεμόνι (<i>Cymbopogon citratus</i>)	Citral, geraniol
Μαντζουράνα (<i>Origanum majorana</i>)	Linalool, cineol, methyl chavicol,

	eugenol, terpineneol
Μουστάρδα (<i>Brassica hirta</i>)	Allyl-isothiocyanate
Κρεμμύδι (<i>Allium cepa</i>)	d-n-propyl disulfide, methyl-n-propyl disulfide
Ρίγανη (<i>Origanum vulgare</i>)	Thymol, carvacrol, α -pinene, p-cymene
Μαϊντανός (<i>Petroselinum crispum</i>)	α -pinene, fenol-eter-apiol
Δενδρολίβανο (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	Borneol, cineol, camphor, α -pinene, bornyl acetate
Φασκόμηλο (<i>Salvia officinalis</i>)	Thujone, cineol, borneol, thymol, eugenol
Τραχούρι (<i>Artemisia dracunculus</i>)	Methyl chavicol, anethole
Θυμάρι (<i>Thymus vulgaris</i>)	Thymol, carvacrol, l-linalool, geraniol, p-cymene
Βανίλια (<i>Vanilla planifolia</i>)	Vanillin, vanillic, p-hydroxybenzoic, p-coumaric acids

Οι κυριότερες χρησιμοποιούμενες μορφές ενσωμάτωσης των φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών στα τρόφιμα, ως αντιμικροβιακά, είναι το αιθέριο έλαιο και η ελαιορητίνη. Οι μορφές αυτές παράγονται από την πρώτη ύλη (καρπούς και φύλλα) μέσω φυσικών κυρίως διεργασιών όπως εκχύλιση και απόσταξη, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 38.



Εικόνα 38: Διαδικασία επεξεργασίας αρωματικών φυτών και καρπών προς μερική απομόνωση δραστικών ουσιών (Douglas M., 2005)

Η διαφορά μεταξύ αιθερίου ελαίου και ελαιορητίνης είναι το ότι το έλαιο προκύπτει με απλή απόσταξη με ατμό από την πρώτη ύλη (σπόρος, καρπός ή φύλλα) και περιέχει μόνο το πτητικό περιεχόμενο της πρώτης ύλης, ενώ η ελαιορητίνη παράγεται από εκχύλιση της

πρώτης ύλης με οργανικούς διαλύτες –οι οποίοι απομακρύνονται σε επόμενο στάδιο επεξεργασίας– και περιέχει τόσο το πτητικό περιεχόμενο όσο και το μη πτητικό περιεχόμενο της πρώτης ύλης. Το πτητικό περιεχόμενο αποτελείται κυρίως από υδρογονάνθρακες (όπως τερπένια) και οξυγονούχες ενώσεις (αλκοόλες, αλδεΐδες, κετόνες και εστέρες), ενώ το μη πτητικό περιεχόμενο αποτελείται από κηρούς και παραφίνες. Καθώς η ελαιορητήνη περιέχει και το μη πτητικό περιεχόμενο της πρώτης ύλης, θεωρείται πιο «ολοκληρωμένος» αρωματικός παράγοντας από το αιθέριο έλαιο (Ockerman H.W. 2003).

4.3 Ρόλος – δράση αντιμικροβιακών ουσιών

Η αντιμικροβιακή δράση των αιθερίων ελαίων και των ελαιορητινών εξαρτάται από τη μέθοδο παραλαβής τους, αλλά και από την αρχική ποιότητα της πρώτης ύλης. Μεταξύ του ίδιου είδους φυτού, τα συστατικά ενδέχεται να διαφέρουν και ακόμη και ο διαφορετικός τρόπος καλλιέργειας μπορεί να επιδράσει στη σύνθεση του φυτού και άρα και του παραγόμενου προϊόντος.

Μερικά εκχυλίσματα φυτών διαθέτουν ευρύ φάσμα βιολογικών επιδράσεων, ενώ άλλα μπορεί να δρουν συγκεκριμένα προς ορισμένες ομάδες μικροοργανισμών, όπως τα Gramm – θετικά ή Gramm – αρνητικά βακτήρια, ή μόνο προς τα βακτήρια και όχι προς τους μύκητες. Μερικά έλαια από εκχυλίσματα φυτών επηρεάζουν συγκεκριμένες βιοχημικές και μεταβολικές λειτουργίες, όπως η αναπνοή ή η παραγωγή τοξινών και οξέων, καταδεικνύοντας ότι τα ενεργά συστατικά που περιέχονται σε αυτά μπορούν να έχουν διαφορετική δράση όσον αφορά τις περιοχές-στόχους στα μικροβιακά κύτταρα. Διάφορες έρευνες πάνω στις αντιμικροβιακές ιδιότητες των φυτών έχουν επικεντρωθεί στη συμβολή των τερπενίων, εντούτοις, λίγες από αυτές έχουν προχωρήσει τόσο πολύ, ώστε να επιχειρήσουν την απομόνωση και τον προσδιορισμό του αντιμικροβιακού μέρους των εκχυλισμάτων και ακόμη λιγότερες παρέχουν στοιχεία σχετικά με το μηχανισμό δράσης τους.

Η αντιμικροβιακή επίδραση των φαινολικών ενώσεων εξαρτάται από την συγκέντρωσή τους. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις οι φαινολικές ενώσεις επηρεάζουν τη δραστηριότητα των ενζύμων, ειδικά εκείνων που συνδέονται με την ενεργειακή παραγωγή. Σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις οι φαινόλες προκάλεσαν μέχρι και αλλοιώσεις των

πρωτεϊνών. Η επίδραση των φαινολικών ουσιών στη μικροβιακή ανάπτυξη και την παραγωγή τοξινών πιθανότατα οφείλεται στην ικανότητα αυτών να μεταβάλλουν τη διαπερατότητα της μικροβιακής μεμβράνης, οδηγώντας σε απώλεια των μακρομορίων στο εσωτερικό. Μπορούν ακόμα να αλληλεπιδράσουν με τις πρωτεΐνες της κυτταρικής μεμβράνης, προκαλώντας παραμόρφωση στη δομή και τη λειτουργία της.

Η αντιμικροβιακή δραστηριότητα των εκχυλισμάτων και των ελαίων έναντι των μυκήτων μπορεί να αποτελείται της διαταραχής διαφόρων ενζυμικών συστημάτων που περιλαμβάνονται στην παραγωγή ενέργειας και τη σύνθεση δομικών συστατικών. Μόλις η φαινολική ένωση διαπερνά την κυτταρική μεμβράνη, οι αλληλεπιδράσεις με τα ένζυμα και τις πρωτεΐνες, της προκαλούν αντίθετη ροή πρωτονίων, επηρεάζοντας τη δραστηριότητά της.

Τα καρυκεύματα και τα βότανα χρησιμοποιούνται σε εύρος 0,05-0,1 % στα διάφορα συστήματα τροφίμων. Ορισμένα φυσικά συστατικά έχουν ισχυρότερη αντιμικροβιακή δράση σε σχέση με άλλα και μπορεί να είναι αποτελεσματικά σε συγκεντρώσεις της τάξης των 1000 ppm. Παρόλα αυτά, μερικά φυσικά αντιμικροβιακά απαιτούν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις. Τα φυσικά αντιμικροβιακά συστατικά επιδρούν κυρίως στο στρώμα φωσφολιπιδίων της κυτταρικής μεμβράνης των παθογόνων μικροοργανισμών.

Η καρβακρόλη εμποδίζει τη σύνθεση της πρωτεΐνης φλαγγελίνης στο βακτήριο *E. coli* O157:H7. Υπάρχουν αναφορές ότι το άρωμα και η γεύση της ρίγανης ενισχύεται, όταν εφαρμόζεται στα τρόφιμα σε επίπεδο 1%. Η δραστηριότητα των φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η μέθοδος εξαγωγής των αιθερίων ελαίων από τα φυτά και η φάση ανάπτυξης των μικροοργανισμών καθώς και από το pH του τροφίμου, την περιεκτικότητά του σε λίπος, τις πρωτεΐνες, την ενεργότητα του νερού, το χρόνο και τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

Οι αντιμικροβιακές ιδιότητες των εκχυλισμάτων από διάφορα φυτά που χρησιμοποιούνται ως ενισχυτικοί παράγοντες της γεύσης και του αρώματος στα τρόφιμα, έχουν αναγνωριστεί εδώ και πολλά χρόνια. Εντούτοις, δεν έχουν αναφερθεί πολλά στοιχεία σχετικά με την επίδραση των εκχυλισμάτων και των ελαίων σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες στη μικροβιακή ανάπτυξη. Η χρήση τους ως ολικά ή μερικά

υποκατάστατα των συνήθων αντιμικροβιακών συντηρητικών πρέπει να αξιολογηθεί μόνη της ή/και σε συνδυασμό με παραδοσιακούς παράγοντες – εμπόδια συντήρησης (π.χ. με τη θερμοκρασία αποθήκευσης, το pH, την ενεργότητα του νερού, τη συσκευασία, τη συσκευασία υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα κτλ.). Τα αποτελέσματα αυτά είναι ενδεχομένως πολύ χρήσιμα για τους ερευνητές που συμμετέχουν στην παραγωγή προϊόντων με την τεχνολογία των εμποδίων, καθώς μπορούν να αξιολογούν γρήγορα την επίδραση της αλλαγής οποιουδήποτε συνδυασμού των μελετώμενων μεταβλητών.

Στα αρωματικά φυτά συνήθως περιέχονται περισσότερες της μίας αντιμικροβιακές ουσίες, γεγονός που σημαίνει συνεργιστική ή ανταγωνιστική δράση. Έχουν γίνει διάφορες μελέτες πάνω στη συνέργεια ή μη της δραστηριότητας ενώσεων που προέρχονται είτε από ένα αιθέριο έλαιο, είτε από συνδυασμό δύο ή περισσότερων πηγών αντιμικροβιακών ουσιών.

Η συνέργεια μεταξύ της καρβακρόλης και του p-κυμένιου, μπορεί να διευκολύνει τη μεταφορά της καρβακρόλης στο κύτταρο, διογκώνοντας έτσι το κυτταρικό τοίχωμα του *B. cereus*. Η αντιμικροβιακή δράση του συνδυασμού των αιθερίων ελαίων της κανέλας και του σκόρδου, έδειξε καλύτερα αποτελέσματα. Η θυμόλη και η καρβακρόλη σε συνδυασμό με την ευγενόλη έδειξαν συνεργιστικά και ανταγωνιστικά αποτελέσματα με διαφορετικούς συνδυασμούς με τα αιθέρια έλαια του κορίανδρου, του ευκαλύπτου και του άνηθου έναντι των βακτηρίων *Staphylococcus* sp., *Micrococcus* sp., *Bacillus* sp. και *Enterobacter* sp. Η συσκευασία υπό κενό σε συνδυασμό με το αιθέριο έλαιο της ρίγανης παρουσιάζει συνεργιστικό αποτέλεσμα κατά του βακτηρίου *L.monocytogenes*.

Το διαθέσιμο οξυγόνο είναι ένας άλλος παράγοντας ανταγωνιστικότητας για τα αιθέρια έλαια, αφού μειώνοντας τα επίπεδα οξυγόνου, η ευαισθησία των μικροοργανισμών σε αυτά αυξάνεται. Επίσης, η εφαρμογή της νισίνης με τη καρβακρόλη ή τη θυμόλη, έχει θετικό αποτέλεσμα κατά του βακτηρίου *Bacillus cereus* και η εφαρμογή της νισίνης με το εκχύλισμα δενδρολίβανου ενισχύει την αντιβακτηριακή δράση της νισίνης. Τέλος τα αιθέρια έλαια της ρίγανης σε συνδυασμό με συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας έχει θετικά αποτελέσματα στην επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του κοτόπουλου και τα αιθέρια έλαια του σκόρδου εμποδίζουν την ανάπτυξη του *Clostridium perfringens* σε συγκέντρωση 0,4% v/w (Davidson P.M. 2005, Simpson C.A. 2009, Bakkali F. 2008).

4.4 Κορίανδρος

4.4.1 Εισαγωγή

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, μελετήθηκε η αντιμικροβιακή δράση του κοριάνδρου, σε μορφή ελαιορητίνης. Ο κορίανδρος –ή κόλιανδρος ή κόλιαντρος– είναι ένα φυτό γνωστό από την αρχαιότητα για τις αρωματικές και ιαματικές του ιδιότητες. Ιστορικά στοιχεία αναφέρουν πως ο Ιπποκράτης χρησιμοποιούσε τον κορίανδρο ως φάρμακο, πως σπόροι κοριάνδρου βρέθηκαν μέσα στον τάφο του Ραμσή ΙΙ, πως οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι τον χρησιμοποιούσαν ως αρωματικό πρόσθετο σε κρασί, πως θεωρείτο το «αρωματικό της ευτυχίας». Η χρήση του κοριάνδρου είτε ως αρωματικό μέσο είτε ως ίαμα χρονολογείται περίπου στα 7000 χρόνια. Οι ιαματικές του ιδιότητες περιλαμβάνουν καταπολέμηση της διάρροιας, διευκόλυνση της σύλληψης, καταπολέμηση στομαχικών διαταραχών, λιποδιαλυτική δράση και άλλα. Επίσης έχει αποδεδειγμένες αντιβακτηριδιακές και αντιμυκητιακές ιδιότητες. Το αιθέριο έλαιο του κοριάνδρου θεωρείται το δεύτερο σημαντικότερο στον κόσμο –μετά το αιθέριο έλαιο του πορτοκαλιού– με ετήσιο τζίρο περίπου 50 εκατομμυρίων δολαρίων. Η χρήση του κοριάνδρου στα τρόφιμα (είτε σε αυτούσια μορφή, είτε σε επεξεργασμένη μορφή), είναι κυρίως αρωματική.

4.4.2 Σύνθεση

Έρευνες αναφέρουν πως στο σπόρο του κοριάνδρου ανιχνεύονται τουλάχιστον 122 ενώσεις, με τον τελικό αριθμό να ξεπερνά τις 200. Από αυτές, οι σημαντικότερες είναι 18 και το ποσοστό τους στο έλαιο αγγίζει το 97%. Στον Πίνακα 4 φαίνεται η κατηγοριοποίησή τους ανάλογα με τον τύπο τους καθώς και τα ενδεικτικά ποσοστά τους. Αναφέρεται πως οι ενώσεις που ανιχνεύονται στο έλαιο του κοριάνδρου είναι σε ποσοστό 30% τερπένια και σε ποσοστό 70% οξυγονούχες ενώσεις. Ακόμη, έρευνα «αποσύνθεσης και επανασύνθεσης» απέτυχε να αναπαράγει τον αρωματικό χαρακτήρα του ελαίου, γεγονός το οποίο αποδεικνύει πως οι ενώσεις που περιέχονται σε ίχνη (<0,01%) έχουν σημαντικό ρόλο στο αρωματικό αποτέλεσμα. (Burdock G.A., 2009) (Smallfield, 2003)

Πίνακας 4: Τυπική ανάλυση σύνθεσης ελαίου κοριάνδρου. (Burdock G.A., 2009)

Τύπος ένωσης	Ονομασία	Ποσοστό (%)
--------------	----------	-------------

Αλκοόλες	linalool	60-80
	geraniol	1,2-4,6
	terpinen-4-ol	Ίχνη-3
	α-terpineol	<0,5
Υδρογονάνθρακες	γ-terpinene	1-8
	r-cymene	Ίχνη- 3,5
	limonene	0,5-4
	α-pinene	0,2-8,5
	camphene	Ίχνη-1,4
	myrcene	0,2-2
Κετόνες	camphor	0,9-4,9
Εστέρες	geranyl acetate	0,1-4,7
	linalyl acetate	Ίχνη-2,7
Κουμαρίνες/Φουρανοκουμαρίνες	umbelliferone	Ίχνη
	bergapten.	Ίχνη

Η σύνθεση του ελαίου, όχι τόσο σε αριθμό ενώσεων όσο σε ποσοτική αναλογία, εξαρτάται από τον τόπο καλλιέργειας, το κλίμα, τη χρήση φυτοφαρμάκων καθώς και το γενετικό προγραμματισμό. Μεγάλη επίδραση στη σύνθεση του ελαίου διαδραματίζει και η ωριμότητα των καρπών κατά την παραγωγή ελαίου όπως φαίνεται και στην Εικόνα 39.

Constituents	Percent of total identified for particular stage		
	Initial	Mid-stage	Mature
Geranyl acetate	46.72	2.85	<1.0
Linalool	10.96	76.33	87.54
p-Cymene-8-ol	1.36	Trace	Trace
Nerol	1.53	Trace	Trace
Neral	1.42	<1.0	<1.0
Carvacrol	1.04	<1.0	<1.0
cis-Dihydrocarvone	<1.0	3.21	2.36
Anethole	<1.0	1.41	<1.0
Thymol	<1.0	<1.0	1.85
Other substances (32)	<1.0	<1.0	<1.0
Total quantity identified	66.29	86.91	95.39

Εικόνα 39: Σύνθεση αιθερίου ελαίου κοριάνδρου σε διάφορα στάδια ωρίμανσης των καρπών (Burdock G.A., 2009)

4.4.3 Αντιμικροβιακή δράση

Έχουν γίνει πολλές μελέτες οι οποίες αφορούν την αντιμικροβιακή δράση του κορίανδρου. Αναφέρεται πως το αιθέριο έλαιο του κορίανδρου αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για ένα μεγάλο εύρος μικροοργανισμών, στο οποίο ανήκουν οι: *Aspergillus ochraceus* NRRL 3174, *Aspergillus parasiticus* NRRL 2999, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus haemolyticus*, *B. Subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *E. coli*, κάποια είδη *Klebsiella* και *Proteus vulgaris*. Σε κάποιους μικροοργανισμούς το έλαιο ανέστειλε πλήρως την ανάπτυξη, ενώ σε άλλους απλά την επιβράδυνε. Η ποσότητα ελαίου που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε μελέτη ήταν ελαφρώς διαφορετική, όμως ποσότητα της τάξης του 0,5% (κ.ό.) φάνηκε να είναι αποτελεσματική στις περισσότερες περιπτώσεις.

Σε έρευνα που έγινε, μελετήθηκε μεταξύ άλλων ο αντιμικροβιακός χαρακτήρας του κορίανδρου έναντι στελεχών βακτηρίων, μυκήτων και μούχλων τα οποία εμφανίζονται συχνότερα σε προϊόντα τροφίμων που αποθηκεύονται υπό ψύξη. Τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά ακόμη και για μικρή συγκέντρωση ελαίου κορίανδρου, όπως φαίνονται και στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5: Αντιμικροβιακή δράση ελαίου κορίανδρου σε στελέχη παθογόνων μικροοργανισμών (Alves-Silva J.M., 2013)

Είδος μικροβίου	Γένος	Ελάχιστη συγκέντρωση παρεμπόδισης (μL/mL)
Βακτήρια	<i>L. innocua</i>	10
	<i>Ae. hydrophila</i>	5
	<i>Ac. denitrificans</i>	10
	<i>Al. faecalis</i>	5
	<i>E. amnigenus</i>	5
	<i>E. gergoviae</i>	5
	<i>S. marcescens</i>	10
	<i>Ps. fragi</i>	10
	<i>Sh. putrefaciens</i>	10
Μύκητες	<i>Y. lipolytica</i>	2.5
	<i>S. cerevisiae</i>	2.5

	<i>C. zeylanoides</i>	1.25
	<i>D. hansenii</i>	0.31
	<i>Pi. carsonii</i>	5
Μούχλες	<i>M. racemosus</i>	20
	<i>A. alternata</i>	20
	<i>P. chrysogenum</i>	20

Η θέση της αντιμικροβιακής δράσης του κορίανδρου ανάμεσα στα άλλα αρωματικά φυτά και μπαχαρικά είναι αρκετά υψηλή. Σύμφωνα με μια έρευνα, ο κορίανδρος κατατάσσεται τρίτος σε σειρά μειούμενης αντιμικροβιακής δράσης, μετά τη ρίγανη και το σκόρδο, ενώ ακολουθούν η κανέλα, το θυμάρι, η μέντα, το δεντρολίβανο, οι σπόροι μουστάρδας και το φασκόμηλο (Burt 2004, Tajkarimi 2010, Burdock 2009, Siri 2012, Alves-Silva 2013, Delaquis 2002).

4.5 Προσθήκη αντιμικροβιακών ουσιών στα ζυμαρικά

Στη βιβλιογραφία έχει αναφερθεί σχετικά περιορισμένος αριθμός παραδειγμάτων ενσωμάτωσης αντιμικροβιακού παράγοντα σε φρέσκα ζυμαρικά και από τα παραδείγματα αυτά ελάχιστα αναφέρονται σε αντιμικροβιακούς παράγοντες προερχόμενους από φυσικά αρωματικά φυτά και μπαχαρικά. Συνήθως γίνεται χρήση οργανικών οξέων (όπως το σορβικό, το προπιονικό και το οξικό οξύ) και ενζύμων/πεπτιδίων (όπως η λυσοζύμη και η νισίνη), τα οποία αναστέλλουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Σε μελέτη που έγινε το 2009, ερευνήθηκε η αντιμικροβιακή δράση φυσικών ουσιών ενσωματωμένων σε φρέσκα ζυμαρικά. Οι ενώσεις αυτές ήταν η θυμόλη, το εκχύλισμα λεμονιού, η χιτοζάνη και το εκχύλισμα σπόρου από γκρέιπφρουτ και μελετήθηκε η δράση τους κατά των μεσοφιλικών (mesophilic) και ψυχοτροφικών (psychrotrophic) βακτηρίων, των συνολικών αποικιών, των μυκήτων και των μούχλων, καθώς και κατά του *Staphylococcus* spp. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η χιτοζάνη και το εκχύλισμα του σπόρου από γκρέιπφρουτ είχαν την καλύτερη επίδοση, ενώ η θυμόλη και το εκχύλισμα λεμονιού δεν φάνηκαν εξίσου δραστικά. Σε μελέτη που έγινε το 2008, ερευνήθηκε η αντιμυκητιακή δράση του λιναρόσπορου σε μορφή αλεύρου, ως συστατικό

ασιατικών ζυμαρικών. Τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά, ακόμη και για μικρή συγκέντρωση του αλεύρου (Del Nobile 2009, Yingying 2008).

Έρευνες έχουν γίνει και για την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών ουσιών (προς το παρόν όχι προερχόμενων από αρωματικά φυτά) σε βιοδιασπώμενες, εδώδιμες ή απλές μεμβράνες οι οποίες περιβάλλουν φρέσκα ζυμαρικά. Η χρήση μεμβρανών με ενσωματωμένο αντιμικροβιακό προστατεύει το ζυμαρικό –και κάθε τρόφιμο– από μικροβιακή ανάπτυξη και εμφάνιση αλλοιώσεων, ενώ παράλληλα δεν επιφέρει αλλαγές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου, κάτι που μπορεί να συμβεί αν το αντιμικροβιακό ενσωματωθεί απευθείας στο τρόφιμο (Talita Pires de Camargo Andrade-Molina 2013, Han 2014).

ΜΕΡΟΣ II

Κεφάλαιο 5: Πειραματικό μέρος

5.1 Σκοπός

Τα πειράματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας εκτελέστηκαν στο εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Αντικείμενο της εργασίας ήταν η παραγωγή φρέσκων διατηρούμενων υπό ψύξη ζυμαρικών εμπλουτισμένων με φυσικά αρωματικά/ αντιμικροβιακά συστατικά και με πηγές φυτικών ινών. Τα φυσικά αντιμικροβιακά συστατικά έχουν σκοπό την αύξηση της διατηρησιμότητας των προϊόντων όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση των φρέσκων ζυμαρικών, ενώ επιπλέον συνεισφέρουν με τον αρωματικό τους χαρακτήρα και στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων. Στην εργασία επιλέχθηκε ο κορίανδρος ως φυσικό αρωματικό/αντιμικροβιακό συστατικό σε μορφή ελαιορητίνης ως έχει ή εγκλεισμένης σε εδώδιμους φορείς. Από την άλλη πλευρά οι φυτικές ίνες ως λειτουργικά

συστατικά προσφέρουν πλεονεκτήματα στη διατροφή και τα ζυμαρικά αποτελούν ένα πολύ καλό «όχημα» για εμπλουτισμό με πηγές ινών. Ως πηγές ινών επιλέχθηκαν ινουλίνη, πίτουρο βρώμης και ίνες καρότου.

Σκοπός της εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης των προστιθέμενων συστατικών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φρέσκων ζυμαρικών κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.

Πιο συγκεκριμένα σε εργαστηριακά παρασκευασμένα φρέσκα ζυμαρικά (μήκους περίπου 20cm και πλάτους περίπου 0.7cm) μελετήθηκε η προσθήκη του φυσικού αρωματικού/αντιμικροβιακού κορίανδρου σε μορφή ελαιορητίνης είτε ως έχει είτε εγκλεισμένης σε τρεις διαφορετικούς φορείς (αραβικό κόμμα, αραβικό κόμμα σε συνδυασμό και τροποποιημένο άμυλο και χιτοζάνη σε συνδυασμό με τροποποιημένο άμυλο) και σε δύο ποσοστά προσθήκης με σκοπό να βρεθεί η επίδραση της μορφής και του ποσοστού προσθήκης (1mL ή 2mL στον συνολικό όγκο του ζυμαριού) στα αντικειμενικά (υφή, χρώμα, ενεργότητα νερού) και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά ποιότητας των φρέσκων ζυμαρικών όπως και η επίδραση στη διατηρησιμότητά τους μέσω παρακολούθησης της μεταβολής των μικροβιολογικών παραμέτρων (ανάπτυξη ολικής μικροβιακής χλωρίδας και συνόλου μουχλών και ζυμών) όπως και των άλλων ποιοτικών χαρακτηριστικών κατά την αποθήκευση σε ψύξη.

Αντίστοιχα μελετήθηκε σε εργαστηριακά παρασκευασμένα φρέσκα ζυμαρικά (μήκους περίπου 20cm και πλάτους περίπου 0.7cm) η προσθήκη τριών πηγών φυτικών ινών: ινουλίνης, πίτουρου βρώμης και ινών καρότου σε διαφορετικά ποσοστά (7.5%, 10%, 12.5% και 15% επί του βάρους του σιμιγδαλιού) με σκοπό να βρεθεί η επίδραση του είδους και του ποσοστού ινών στα αντικειμενικά (υφή, χρώμα, ενεργότητα νερού και χαρακτηριστικά βρασίματος) και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά ποιότητας των φρέσκων ζυμαρικών όπως και η επίδραση στη διατηρησιμότητά τους μέσω παρακολούθησης της μεταβολής των ποιοτικών χαρακτηριστικών κατά την αποθήκευση σε ψύξη.

Ανακεφαλαιώνοντας, σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η μελέτη αφενός της επίδρασης του αντιμικροβιακού παράγοντα κορίανδρου στα μικροβιολογικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των φρέσκων ζυμαρικών και αφετέρου της επίδρασης της

ενσωμάτωσης φυτικών ινών (ινουλίνης, πίτουρου βρώμης και ινών καρότου) στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φρέσκων ζυμαρικών.

5.2 Συσκευές, όργανα και υλικά

Για την παρασκευή των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά:

- Σιμιγδάλι (χορηγία της εταιρείας «Ήλιος»)
- Νερό πόσιμο
- Ελαιορητίνη κοριανδρού (WONIF 30-09, Biotreck S.A.C.I.)
- Αραβικό κόμμι
- Τροποποιημένο άμυλο
- Χιτοζάνη
- Ινουλίνη (Fibruline standart, Άστρον Χημικά Α.Ε.)
- Πίτουρο βρώμης (HF 600, Vitacel)
- Απομονωμένες ίνες καρότου (GN Carrot Fibre LP)

Για τις μικροβιολογικές αναλύσεις των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά:

- Υπόστρωμα Plate-Count Agar (PCA, Oxoid CM0325)
- Υπόστρωμα Rose Bengal Chloramphenicol agar B C (RBC, Merck KGaA)
- Διάλυμα Maximum Recovery Diluent (MRD, Oxoid CM0733)
- Απιονισμένο νερό

Κατά την παρασκευή των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω όργανα:

- Ψυγείο στους 4°C
- Ηλεκτρονικός ζυγός (620C της Precisa Instruments)
- Ηλεκτρικό μίξερ (Kenwood)
- Χρονόμετρο
- Ποτήρια ζέσεως
- Υδατόλουτρο

Κατά τη μικροβιολογικές αναλύσεις των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα όργανα:

- Συσκευή αποστείρωσης (αυτόκλειστο της Webeco)
- Υδατόλουτρο (Kotterman)
- Συσκευή ομογενοποίησης (Stomacher BagMixer της InterScience)
- Καμινέτο γκαζιού
- Ηλεκτρονικός ζυγός (620C της Precisa Instruments)
- Ψεκαστήρας με οινόπνευμα
- Τρυβλία για μικροβιολογική ανάλυση
- Αποστειρωμένα σωληνάκια όγκου 10mL
- Στατό
- Πουάρ
- Πιπέτες των 1000μL και των 100 μL με τα αντίστοιχα tips
- Γυάλινο τρίγωνο
- Σπαθίδα παραλαβής δείγματος
- Αποστειρωμένα σακουλάκια
- Αλουμινόχαρτο

Για τη μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες συσκευές:

- Μέτρηση χαρακτηριστικών υφής: αναλυτής υφής TA-XT2 (Stable Micro Systems) με το στέλεχος TA-4 (κοπίδι)
- Μέτρηση παραμέτρων χρώματος: χρωματόμετρο CR-200 (Konica-Minolta)
- Μέτρηση ενεργότητας δειγμάτων: μετρητής ενεργότητας Aqualab 3TE water activity meter (Decagon Devices Inc. Pullman, WA, USA)
- Μέτρηση θερμικών χαρακτηριστικών: συσκευή DSC (DSC 6, PerkinElmer Inc., Wellesley, USA)

Επίσης χρησιμοποιήθηκαν:

- Ύαλοι ωρολογίου

- Ποτήρια ζέσεως
- Φύλλο πολυαιθυλενίου
- Πλαστικά δοχεία φύλαξης

5.3 Πειραματική διαδικασία

Παρασκευή δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών

Ποσότητα σιμιγδαλιού (περίπου 200g) ζυγισμένη με ακρίβεια δυο δεκαδικών ψηφίων εισάγεται στον κάδο του μίξερ και ακολούθως προστίθεται σε αυτήν ποσότητα νερού (περίπου 90g) ζυγισμένη με ακρίβεια δυο δεκαδικών ψηφίων (σε θερμοκρασία δωματίου). Ξεκινά η ανάμιξη με το εξής χρονο-πρόγραμμα: αρχικά στο 2 της κλίμακας όπου διατηρείται για 10 min και στη συνέχεια σταδιακά αυξάνεται μέχρι το 3 της κλίμακας όπου διατηρείται για άλλα 10 min περίπου. Αν κριθεί απαραίτητο διακόπτεται η λειτουργία του μίξερ για αποκόλληση ποσότητας συστατικών που έχουν κολλήσει στα τοιχώματα. Το παρασκευασμένο ζυμάρι αφήνεται να ηρεμήσει για 2-3 min και ξεκινά η διαδικασία φυλλοποίησης. Ανάλογα με την ποσότητα του ζυμαριού, αυτό χωρίζεται σε 2 ή 3 μέρη για διευκόλυνση της διαδικασίας. Τα μέρη που δεν πλάθονται φυλάσσονται τυλιγμένα σε διαφανή πλαστική μεμβράνη σε θερμοκρασία δωματίου. Η φυλλοποίηση γίνεται με τη βοήθεια κατάλληλης μηχανής με κυλίνδρους. Οι διαθέσιμες ενδείξεις πάχους του φύλλου ξεκινούν από το 1 και καταλήγουν στο 7. Δόκιμο πάχος για τα φρέσκα ζυμαρικά θεωρήθηκε η ένδειξη 6, η οποία αντιστοιχεί σε πάχος περίπου 1mm. Το ζυμάρι περνά από τους κυλίνδρους στην ένδειξη 1 δύο φορές –ή και παραπάνω αν κριθεί απαραίτητο στην αρχή- με αναστροφή του μέρους εισαγωγής του και στη συνέχεια το σχηματισμένο φύλλο διπλώνεται στη μέση και ξαναπερνά άλλες δύο φορές από τους κυλίνδρους. Στη συνέχεια η απόσταση των κυλίνδρων μειώνεται στην ένδειξη 2. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι την ένδειξη 5. Αν το φύλλο που έχει σχηματιστεί είναι αρκετά μακρύ, τότε κόβεται σε δυο ίσα μέρη, ειδάλως η διαδικασία συνεχίζεται ως έχει και στην ένδειξη 6. Μετά το πέρας της φυλλοποίησης, τοποθετείται η ειδική κεφαλή (μήτρα) για τη σχηματοποίηση των ζυμαρικών και το φύλλο μετατρέπεται σε ζυμαρικό. Το πάχος των ζυμαρικών είναι σταθερό και ίσο με 1mm ενώ το μήκος τους κυμαίνεται από 20 έως 25 cm ανάλογα με τις διαστάσεις του φύλλου. Αν κριθεί απαραίτητο απομακρύνονται κάποια κακοτεμαχισμένα τμήματα. Τα ζυμαρικά μεταφέρονται σε

αντικολλητική επιφάνεια και αλευρώνονται ελαφρά για να μην κολλήσουν μεταξύ τους. Στη συνέχεια ορισμένος αριθμός ζυμαρικών (περίπου 20 τεμάχια, αριθμός υπολογισμένος ώστε να επαρκεί για τις αναλύσεις/μετρήσεις) εισάγεται σε κατάλληλους πλαστικούς περιέκτες. Τα δείγματα ικανά σε αριθμό ανά σειρά και ώστε να επαρκούν για την παρακολούθηση της μεταβολής των ποιοτικών χαρακτηριστικών για τον προβλεπόμενο χρόνο ζωής των προϊόντων αποθηκεύονται υπό ψύξη σε θερμοκρασία 4°C περίπου. Η ημέρα εισόδου των έτοιμων δειγμάτων στο ψυγείο λαμβάνεται ως 1^η ημέρα αποθήκευσης.

Παρασκευή δειγμάτων με προσθήκη αρωματικού/αντιμικροβιακού παράγοντα

Για τη μελέτη του αρωματικού/αντιμικροβιακού χαρακτήρα του κορίανδρου, ο κορίανδρος, σε μορφή ελαιορητίνης, προστίθεται ενδιάμεσα κατά την ανάμιξη των υλικών με σκοπό τη μέγιστη δυνατή προστασία του αρώματός του. Αν το αρωματικό προστίθεται σε εγκλεισμένη μορφή η προσθήκη γίνεται κατά την έναρξη της ανάμιξης των υλικών. Αναλυτικότερα η διαδικασία για την προσθήκη των διαφόρων μορφών ελαιορητίνης κορίανδρου περιγράφεται παρακάτω.

Μορφή ελαιορητίνης

Ακολουθείται η διαδικασία για την παρασκευή του ζυμαριού όπως προαναφέρθηκε και στα πρώτα 10 min της ανάμιξης διακόπτεται η λειτουργία του μίξερ για να γίνει η προσθήκη. Η απαραίτητη ποσότητα (μετρούμενη κατ' όγκο) ελαιορητίνης η οποία βρίσκεται σε θερμοκρασία δωματίου λαμβάνεται με πιπέτα και προστίθεται στο περιεχόμενο του μίξερ. Η ανάμιξη συνεχίζεται για 10 min και στη συνέχεια ακολουθείται η περαιτέρω διαδικασία φυλλοποίησης και παρασκευής των δειγμάτων.

Εγκλεισμένη μορφή

Ζυγίζεται η κατάλληλη ποσότητα σιμιγδαλιού και τοποθετείται στον κάδο του μίξερ. Σε ποτήρι ζέσεως ζυγίζεται η κατάλληλη ποσότητα νερού και τοποθετείται σε υδατόλουτρο προκειμένου να αποκτήσει θερμοκρασία 30-40 °C. Η θέρμανση γίνεται με κάλυψη του ποτηριού, ώστε να περιοριστούν οι απώλειες λόγω εξάτμισης. Όταν το νερό φτάσει στην επιθυμητή θερμοκρασία, προστίθεται σε αυτό κατάλληλη ποσότητα εγκλεισμένου

αρωματικού κοριάνδρου και ακολουθεί ανάδευση μέχρι την πλήρη διαλυτοποίησή του. Στη συνέχεια το νερό με το αρωματικό/αντιμικροβιακό προστίθεται στον κάδο του μίξερ και ακολουθεί η περαιτέρω διαδικασία ανάμιξης, φυλλοποίησης και παρασκευής των δειγμάτων.

Παρασκευή δειγμάτων με προσθήκη φυτικών ινών

Για τη μελέτη της επίδρασης των φυτικών ινών στα φρέσκα ζυμαρικά, οι ίνες προστίθενται στην έναρξη της ανάμιξης των συστατικών. Αναλυτικότερα η διαδικασία για την προσθήκη των διαφόρων πηγών ινών περιγράφεται παρακάτω.

Ζυγίζεται η κατάλληλη ποσότητα σιμιγδαλιού (μειωμένη κατά το ποσοστό προσθήκης των ινών) και τοποθετείται στον κάδο του μίξερ και ακολούθως ζυγίζεται και προστίθεται στον κάδο η κατάλληλη ποσότητα φυτικών ινών. Ακολουθεί η περαιτέρω διαδικασία προσθήκης του νερού και ανάμιξης του μίγματος. Αν κριθεί απαραίτητο προστίθεται επιπλέον ποσότητα νερού (πέραν των αρχικών 90gr), αφού ζυγισθεί, και συνεχίζεται η ανάμιξη πέραν των 20 min μέχρι να σχηματιστεί ζυμάρι. Στην προσθήκη ινουλίνης δεν κρίθηκε απαραίτητη η προσθήκη επιπλέον ποσότητας νερού. Στην προσθήκη πίτουρου βρώμης ήταν απαραίτητη η προσθήκη επιπλέον ποσότητας νερού, η οποία κυμάνθηκε από 15gr έως 35gr, αυξανόμενη με αύξηση του ποσοστού προσθήκης ινών. Στην προσθήκη απομονωμένων ινών καρότου επίσης χρειάστηκε προσθήκη επιπλέον ποσότητας νερού, η οποία κυμάνθηκε από 15gr έως 35gr, αυξανόμενη με αύξηση του ποσοστού προσθήκης ινών.

Μελέτη αποθήκευσης - Δειγματοληψία

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ορισμένος αριθμός δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών συσκευασμένων (8-12) από κάθε σειρά πειραμάτων (Πείραμα 1 με προσθήκη αρωματικού/αντιμικροβιακού κοριάνδρου και Πείραμα 2 με προσθήκη πηγών φυτικών ινών) αποθηκεύεται σε ψύξη.

Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ανά τακτά χρονικά διαστήματα (1-2 ημέρες) λαμβάνονται δείγματα και διενεργούνται μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών των φρέσκων ζυμαρικών. Οι μετρήσεις περιλαμβάνουν: υφή (σκληρότητα), χρώμα (στην

επιφάνεια του δείγματος), ενεργότητα νερού και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, στα δείγματα με φυσικό αρωματικό/αντιμικροβιακό συστατικό από κορίανδρο πραγματοποιήθηκαν και μικροβιολογικές αναλύσεις (PCA και RBC), ενώ στα δείγματα με πηγές φυτικών ινών πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις χαρακτηριστικών βρασίματος και μέτρηση DSC.

Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων και η στατιστική ανάλυση αυτών πραγματοποιήθηκε με χρήση του προγράμματος Statistica (StatSoft®) προκειμένου να διερευνηθούν οι σημαντικές επιδράσεις στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φρέσκων ζυμαρικών της μορφής και του ποσοστού προσθήκης αρωματικού/αντιμικροβιακού κοριάνδρου (Πείραμα 1) ή του είδους και του ποσοστού προσθήκης πηγών φυτικών ινών (Πείραμα 2), και να εντοπιστούν τυχόν διαφορές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά μεταξύ των δειγμάτων όπως και στη διατηρησιμότητά τους.

5.4 Μετρήσεις και αναλύσεις

Σε όλα τα δείγματα πραγματοποιήθηκε ανάλυση υφής (μέτρηση της σκληρότητας σε αναλυτή υφής TA-XT2 (Stable Micro Systems), ανάλυση χρώματος με χρωματομέτρο CR-200 (Konica-Minolta) και μέτρηση ενεργότητας με συσκευή Aqualab 3TE water activity meter (Decagon Devices Inc. Pullman, WA, USA). Ακόμη πραγματοποιήθηκαν οργανοληπτικές μετρήσεις. Στα δείγματα με προσθήκη αντιμικροβιακού παράγοντα πραγματοποιήθηκαν επιπλέον μικροβιολογικές αναλύσεις με τη μέθοδο της ανάπτυξης μικροοργανισμών σε τρυβλία με υποστρώματα PCA (Plate Count Agar, για την ολική μικροβιακή χλωρίδα) και RBC (Rose Bengal Chloramphenicol agar, για μούχλες και ζύμες) και την τεχνική των διαδοχικών αραιώσεων. Στα δείγματα με προσθήκη φυτικών ινών πραγματοποιήθηκαν επιπλέον αναλύσεις σε χαρακτηριστικά του βρασίματος (απορρόφηση νερού, δείκτης διόγκωσης και απώλεια μάζας) και μέτρηση διαφορικής θερμιδομετρίας σάρωσης (DSC).

Ανάλυση χαρακτηριστικών υφής

Τα χαρακτηριστικά υφής των δειγμάτων μετρήθηκαν ενόργανα με τη χρήση του αναλυτή υφής TA-XT2 της εταιρείας Stable Micro Systems. Κατά τη μέτρηση τα δείγματα τοποθετούνται οριζόντια στην ειδική περιοχή του αναλυτή και μέσω του προσαρτημένου

στελέχους κοπής εφαρμόζεται κατακόρυφη πίεση μέχρι την κοπή του δείγματος. Η ασκούμενη πίεση καταγράφεται σε συνάρτηση με το χρόνο. Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνεται η εγκατάσταση του αναλυτή υφής καθώς και το στέλεχος κοπής που χρησιμοποιήθηκε.



Εικόνα 40: Αναλυτής υφής TA-XT2



Εικόνα 41: Στέλεχος κοπής (TA-4 Craft Knife)

Οι μετρήσεις που έγιναν στον αναλυτή υφής αφορούσαν τον προσδιορισμό της σκληρότητας των δειγμάτων. Το στέλεχος που χρησιμοποιήθηκε προσομοιώνει τη διαδικασία κοπής με μαχαίρι. Για κάθε δείγμα έλαβαν χώρα τρεις ανεξάρτητες μετρήσεις

σε σχετικά κεντρικές περιοχές του δείγματος. Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων δημιουργήθηκε ειδικό πρόγραμμα κοπής στη βάση δεδομένων του αναλυτή υφής, με παραμέτρους οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί. Πριν από την έναρξη κάθε σειράς μετρήσεων γινόταν «βαθμονόμηση» του οργάνου με σκοπό την εγκυρότητα των μετρήσεων.

Πίνακας 6: Τιμές παραμέτρων για την ανάλυση σκληρότητας

Παράμετρος	Τιμή
Test Mode Measure Force	Force in Compression
Pre Test Speed	5,0 mm/s
Test Speed	1,0 mm/s
Post Test Speed	5,0 mm/s
Target Mode	Strain 75%
Trigger type	Auto 0,05 N
Break mode	Level 0,1 N
Distance	20,0 mm

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων μεταφέρονται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω του λογισμικού του αναλυτή υφής (Texture Expert Exceed) με τη μορφή διαγραμμάτων συναρτήσεως του χρόνου. Από κάθε διάγραμμα απομονώνεται και καταγράφεται σε μορφή πίνακα, μέσω του λογισμικού, η μέγιστη τιμή της δύναμης που εφαρμόζεται, η οποία αντιπροσωπεύει τη σκληρότητα του δείγματος. Η τελική σκληρότητα του δείγματος προκύπτει από το μέσο όρο των τιμών των σκληροτήτων από τρεις μετρήσεις που πραγματοποιούνται.

Ανάλυση χρώματος

Η ανάλυση του χρώματος των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του χρωματόμετρου CR - 200 της εταιρείας Konica - Minolta. Το συγκεκριμένο χρωματόμετρο αποδίδει τις τιμές των χρωματικών παραμέτρων L, a, b, βάσει του συστήματος CIELAB, όπως αυτές μετρώνται στην επιφάνεια του δείγματος. Για κάθε δείγμα λαμβάνονταν τρεις μετρήσεις και οι τελικές τιμές των παραμέτρων προκύπτουν

από τον αριθμητικό μέσο των τριών μετρήσεων. Πριν από κάθε κύκλο μετρήσεων γινόταν «βαθμονόμηση» του οργάνου με σκοπό την παραλαβή έγκυρων μετρήσεων.



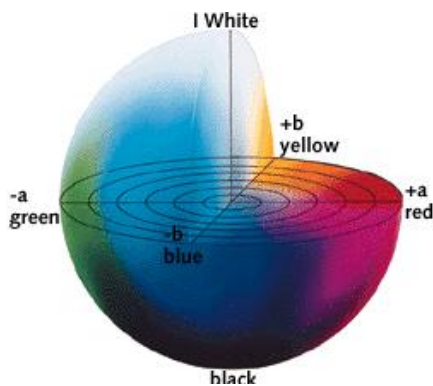
Εικόνα 42: Χρωματόμετρο CR - 200 (Konica - Minolta)

Σύστημα CIELAB

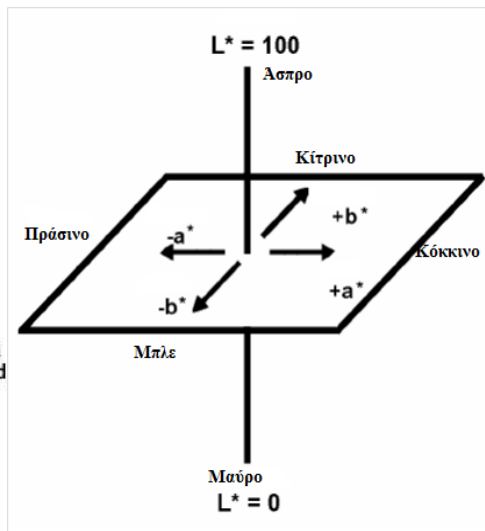
Το σύστημα αυτό απεικονίζεται από μια σφαίρα η οποία περιλαμβάνει όλο το φάσμα του ορατού φωτός. Η σφαίρα αποτελείται από τρεις κάθετους μεταξύ τους άξονες με καρτεσιανές συντεταγμένες. Ο κατακόρυφος άξονας εκφράζει τη φωτεινότητα του χρώματος (παράμετρος L) σε κλίμακα από 0 έως 100, αντιπροσωπεύοντας το μαύρο και το άσπρο αντίστοιχα. Οι άλλοι δύο άξονες ορίζουν το επίπεδο του χρώματος. Ο άξονας που αντιστοιχεί στην παράμετρο a εκφράζει την κόκκινη/πράσινη συνιστώσα του χρώματος (αρνητικές τιμές τείνουν προς το πράσινο ενώ θετικές τιμές τείνουν προς το κόκκινο), ενώ ο άξονας που αντιστοιχεί στην παράμετρο b εκφράζει την μπλέ/κίτρινη συνιστώσα του χρώματος (αρνητικές τιμές τείνουν προς το μπλε ενώ θετικές τιμές τείνουν προς το κίτρινο). Αν ένα δείγμα έχει μηδενική τιμή για τις παραμέτρους a και b, αυτό σημαίνει ότι το σημείο στο οποίο αντιστοιχεί το χρώμα του βρίσκεται πάνω στον άξονα άσπρου - μαύρου. Κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε ένα σημείο εντός της σφαίρας και εκφράζεται ως διάνυσμα $\overline{\Delta E}$ με αυτές τις τρεις συνιστώσες. Η τιμή του συνολικού χρώματος προκύπτει από την παρακάτω μαθηματική σχέση:

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

Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται σχηματικά το τριαξονικό σφαιρικό σύστημα.



Εικόνα 43: Σφαιρικό σύστημα CIELAB



Εικόνα 44: Τριγωνικό σύστημα CIELAB

Μέτρηση ενεργότητας

Η ενεργότητα νερού των δειγμάτων μετρήθηκε με τη συσκευή Aqualab 3TE water activity meter (Decagon Devices Inc. Pullman, WA, USA) η οποία παρουσιάζει την τιμή της ενεργότητας του τροφίμου καθώς και την τιμή της θερμοκρασίας στην οποία γίνεται η μέτρηση. Το δείγμα τοποθετείτο σε κατάλληλο περιέκτη και στη συνέχεια στην υποδοχή της συσκευής. Για κάθε δείγμα γίνονταν τρεις επαναληπτικές μετρήσεις και η τιμή της ενεργότητας προέκυπτε από τον αριθμητικό μέσο των ληφθεισών τιμών. Πριν από κάθε κύκλο μετρήσεων γίνονταν «βαθμονόμηση» του οργάνου για την παραλαβή έγκυρων μετρήσεων.

Η ενεργότητα του νερού ορίζεται από τη σχέση:

$$a_w = \frac{p}{p^0}$$

όπου p: η μερική πίεση του νερού και p⁰ : η τάση ατμών του καθαρού νερού, σε σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας. Η ενεργότητα του περιεχόμενου νερού στα τρόφιμα είναι ένας δείκτης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολύ σημαντικούς τομείς, όπως η σταθερότητα του τροφίμου και η ποιότητά του ως προς το χρόνο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της περιεχόμενης υγρασίας στο τρόφιμο (ως συνάρτησης της σχετικής

υγρασίας), ως μέσο πρόβλεψης για τη μεταφορά υγρασίας από ή/και προς το τρόφιμο, ως δείκτης της μικροβιακής ανάπτυξης στο τρόφιμο, ως δείκτης για την ανάπτυξη νέων προϊόντων και στο σχεδιασμό διεργασιών και ελέγχου των τροφίμων.

Εκτίμηση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών

Ο οργανοληπτικός έλεγχος των δειγμάτων (φρέσκα ζυμαρικά) πραγματοποιήθηκε στο διαπιστευμένο κατά ISO 17025 Εργαστήριο Οργανοληπτικών Δοκιμών του Εργαστηρίου Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ. Οι δοκιμαστές αξιολογούσαν χωριστά τα δείγματα σε ειδικά σχεδιασμένους και κατάλληλα φωτιζόμενους θαλάμους. Προκειμένου να εξασφαλίζονται σταθερές συνθήκες κατά τη διεξαγωγή των δοκιμών, η θερμοκρασία του χώρου διατηρείτο σταθερή (περίπου 25 °C), ενώ χρησιμοποιούνταν σκεύη και αναλώσιμα (πλαστικά πιάτα, ποτήρια, εμφιαλωμένο νερό για την έκπλυση του στόματος κ.α.) με σταθερά χαρακτηριστικά. Η διαδικασία προετοιμασίας των δειγμάτων που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: ζυγίζονται δείγματα φρέσκων ζυμαρικών (περίπου ένα μακαρόνι μήκους 20 cm ανά δοκιμαστή). Ζυγίζεται δεκαπλάσια ποσότητα πόσιμου νερού και υποδεκαπλάσια ποσότητα επιτραπέζιου αλατιού. Το νερό και το αλάτι τοποθετούνται σε κατάλληλο σκεύος το οποίο σκεπάζεται και το σύστημα οδηγείται σε βρασμό. Μόλις το αλατισμένο νερό βράσει, τοποθετείται στο σκεύος το δείγμα ζυμαρικών και χρονομετρείται ο βρασμός τους για 7 min. Στη συνέχεια το δείγμα σουρώνεται και διαχωρίζεται σε μερίδες οι οποίες τοποθετούνται σε πλαστικά πιάτα τα οποία φέρουν κατάλληλη κωδικοποίηση. Τα πιάτα μοιράζονται στους δοκιμαστές μαζί με τα αντίστοιχα έντυπα. Για την καλύτερη και πληρέστερη εκτίμηση των χαρακτηριστικών των αρτοσκευασμάτων, πραγματοποιήθηκε οργανοληπτική εξέταση των δειγμάτων από 3-8 δοκιμαστές εκπαιδευμένους στην αναγνώριση και την αξιολόγηση των αντίστοιχων χαρακτηριστικών με χρήση της ποσοτικής περιγραφικής ανάλυσης (Quantitative Descriptive Analysis, QDA). Η εκτίμηση και βαθμολόγηση των περιγραφικών όρων έγινε με χρήση 9-βάθμιας ή 5-βάθμιας κλίμακας (1-9 ή 1-5) (1 = λίγο/ανεπαρκές/μη ικανοποιητικό, 5 ή 9 = πολύ/κανονικό /ικανοποιητικό). Οι τιμές βαθμολόγησης σημειώνονταν σε ειδικά έντυπα οργανοληπτικού ελέγχου που κατασκευάστηκαν για το σκοπό αυτό. Επιπλέον, οι δοκιμαστές κλήθηκαν να σημειώσουν και προσωπικές κρίσεις στα έντυπα οργανοληπτικού ελέγχου, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις

όπου τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του δείγματος δεν μπορούσαν επαρκώς να περιγραφούν από τους αναγραφόμενους στο έντυπο περιγραφικούς όρους. Ένα δείγμα εντύπου φαίνεται στην Εικόνα 45.

ΕΝΤΥΠΟ ΔΟΚΙΜΑΣΤΗ

Δοκιμή: Ποσοτική Περιγραφική

Προϊόντα: Ζυμαρικά

Χαρακτηριστικά					
	Όγκος				
	Χρώμα				
	Εμφάνιση				
	Οσμή				
	Υφή				
Ωμό					
Όγκος (διόγκωση)					
Χρώμα	Κανονικό				
Εμφάνιση /Σχήμα	Κανονική				
	Πρόσθετο				
Ελαττώματα					
Οσμή	Κανονική – Ευχάριστη				
	Πρόσθετου				
Υφή (χέρι/μαχαίρι)	Ικανοποιητική –				
	Ευχάριστη				
	Μαλακή				
	Συνεκτική				
	Λασπώδης				
	Τεμαχισμός				
Υφή (στόμα)	Ικανοποιητική –				
	Ευχάριστη				
	Μαλακή				
	Μασητικότητα				
	Συνεκτική				
	Λασπώδης				
	Αμυλώδης				
Γεύση	Ικανοποιητική –				
	Ευχάριστη				
	Άλλη				
	Ανίχνευση πρόσθετου				
Άρωμα	Ικανοποιητικό –				
	Ευχάριστο				
	Ανίχνευση πρόσθετου				
Μετάγευση					
Συνολική εντύπωση					
Άλλες παρατηρήσεις					

Εικόνα 45: Πρότυπο έντυπο οργανοληπτικής αξιολόγησης

Μικροβιολογικές αναλύσεις

Οι μικροβιολογικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σε κατάλληλο πάγκο εργασίας χρησιμοποιώντας τη μέθοδο ανάπτυξης των μικροοργανισμών σε τρυβλία με θρεπτικό υλικό και την τεχνική των διαδοχικών αραιώσεων.

➤ Προετοιμασία πάγκου εργασίας

Ο πάγκος εργασίας ήταν απομονωμένος από το χώρο του εργαστηρίου με απαγωγό αερίων και αποστειρωνόταν με οινόπνευμα πριν και μετά την πραγματοποίηση κάθε ανάλυσης, ούτως ώστε να επιτυγχάνονται ασηπτικές συνθήκες εργασίας για την παραλαβή αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Πριν την έναρξη της διαδικασίας των μικροβιολογικών αναλύσεων, ο πάγκος αποστειρωνόταν με οινόπνευμα και κάθε ανάλυση γινόταν υπό την παρουσία φλόγας προερχόμενης από μικρό καμινέτο για την συντήρηση των ασηπτικών συνθηκών.

➤ Παρασκευή και αποστείρωση του υποστρώματος (θρεπτικό υλικό) και του διαλύματος αραιώσης.

Στα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν μετρήθηκε η ολική μικροβιακή χλωρίδα των δειγμάτων με το μη επιλεκτικό υπόστρωμα Plate-Count Agar (PCA, Oxoid CM0325), καθώς και το σύνολο μυκήτων και μούχλων με το επιλεκτικό υπόστρωμα Rose Bengal Chloramphenicol agar (RBC Merck KGaA). Κατά τη δειγματοληψία καθώς και στην τεχνική των διαδοχικών αραιώσεων χρησιμοποιήθηκε ως μέσο διάλυσης και αραιώσης ο ορός Maximum Recovery Diluent (MRD, Oxoid CM0733).

Αφού παρασκευασθούν τα τρία παραπάνω διαλύματα, σύμφωνα με τις αναγραφόμενες οδηγίες και τη χρήση απιονισμένου νερού, εισάγονται σε τρεις κωνικές φιάλες. Οι φιάλες πωματίζονται με βαμβάκι και επικαλύπτεται το στόμιό τους με αλουμινόχαρτο και στη συνέχεια τοποθετούνται στον αποστειρωτήρα ατμού. Στον αποστειρωτήρα τοποθετείται επίσης ένα σιφώνιο των 10mL και τα tips των δυο διαφορετικών χωρητικοτήτων (σε πλαστικές θήκες που επίσης έχουν επικαλυφθεί με αλουμινόχαρτο). Η αποστείρωση λαμβάνει χώρα στους 120°C για 20min στον αποστειρωτήρα ατμού.

Μετά το πέρας της αποστείρωσης, τα υποστρώματα τοποθετούνται σε υδατόλουτρο και αφήνονται να ψυχθούν περίπου μέχρι τους 60°C, αλλά όχι χαμηλότερα καθώς υπάρχει κίνδυνος στερεοποίησης, ενώ ο ορός αραιώσης αφήνεται να κρυώσει σε θερμοκρασία δωματίου. Τόσο το υπόστρωμα PCA όσο και το υπόστρωμα RBC μοιράζονται στα αντίστοιχα, κατάλληλα σεσημασμένα τρυβλία, τοποθετούμενα σε πυραμιδική μορφή και τα υποστρώματα αφήνονται να στερεοποιηθούν για περίπου 15 min. Κατά τη διάρκεια στερεοποίησης των υποστρωμάτων λαμβάνει χώρα η παρασκευή του υλικού προς ανάλυση με τη βοήθεια της τεχνικής των διαδοχικών αραιώσεων.

➤ Δειγματοληψία

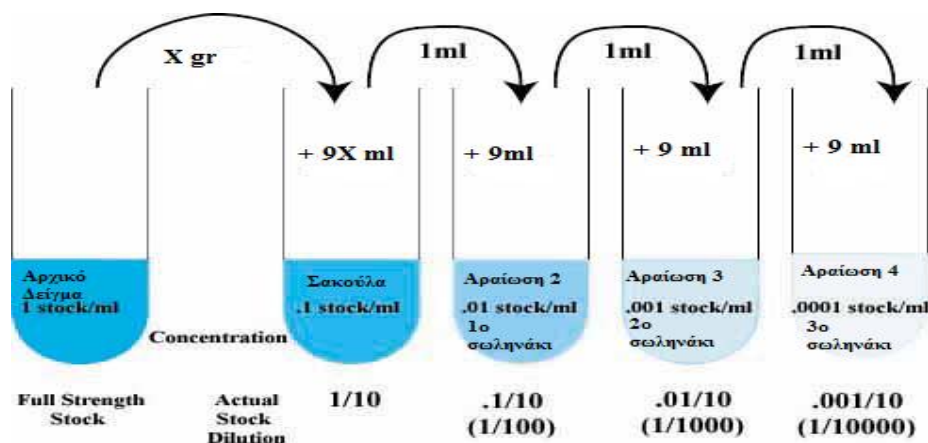
Στον πάγκο εργασίας τοποθετείται ο ηλεκτρονικός ζυγός, αφού έχει πρώτα απολυμανθεί με οινόπνευμα. Πάνω στον ζυγό τοποθετείται ένα μεγάλο ποτήρι ζέσεως (κατά προτίμηση των 500 mL), το οποίο χρησιμοποιείται για την στήριξη μιας ειδικής αποστειρωμένης σακούλας. Η σακούλα τοποθετείται στο ποτήρι ανοιγμένη ελαφρώς, με μεγάλη προσοχή ούτως ώστε η εσωτερική επιφάνεια να μην έρθει σε επαφή με τα χέρια του αναλυτή και να μην μολυνθεί το εσωτερικό της.

Ξεκινώντας τη δειγματοληψία, έχοντας απολυμάνει προηγουμένως τον πάγκο και τον ζυγό με οινόπνευμα, απολυμαίνονται τα χέρια με οινόπνευμα και η σπαθίδα με οινόπνευμα και ανάφλεξη. Ο περιέκτης του δείγματος ανοίγεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στη φλόγα και με τη βοήθεια της σπαθίδας τοποθετείται κατάλληλη ποσότητα (περίπου 5 g) στο εσωτερικό της σακούλας με προσοχή να μην έρθουν σε επαφή το εσωτερικό της με τα χέρια του αναλυτή ή με οποιοδήποτε άλλο μη αποστειρωμένο παράγοντα. Στην ίδια σακούλα προστίθεται ποσότητα του ορού αραιώσης σε αναλογία 9:1 με το βάρος του δείγματος. Ο ορός αραιώσης θεωρείται αραιό υδατικό διάλυμα, δηλαδή έχει πυκνότητα περίπου ίση με την πυκνότητα του νερού ($\rho=1$ g/mL) σε συνθήκες περιβάλλοντος και κατ' επέκταση μπορεί να θεωρηθεί ισοδυναμία μεταξύ mL και g. Στη συνέχεια η σακούλα κλείνεται και μεταφέρεται στον ομογενοποιητή (Stomacher BagMixer της InterScience) όπου γίνεται ομογενοποίηση δείγματος και ορού αραιώσης για 1 min σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

➤ Τεχνική των διαδοχικών αραιώσεων

Στον πάγκο εργασίας τοποθετείται στατό με κατάλληλο αριθμό αποστειρωμένων δοκιμαστικών μικρών σωληνών, ανάλογα με τον επιθυμητό αριθμό αραιώσεων. Σε κάθε σωληνάκι τοποθετούνται 9 mL του ορού αραιώσης MRD μέσω αποστειρωμένου σιφωνίου των 10 mL και με τη βοήθεια πούαρ. Η διαδικασία αυτή γίνεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στη φλόγα, ώστε να επικρατούν ασηπτικές συνθήκες.

Το ομογενοποιημένο διάλυμα της σακούλας ονοματίζεται με τον κωδικό του δείγματος και τον αριθμό 1, ο οποίος υποδεικνύει τον αριθμό της αραιώσης. Στην πρώτη αραιώση υπολογίζεται ότι περιέχεται 0,1 mL δείγματος (ή 10^{-1} mL δείγματος). Από το διάλυμα της σακούλας λαμβάνεται με πιπέτα και κατάλληλο tip ποσότητα 1000 μ L ή 1 mL, η οποία τοποθετείται στο πρώτο κατά σειρά σωληνάκι. Το σωληνάκι ονοματίζεται με τον κωδικό του δείγματος και τον αριθμό 2. Στη δεύτερη αραιώση υπολογίζεται ότι περιέχεται 0,01 mL δείγματος (ή 10^{-2} mL δείγματος). Το μίγμα αναδεύεται καλά, ώστε να γίνει ομογενές. Από το σωληνάκι, με χρήση νέου tip λαμβάνεται εκ νέου ποσότητα 1 mL η οποία τοποθετείται στο αμέσως διπλανό σωληνάκι το οποίο ονοματίζεται με τον κωδικό του δείγματος και τον αριθμό 3. Το σωληνάκι αυτό περιέχει 0,1 mL του διαλύματος με τον αριθμό 2 ή 0,001 mL του αρχικού δείγματος. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται ανάλογα με τον επιθυμητό αριθμό αραιώσεων, ο οποίος υπολογίζεται ανάλογα με την αλλοίωση που αναμένεται να έχει το αρχικό δείγμα. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται συνοπτικά η τεχνική των διαδοχικών αραιώσεων.



Εικόνα 46: Τεχνική των διαδοχικών αραιώσεων.

➤ Ανάπτυξη μικροοργανισμών στα θρεπτικά υποστρώματα PCA και RBC

Τα θρεπτικά υλικά διανεμήθηκαν στα τρυβλία και αφέθηκαν να στερεοποιηθούν όπως περιγράφηκε παραπάνω. Με τη βοήθεια πιπέτας και κατάλληλου tip λαμβάνεται ποσότητα 0,1 mL από το διάλυμα του πρώτου δοκιμαστικού σωλήνα (αραιώση 2) και τοποθετείται σε τρυβλίο με στερεοποιημένο υπόστρωμα PCA. Με τη βοήθεια γυάλινου τριγώνου το οποίο αποστειρώνεται με οινόπνευμα και ανάφλεξη, η ποσότητα απλώνεται στο υπόστρωμα, ούτως ώστε να καλυφθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερη επιφάνεια του τρυβλίου. Η διαδικασία αυτή γίνεται κοντά στη φλόγα για ελαχιστοποίηση του κινδύνου επιμόλυνσης. Μετά το άπλωμα της ποσότητας σε όλη την επιφάνεια του τρυβλίου, αυτό κλείνεται με το καπάκι του. Στη συνέχεια λαμβάνεται η ίδια ποσότητα διαλύματος, από το ίδιο σωληνάκι, χρησιμοποιώντας το ίδιο tip και τοποθετείται σε τρυβλίο το οποίο περιέχει το στερεοποιημένο υπόστρωμα RBC. Πάλι με τη χρήση του τριγώνου (το οποίο αποστειρώνεται εκ νέου) η ποσότητα απλώνεται στην επιφάνεια του τρυβλίου. Το tip απορρίπτεται και με χρήση νέου tip παραλαμβάνεται η ίδια ποσότητα από το επόμενο σωληνάκι και ακολουθείται η ίδια διαδικασία για όλα τα δοκιμαστικά σωληνάκια, δηλαδή για όλες τις διαδοχικές αραιώσεις του δείγματος. Μετά το τέλος της επίστρωσης σχηματίζονται δυο στήλες τρυβλίων χωρισμένες ανάλογα με το υπόστρωμα. Σε κάθε τρυβλίο αναγράφεται ο κωδικός του δείγματος καθώς και ο αριθμός της αραιώσης από την οποία ελήφθη η ποσότητα της επίστρωσης. Τα τρυβλία αναστρέφονται και τοποθετούνται σε σακούλες οι οποίες κλείνουν κατά προτίμηση ερμητικά, και τοποθετούνται σε επωαστήρα θερμοκρασίας 35°C για 2 με 3 ημέρες.

➤ Καταμέτρηση αποικιών

Μετά το πέρας της επώασης, τα τρυβλία εξάγονται από τον επωαστήρα, ώστε να καταμετρηθούν οι αποικίες που σχηματίστηκαν κατά την επώαση. Η καταμέτρηση γίνεται με τη χρήση ανεξίτηλου μαρκαδόρου με σκοπό τη χαρτογράφηση κάθε αποικίας με μια τελίτσα πάνω σε αυτήν, ώστε να διαχωρίζονται οι αποικίες που έχουν μετρηθεί από τις υπόλοιπες και να είναι ευκολότερη η καταμέτρησή τους.

➤ Υπολογισμός του μικροβιακού φορτίου του δείγματος

Το συνολικό μικροβιακό φορτίο της Ολικής Μικροβιακής Χλωρίδας (υπόστρωμα PCA) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{Συνολικό φορτίο} = \text{αποικίες} * 10^{(\text{αραίωση} + 1)}$$

Το συνολικό μικροβιακό φορτίο για τις Μούχλες και τους Μύκητες (υπόστρωμα RBC) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{Συνολικό φορτίο} = \text{αποικίες} * 10^{(\text{αραίωση})}$$

Από τους παραπάνω τύπους, το φορτίο προσδιορίζεται σε μονάδες CFU/g (Colony Forming Unit /g). Για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιείται ο δεκαδικός λογάριθμος του μικροβιακού φορτίου ($\log(\text{CFU/g})$). Η απεικόνιση της συνάρτησης των αποτελεσμάτων των μετρήσεων κατά την πάροδο του χρόνου συνιστά την τυπική καμπύλη ανάπτυξης του μικροοργανισμού που μελετάται στο δείγμα αυτό.

Ανάλυση χαρακτηριστικών βρασίματος

Τα χαρακτηριστικά βρασίματος τα οποία μετρήθηκαν ήταν ο δείκτης διόγκωσης (swelling index), η απορρόφηση νερού (water absorption) και η απώλεια μάζας κατά το βράσιμο (cooking loss). Η διαδικασία μέτρησης των χαρακτηριστικών βρασίματος ήταν η ακόλουθη: σε αναλυτικό ζυγό (4 δεκαδικών ψηφίων) ζυγίζεται γυάλινο πιατάκι (Π). Το βάρος σημειώνεται και ο ζυγός μηδενίζεται. Μέσα στο πιατάκι τοποθετείται ποσότητα δείγματος (Δ), κυμαινόμενη ανάλογα με τη διαθεσιμότητα από 10 g έως 15 g, και καταγράφεται το βάρος του. Το σκεύος με το δείγμα απομακρύνεται, μηδενίζεται ο ζυγός και τοποθετείται προς ζύγιση ένα γυάλινο ποτήρι ζέσεως (Π'). Το βάρος του ποτηρίου καταγράφεται και το ποτήρι απομακρύνεται από το ζυγό. Σε πλαστικό ποτήρι ζυγίζεται ποσότητα πόσιμου νερού δεκαπλάσιου βάρους από την ποσότητα του δείγματος. Το νερό τοποθετείται σε ειδικό σκεύος, σκεπάζεται με καπάκι, τοποθετείται σε αναμμένη εστία και το σύστημα οδηγείται σε βρασμό. Μόλις το νερό βράσει, τοποθετείται εντός του σκεύους η ποσότητα δείγματος και το δείγμα βράζει για 7 min. Με το πέρας του χρόνου, το σκεύος απομακρύνεται από την εστία, το βρασμένο δείγμα (Δ') σουρώνεται με τη βοήθεια σουρωτηριού και τοποθετείται στο γυάλινο πιατάκι. Το νερό του βρασίματος και

του (σουρώματος) διηθήματος δεν πετιέται, αλλά τοποθετείται στο γυάλινο ποτήρι ζέσεως. Το πιατάκι με το δείγμα και το ποτήρι με το νερό του βρασμού αφήνονται για μερικά λεπτά να κρυώσουν. Στη συνέχεια ζυγίζονται, χωριστά, σε μηδενισμένο ζυγό και καταγράφεται το βάρος τους. Έπειτα μεταφέρονται σε κλίβανο σταθερής θερμοκρασίας 100 °C όπου και παραμένουν για περίπου 24 h. Αφού απομακρυνθούν με προσοχή από τον κλίβανο, αφήνονται μερικά λεπτά να ισορροπήσουν σε ξηραντήρα και στη συνέχεια ζυγίζονται, χωριστά, σε μηδενισμένο ζυγό και καταγράφεται το βάρος τους (Δ'', Α). Στον Πίνακα 7 φαίνονται τα μεγέθη που μετρήθηκαν άμεσα καθώς και τα μεγέθη που προκύπτουν υπολογιστικά από αυτά.

Πίνακας 7: Μετρούμενα μεγέθη για τον προσδιορισμό χαρακτηριστικών βρασμού

Μεγέθη άμεσα μετρούμενα	Μεγέθη μετρούμενα υπολογιστικά
Βάρος πιάτου	(Π)
Βάρος ποτηριού	(Π')
Βάρος νωπού δείγματος	[(Π) + (Δ)] – (Π)
Βάρος βρασμένου δείγματος	[(Δ') + (Π)] – (Π)
Βάρος αποξηραμένου δείγματος	[(Π) + (Δ'')]- (Π)
Βάρος απωλειών	[(Π') + (Α)] – (Π')

Οι σχέσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή των τριών μετρούμενων χαρακτηριστικών είναι οι ακόλουθες:

$$\text{Δείκτης διόγκωσης} = \frac{\text{Βάρος βρασμένου δείγματος} - \text{Βάρος αποξηραμένου δείγματος}}{\text{Βάρος αποξηραμένου δείγματος}}$$

$$\text{Απορρόφηση νερού} = \frac{\text{Βάρος βρασμένου δείγματος} - \text{Βάρος νωπού δείγματος}}{\text{Βάρος νωπού δείγματος}}$$

$$\text{Βάρος απωλειών} = \frac{\text{Βάρος μάζας που χάνεται}}{\text{Βάρος νωπού δείγματος}}$$

5.5 Σχεδιασμός πειραμάτων και στατιστική επεξεργασία

Όπως αναφέρθηκε και στο σκοπό, η παρούσα διπλωματική περιλαμβάνει δύο σειρές Πειραμάτων: το Πείραμα 1 που αφορά τη μελέτη φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη

φυσικών αρωματικών ουσιών με αντιμικροβιακή δράση και το Πείραμα 2 που αφορά τη μελέτη φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πηγών φυτικών ινών.

Σχεδιασμός Πειράματος 1

Κατά την παρασκευή των δειγμάτων σχηματίζονται πέντε ομάδες δειγμάτων, οι οποίες περιλαμβάνουν τα δείγματα χωρίς προσθήκη αρωματικής/αντιμικροβιακής ουσίας (CONTROL), τα δείγματα με προσθήκη ελαιορητίνης κοριάνδρου (OIL), τα δείγματα με προσθήκη ελαιορητίνης κοριάνδρου εγκλεισμένης σε αραβικό κόμμι (AG), τα δείγματα με προσθήκη ελαιορητίνης κοριάνδρου εγκλεισμένης σε τροποποιημένο άμυλο και χιτοζάνη (MSCH) και τέλος τα δείγματα με προσθήκη ελαιορητίνης κοριάνδρου εγκλεισμένης σε αραβικό κόμμι και τροποποιημένο άμυλο (AGMS). Στον Πίνακα 8 φαίνεται η κωδικοποίηση των δειγμάτων.

Πίνακας 8: Περιγραφή και κωδικοποίηση των δειγμάτων του Πειράματος 1

Περιγραφική ανάλυση δείγματος	Κωδικοποίηση
Τυφλό δείγμα	CONTROL
Δείγμα με ελαιορητίνη κοριάνδρου	OIL1 (1 mL), OIL2 (2 mL)
Δείγμα με ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε αραβικό κόμμι	AG1 (1 mL), AG2 (2 mL)
Δείγμα με ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε αραβικό κόμμι και τροποποιημένο άμυλο	AGMS1 (1 mL), AGMS2 (2mL)
Δείγμα με ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε τροποποιημένο άμυλο και χιτοζάνη	MSCH1 (1 mL), MSCH2 (2 mL)

Τα αποτελέσματα των μικροβιολογικών αναλύσεων παρουσιάζονται σε διαγράμματα $\log(\text{CFU/g})$ συναρτήσει του χρόνου και περιλαμβάνουν και τις πέντε ομάδες δειγμάτων. Ομοίως τα αποτελέσματα των μετρήσεων της σκληρότητας, του χρώματος (φωτεινότητα (L) και ολικό χρώμα (ΔΕ) στην επιφάνεια) και της ενεργότητας νερού παρουσιάζονται σε διαγράμματα συναρτήσει του χρόνου και για τις πέντε ομάδες δειγμάτων.

Σχεδιασμός Πειράματος 2

Κατά την παρασκευή των δειγμάτων σχηματίζονται τέσσερις ομάδες δειγμάτων οι οποίες περιλαμβάνουν τα δείγματα χωρίς προσθήκη πηγών φυτικών ινών (CONTROL), τα δείγματα με προσθήκη ινουλίνης (I), τα δείγματα με προσθήκη πίτουρου βρώμης (O) και τα δείγματα με προσθήκη ινών καρότου (C). Στα δείγματα με προσθήκη πηγών φυτικών ινών, η προσθήκη έγινε σε τέσσερα ποσοστά. Στον Πίνακα 9 φαίνεται η κωδικοποίηση των δειγμάτων.

Πίνακας 9: Περιγραφή και κωδικοποίηση των δειγμάτων του Πειράματος 2

Περιγραφική ανάλυση δείγματος	Κωδικοποίηση
Τυφλό δείγμα	CONTROL
Δείγμα με προσθήκη ινουλίνης σε ποσοστά 7,5%, 10%, 12,5% και 15%	I1, I2, I3, I4
Δείγμα με προσθήκη πίτουρου βρώμης σε ποσοστά 7,5%, 10%, 12,5% και 15%	O1, O2, O3, O4
Δείγμα με προσθήκη ινών καρότου σε ποσοστά 7,5%, 10%, 12,5% και 15%	C1, C2, C3, C4

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της σκληρότητας, του χρώματος (φωτεινότητα (L) και ολικό χρώμα (ΔΕ) στην επιφάνεια) και της ενεργότητας νερού παρουσιάζονται σε διαγράμματα συναρτήσεως του χρόνου αποθήκευσης και για τις τέσσερις ομάδες δειγμάτων. Επίσης σε διαγράμματα συναρτήσεως του χρόνου αποθήκευσης παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων των χαρακτηριστικών βρασίματος (δείκτης διόγκωσης, απορρόφηση νερού και απώλεια κατά το βράσιμο). Τα αποτελέσματα των μετρήσεων DSC δίνονται σε πίνακες, όπου παρουσιάζονται η θερμοκρασία έναρξης, κορύφωσης και λήξης της ζελατινοποίησης, καθώς και η τιμή της μεταβολής της ενθαλπίας ζελατινοποίησης των δειγμάτων.

Κεφάλαιο 6: Αποτελέσματα και συζήτηση

6.1 Εισαγωγή

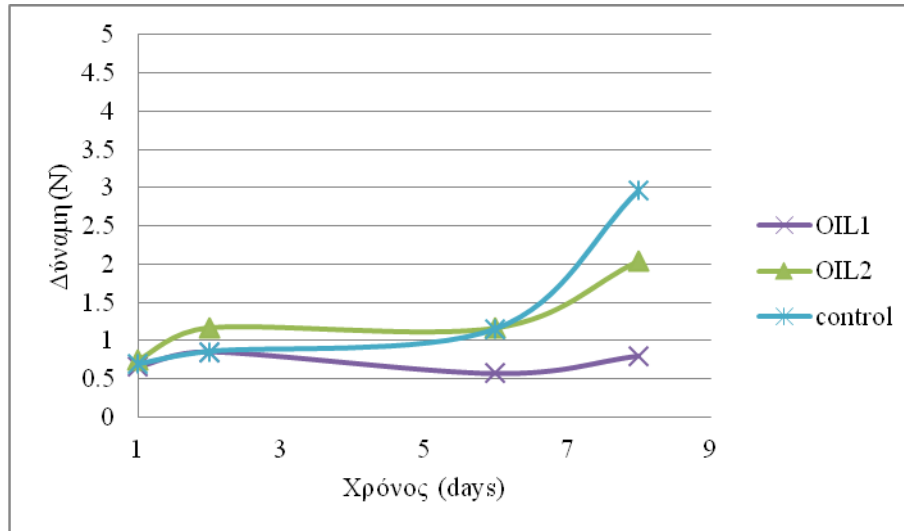
Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται ανά σειρά πειράματος, αρχικά τα Αποτελέσματα του Πειράματος 1 και μετά τα Αποτελέσματα του Πειράματος 2. Αναφορικά με το Πείραμα 1, η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται με βάση τον προστιθέμενο αρωματικό/αντιμικροβιακό παράγοντα (καθαρή ελαιορητίνη, εγκλεισμένη ελαιορητίνη σε τρεις φορείς εγκλεισμού) και στη συνέχεια με βάση την ποσότητα προσθήκης της ελαιορητίνης. Σε κάθε περίπτωση παρατίθενται παράλληλα και τα αποτελέσματα από τη σειρά CONTROL, ώστε να είναι ευκολότερη η σύγκριση. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων για το Πείραμα 1 παρουσιάζονται με την ακόλουθη σειρά: αποτελέσματα ανάλυσης υφής, αποτελέσματα μέτρησης επιφανειακού χρώματος, αποτελέσματα μέτρησης ενεργότητας νερού, αποτελέσματα οργανοληπτικών μετρήσεων και αποτελέσματα μικροβιολογικών αναλύσεων. Στο τέλος γίνεται παρουσίαση με βάση την ποσότητα προσθήκης της ελαιορητίνης. Αναφορικά με το Πείραμα 2, η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται με βάση την πηγή των προστιθέμενων ινών (ινουλίνη, πίτουρο βρώμης, ίνες καρότου) και στη συνέχεια με βάση το ποσοστό προσθήκης τους. Σε κάθε περίπτωση παρατίθενται παράλληλα και τα αποτελέσματα από τη σειρά CONTROL, ώστε να είναι ευκολότερη η σύγκριση. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων για το Πείραμα 2 παρουσιάζονται με την ακόλουθη σειρά: αποτελέσματα ανάλυσης υφής, αποτελέσματα μέτρησης επιφανειακού χρώματος, αποτελέσματα μέτρησης ενεργότητας νερού, αποτελέσματα οργανοληπτικών μετρήσεων, αποτελέσματα μετρήσεων χαρακτηριστικών βρασίματος και αποτελέσματα μέτρησης DSC. Στο τέλος γίνεται παρουσίαση με βάση το ποσοστό προσθήκης των ινών.

6.2 Αποτελέσματα Πειράματος 1: Επίδραση προσθήκης φυσικού αντιμικροβιακού (ελαιορητίνη κορίανδρου σε εγκλεισμένη ή μη μορφή) σε φρέσκα ζυμαρικά

6.2.1 Μετρήσεις σκληρότητας

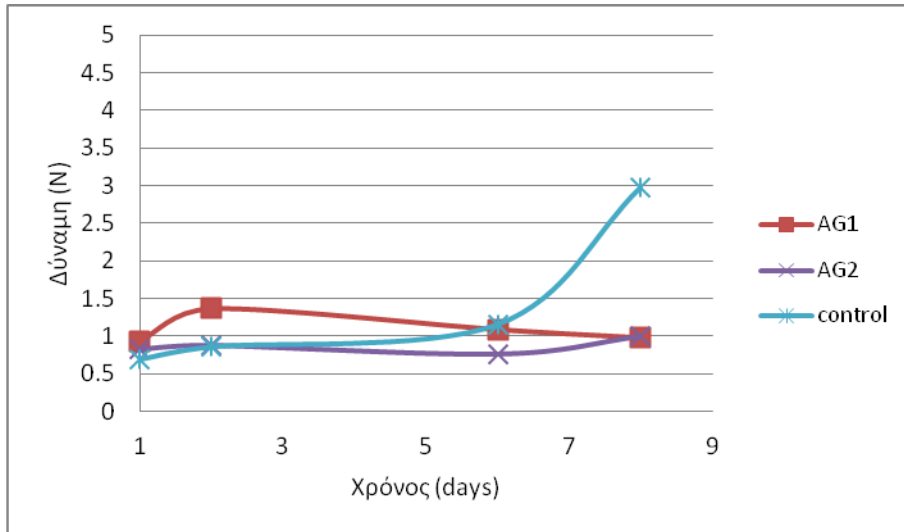
Στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζεται η μεταβολή της σκληρότητας των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κορίανδρου σε δύο ποσοστά προσθήκης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη. Παρατηρείται πως οι τιμές της σκληρότητας των δειγμάτων κατά τις πρώτες ημέρες αποθήκευσης κυμαίνονται στα ίδια περίπου επίπεδα,

όσο όμως ο χρόνος αποθήκευσης αυξάνεται, η σκληρότητα των δειγμάτων τείνει αντίστοιχα να αυξάνεται. Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στη σκληρότητα των δειγμάτων ανάλογα με την περιεχόμενη ποσότητα ελαιορητίνης σε αυτά.

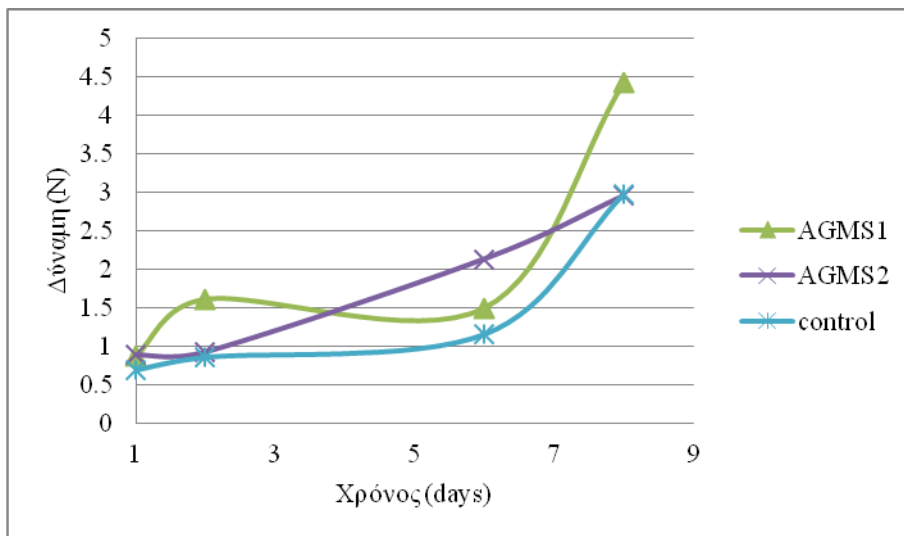


Διάγραμμα 1: Μεταβολή σκληρότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

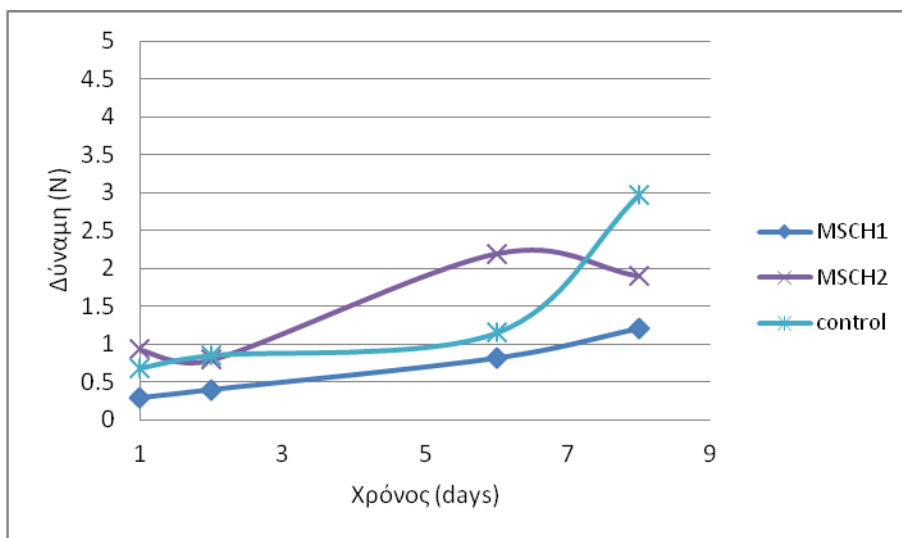
Στα διαγράμματα Διάγραμμα 2, Διάγραμμα 3 και Διάγραμμα 4 παρουσιάζεται η μεταβολή της σκληρότητας των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορείς αραβικού κόμμεος, αραβικού κόμμεος - τροποποιημένου αμύλου και τροποποιημένου αμύλου - χιτοζάνης αντίστοιχα κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.



Διάγραμμα 2: Μεταβολή σκληρότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



Διάγραμμα 3: Μεταβολή σκληρότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνης κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος - τροποποιημένου αμύλου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

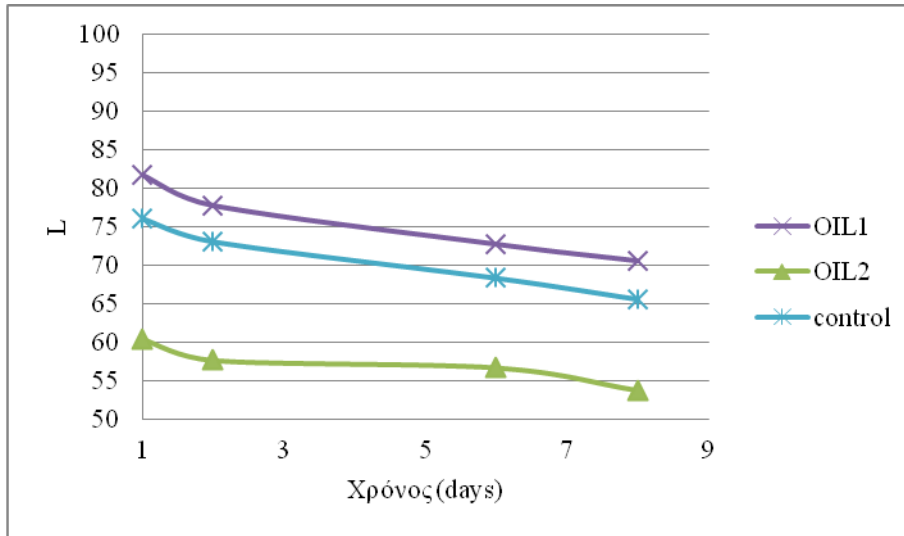


Διάγραμμα 4: Μεταβολή σκληρότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάδρου εγκλεισμένη σε φορέα τροποποιημένου αμύλου - χιτοζάνης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

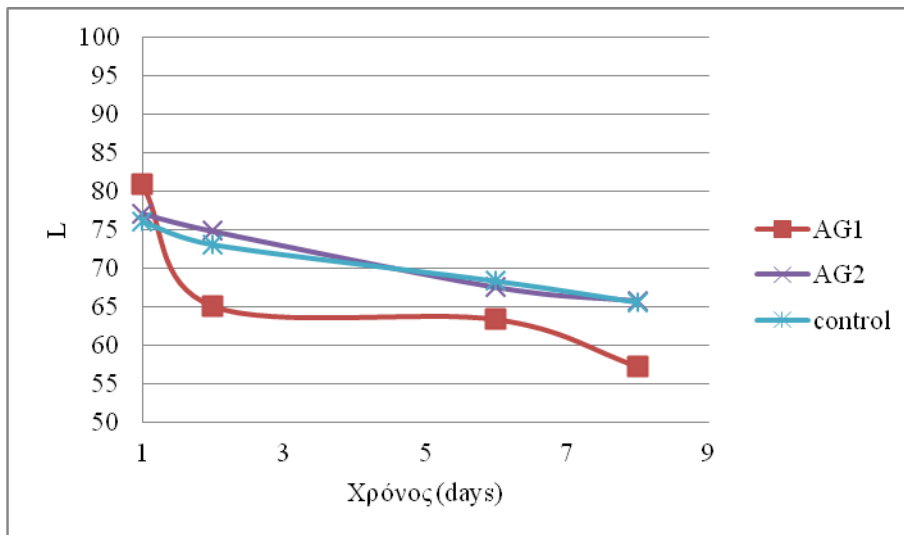
Παρατηρείται πως οι τιμές σκληρότητας των δειγμάτων δεν παρουσιάζουν σημαντική μεταβολή με το χρόνο αποθήκευσης, πέρα από μια μικρή αύξηση, η οποία πιθανότατα οφείλεται στον πολυκαιρισμό («μπαγιατέμα») των δειγμάτων λόγω απώλειας της υγρασίας τους. Στατιστικά, δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στη σκληρότητα των δειγμάτων ούτε ως προς το φορέα εγκλεισμού της ελαιορητίνης κοριάδρου ούτε ως προς το ποσοστό προσθήκης της στα δείγματα των φρέσκων ζυμαρικών. Συγκρίνοντας τα δείγματα με εγκλεισμένη ελαιορητίνη κοριάδρου με τα αντίστοιχα δείγματα με καθαρή ελαιορητίνη, καθώς και με το δείγμα CONTROL, φαίνεται ότι ο φορέας δρα σχετικά ανασταλτικά, προστατεύοντας το δείγμα ώστε να μην σκληραίνει με την πάροδο του χρόνου αποθήκευσης.

6.2.2 Μετρήσεις χρώματος

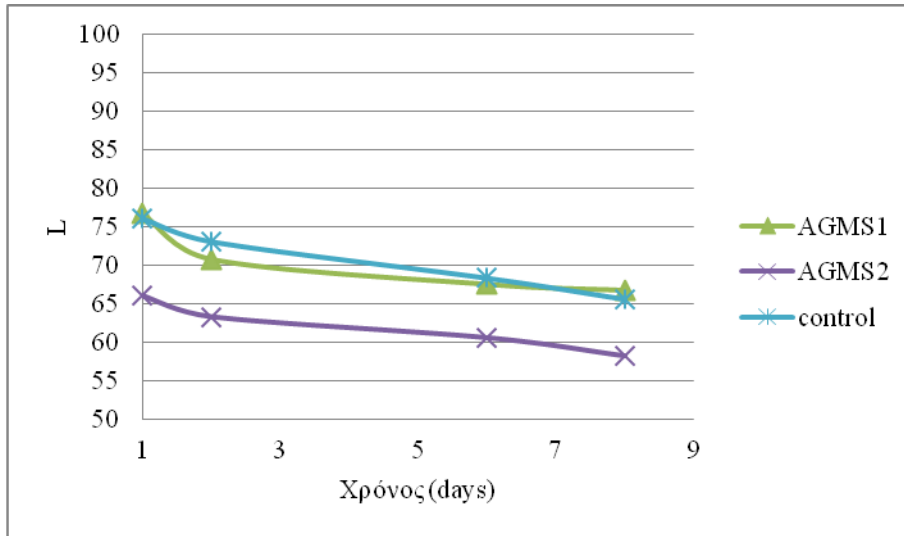
Στα διαγράμματα Διάγραμμα 5 Διάγραμμα 6 Διάγραμμα 7 και Διάγραμμα 8 παρουσιάζεται η μεταβολή της φωτεινότητας και στα διαγράμματα Διάγραμμα 9, Διάγραμμα 10, Διάγραμμα 11 και Διάγραμμα 12 η μεταβολή του ολικού επιφανειακού χρώματος των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάδρου ως έχει είτε σε εγκλεισμένη μορφή με τους διαφορετικούς φορείς εγκλεισμού σε δύο ποσοστά προσθήκης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.



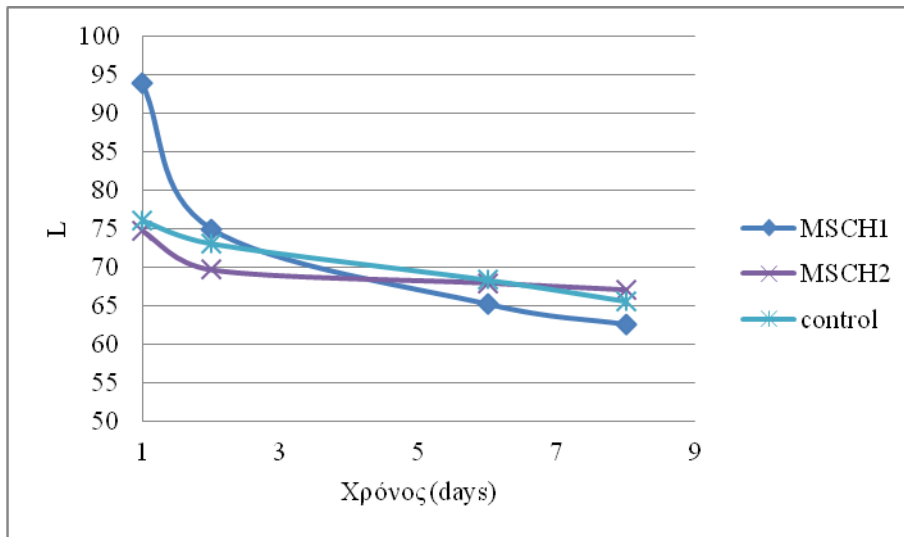
Διάγραμμα 5: Μεταβολή φωτεινότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κορίανδρου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



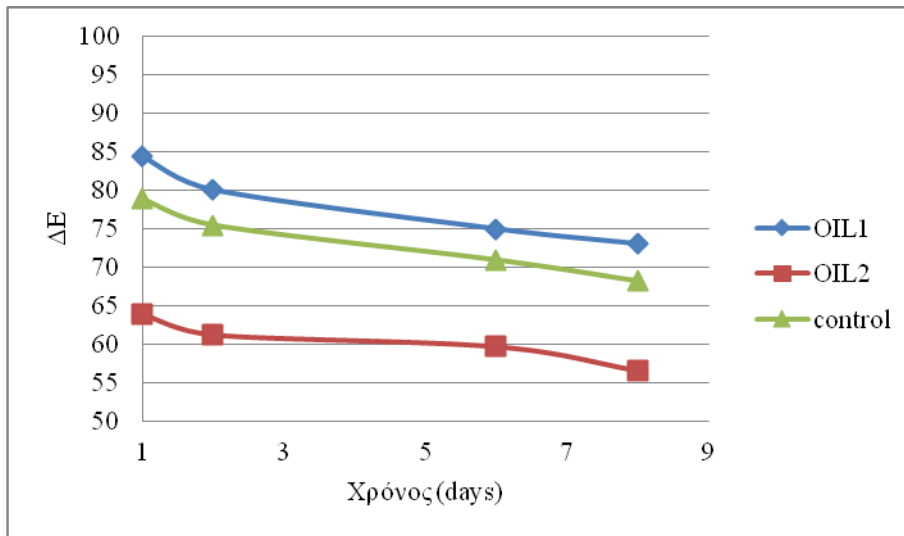
Διάγραμμα 6: Μεταβολή φωτεινότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κορίανδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεως κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



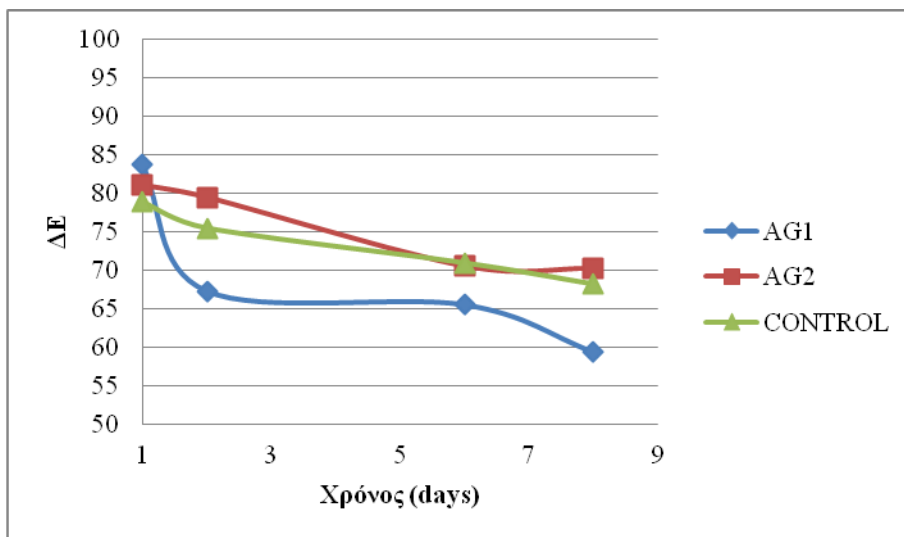
Διάγραμμα 7: Μεταβολή φωτεινότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κορίανδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος και τροποποιημένου αμύλου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



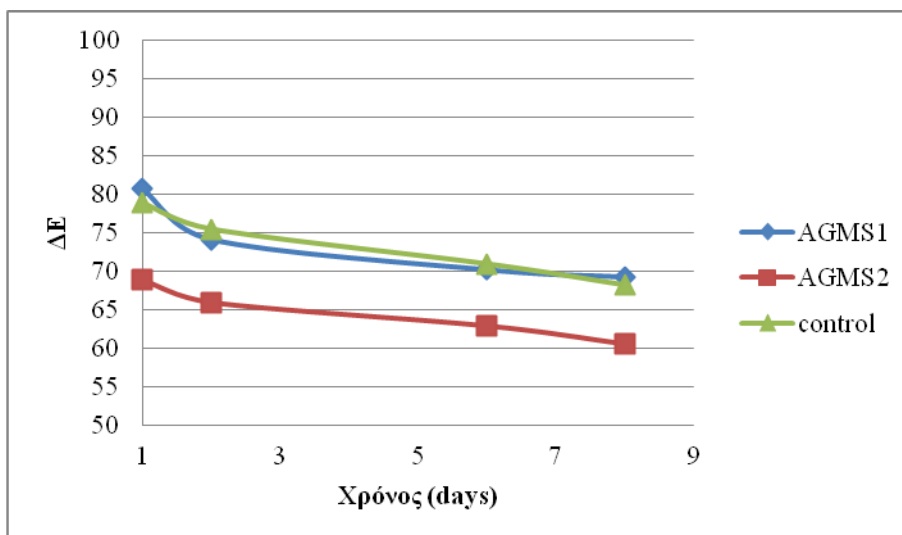
Διάγραμμα 8: Μεταβολή φωτεινότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη εγκλεισμένης σε φορέα τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



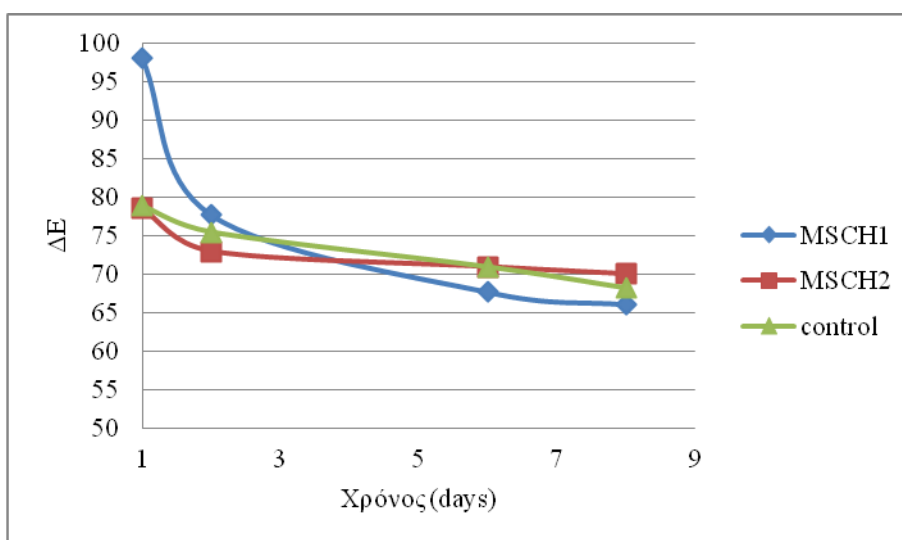
Διάγραμμα 9: Μεταβολή ολικού χρώματος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κορίανδρου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



Διάγραμμα 10: Μεταβολή ολικού χρώματος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κορίανδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



Διάγραμμα 11: Μεταβολή ολικού χρώματος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος και τροποποιημένου αμύλου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



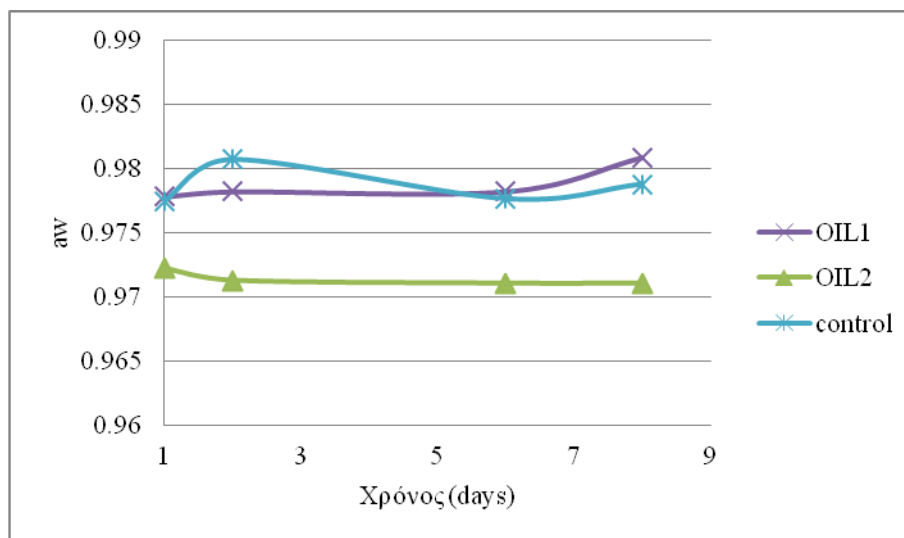
Διάγραμμα 12: Μεταβολή ολικού χρώματος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορέα τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

Από τα διαγράμματα της φωτεινότητας και του ολικού χρώματος παρατηρείται ότι οι τιμές των μεγεθών αυτών παρουσιάζουν μια ελαφρώς πτωτική τάση κατά την αποθήκευση των φρέσκων ζυμαρικών υπό ψύξη. Η τάση αυτή πιθανότατα οφείλεται στη φυσιολογική παλαίωση των δειγμάτων. Αξίζει να αναφερθεί πως η φωτεινότητα και το ολικό χρώμα των δειγμάτων με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου (αυτούσια ή εγκλεισμένη) σε διπλάσια ποσότητα έχουν τιμές γενικώς χαμηλότερες από αυτές του

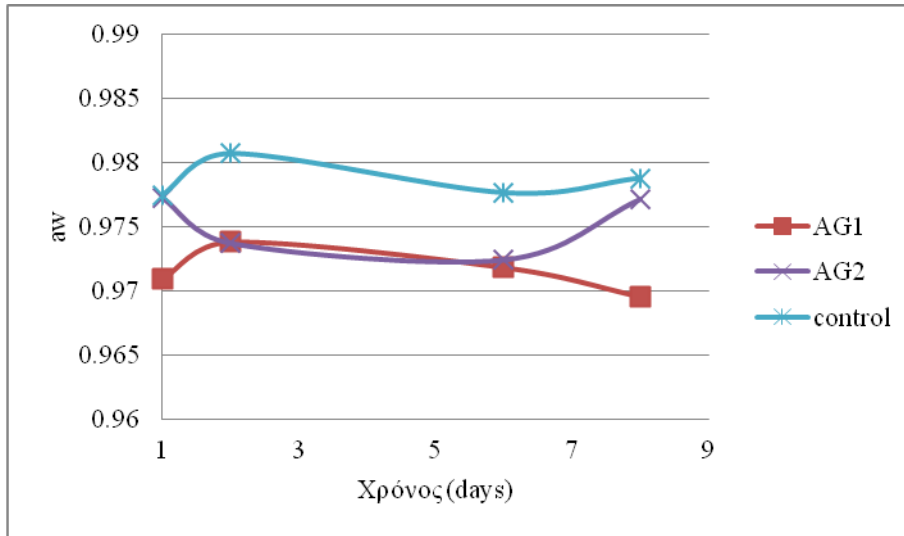
δείγματος CONTROL, με εξαίρεση το δείγμα με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος. Στατιστικά, παρουσιάζονται διαφορές στη φωτεινότητα και το ολικό χρώμα των δειγμάτων ανάλογα με το χρόνο αποθήκευσης. επίσης σημαντικές διαφορές στις ιδιότητες αυτές των δειγμάτων παρατηρούνται ως προς την περιεχόμενη ποσότητα ελαιορητίνης στα δείγματα, όχι όμως και ανάλογα με το φορέα εγκλεισμού της προστιθέμενης ελαιορητίνης.

6.2.3 Μετρήσεις ενεργότητας νερού

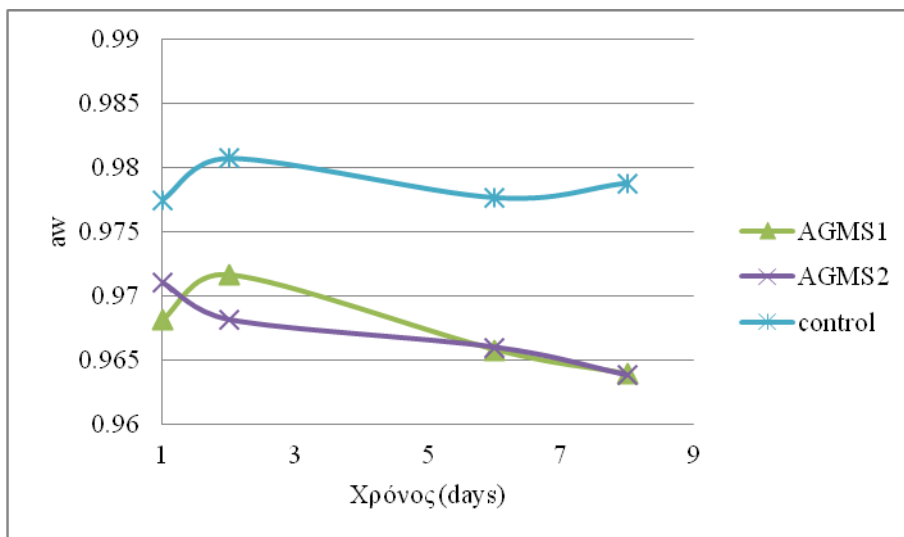
Στα Διαγράμματα Διάγραμμα 13, Διάγραμμα 14, Διάγραμμα 15 και Διάγραμμα 16 που ακολουθούν παρουσιάζεται η μεταβολή της ενεργότητας νερού των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου ως έχει είτε σε εγκλεισμένη μορφή με τους διαφορετικούς φορείς εγκλεισμού σε δύο ποσοστά προσθήκης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη.



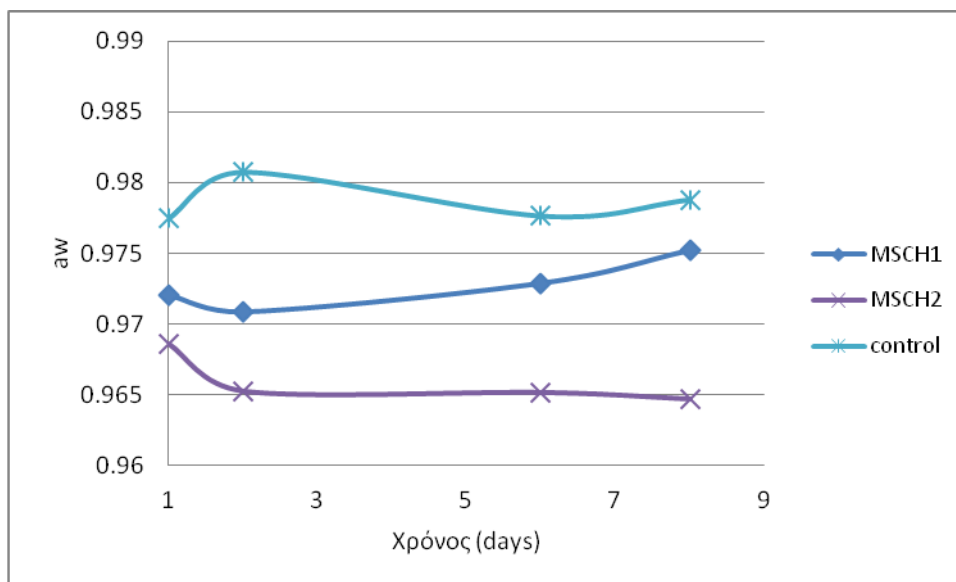
Διάγραμμα 13: Μεταβολή ενεργότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



Διάγραμμα 14: Μεταβολή ενεργότητας δειγμάτων με περιεχόμενη ελαιορητίνη κορίανδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



Διάγραμμα 15: Μεταβολή ενεργότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κορίανδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος και τροποποιημένου αμύλου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



Διάγραμμα 16: Μεταβολή ενεργότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορέα τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

Παρατηρείται πως οι τιμές ενεργότητας των δειγμάτων με προσθήκη ελαιορητίνης κοριάνδρου, είτε αυτούσιας είτε εγκλεισμένης σε κάποιο φορέα, είναι χαμηλότερες από τις τιμές ενεργότητας του δείγματος CONTROL. Ακόμη, υπάρχει διακύμανση των τιμών και ανάλογα με την προστιθέμενη ποσότητα ελαιορητίνης. Οι παρατηρήσεις αυτές επιβεβαιώνονται και από τη στατιστική ανάλυση, η οποία υποδεικνύει πως δεν εμφανίζονται σημαντικές διαφορές των τιμών κατά τη διάρκεια αποθήκευσης των δειγμάτων, ενώ αντίστοιχα φαίνονται σημαντικές διαφορές ανάλογα με τον τρόπο ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης καθώς και αναφορικά με την ποσότητα προσθήκης της.

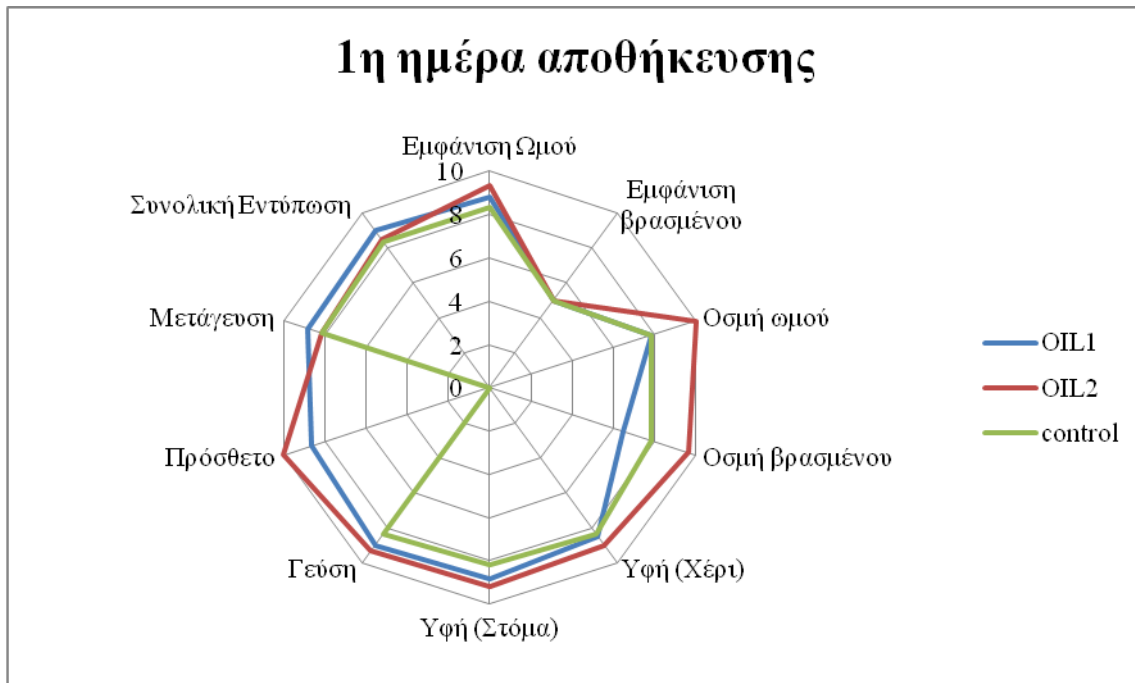
6.2.4 Οργανοληπτική αξιολόγηση

Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τα οποία μελετήθηκαν στα δείγματα του Πειράματος 1 αναφέρονται παρακάτω:

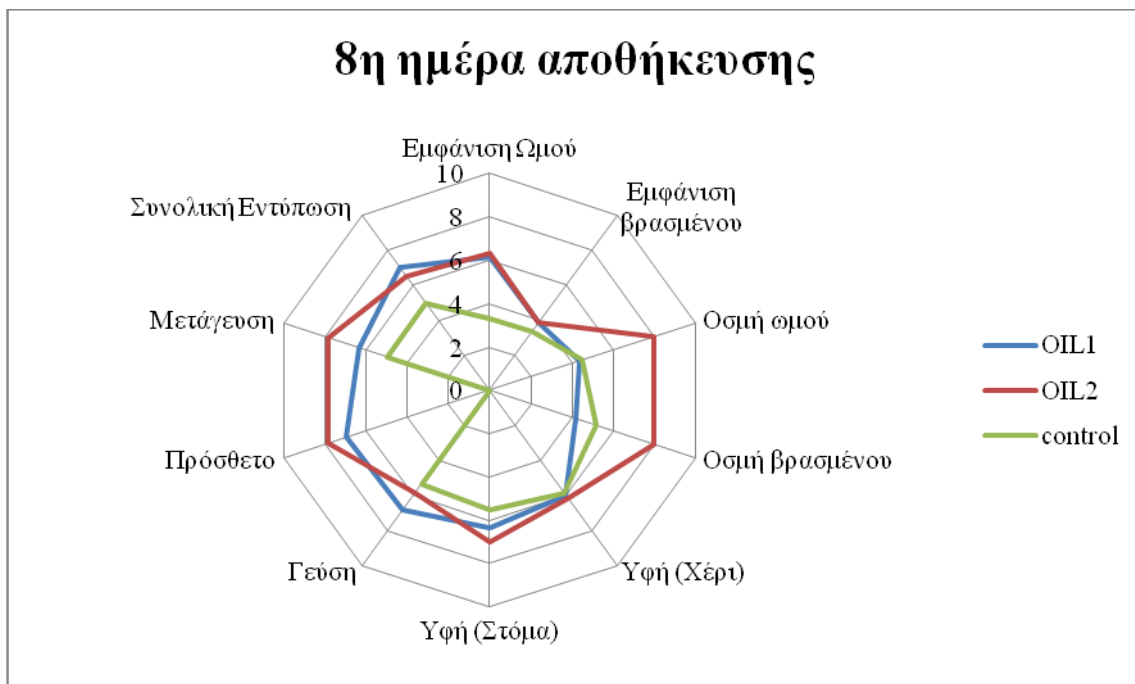
- Εμφάνιση ωμού ζυμαρικού
- Εμφάνιση βρασμένου ζυμαρικού
- Οσμή ωμού ζυμαρικού
- Οσμή βρασμένου ζυμαρικού
- Υφή δείγματος κατά την επαφή με το χέρι ή με πιρούνι
- Υφή δείγματος στο στόμα

- Γεύση
- Ένταση πρόσθετου
- Μετάγευση
- Συνολική εντύπωση

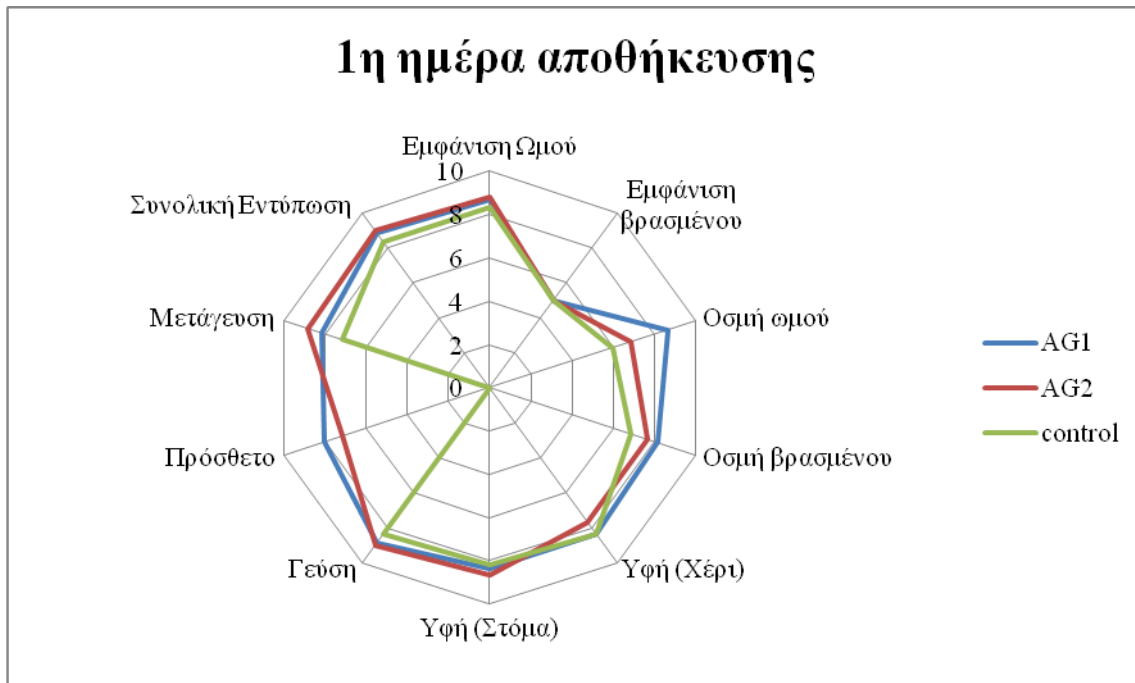
Στα Διαγράμματα Διάγραμμα 17, Διάγραμμα 19, Διάγραμμα 21 και Διάγραμμα 23 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής εξέτασης των δειγμάτων του Πειράματος 1 κατά την πρώτη ημέρα αποθήκευσης, ενώ στα Διαγράμματα Διάγραμμα 18, Διάγραμμα 20, Διάγραμμα 22 και Διάγραμμα 24, φαίνονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα για την όγδοη ημέρα αποθήκευσης. Να σημειωθεί ότι στο δείγμα CONTROL, το χαρακτηριστικό «Πρόσθετο» έχει τιμή 0, καθώς στο δείγμα δεν περιέχεται ελαιορητίνη κορίανδρου. Επίσης, να σημειωθεί πως το χαρακτηριστικό «Εμφάνιση ωμού» βαθμολογείται με τιμές από το 1 (απαράδεκτο) μέχρι το 5 (αποδεκτό), ενώ όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά βαθμολογούνται στην κλίμακα 1-10 με την τιμή 5 ως «κατώφλι» αποδοχής. Ένα γενικό συμπέρασμα το οποίο προκύπτει μετά από παρατήρηση των διαγραμμάτων τόσο της πρώτης μέρας αποθήκευσης όσο και της όγδοης, είναι το ότι η προσθήκη ελαιορητίνης κορίανδρου, είτε σε αυτούσια μορφή είτε εγκλεισμένη σε κάποιον φορέα, βελτιώνει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος.



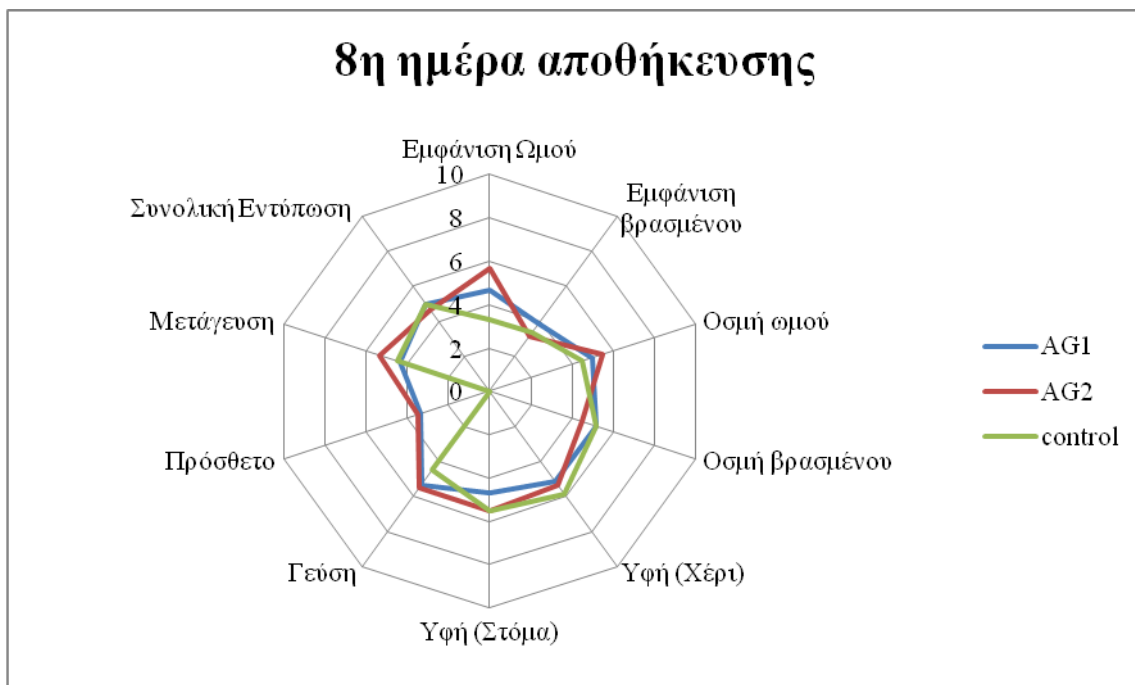
Διάγραμμα 17: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητήνη κορίανδρου κατά την πρώτη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη



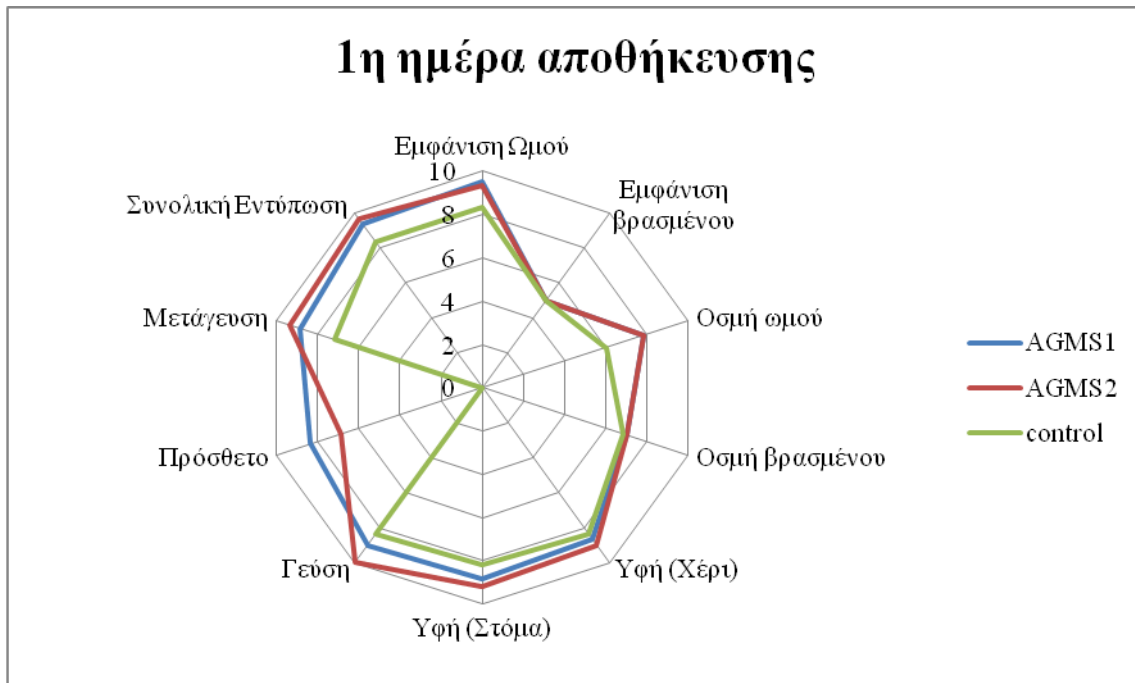
Διάγραμμα 18: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητήνη κορίανδρου κατά την όγδοη ημέρα αποθήκευσης



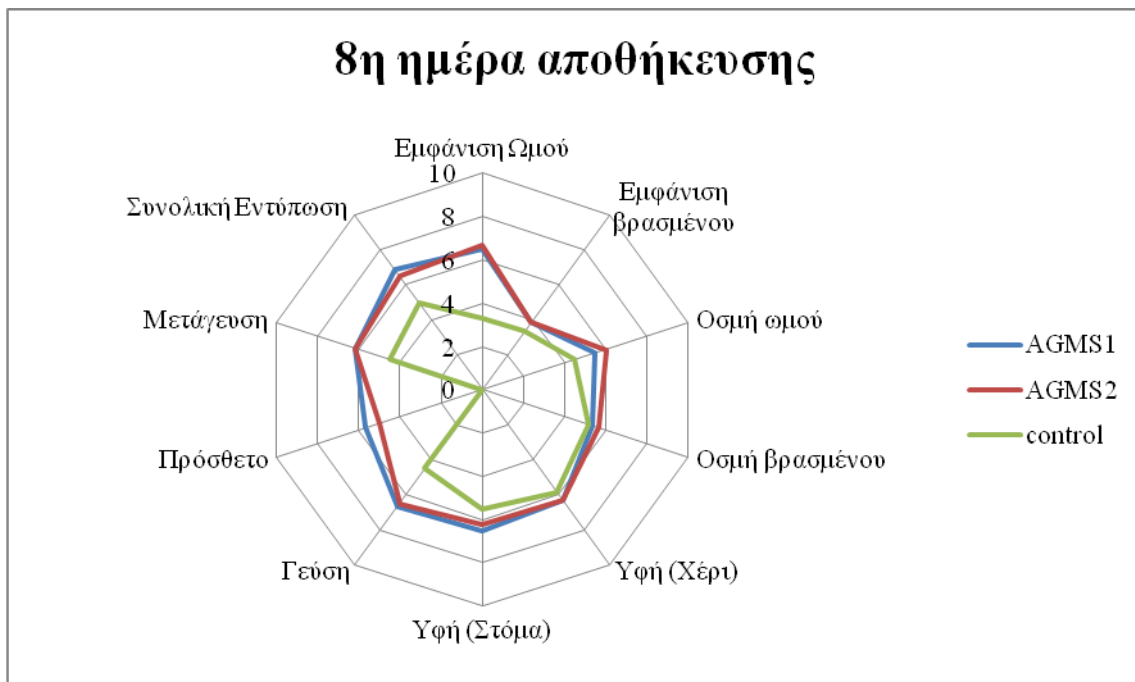
Διάγραμμα 19: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κορίανδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος κατά την πρώτη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη



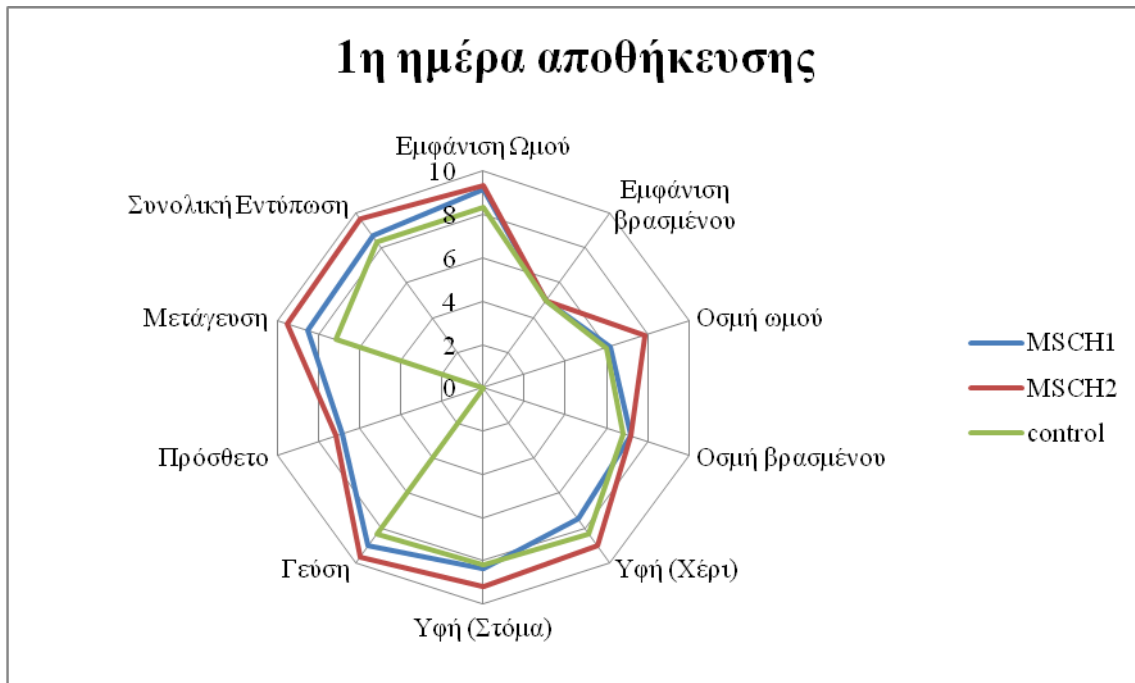
Διάγραμμα 20: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κορίανδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος κατά την όγδοη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη



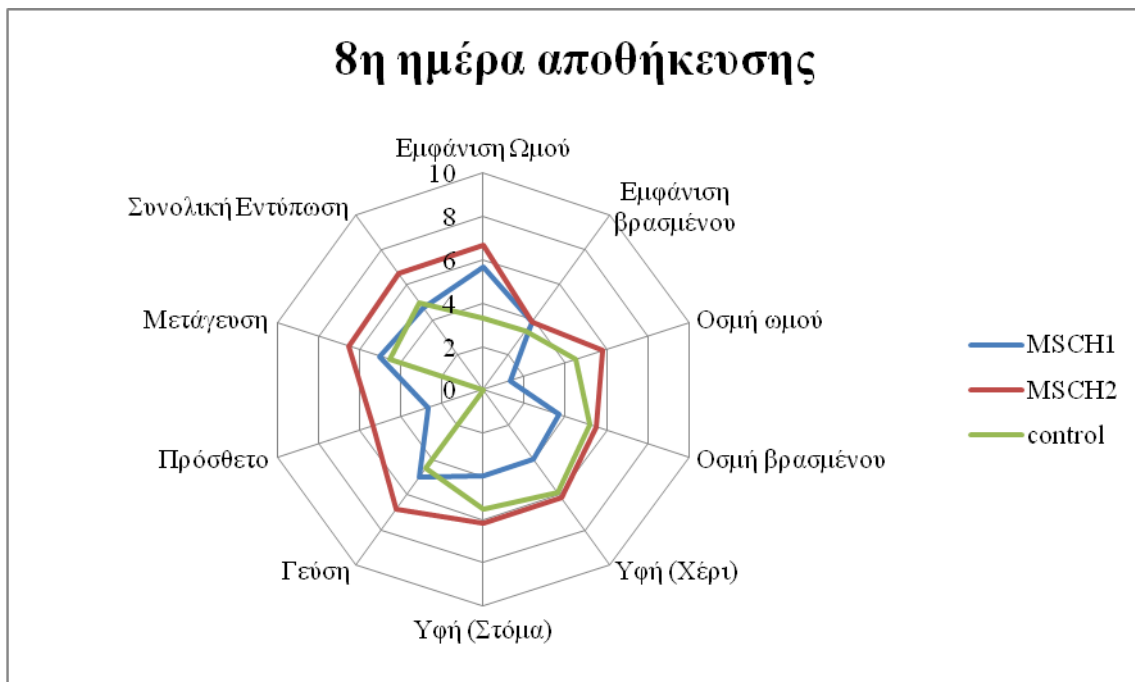
Διάγραμμα 21: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριανδρού εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμματος και τροποποιημένου αμύλου κατά την πρώτη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη



Διάγραμμα 22: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριανδρού εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμματος και τροποποιημένου αμύλου κατά την όγδοη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη



Διάγραμμα 23: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριανδρού εγκλεισμένη σε φορέα τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης κατά την πρώτη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη



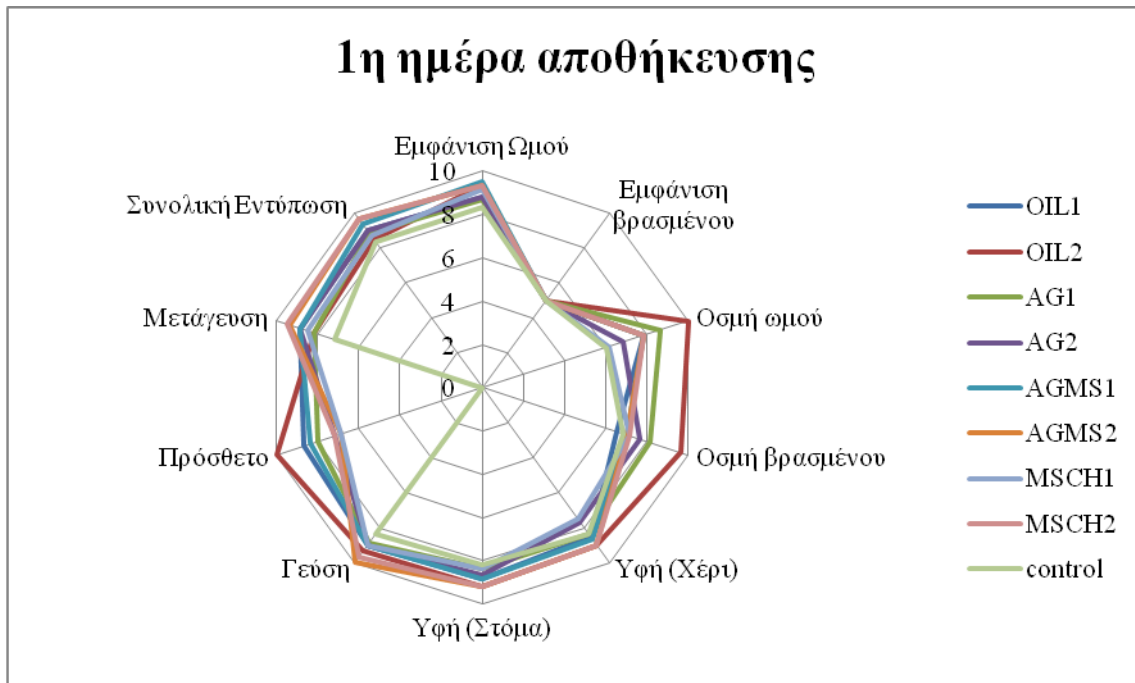
Διάγραμμα 24: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριανδρού εγκλεισμένη σε φορέα τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης κατά την όγδοη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη

Μετά από στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα όσον αφορά κάθε μελετώμενο χαρακτηριστικό:

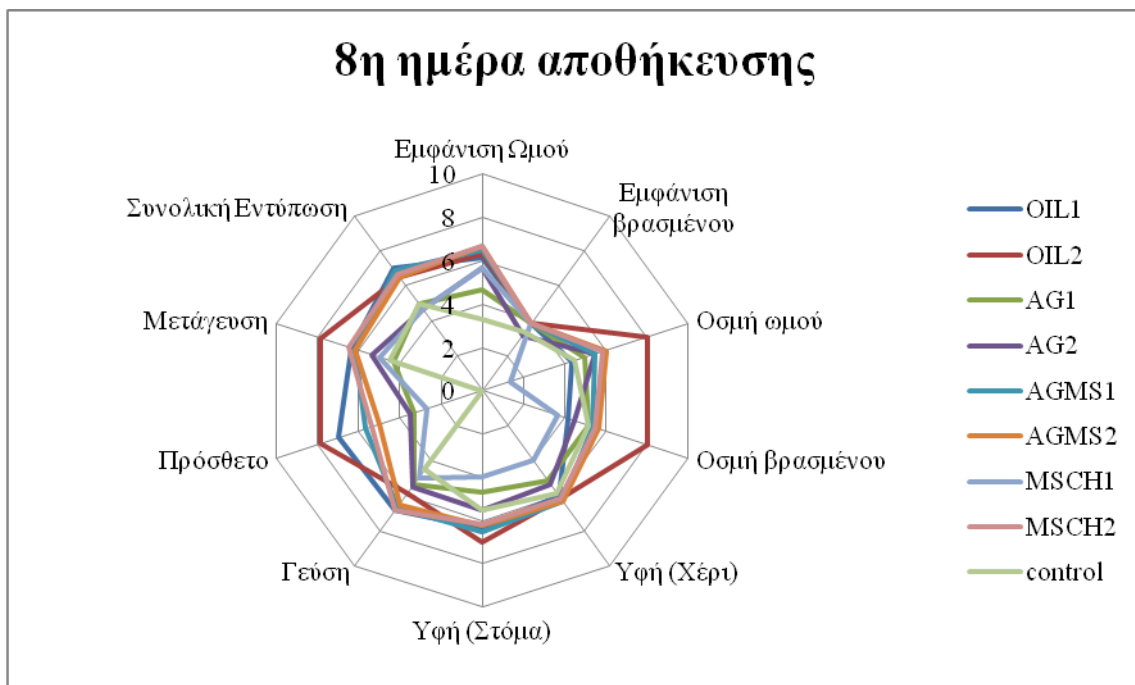
- Εμφάνιση ωμού ζυμαρικού: υπάρχει επίδραση του χρόνου αποθήκευσης καθώς και του τρόπου ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης στην υποβάθμιση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, ενώ δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές αναφορικά με την ποσότητα προστιθέμενης ελαιορητίνης.
- Εμφάνιση βρασμένου ζυμαρικού: μόνο στον παράγοντα του χρόνου αποθήκευσης παρατηρούνται σημαντικές διαφορές, ενώ φαίνεται πως η εμφάνιση των ζυμαρικών μετά το βράσιμο δεν επηρεάζεται ούτε από τον τρόπο ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης ούτε από την ποσότητα προσθήκης της.
- Οσμή ωμού ζυμαρικού: και οι τρεις παράγοντες (χρόνος αποθήκευσης, τρόπος ενσωμάτωσης και ποσότητα προστιθέμενης ελαιορητίνης) επιδρούν σημαντικά.
- Οσμή βρασμένου ζυμαρικού: η ποσότητα προστιθέμενης ελαιορητίνης δεν επιφέρει στατιστικά σημαντικές διαφορές, σε αντίθεση με το χρόνο αποθήκευσης και τον τρόπο ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης στο δείγμα.
- Υφή δείγματος κατά την επαφή με το χέρι ή με πιρούνι: η ποσότητα προστιθέμενης ελαιορητίνης δεν επιφέρει στατιστικά σημαντικές διαφορές, σε αντίθεση με το χρόνο αποθήκευσης και τον τρόπο ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης στο δείγμα.
- Υφή δείγματος στο στόμα: η ποσότητα προστιθέμενης ελαιορητίνης δεν επιφέρει στατιστικά σημαντικές διαφορές, σε αντίθεση με το χρόνο αποθήκευσης και τον τρόπο ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης στο δείγμα.
- Γεύση: η ποσότητα προστιθέμενης ελαιορητίνης δεν επιφέρει στατιστικά σημαντικές διαφορές, σε αντίθεση με το χρόνο αποθήκευσης και τον τρόπο ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης στο δείγμα.
- Ένταση πρόσθετου: η ποσότητα προστιθέμενης ελαιορητίνης δεν επιφέρει στατιστικά σημαντικές διαφορές, σε αντίθεση με το χρόνο αποθήκευσης και τον τρόπο ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης στο δείγμα.

- Μετάγευση: μόνο ο χρόνος αποθήκευσης επιδρά σημαντικά στη μετάγευση των δειγμάτων, ενώ η ποσότητα προστιθέμενης ελαιορητίνης κορίανδρου και ο τρόπος ενσωμάτωσής της στο δείγμα φαίνεται να μην έχουν σημαντική επίδραση.
- Συνολική εντύπωση: η ποσότητα προστιθέμενης ελαιορητίνης δεν επιφέρει στατιστικά σημαντικές διαφορές, σε αντίθεση με το χρόνο αποθήκευσης και τον τρόπο ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης στο δείγμα.

Στα Διαγράμματα Διάγραμμα 25 και Διάγραμμα 26 γίνεται σύγκριση των τρόπων ενσωμάτωσης καθώς και της ελαιορητίνης κορίανδρου στο δείγμα κατά την πάροδο του χρόνου. Παρατηρείται πως αν και στα χαρακτηριστικά «οσμή ωμού», «οσμή βρασμένου» και «πρόσθετο» τα δείγματα με την ελαιορητίνη κορίανδρου σε αυτούσια μορφή φέρουν υψηλότερες βαθμολογίες από τα υπόλοιπα δείγματα, εντούτοις υστερούν στη «μετάγευση» και στη «συνολική εντύπωση». Ο λόγος χαμηλότερης βαθμολόγησής τους στους τομείς αυτούς έχει να κάνει με την ένταση του αρώματος της ελαιορητίνης. Τα δείγματα με την αυτούσια ελαιορητίνη –και μάλιστα αυτό με τη μεγαλύτερη ποσότητα έναντι του άλλου- προκαλούν δυσαρέσκεια λόγω του έντονου αρώματος και τείνουν να αφήνουν πικρή επίγευση λόγω της άμεσης αποδέσμευσης του αρώματος του κορίανδρου, έναντι της σταδιακής αποδέσμευσης του αρώματος στα δείγματα με φορείς εγκλεισμού.

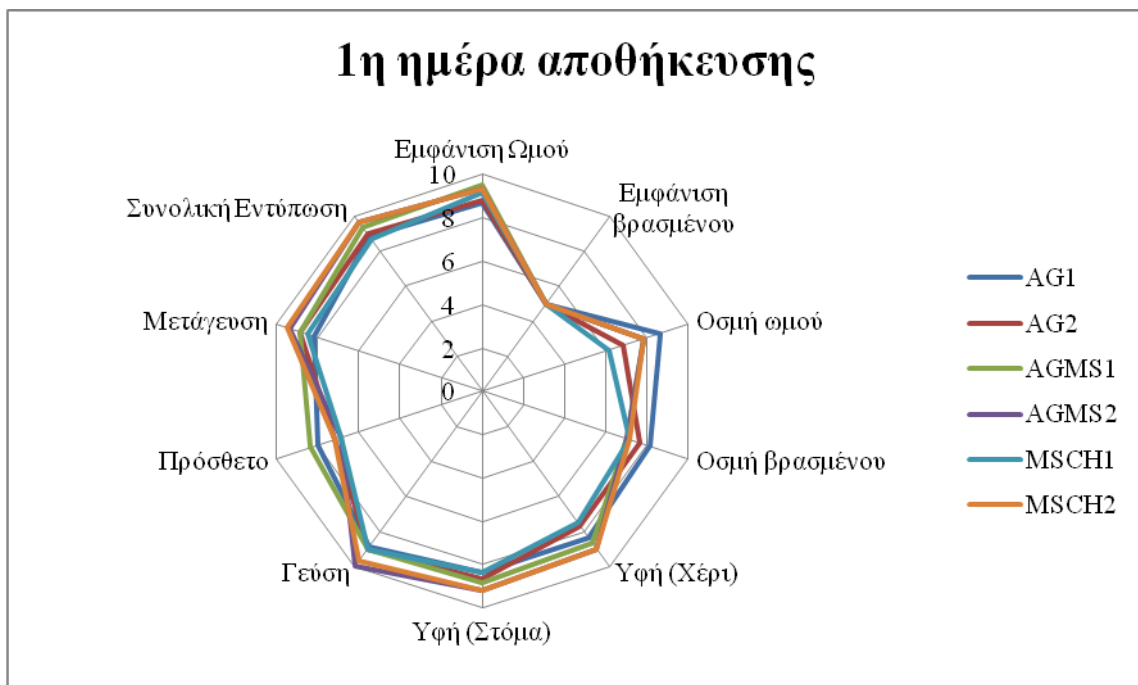


Διάγραμμα 25: Συγκριτική παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών στην πρώτη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη

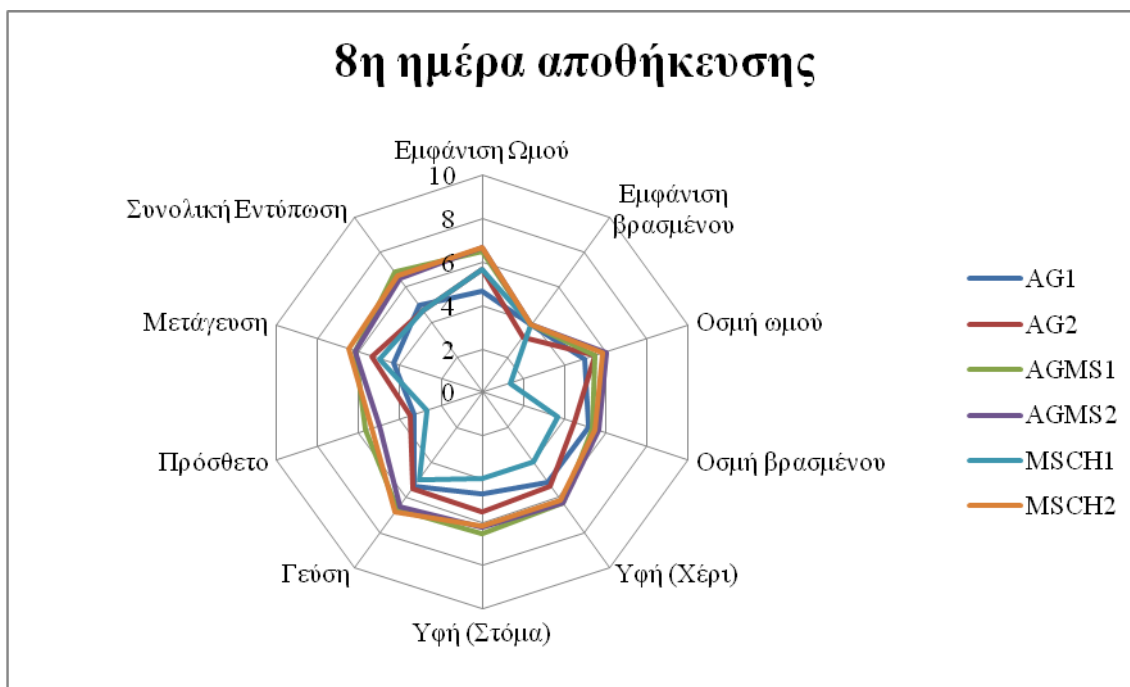


Διάγραμμα 26: Συγκριτική παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών στην όγδοη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη

Στα Διαγράμματα Διάγραμμα 27 και Διάγραμμα 28 παρουσιάζονται συγκριτικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων με προσθήκη ελαιορητίνης σε εγκλεισμένη μορφή. Παρατηρείται πως τόσο στην πρώτη όσο και στην όγδοη ημέρα αποθήκευσης, το δείγμα με την υψηλότερη βαθμολόγηση – συνολικά – είναι αυτό με την προσθήκη 1mL ελαιορητίνης κοριανδρού σε φορέα αραβικού κόμμεος με τροποποιημένο άμυλο, ενώ αμέσως επόμενο κατατάσσεται το δείγμα με προσθήκη 2mL ελαιορητίνης κοριανδρού εγκλεισμένου σε φορέα τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης.



Διάγραμμα 27: Συγκριτική παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριανδρού σε εγκλεισμένη μορφή στην πρώτη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη



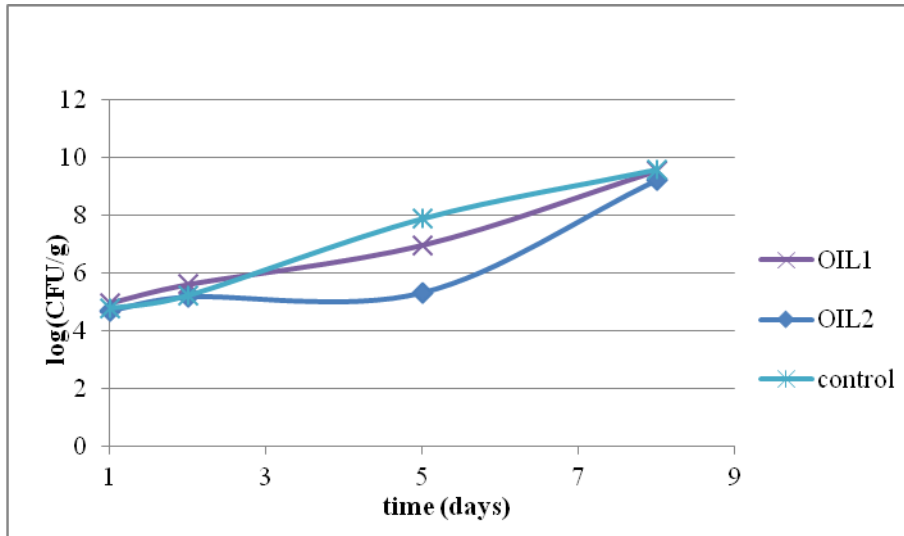
Διάγραμμα 28: Συγκριτική παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη σε εγκλεισμένη μορφή στην όγδοη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη

6.2.5 Μικροβιολογικές αναλύσεις

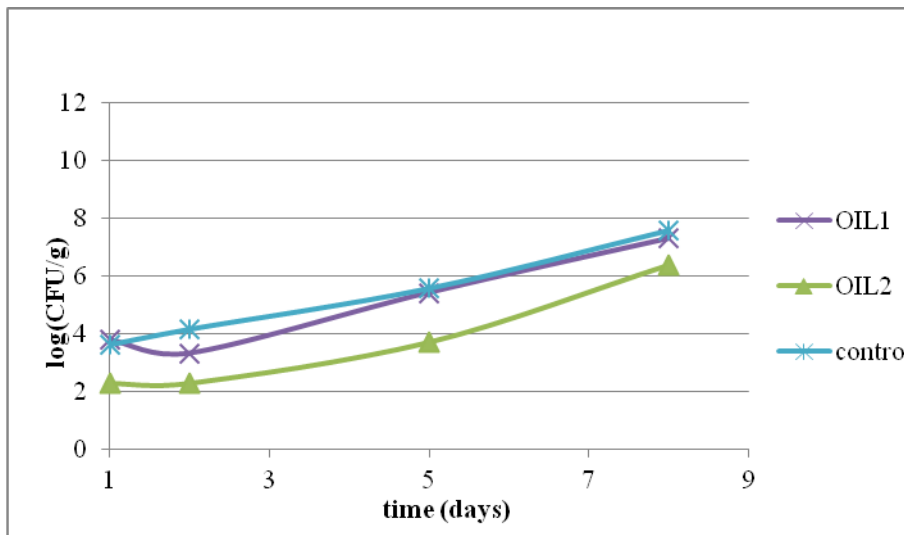
6.2.5.1 Κατηγοριοποίηση ανάλογα με τον τρόπο ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης κοριάνδρου

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι μεταβολές των μικροβιολογικών παραμέτρων κατά την αποθήκευση των δειγμάτων. Στα δείγματα έγινε ενσωμάτωση ελαιορητίνης κοριάνδρου –σε αυτούσια μορφή ή εγκλεισμένη σε φορέα- σε ποσότητα 1 mL και 2 mL. Παράλληλα με τα αποτελέσματα των δειγμάτων με ενσωματωμένη ελαιορητίνη, παρατίθενται και τα αποτελέσματα της μεταβολής των μικροβιολογικών παραμέτρων κατά την αποθήκευση δείγματος χωρίς προσθήκη ελαιορητίνης (CONTROL), ώστε να είναι ευκολότερη η σύγκριση.

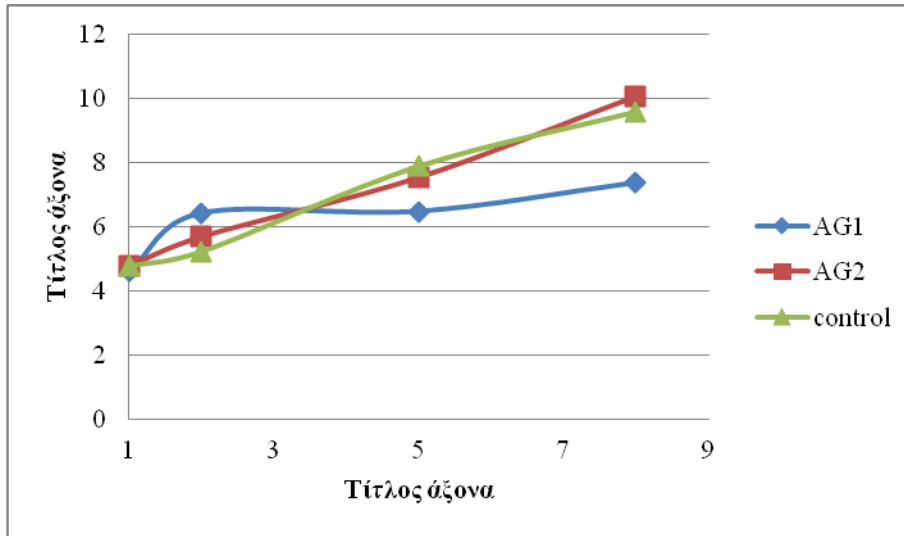
Τα Διαγράμματα Διάγραμμα 29, Διάγραμμα 31, Διάγραμμα 33 και Διάγραμμα 35 παρουσιάζουν τα αποτελέσματα των μικροβιακών αναλύσεων στο υπόστρωμα PCA, δηλαδή παρουσιάζουν την εξέλιξη του μικροβιακού φορτίου των δειγμάτων σε σχέση με το χρόνο, όσον αφορά την ολική μικροβιακή χλωρίδα. Αντίστοιχα, τα Διαγράμματα Διάγραμμα 30, Διάγραμμα 32, Διάγραμμα 34 και Διάγραμμα 36 παρουσιάζουν τα αποτελέσματα των μικροβιακών αναλύσεων στο υπόστρωμα RBC, δηλαδή παρουσιάζουν την εξέλιξη του μικροβιακού φορτίου των δειγμάτων σε σχέση με το χρόνο, όσον αφορά τα είδη των μούχλων και των μυκήτων.



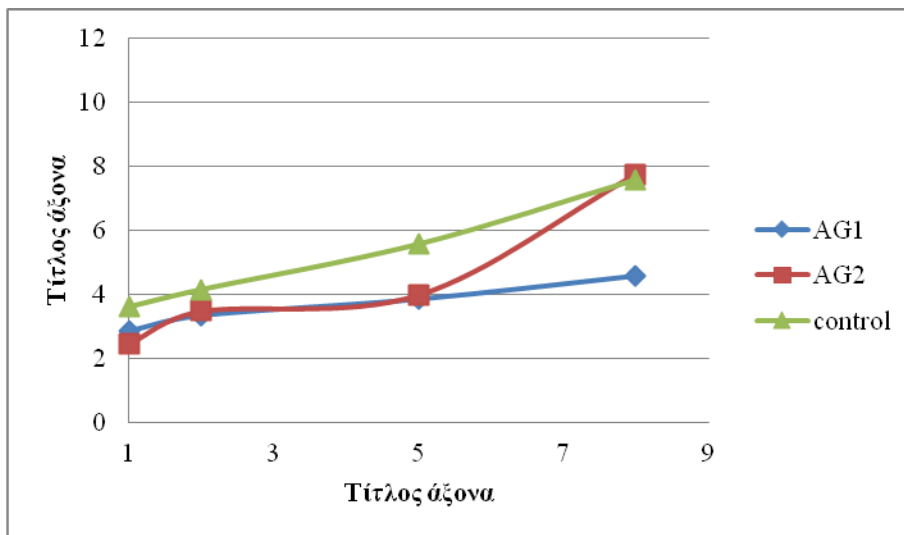
Διάγραμμα 29: Μικροβιακή ανάλυση PCA δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριανδρού σε ποσοστά κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



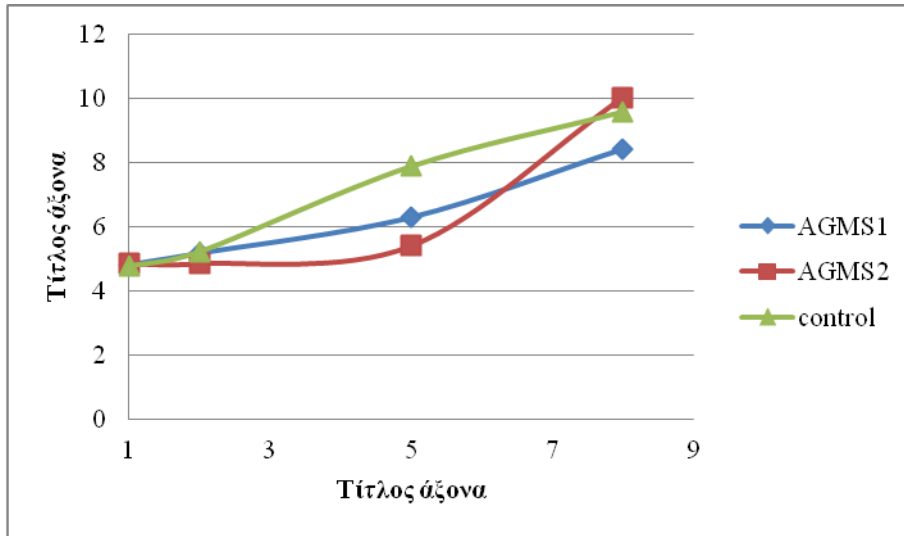
Διάγραμμα 30: Μικροβιακή ανάλυση RBC δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριανδρού σε ποσοστά κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



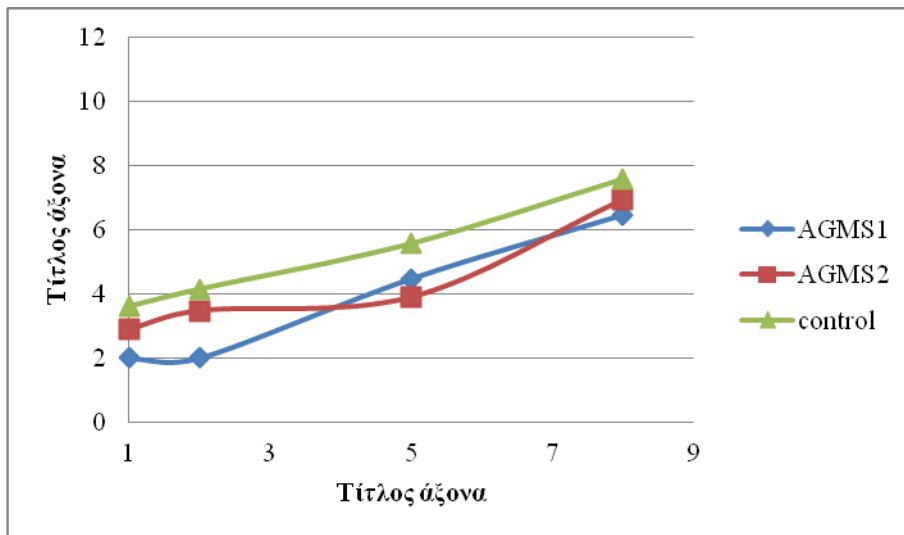
Διάγραμμα 31: Μικροβιακή ανάλυση PCA δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κορίανδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



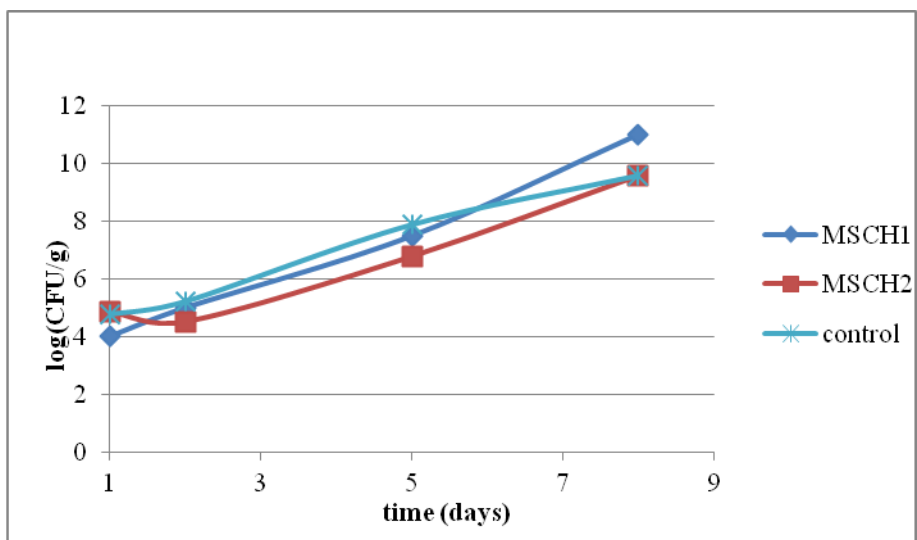
Διάγραμμα 32: Μικροβιακή ανάλυση RBC δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κορίανδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



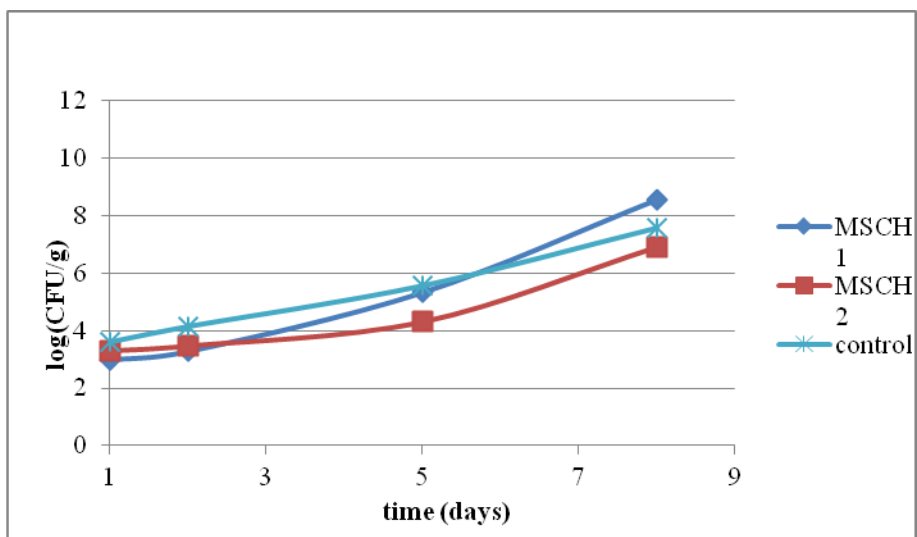
Διάγραμμα 33: Μικροβιακή ανάλυση PCA δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος και τροποποιημένου αμύλου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



Διάγραμμα 34: Μικροβιακή ανάλυση RBC δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος και τροποποιημένου αμύλου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



Διάγραμμα 35: Μικροβιακή ανάλυση PCA δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κορίανδρου εγκλεισμένη σε φορέα τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



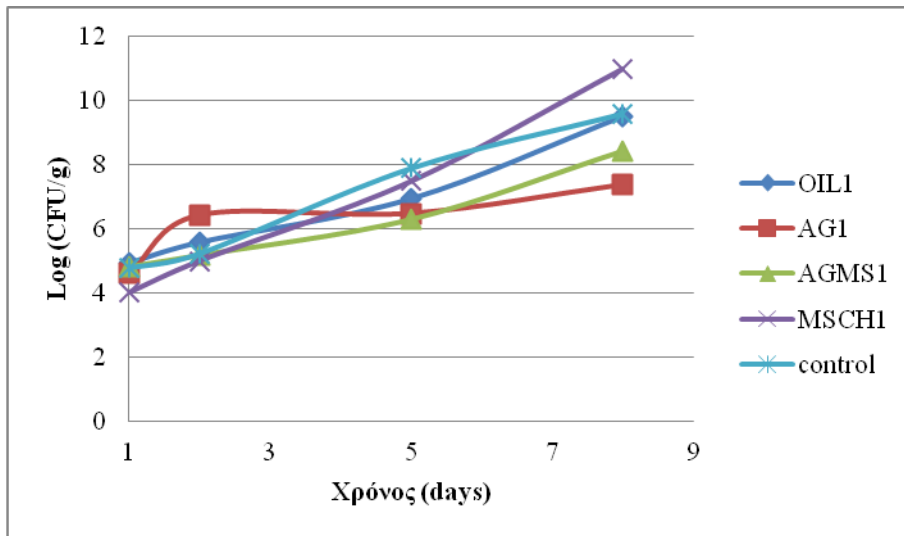
Διάγραμμα 36: Μικροβιακή ανάλυση RBC δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με περιεχόμενη ελαιορητίνη κορίανδρου εγκλεισμένη σε φορέα τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των επιμέρους διαγραμμάτων για κάθε τρόπο ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης κορίανδρου στο δείγμα φρέσκου ζυμαρικού, φαίνεται πως η ενσωμάτωση σε αυτούσια μορφή προσδίδει μεγαλύτερη προστασία στο δείγμα όσον αφορά την ανάπτυξη του μικροβιακού φορτίου. Επόμενο κατά σειρά στον

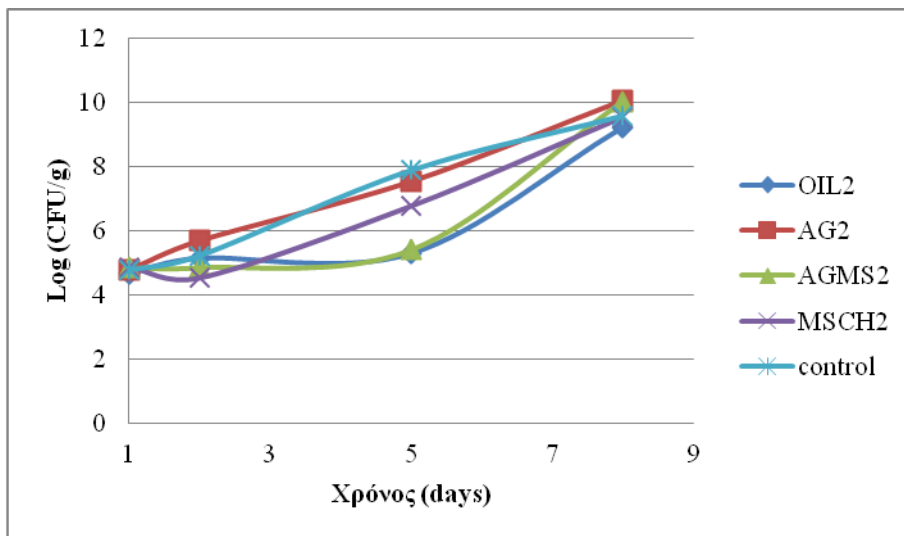
αντιμικροβιακό ρόλο κατατάσσεται τα δείγμα με την ελαιορητίνη εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος σε συνδυασμό με τροποποιημένο άμυλο. Μετά από στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων φάνηκε πως ούτε ο τρόπος ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης, αλλά ούτε και η ποσότητα προστιθέμενης ελαιορητίνης παρουσίασαν σημαντικές διαφορές, σε αντίθεση με τον παράγοντα της χρονικής διάρκειας της αποθήκευσης, στον οποίο τα δείγματα εμφανίζουν σημαντικές διαφορές.

6.2.5.2 Κατηγοριοποίηση ανάλογα με την ποσότητα ελαιορητίνης κορίανδρου που ενσωματώθηκε

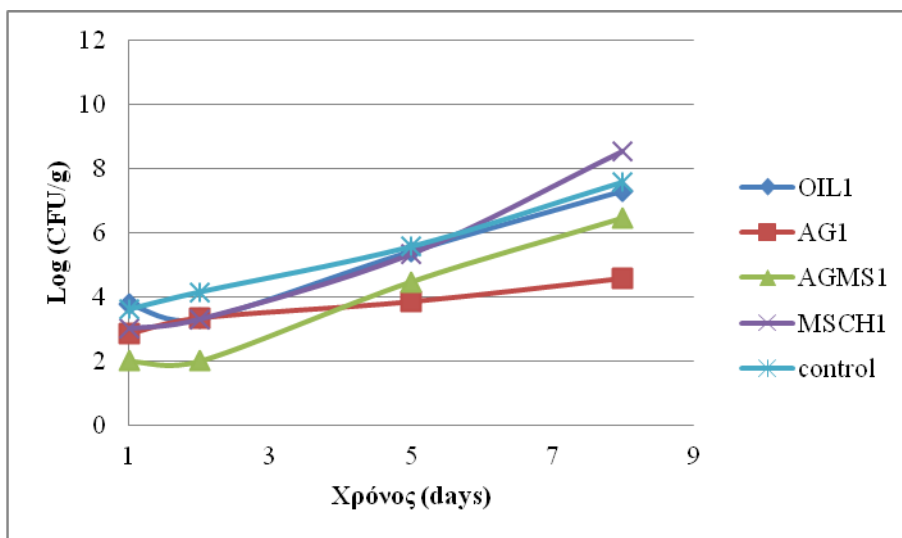
Στα Διαγράμματα Διάγραμμα 37 και Διάγραμμα 38 παρατίθενται τα αποτελέσματα των μικροβιακών αναλύσεων που έγιναν στο υπόστρωμα PCA, τόσο για τα δείγματα στα οποία έγινε προσθήκη 1 mL ελαιορητίνης όσο και για τα δείγματα στα οποία έγινε προσθήκη 2 mL ελαιορητίνης κορίανδρου. Αντίστοιχα, στα Διαγράμματα Διάγραμμα 39 και Διάγραμμα 40 εμφανίζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα για την ανάπτυξη μικροβιακού φορτίου στο υπόστρωμα RBC. Ανάλογα με την ποσότητα ελαιορητίνης η οποία ενσωματώνεται παρατηρούνται ελαφρώς διαφορετικά αποτελέσματα. Στην ομάδα δειγμάτων στα οποία προστέθηκε 1 mL ελαιορητίνης, καλύτερα αποτελέσματα αντιμικροβιακού χαρακτήρα φαίνεται να είχε η προσθήκη της αντιμικροβιακής ουσίας σε φορέα εγκλεισμού έναντι της αυτούσιας μορφής. Πιο συγκεκριμένα, καλύτερα αποτελέσματα έδειξε ο συνδυασμός αραβικού κόμμεος με τροποποιημένο άμυλο, καθώς και ο φορέας σκέτου αραβικού κόμμεος. Όμως, στην ομάδα δειγμάτων στα οποία προστέθηκαν 2 mL ελαιορητίνης, καλύτερη αντιμικροβιακή προστασία παρουσίασε η προσθήκη σε αυτούσια μορφή καθώς και η προσθήκη σε φορέα αραβικού κόμμεος και τροποποιημένου αμύλου. Όσον αφορά την ποσότητα προσθήκης ελαιορητίνης, αυτή δεν φαίνεται να επηρεάζει την αντιμικροβιακή προστασία, καθώς τα αποτελέσματα της κάθε ομάδας (προσθήκη 1 mL και 2 mL) δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές.



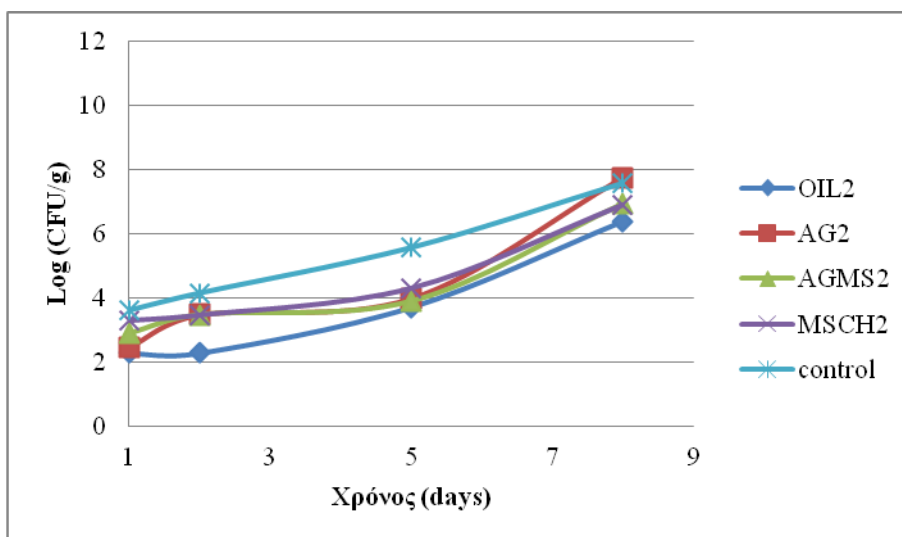
Διάγραμμα 37: Συγκριτική παρουσίαση αποτελεσμάτων μικροβιακών αναλύσεων στο υπόστρωμα PCA, δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με 1 mL περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριανδρού, κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



Διάγραμμα 38: Συγκριτική παρουσίαση αποτελεσμάτων μικροβιακών αναλύσεων στο υπόστρωμα PCA, δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με 2 mL περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριανδρού, κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



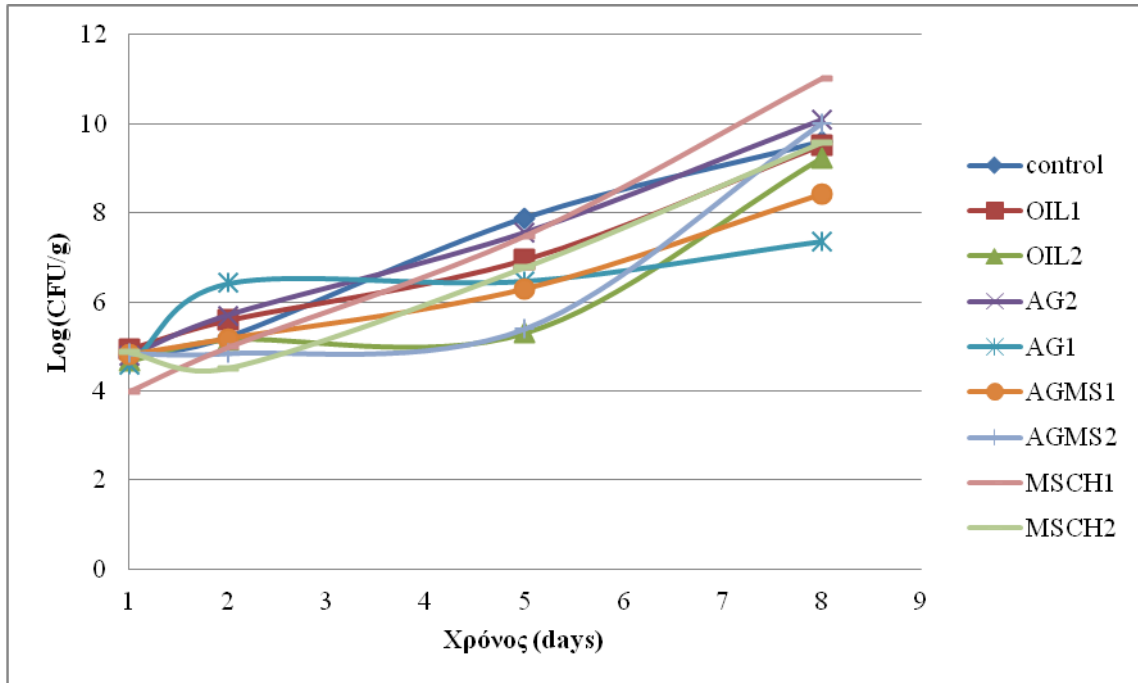
Διάγραμμα 39: Συγκριτική παρουσίαση αποτελεσμάτων μικροβιακών αναλύσεων στο υπόστρωμα RBC, δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με 1 mL περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριανδρού, κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



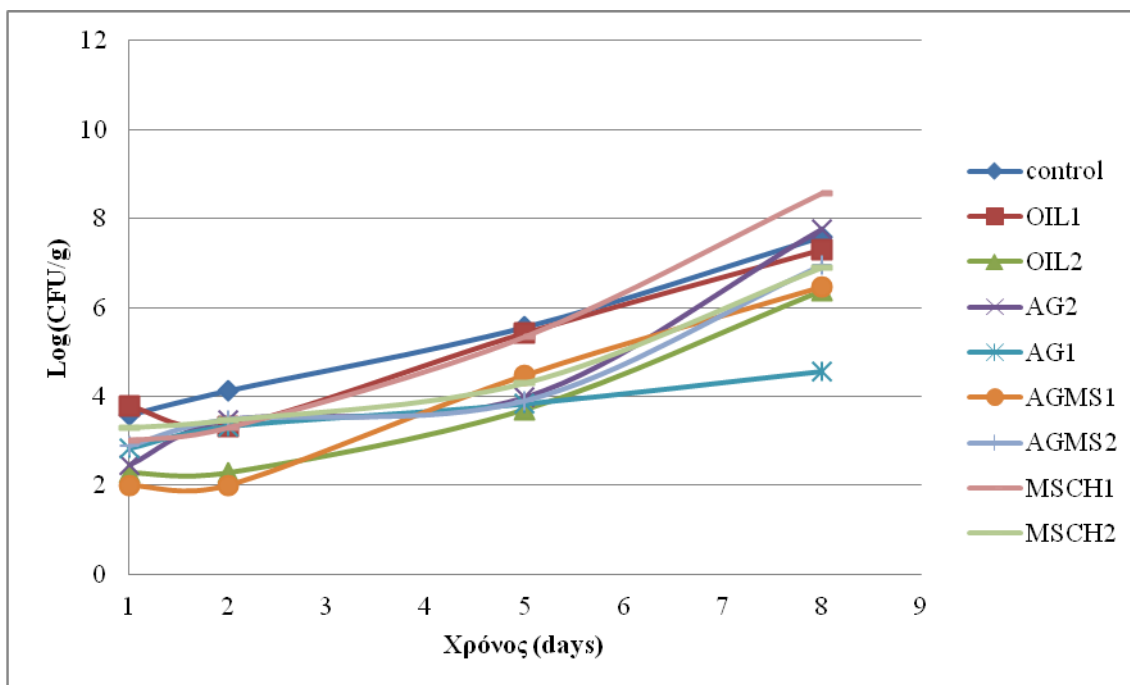
Διάγραμμα 40: Συγκριτική παρουσίαση αποτελεσμάτων μικροβιακών αναλύσεων στο υπόστρωμα RBC, δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με 2 mL περιεχόμενη ελαιορητίνη κοριανδρού, κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

Παρατηρείται πως συνολικά δυο είναι οι τρόποι ενσωμάτωσης που ξεχωρίζουν και όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 6.2.5.1 Κατηγοριοποίηση ανάλογα με τον τρόπο ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης κοριανδρού, αυτοί είναι η προσθήκη ελαιορητίνης σε αυτούσια μορφή και η προσθήκη ελαιορητίνης εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος

και τροποποιημένου αμύλου. Πιο συγκεκριμένα, στα Διαγράμματα Διάγραμμα 41 και Διάγραμμα 42 φαίνεται πως, και για τα δυο χρησιμοποιηθέντα υποστρώματα, η ελαιορητήνη κοριάνδρου εγκλεισμένη σε φορέα αραβικού κόμμεος σε συνδυασμό με τροποποιημένο άμυλο παρουσίασε την καλύτερη αντιμικροβιακή συμπεριφορά.



Διάγραμμα 41: Συγκριτικά αποτελέσματα μικροβιολογικών αναλύσεων σε υπόστρωμα PCA όλων των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

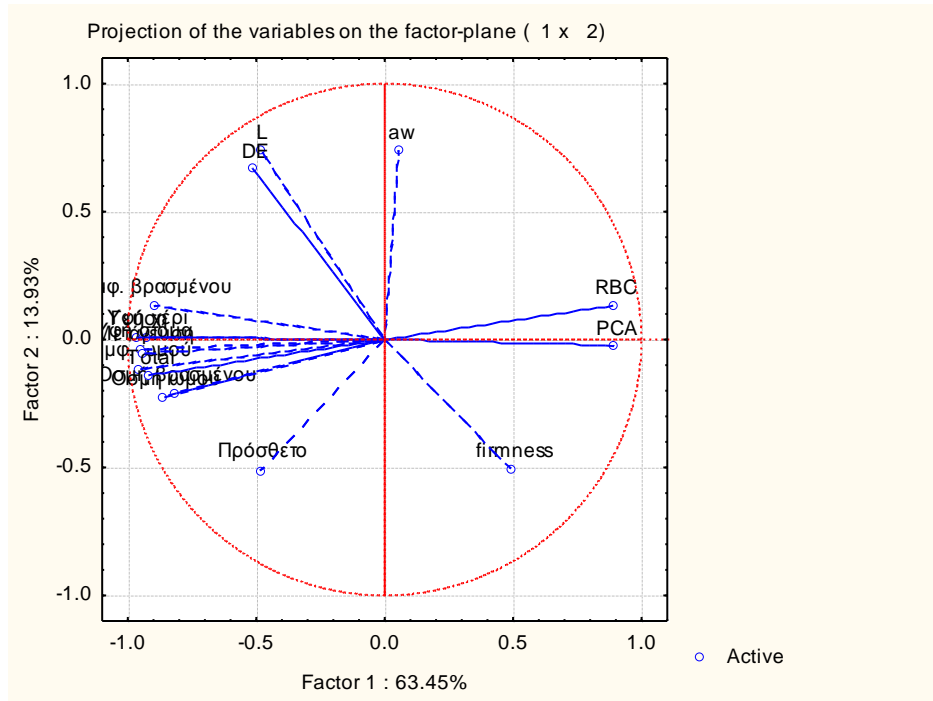


Διάγραμμα 42: Συγκριτικά αποτελέσματα μικροβιολογικών αναλύσεων σε υπόστρωμα RBC όλων των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

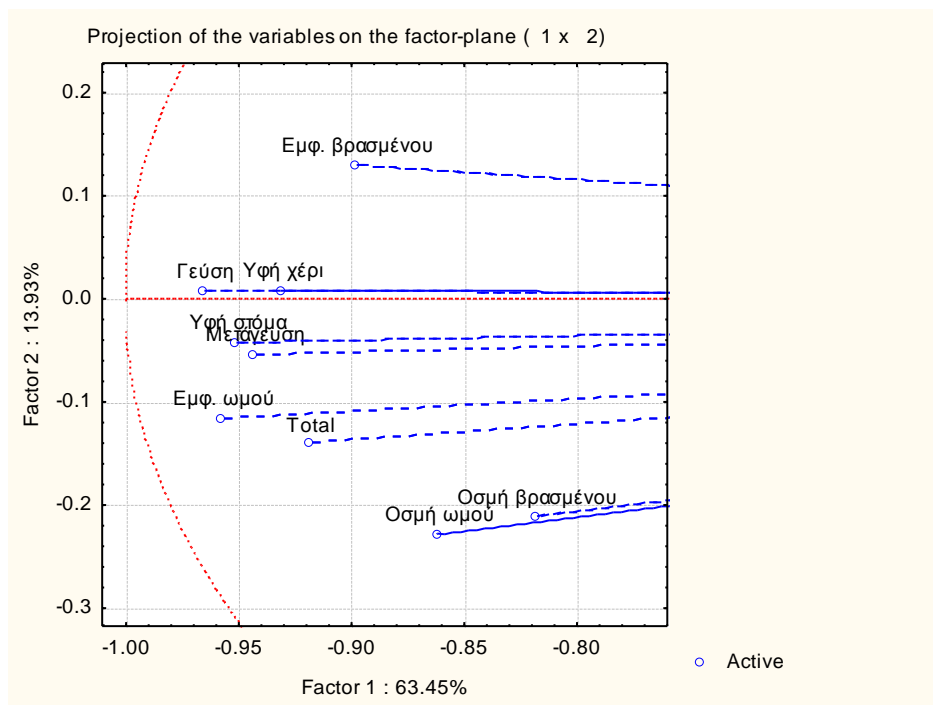
6.2.6 Ανάλυση συσχέτισης

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) για τα δείγματα του Πειράματος 1. Συμπεριλήφθηκε και το τυφλό δείγμα (CONTROL) για λόγους σύγκρισης. Στο Διάγραμμα 43: Ανάλυση συσχέτισης των μελετώμενων μεταβλητών για τα δείγματα του Πειράματος 1 φαίνεται η συσχέτιση των μεταβλητών που μελετήθηκαν. Επαναλαμβάνεται πως οι μεταβλητές που μελετήθηκαν χωρίζονται στις αντικειμενικές (σκληρότητα, ολικό χρώμα, φωτεινότητα, ενεργότητα, μικροβιολογική ανάλυση σε υπόστρωμα PCA και μικροβιακή ανάλυση σε υπόστρωμα RBC) και στις οργανοληπτικές (εμφάνιση ωμού, οσμή ωμού, εμφάνιση βρασμένου, οσμή βρασμένου, υφή στο χέρι, υφή στο στόμα, γεύση, ένταση προσθέτου, μετάγευση και συνολική εντύπωση). Όπως είναι εμφανές από το διάγραμμα, όλα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά καθώς και οι μικροβιακές αναλύσεις επιδρούν σημαντικά στην πρώτη κύρια συνιστώσα του πειράματος (63,45%), ενώ η ενεργότητα καθώς και οι μετρήσεις που αφορούν το χρώμα επηρεάζουν την δεύτερη κύρια συνιστώσα του πειράματος (13,93%). Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά φαίνονται να συσχετίζονται μεταξύ τους σχηματίζοντας δυο ομάδες. Συγκεκριμένα στην πρώτη ομάδα συσχετίζονται η εμφάνιση του βρασμένου δείγματος, η

υφή στο χέρι και η γεύση, ενώ στη δεύτερη συσχετίζονται η εμφάνιση του ωμού δείγματος, η οσμή τόσο του ωμού όσο και του βρασμένου, η υφή στο στόμα, η γεύση, η μετάγευση και η συνολική εντύπωση. Η πρώτη ομάδα συσχέτισης των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών δεν συσχετίζεται με την μικροβιακή ανάλυση σε υπόστρωμα PCA, ενώ η δεύτερη δεν συσχετίζεται με τη μικροβιακή ανάλυση σε υπόστρωμα RBC. Οι χρωματικές παράμετροι φαίνεται να μην συσχετίζονται με τη σκληρότητα του δείγματος.



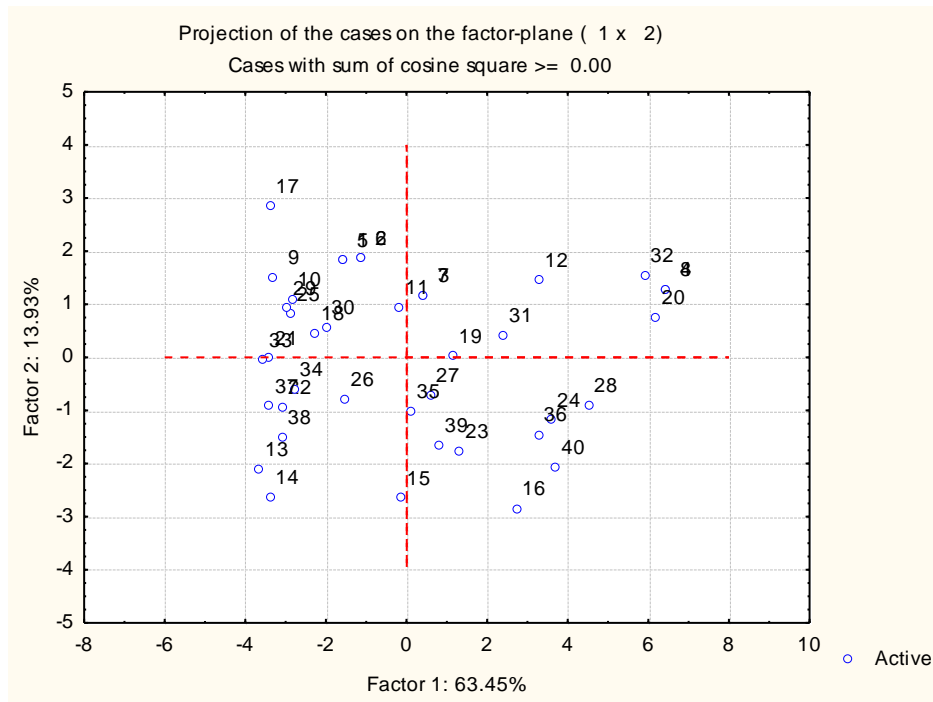
Διάγραμμα 43: Ανάλυση συσχέτισης των μελετώμενων μεταβλητών για τα δείγματα του Πειράματος 1



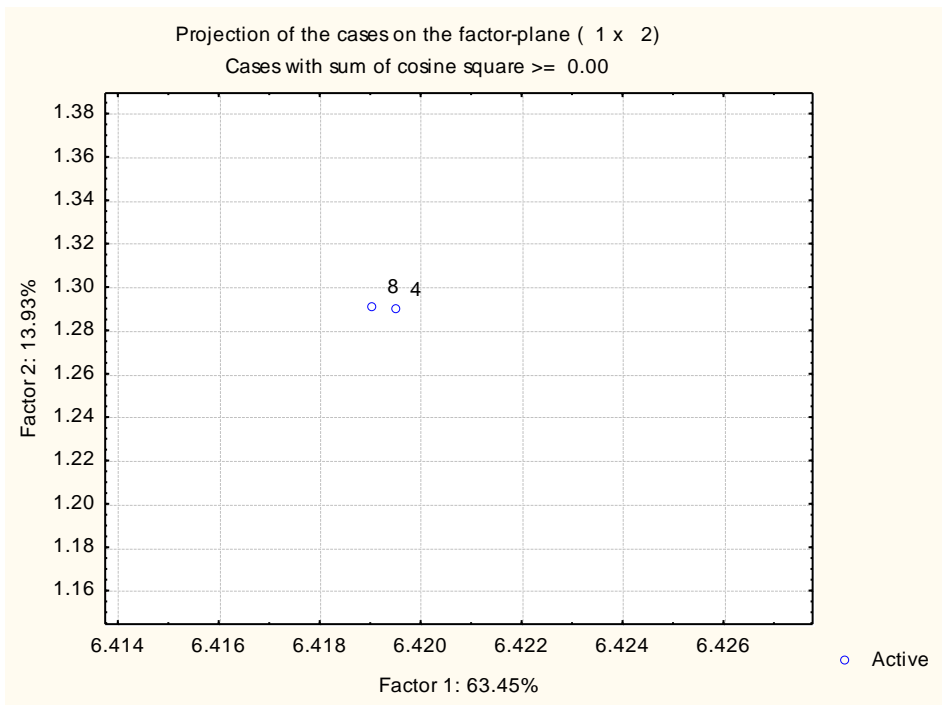
Διάγραμμα 44: Μεγέθυνση της αριστερής πλευράς του διαγράμματος 43

Στο Διάγραμμα 45 παρουσιάζεται η συσχέτιση των δειγμάτων, ενώ στα Διαγράμματα Διάγραμμα 46, Διάγραμμα 47 και Διάγραμμα 48 φαίνονται τμήματα σε μεγέθυνση για καλύτερη κατανόηση. Οι ομάδες που φαίνεται να σχηματίζονται αφορούν κυρίως την οργανοληπτική αξιολόγηση των δειγμάτων, καθώς τα κοινά στοιχεία των δειγμάτων αφορούν οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά. Μια ομάδα αποτελούν τα σημεία 16, 24, 28, 36 και 40 (τέταρτο τεταρτημόριο), τα οποία αντιστοιχούν στην όγδοη ημέρα διατήρησης των δειγμάτων με προσθήκη ελαιορητίνης κοριάνδρου τόσο σε αυτούσια μορφή (2mL) όσο και σε εγκλεισμένη (2mL σε φορέα τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης, 1mL και 2mL σε φορέα αραβικού κόμπος και 2mL σε φορέα αραβικού κόμπος και τροποποιημένου αμύλου). Μια άλλη ομάδα σχηματίζεται από τα σημεία 8, 4, 20 και 32 (δεύτερο τεταρτημόριο) τα οποία αντιστοιχούν στην όγδοη ημέρα διατήρησης των δειγμάτων με ελαιορητίνη κοριάνδρου σε εγκλεισμένη μορφή (2mL σε φορέα αραβικού κόμπος και 1mL σε φορέα τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης) καθώς και του τυφλού. Αξίζει να αναφερθεί ότι η πρώτη ομάδα περιέχει τα δείγματα τα οποία εμφάνισαν την καλύτερη βαθμολογία όσον αφορά τις οργανοληπτικές δοκιμές καθώς και τα καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά τις μικροβιολογικές μετρήσεις, στην όγδοη ημέρα αποθήκευσης, ενώ η δεύτερη ομάδα περιέχει τα δείγματα τα οποία εμφάνισαν τη

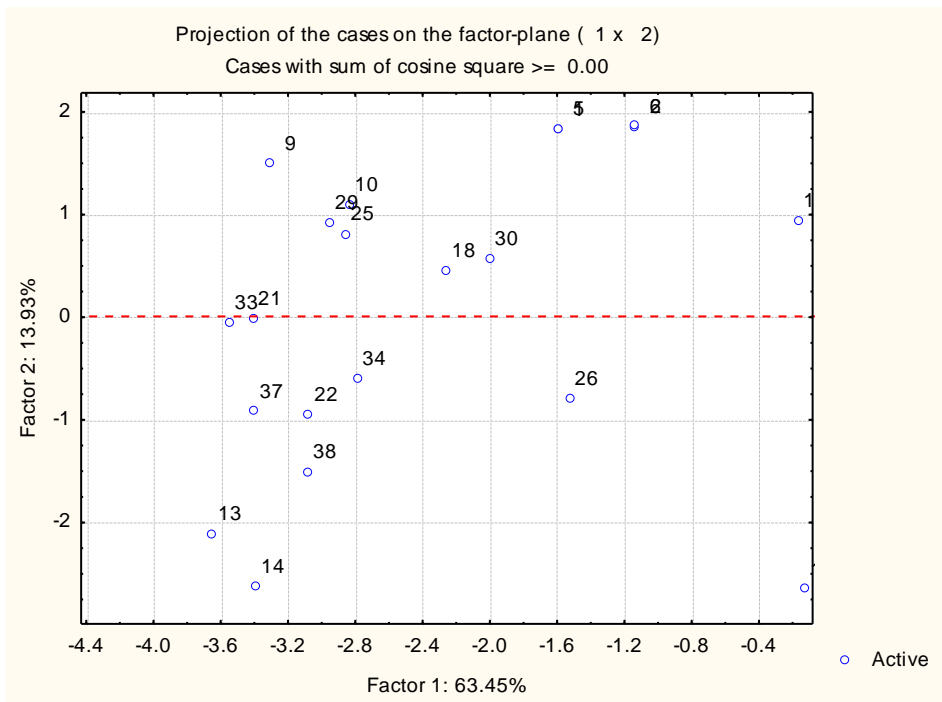
χαμηλότερη οργανοληπτική αξιολόγηση και τα χειρότερα αποτελέσματα μικροβιολογικών αναλύσεων στην όγδοη ημέρα αποθήκευσης. Μια άλλη ομάδα που σχηματίζεται περιλαμβάνει τα σημεία 9, 10, 13, 14, 17, 18, 21, 22, 25, 26, 29, 30, 33, 34, 37 και 38, τα οποία αντιστοιχούν στα δείγματα με προσθήκη ελαιορητίνης κορίανδρου είτε σε ελεύθερη είτε σε εγκλεισμένη μορφή, και στις δυο ποσότητες, για την πρώτη και δεύτερη ημέρα αποθήκευσής τους. Η ομάδα αυτή είναι προφανής, καθώς στην πρώτη και δεύτερη ημέρα αποθήκευσης τα δείγματα εμφανίζουν παραπλήσια αποτελέσματα στις μετρήσεις, καθώς δεν έχουν ακόμα επηρεαστεί από τη διάρκεια της αποθήκευσης.



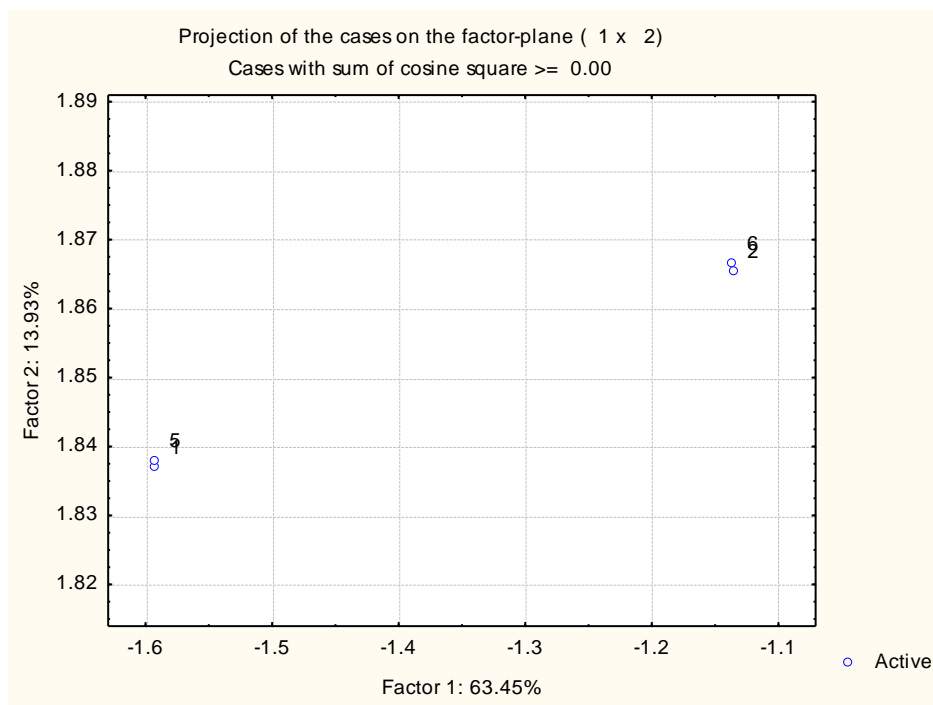
Διάγραμμα 45: Ανάλυση συσχέτισης των δειγμάτων



Διάγραμμα 46: Μεγέθυνση του τμήματος (1-2, 6-8) του διαγράμματος 45



Διάγραμμα 47: Μεγέθυνση του τμήματος (-2-2, -4-0) του διαγράμματος 45

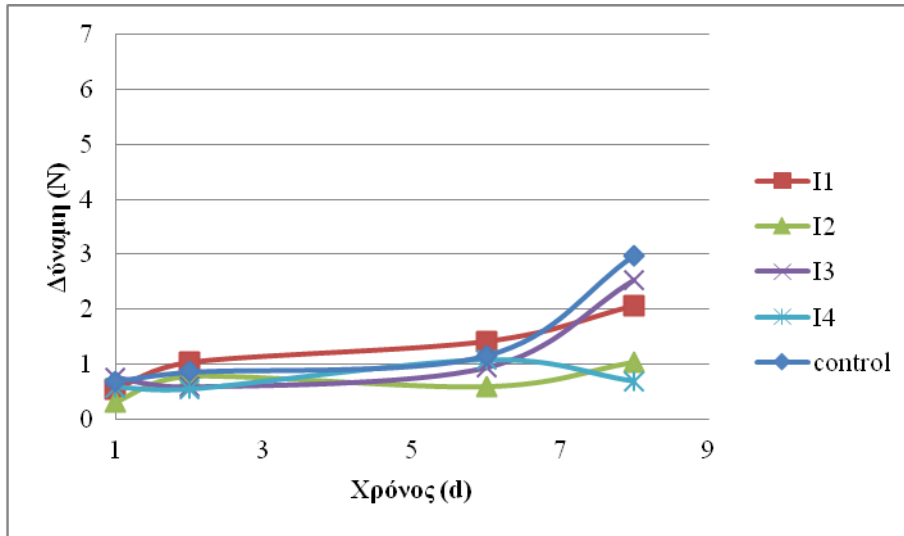


Διάγραμμα 48: Μεγέθυνση του τμήματος (-1-2, -2-0) του διαγράμματος 45

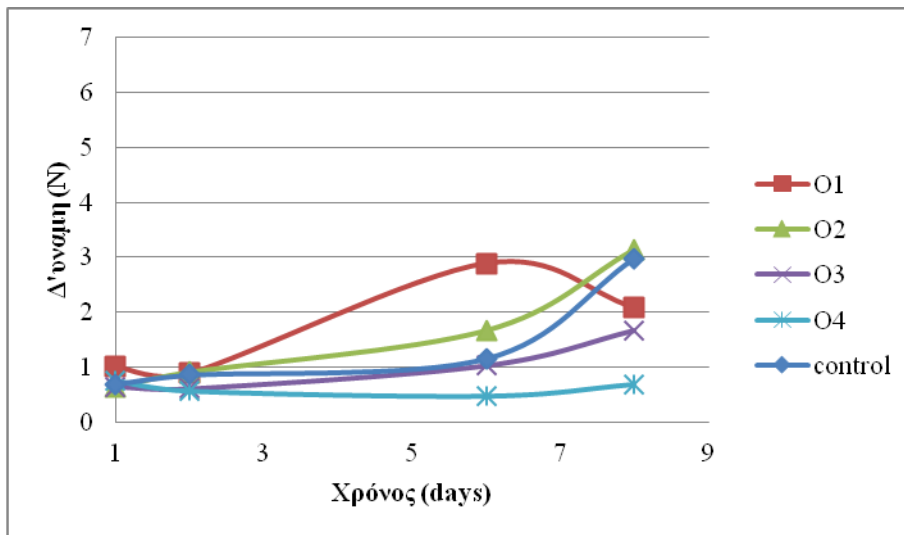
6.3 Αποτελέσματα Πειράματος 2: Επίδραση προσθήκης διαιτητικών ινών (ινουλίνη, πίτουρο βρώμης και απομονωμένες ίνες καρότου) σε φρέσκα ζυμαρικά

6.3.1 Μετρήσεις σκληρότητας

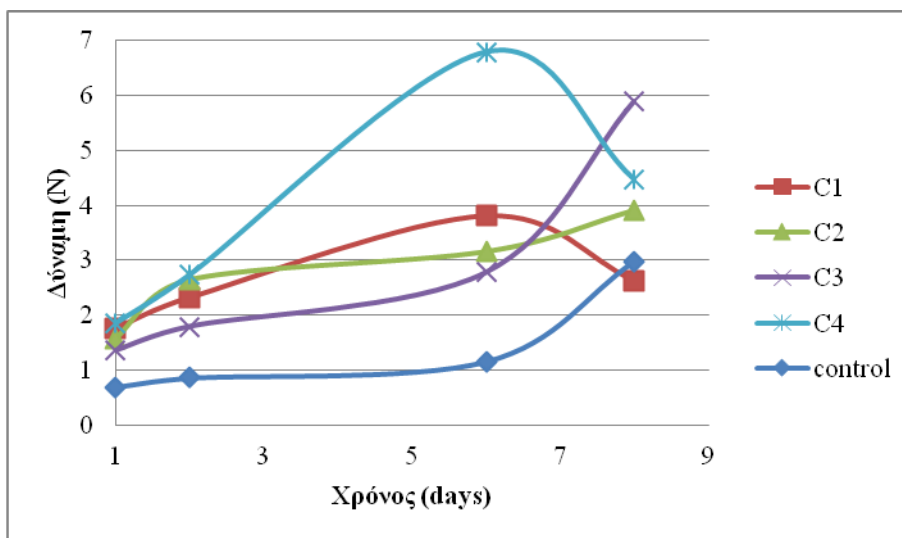
Στα Διαγράμματα Διάγραμμα 49, Διάγραμμα 50 και Διάγραμμα 51 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων σκληρότητας των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών στα οποία έγινε προσθήκη πηγών φυτικών ινών (ινουλίνης, πίτουρου βρώμης και ινών καρότου) σε τέσσερα ποσοστά (7,5%, 10%, 12,5% και 15%).



Διάγραμμα 49: Αποτελέσματα μέτρησης σκληρότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινουλίνης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



Διάγραμμα 50: Αποτελέσματα μέτρησης σκληρότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου βρώμης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

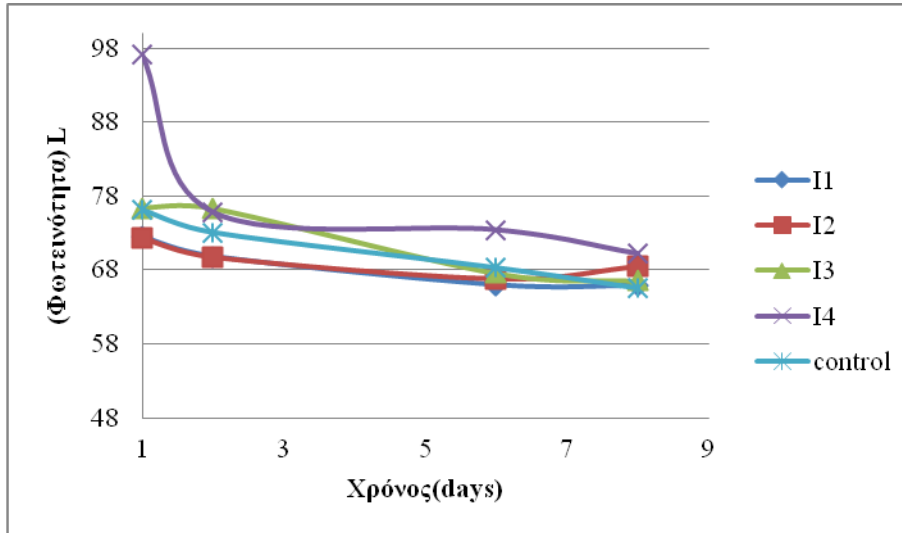


Διάγραμμα 51: Αποτελέσματα μέτρησης δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινών καρότου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

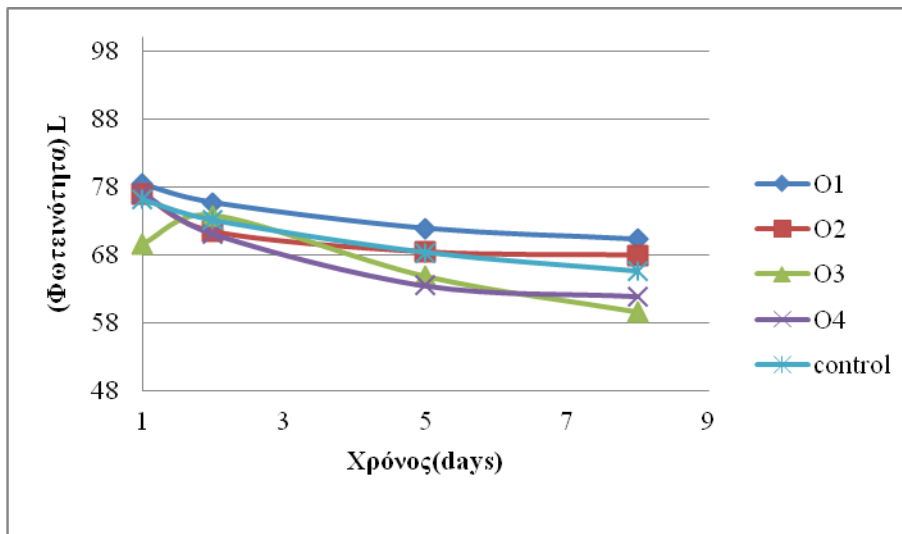
Παρατηρείται πως υπάρχει εμφανής διαφορά στη σκληρότητα των δειγμάτων ανάλογα με την πηγή ινών που χρησιμοποιήθηκε, κάτι που υποστηρίζεται και από τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης. Φαίνεται όμως, πως μόνο το είδος προστιθέμενων ινών επηρεάζει την τιμή της σκληρότητας κατά τη διάρκεια αποθήκευσης, ενώ το ποσοστό προστιθέμενων ινών δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, τα δείγματα με την προσθήκη ινών καρότου εμφανίζουν τις μεγαλύτερες τιμές σκληρότητας, αρκετά υψηλότερες από τις τιμές των δειγμάτων χωρίς προσθήκη ινών (CONTROL). Ακολουθούν τα δείγματα με την προσθήκη πίτουρου βρώμης και στη συνέχεια, με τιμές σκληρότητας κοντινές και ενίοτε χαμηλότερες από τις τιμές του δείγματος CONTROL, ακολουθεί η σειρά δειγμάτων με προσθήκη ινουλίνης. Η συμπεριφορά των δειγμάτων δικαιολογείται από τη φύση των ινών που προστίθενται κάθε φορά. Η ινουλίνη ανήκει στην κατηγορία των υδατοδιαλυτών φυτικών ινών, ενώ το πίτουρο βρώμης και οι ίνες καρότου θεωρούνται – πλήρως ή σε ποσοστά ανάλογα με την καθαρότητά τους- μη υδατοδιαλυτές φυτικές ίνες. Όπως φαίνεται και από τα αντίστοιχα διαγράμματα, τα δείγματα με προσθήκη υδατοδιαλυτών ινών παρουσιάζουν τιμές σκληρότητας χαμηλότερες από τα δείγματα με προσθήκη μη υδατοδιαλυτών ινών, καθώς στα δεύτερα γίνεται δέσμευση μέρους του προστιθέμενου νερού από την ποσότητα των ινών.

6.3.2 Μετρήσεις χρώματος

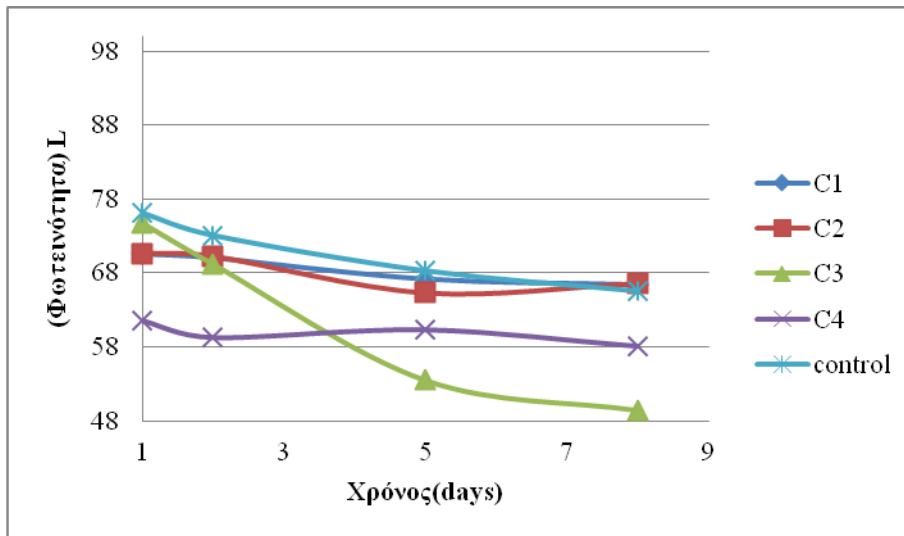
Στα Διαγράμματα Διάγραμμα 52, Διάγραμμα 53 και Διάγραμμα 54 παρουσιάζονται οι μετρήσεις φωτεινότητας των δειγμάτων του Πειράματος 2 και στα Διαγράμματα Διάγραμμα 55, Διάγραμμα 56 και Διάγραμμα 57 φαίνονται οι μετρήσεις του ολικού επιφανειακού χρώματος των δειγμάτων του ίδιου Πειράματος.



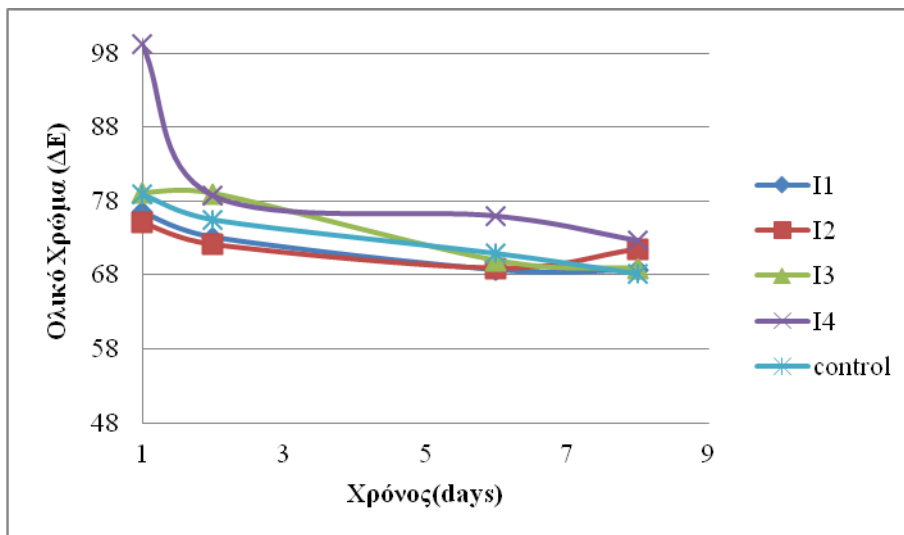
Διάγραμμα 52: Ανάλυση φωτεινότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινουλίνης, κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



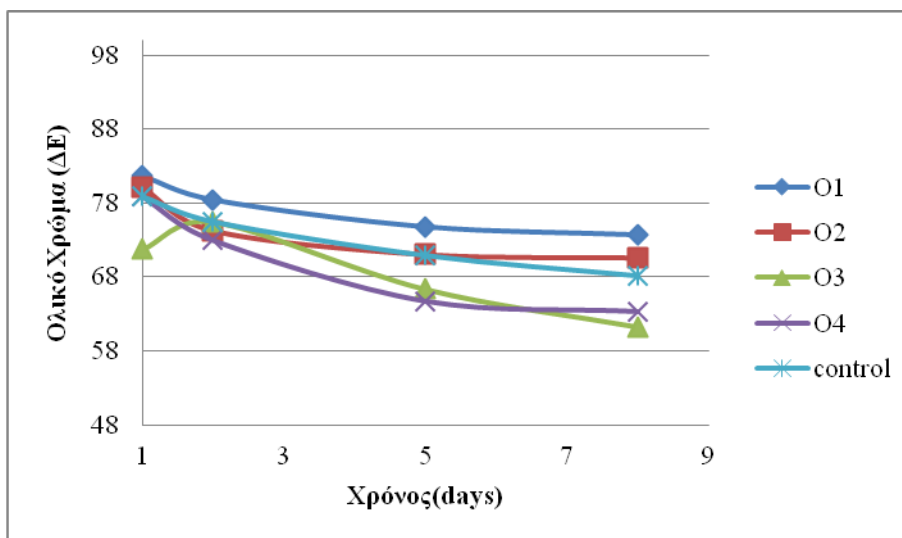
Διάγραμμα 53: Ανάλυση φωτεινότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου βρώμης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



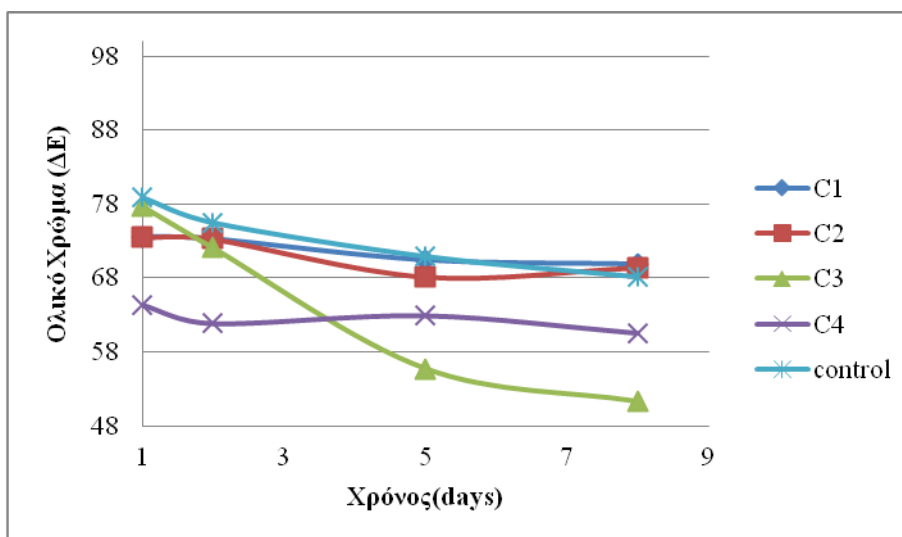
Διάγραμμα 54: Ανάλυση φωτεινότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινών καρότου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



Διάγραμμα 55: Ανάλυση ολικού χρώματος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ιουλίνης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



Διάγραμμα 56: Ανάλυση ολικού χρώματος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου βρώμης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



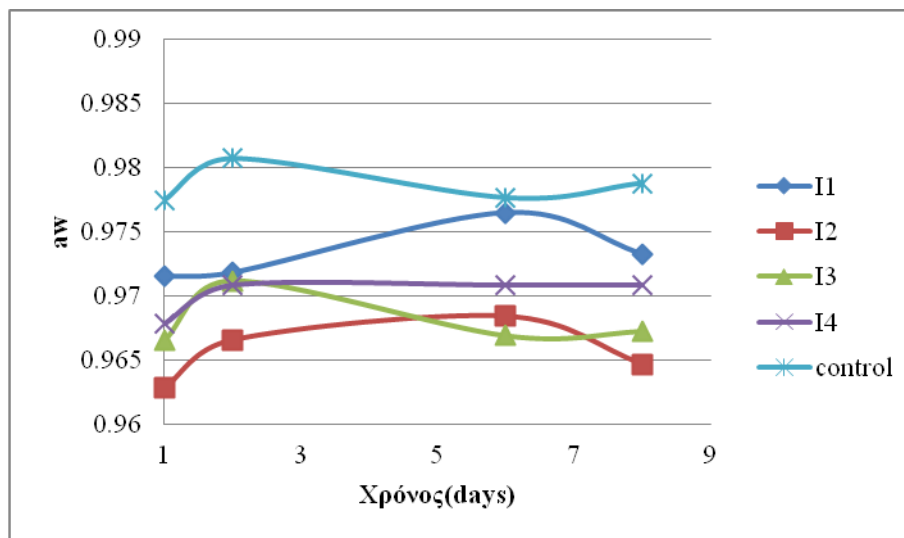
Διάγραμμα 57: Ανάλυση ολικού χρώματος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινών καρότου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

Από τα διαγράμματα τόσο της φωτεινότητας όσο και του ολικού χρώματος παρατηρείται πως η χρωματική συμπεριφορά των δειγμάτων αλλάζει ανάλογα με την πηγή ινών που προστίθεται. Τα δείγματα με προσθήκη πίτουρου βρώμης και ινών καρότου είναι εμφανώς πιο σκούρα από το τυφλό δείγμα (CONTROL), ενώ τα δείγματα με προσθήκη ινουλίνης εμφανίζονται να είναι χρωματικά παρόμοια με το τυφλό δείγμα. Όσον αφορά τη συμπεριφορά των χρωματικών δεικτών των δειγμάτων κατά τη διάρκεια

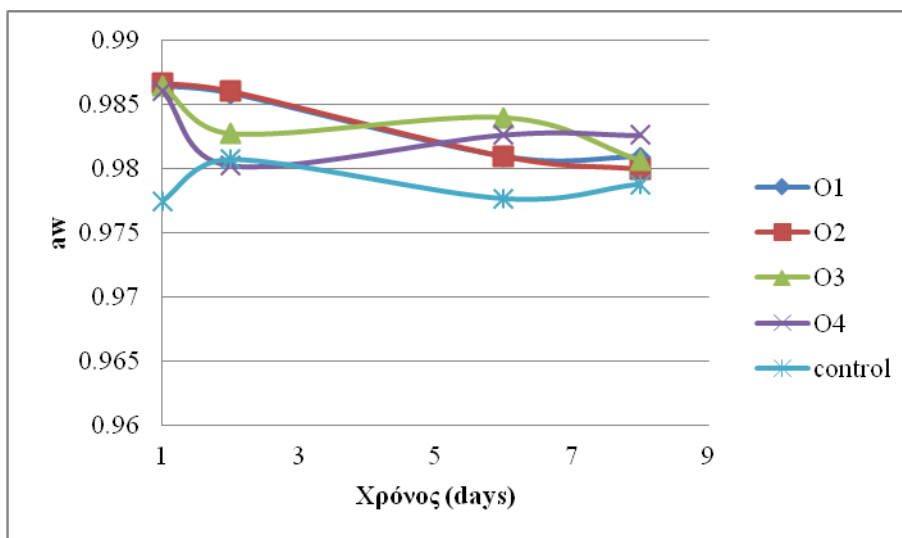
αποθήκευσης, αυτοί φαίνεται να μειώνονται ελαφρώς. Μετά από στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων, φάνηκε πως το ποσοστό προσθήκης της κάθε ίνας δεν επιφέρει στατιστικά σημαντικές διαφορές στη φωτεινότητα και το ολικό χρώμα των δειγμάτων, ενώ τόσο η πηγή ινών όσο και η διάρκεια της αποθήκευσης φαίνεται να επηρεάζουν στατιστικά το πείραμα.

6.3.3 Μετρήσεις ενεργότητας νερού

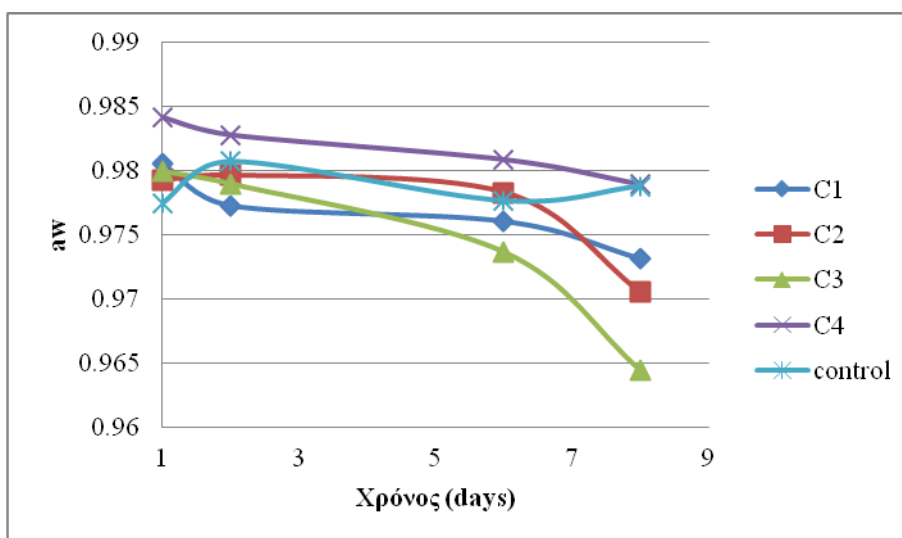
Στα Διαγράμματα Διάγραμμα 58, Διάγραμμα 59 και Διάγραμμα 60 που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ενεργότητας νερού των δειγμάτων του Πειράματος 2.



Διάγραμμα 58: Ανάλυση ενεργότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινουλίνης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



Διάγραμμα 59: Ανάλυση ενεργότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου βρώμης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



Διάγραμμα 60: Ανάλυση ενεργότητας δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινών καρότου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

Από παρατήρηση των διαγραμμάτων φαίνεται ότι η διαφορετική πηγή ινών επιφέρει και διαφορετική συμπεριφορά των δειγμάτων όσον αφορά την ενεργότητα του νερού. Πιο συγκεκριμένα, στα δείγματα με προσθήκη ινουλίνης οι τιμές ενεργότητας των δειγμάτων είναι χαμηλότερες από τις τιμές ενεργότητας του τυφλού δείγματος (CONTROL), ενώ στα δείγματα με προσθήκη πίτουρου βρώμης συμβαίνει το αντίθετο. Όσον αφορά τα δείγματα με προσθήκη ινών καρότου, η συμπεριφορά τους δίσταται. Αναφορικά με τη συμπεριφορά των δειγμάτων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, παρατηρείται πως οι

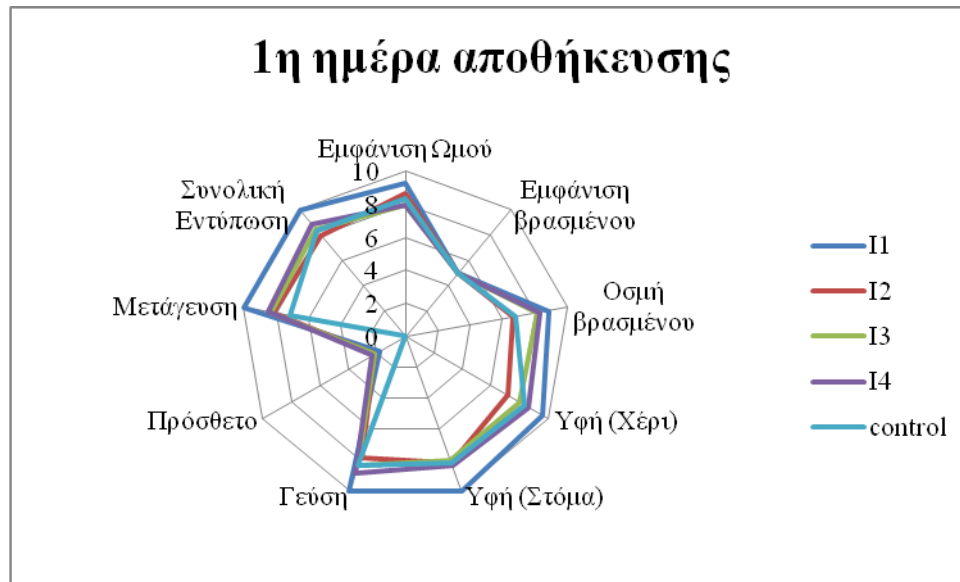
τιμές της ενεργότητας του νερού παραμένουν σχετικά σταθερές, ίσως παρουσιάζοντας κάποια όχι αξιοσημείωτη πτώση. Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε πως μόνο το είδος της πηγής των ιών επηρεάζει σημαντικά το Πείραμα 2, ενώ το ποσοστό προσθήκης καθώς και ο χρόνος αποθήκευσης δεν εμφανίζουν σημαντική επίδραση.

6.3.4 Οργανοληπτική αξιολόγηση

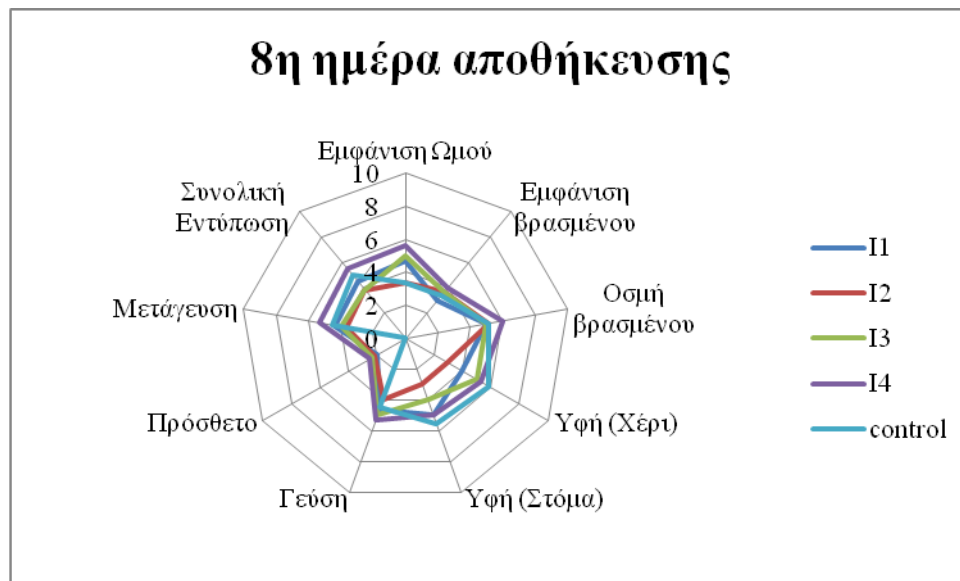
Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τα οποία μελετήθηκαν στα δείγματα του Πειράματος 2 αναφέρονται παρακάτω:

- Εμφάνιση ωμού ζυμαρικού
- Εμφάνιση βρασμένου ζυμαρικού
- Οσμή ωμού ζυμαρικού
- Υφή δείγματος κατά την επαφή με το χέρι ή με πιρούνι
- Υφή δείγματος στο στόμα
- Γεύση
- Ένταση πρόσθετου
- Μετάγευση
- Συνολική εντύπωση

Στα Διαγράμματα Διάγραμμα 61, Διάγραμμα 63 και Διάγραμμα 65 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής εξέτασης των δειγμάτων του Πειράματος 2 κατά την πρώτη ημέρα αποθήκευσης, ενώ στα Διαγράμματα Διάγραμμα 62, Διάγραμμα 64 και Διάγραμμα 66 φαίνονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα για την όγδοη ημέρα αποθήκευσης. Να σημειωθεί ότι στο δείγμα CONTROL, το χαρακτηριστικό «Πρόσθετο» έχει τιμή 0, καθώς στο δείγμα δεν έχει γίνει προσθήκη πηγής ιών. Επίσης, να σημειωθεί πως το χαρακτηριστικό «Εμφάνιση ωμού» βαθμολογείται με τιμές από το 1 (απαράδεκτο) μέχρι το 5 (αποδεκτό), ενώ όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά βαθμολογούνται στην κλίμακα 1-10. Ένα γενικό συμπέρασμα το οποίο προκύπτει μετά από παρατήρηση των διαγραμμάτων τόσο της πρώτης μέρας αποθήκευσης όσο και της όγδοης, είναι το ότι η προσθήκη πηγών φυτικών ιών βελτιώνει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος.



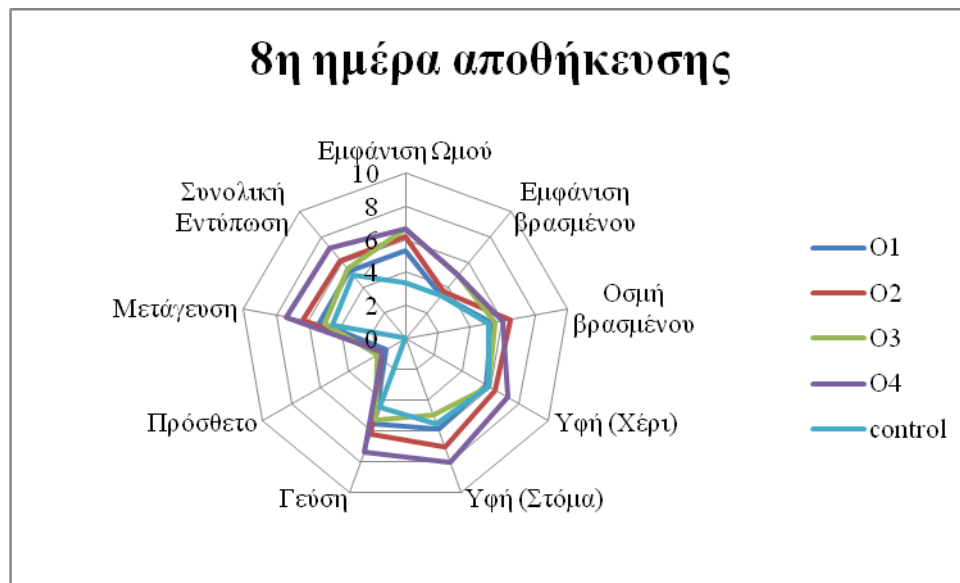
Διάγραμμα 61: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινουλίνης κατά την πρώτη ημέρα αποθήκευσης



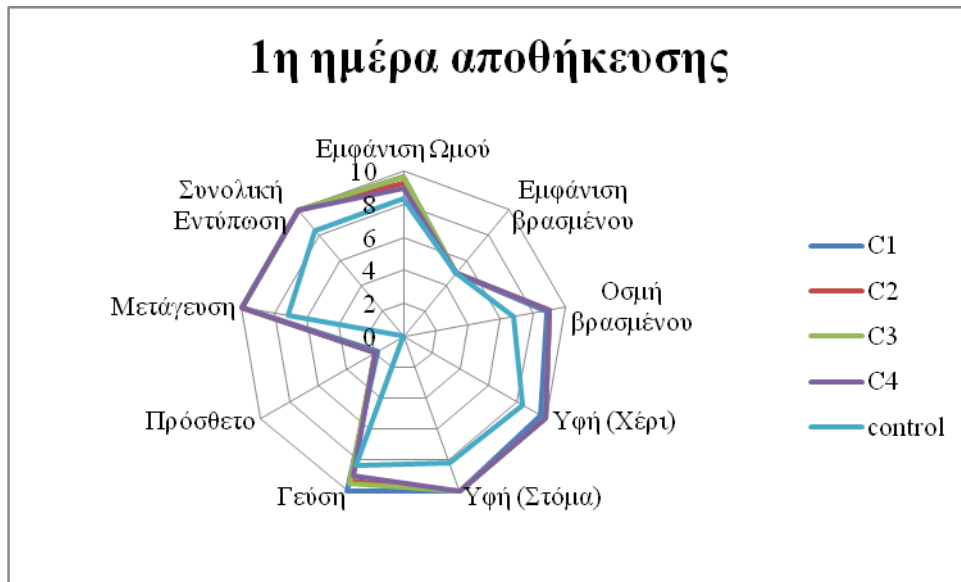
Διάγραμμα 62: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινουλίνης κατά την όγδοη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη



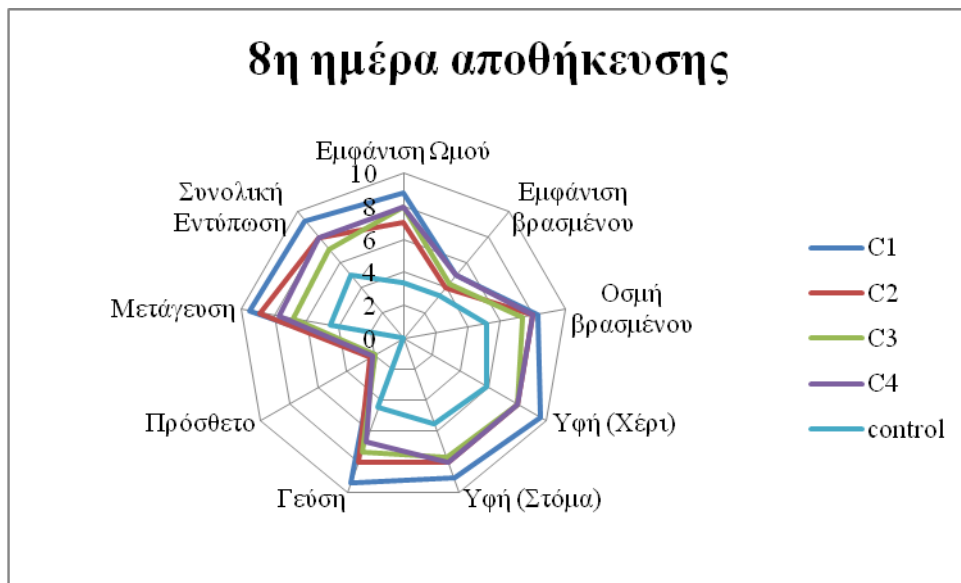
Διάγραμμα 63: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου βρώμης κατά την πρώτη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη



Διάγραμμα 64: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου βρώμης κατά την όγδοη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη



Διάγραμμα 65: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινών καρότου κατά την πρώτη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη



Διάγραμμα 66: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινών καρότου κατά την όγδοη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη

Από μια πρώτη παρατήρηση των διαγραμμάτων, συμπεραίνεται το γεγονός πως καλύτερη αποθηκευτική συμπεριφορά παρουσιάζουν τα δείγματα με προσθήκη ινών καρότου, ακολουθούμενα από τα δείγματα με προσθήκη πίτουρου βρώμης, ενώ τα

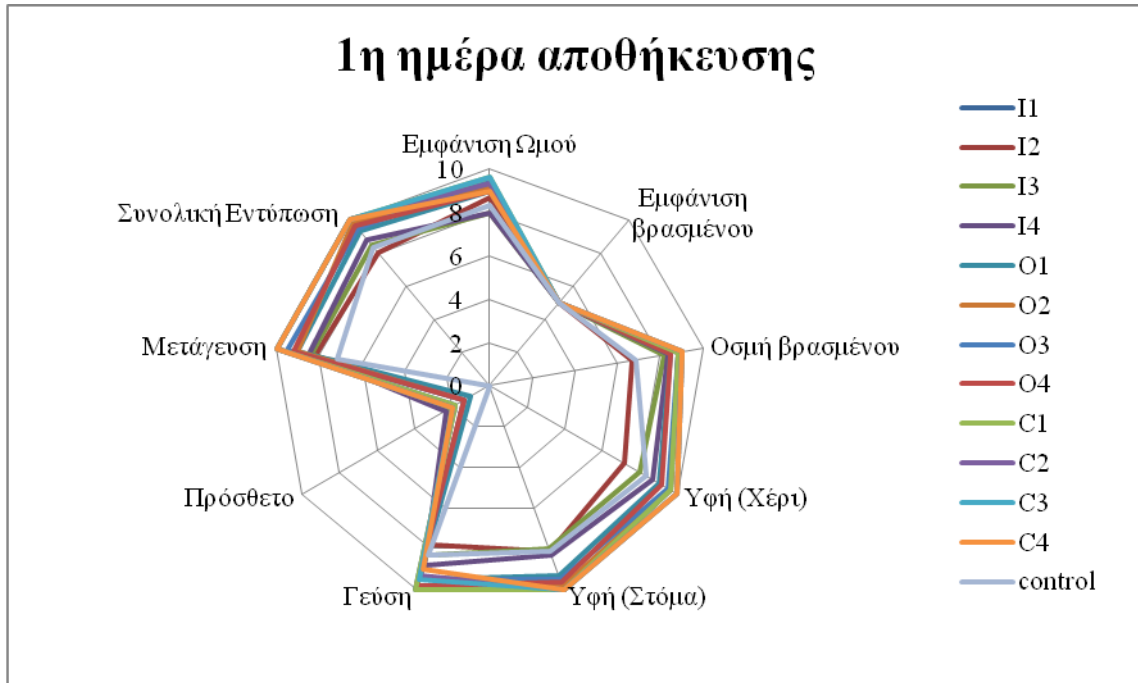
δείγματα με προσθήκη ινουλίνης υποβαθμίζονται σχετικά πιο γρήγορα. Επίσης, παρατηρείται πως ανάλογα με το είδος των ινών που προστίθενται αλλάζουν και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Η ινουλίνη ανήκει στο είδος των υδατοδιαλυτών φυτικών ινών, ενώ το πίτουρο βρώμης και οι ίνες καρότου ανήκουν στην κατηγορία των μη υδατοδιαλυτών ινών. Αυτό σημαίνει πως η προσθήκη ινουλίνης στη ζύμη δεν δεσμεύει την ποσότητα του διαθέσιμου νερού, τουναντίον, οδηγεί σε ζύμη συγκριτικά πιο μαλακή από τη ζύμη των δειγμάτων τυφλών (CONTROL). Αντιθέτως, η προσθήκη πίτουρου βρώμης και η προσθήκη ινών καρότων απαιτούν μεγαλύτερη αναλογία νερού στη ζύμη, καταλήγοντας τελικά σε ζύμη πιο σφικτή. Άρα τα δείγματα που προκύπτουν με προσθήκη ινουλίνης είναι πιο μαλακά συγκριτικά με τα υπόλοιπα δείγματα και άρα περισσότερο ευάλωτα σε οργανοληπτική και ποιοτική υποβάθμιση κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Αντίστοιχα, τα δείγματα με προσθήκη πίτουρου βρώμης και ινών καρότου είναι πιο σκληρά από τα τυφλά δείγματα (τα δεύτερα σε μεγαλύτερο βαθμό από τα πρώτα) και φαίνεται να αντέχουν καλύτερα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Όσον αφορά την επίδραση του ποσοστού των προστιθέμενων ινών στα ποιοτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων, φαίνεται πως δεν υπάρχει σταθερή συσχέτιση για τις τρεις πηγές ινών. Αναφορικά με την ινουλίνη, αυξανόμενου του ποσοστού προσθήκης βελτιώνονται κάποια οργανοληπτικά χαρακτηριστικά ενώ μειώνεται η βαθμολογία σε κάποια άλλα. Πρέπει να αναφερθεί ωστόσο πως κατά την όγδοη ημέρα αποθήκευσης, οι τιμές στα περισσότερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά είναι χαμηλότερες από αυτές του τυφλού δείγματος (CONTROL). Όσον αφορά το πίτουρο βρώμης, αυξανόμενου του ποσοστού προσθήκης γενικά βελτιώνονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, διατηρώντας τιμές υψηλότερες από αυτές του τυφλού δείγματος (CONTROL). Τέλος, αυξάνοντας το ποσοστό προσθήκης ινών καρότου φαίνεται να υποβαθμίζονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων, αλλά παρόλ' αυτά τα δείγματα και των τεσσάρων ποσοστών διατηρούν τιμές αρκετά υψηλότερες από αυτές του τυφλού δείγματος.

Μετά από στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα όσον αφορά το κάθε ένα μελετώμενο χαρακτηριστικό:

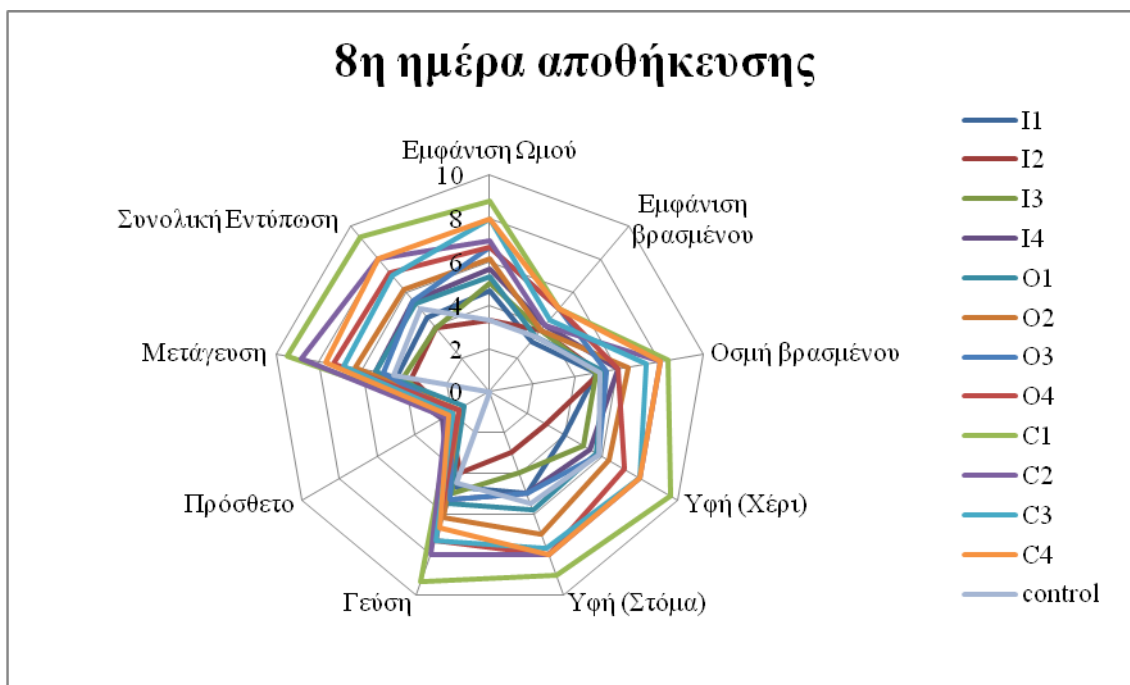
- Εμφάνιση ωμού ζυμαρικού: υπάρχει επίδραση και των τριών παραγόντων (δηλαδή του χρόνου αποθήκευσης, της πηγής των ινών και του ποσοστού προσθήκης ινών) στις οργανοληπτικές μετρήσεις των δειγμάτων του Πειράματος 2.
- Εμφάνιση βρασμένου ζυμαρικού: τόσο η πηγή ινών όσο και ο χρόνος αποθήκευσης των δειγμάτων επιφέρουν σημαντικές επιδράσεις στην οργανοληπτική αξιολόγηση των δειγμάτων, ενώ το ποσοστό προσθήκης ινών δεν επιδρά σημαντικά.
- Οσμή βρασμένου ζυμαρικού: εμφανίζονται σημαντικές διαφορές στις τιμές των χαρακτηριστικών ανάλογα με την πηγή φυτικών ινών και το ποσοστό προσθήκης της, ενώ και η διάρκεια αποθήκευσης επηρεάζει τις τιμές των μετρήσεων.
- Υφή δείγματος κατά την επαφή με το χέρι ή με πιρούνι: τόσο η χρονική διάρκεια της αποθήκευσης όσο και η πηγή και το ποσοστό προστιθέμενων ινών επιδρούν σημαντικά στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων.
- Υφή δείγματος στο στόμα: και οι τρεις παράγοντες έχουν σημαντική επίδραση στα δείγματα.
- Γεύση: εμφανίζονται σημαντικές διαφορές στις τιμές των χαρακτηριστικών ανάλογα με την πηγή φυτικών ινών και το ποσοστό προσθήκης της, ενώ και η διάρκεια αποθήκευσης επηρεάζει τις τιμές των μετρήσεων.
- Ένταση πρόσθετου: και εδώ επιδρούν σημαντικά και οι τρεις εξεταζόμενοι παράγοντες.
- Μετάγευση: τόσο η χρονική διάρκεια της αποθήκευσης όσο και η πηγή και το ποσοστό προστιθέμενων ινών επιδρούν σημαντικά στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων.
- Συνολική εντύπωση: όπως και σε όλα τα υπόλοιπα, πλην ενός, οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, και εδώ είναι σημαντική η επίδραση τόσο της πηγής φυτικών ινών όσο και του ποσοστού προσθήκης, κατά τη διάρκεια αποθήκευσης των δειγμάτων.

Στα Διαγράμματα Διάγραμμα 67 και Διάγραμμα 68 παρουσιάζονται συγκριτικά τα αποτελέσματα των οργανοληπτικών δοκιμών για όλα τα δείγματα του Πειράματος 2. Η

παρατήρηση η οποία είναι εμφανής είναι πως όλα τα δείγματα κατά την πρώτη ημέρα της αποθήκευσης παρουσιάζουν παρόμοια οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, ενώ κατά τη διάρκεια αποθήκευσης μόνο τα δείγματα με την προσθήκη ιών καρότου διατηρούν την οργανοληπτική τους ποιότητα.



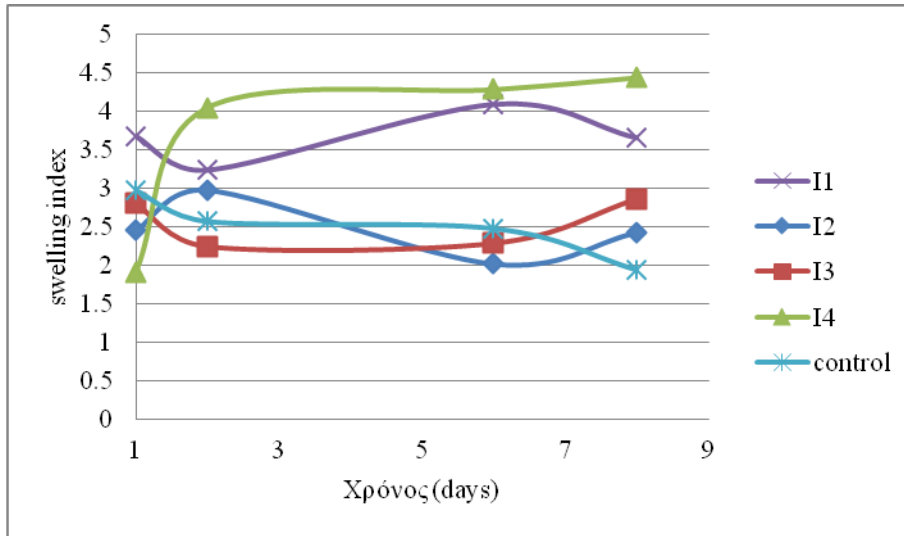
Διάγραμμα 67: Συγκριτική παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πηγών φυτικών ιών κατά την πρώτη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη



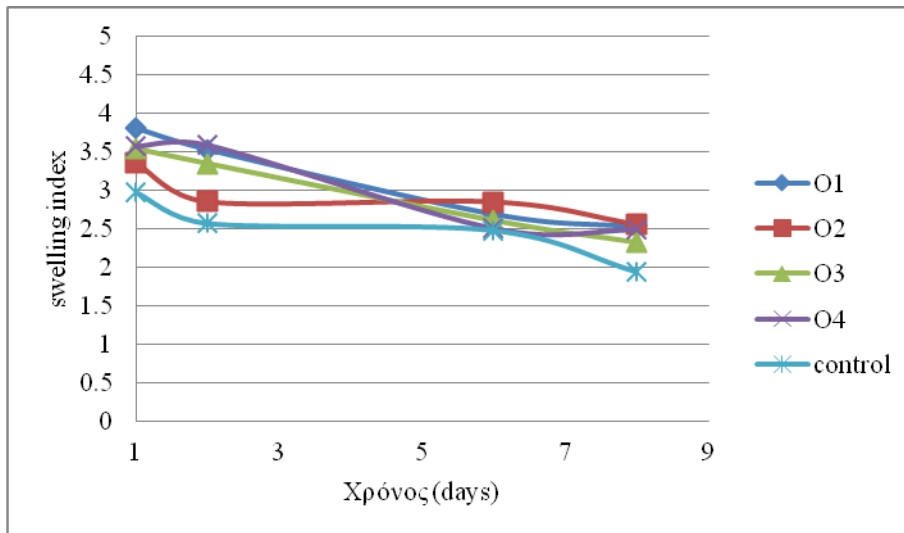
Διάγραμμα 68: Συγκριτική παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πηγών φυτικών ινών κατά την όγδοη ημέρα αποθήκευσης υπό ψύξη

6.3.5 Ανάλυση χαρακτηριστικών βρασίματος

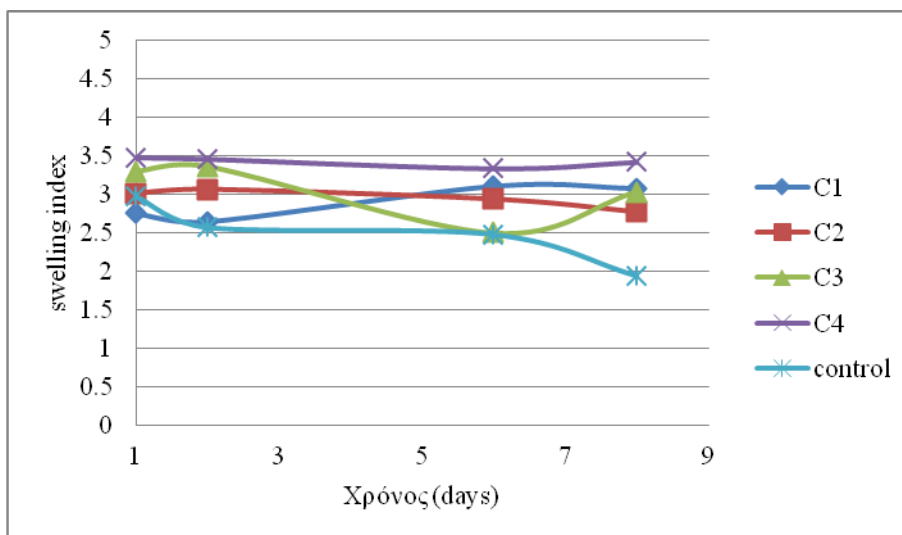
Τα χαρακτηριστικά βρασίματος τα οποία μετρήθηκαν ήταν ο συντελεστής διόγκωσης (swelling index), η απορρόφηση νερού (water absorption) και οι απώλεια μάζας κατά το μαγείρεμα (cooking loss). Όπως αναφέρεται και στην παράγραφο 5.4 Μετρήσεις και αναλύσεις, τα χαρακτηριστικά βρασίματος είναι καθαροί αριθμοί αφού προκύπτουν από αναλογικές σχέσεις, καθώς και πως η απορρόφηση νερού μετράται και η απώλεια μάζας κατά το βράσιμο μετρώνται σε εκατοστιαία ποσοστά. Στα Διαγράμματα Διάγραμμα 69, Διάγραμμα 70 και Διάγραμμα 71 παρουσιάζονται οι τιμές του συντελεστή διόγκωσης, στα Διαγράμματα Διάγραμμα 72, Διάγραμμα 73 και Διάγραμμα 74 παρουσιάζονται τα ποσοστά απορρόφησης νερού και τέλος στα Διαγράμματα Διάγραμμα 75, Διάγραμμα 76 και Διάγραμμα 77 παρουσιάζονται τα ποσοστά απώλειας μάζας κατά το βράσιμο, για όλα τα δείγματα του Πειράματος 2.



Διάγραμμα 69: Συντελεστής διόγκωσης των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινουλίνης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

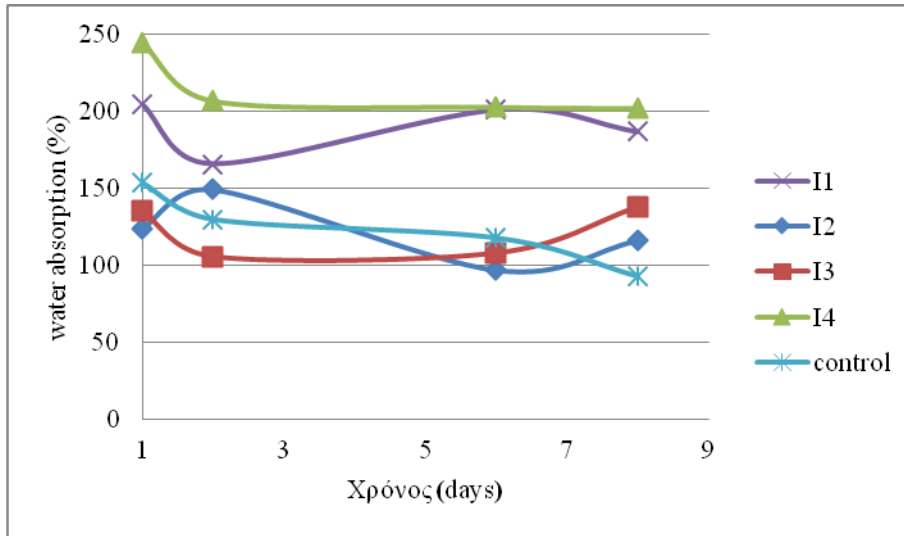


Διάγραμμα 70: Συντελεστής διόγκωσης των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου βρώμης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

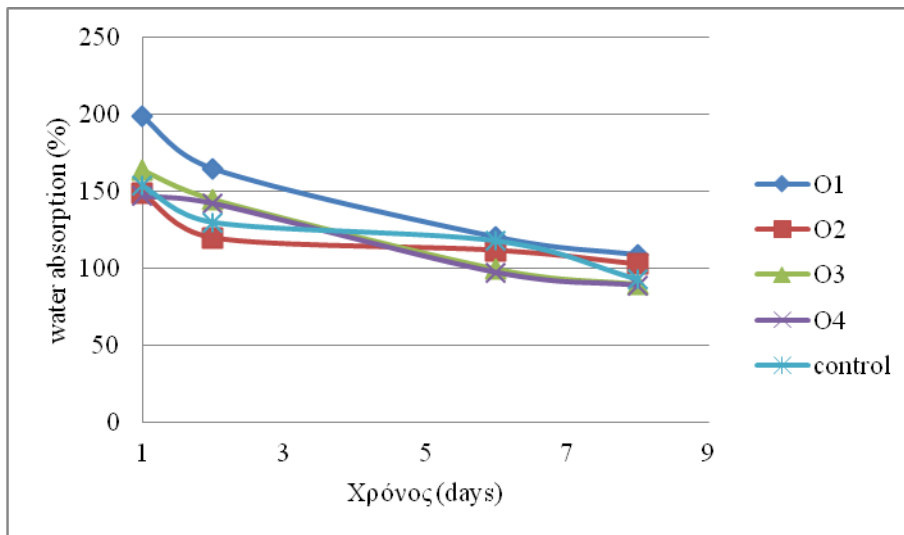


Διάγραμμα 71: Συντελεστής διόγκωσης των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινών καρότου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

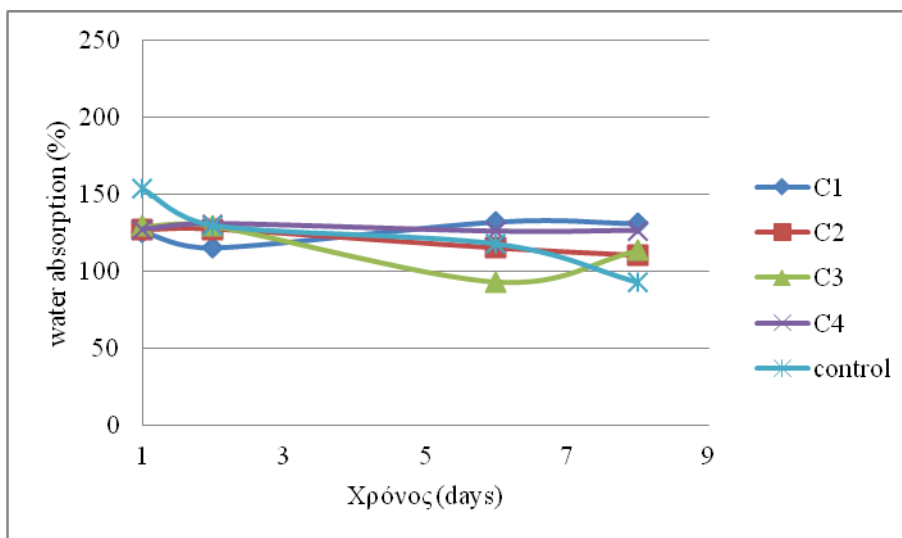
Όπως παρατηρείται από τα παραπάνω διαγράμματα, οι τιμές του δείκτη διόγκωσης παραμένουν σχετικά σταθερές κατά τη διάρκεια αποθήκευσης των δειγμάτων. Υπάρχει διαφορά μεταξύ των τριών ειδών ινών που χρησιμοποιήθηκαν, με την ινουλίνη να εμφανίζει τις μεγαλύτερες τιμές διόγκωσης. Η διαφορά μεταξύ των αποτελεσμάτων για τα δείγματα με προσθήκη πίτουρου βρώμης και καρότου δεν είναι άξια αναφοράς. Μετά από στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, φάνηκε πως μόνο το ποσοστό προσθήκης ινών επηρεάζει τις τιμές του δείκτη διόγκωσης, ενώ το είδος της ίνας και η χρονική διάρκεια της αποθήκευσης δεν επηρεάζουν σημαντικά.



Διάγραμμα 72: Απορρόφηση νερού των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινουλίνης, κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

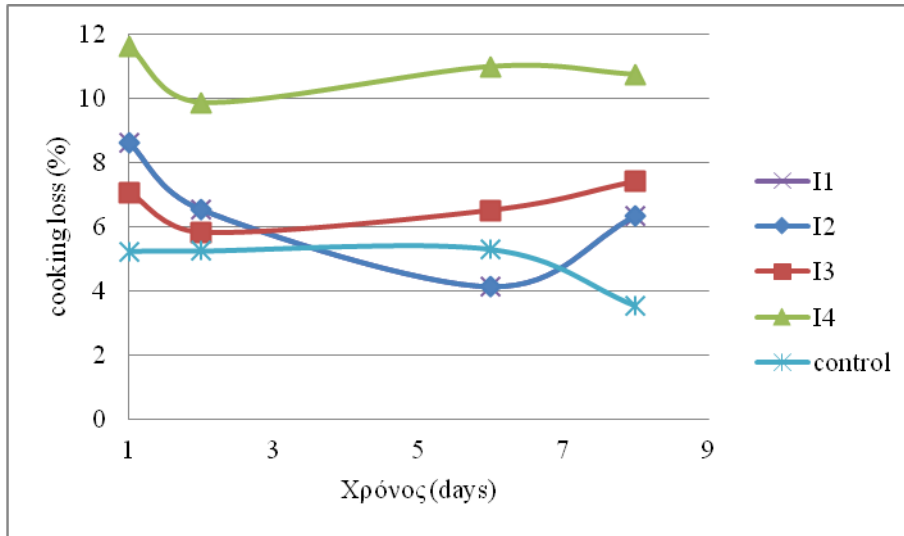


Διάγραμμα 73: Απορρόφηση νερού των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου βρώμης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

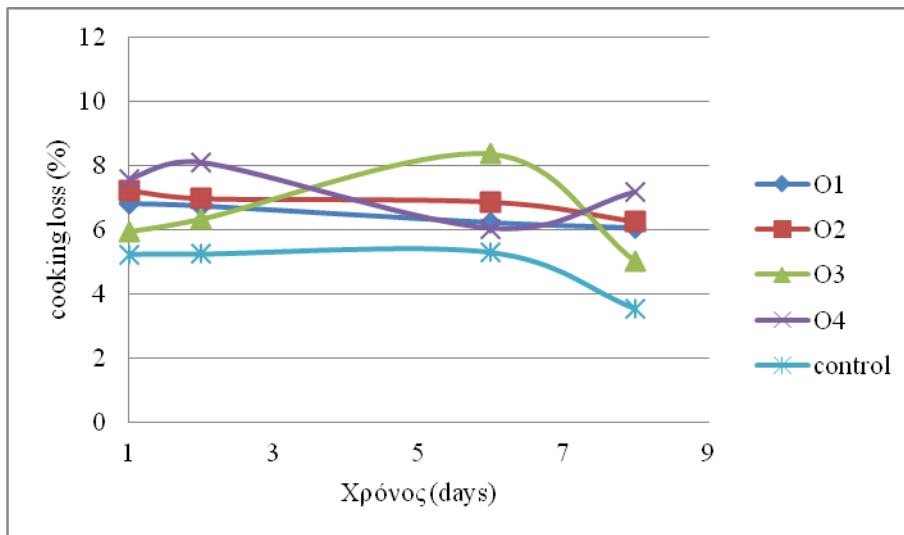


Διάγραμμα 74: Απορρόφηση νερού των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινών καρότου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

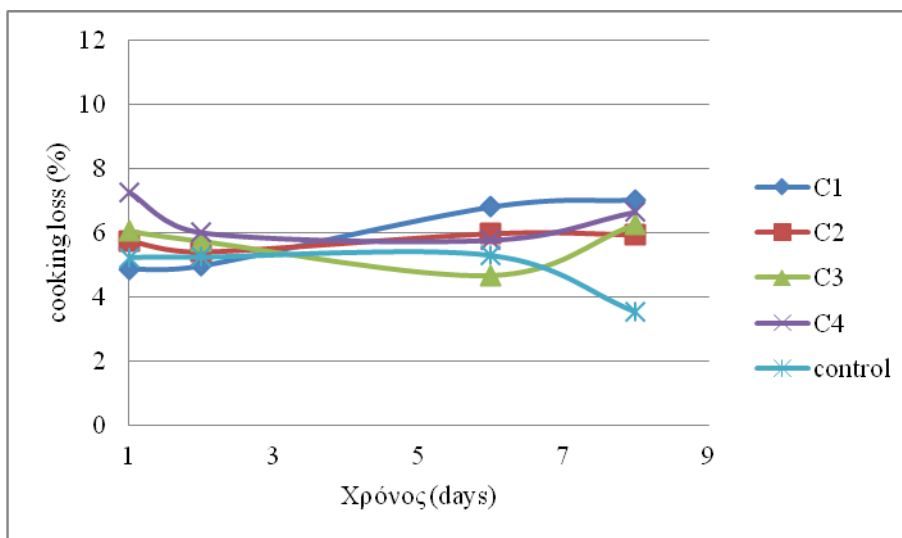
Όσον αφορά το δείκτη απορρόφησης νερού για τα δείγματα του Πειράματος 2, από τα προηγούμενα τρία Διαγράμματα καθώς και από στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, εξάγεται το συμπέρασμα πως τόσο το είδος της προστιθέμενης ίνας, όσο και το ποσοστό προσθήκης και η διάρκεια αποθήκευσης, επηρεάζουν την απορρόφηση νερού των δειγμάτων κατά το βράσιμο. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, φαίνεται να υπάρχει μια ελαφρά πτωτική τάση στην τιμή της απορρόφησης νερού κατά το βράσιμο. Το γεγονός αυτό οφείλεται πιθανότατα στην παλαίωση των δειγμάτων και άρα στην «χαλάρωση» του πλέγματος του αμύλου. Πρέπει να αναφερθεί ότι η πτωτική τάση στις τιμές της απορρόφησης νερού είναι εντονότερη στην περίπτωση της ινουλίνης και ειδικά του πίτουρου βρώμης, έναντι των ινών καρότου. Όσον αφορά την επίδραση του είδους των ινών, η στατιστική ανάλυση έδειξε ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων σε δυο κατηγορίες επίδρασης, εκ των οποίων η μια περιέχει την ινουλίνη και η άλλη το πίτουρο βρώμης και τις ίνες καρότου. Είναι λοιπόν εμφανές πως η διαλυτότητα των ινών στο νερό επηρεάζει την απορρόφηση νερού των δειγμάτων κατά το βράσίμό τους.



Διάγραμμα 75: Δείκτης απωλειών κατά το βράσιμο για δείγματα φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινουλίνης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



Διάγραμμα 76: Δείκτης απωλειών κατά το βράσιμο για δείγματα φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη πίτουρου βρώμης κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη



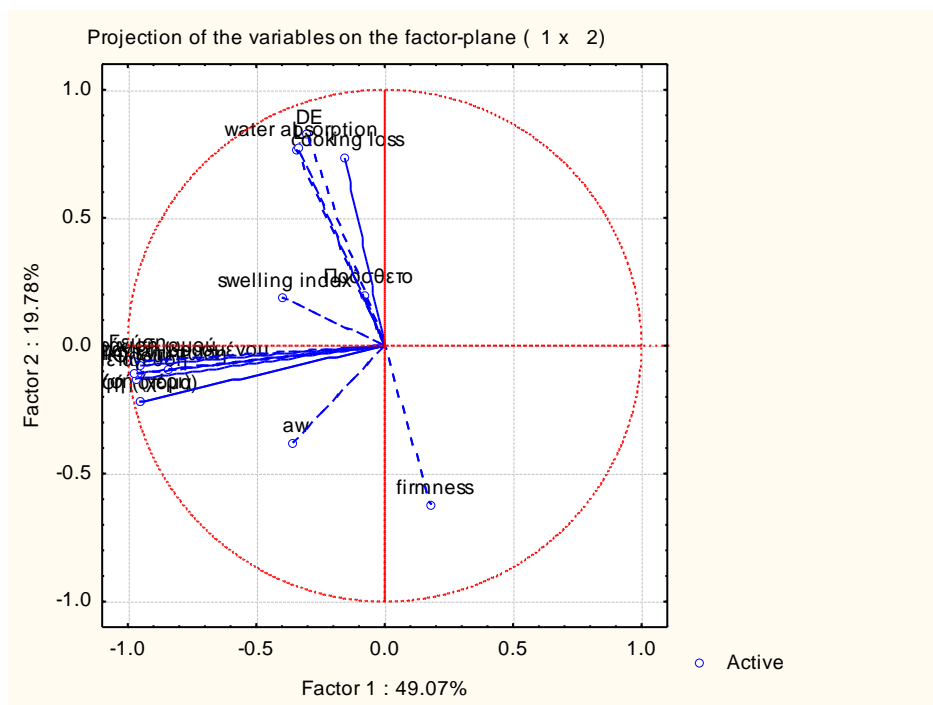
Διάγραμμα 77: Δείκτης απωλειών κατά το βράσιμο για δείγματα φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ινών καρότου κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη

Αναφορικά με την απώλεια μάζας κατά το βράσιμο, είναι εμφανές από τα αντίστοιχα διαγράμματα πως το είδος των προστιθέμενων ινών παίζει καθοριστικό ρόλο. Στην περίπτωση της ινουλίνης οι απώλειες είναι αρκετά μεγαλύτερες από ότι στην περίπτωση του πίτουρου βρώμης και ακόμα μεγαλύτερες αναφορικά με τις ίνες καρότου. Το γεγονός αυτό έχει να κάνει με τη φύση των ινών, καθώς στην περίπτωση των υδατοδιαλυτών ινών (στην κατηγορία αυτή ανήκει η ινουλίνη) πιθανότατα υπάρχει διατάραξη του πλέγματος αμύλου - πρωτεϊνών (το οποίο αποτελεί το «στήριγμα» του ζυμαρικού) καθώς και άνιση κατανομή του νερού, λόγω της τάσης ενυδάτωσης των φυτικών ινών. Αντίθετα, στην περίπτωση των μη υδατοδιαλυτών ινών (όπως το πίτουρο βρώμης και οι ίνες καρότου), η προσθήκη ινών φαίνεται να ενδυναμώνει το πλέγμα αμύλου – πρωτεϊνών, οδηγώντας έτσι σε πιο «σταθερό» προϊόν. Μετά από στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, φάνηκε πως το είδος των ινών καθώς και το ποσοστό προσθήκης, επηρεάζουν την απώλεια μάζας κατά το βράσιμο, ενώ η διάρκεια αποθήκευσης δεν παίζει σημαντικό ρόλο.

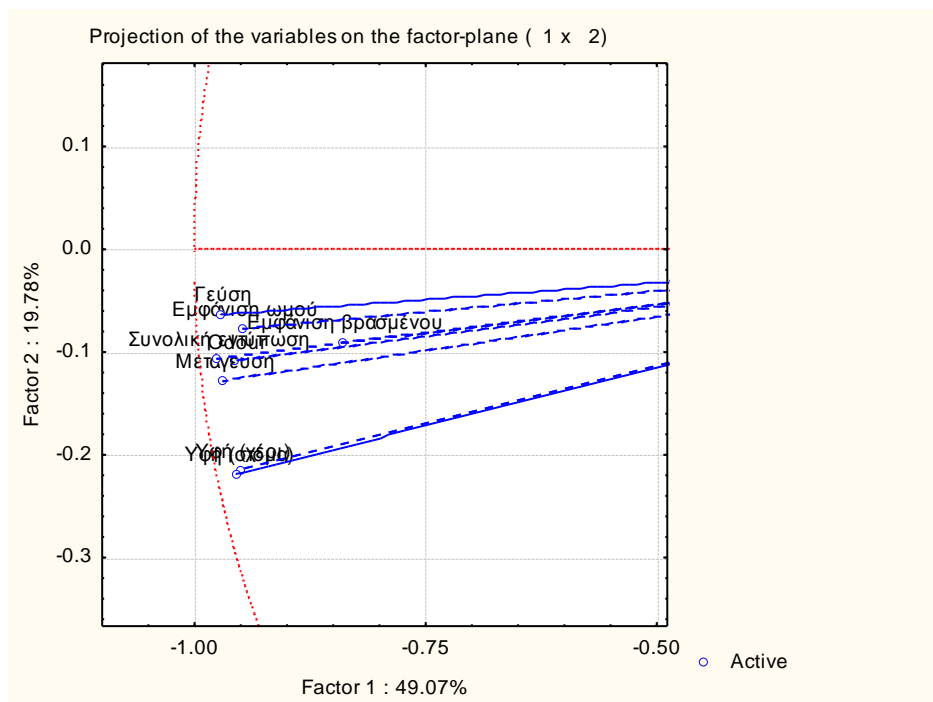
6.3.6 Ανάλυση συσχέτισης

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) για τα δείγματα του Πειράματος 2, στα οποία συμπεριλήφθηκε και το τυφλό δείγμα (CONTROL) για λόγους σύγκρισης. Στο Διάγραμμα 78 φαίνεται η συσχέτιση των μεταβλητών που μελετήθηκαν. Επαναλαμβάνεται πως οι μεταβλητές που μελετήθηκαν χωρίζονται στις αντικειμενικές

(σκληρότητα, ολικό χρώμα, φωτεινότητα, ενεργότητα, δείκτης διόγκωσης, απορρόφηση νερού και απώλεια μάζας κατά το βράσιμο) και στις οργανοληπτικές (εμφάνιση ωμού, εμφάνιση βρασμένου, οσμή βρασμένου, υφή στο χέρι, υφή στο στόμα, γεύση, ένταση προσθέτου, μετάγευση και συνολική εντύπωση). Όπως φαίνεται από το διάγραμμα, όλες οι οργανοληπτικές ιδιότητες πλην της έντασης του προσθέτου επηρεάζουν σημαντικά την πρώτη κύρια συνιστώσα του πειράματος (49,07%), ενώ οι μεταβλητές του χρώματος (φωτεινότητα και συνολικό χρώμα), η απορρόφηση νερού, η απώλεια μάζας κατά το βράσιμο και η σκληρότητα των δειγμάτων επηρεάζουν σημαντικά τη δεύτερη κύρια συνιστώσα του πειράματος. Οι οργανοληπτικές ιδιότητες πλην της έντασης του προσθέτου φαίνεται να συσχετίζονται, όπως επίσης και οι παράμετροι του χρώματος με την απορρόφηση του νερού και την απώλεια κατά το βράσιμο. Η σκληρότητα δεν συσχετίζεται με τις παραμέτρους του χρώματος ή με τις δυο προαναφερθείσες ιδιότητες βρασίματος.



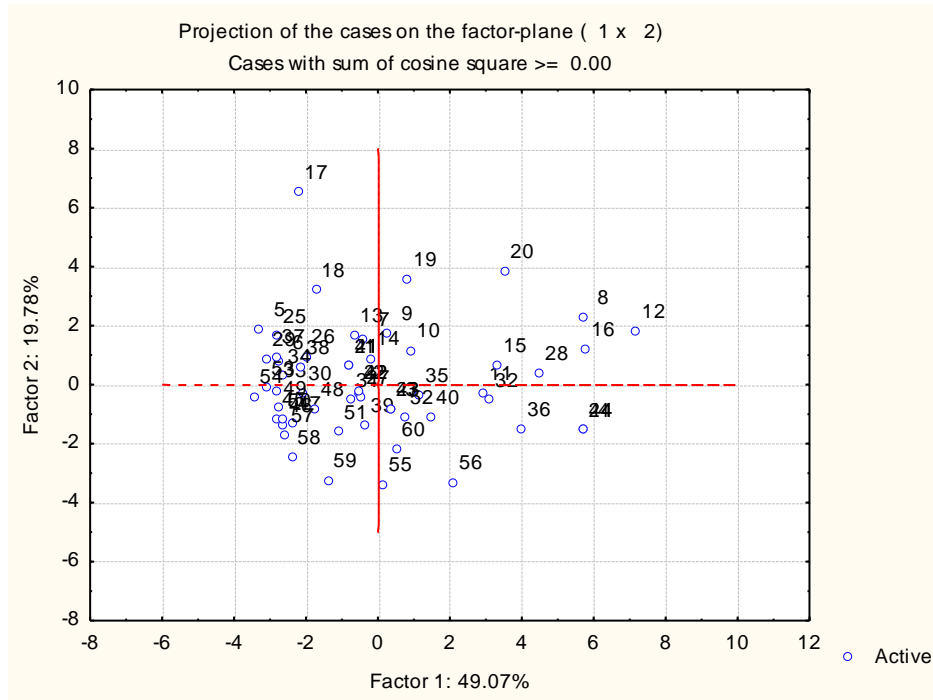
Διάγραμμα 78: Ανάλυση συσχέτισης των μεταβλητών του Πειράματος 2



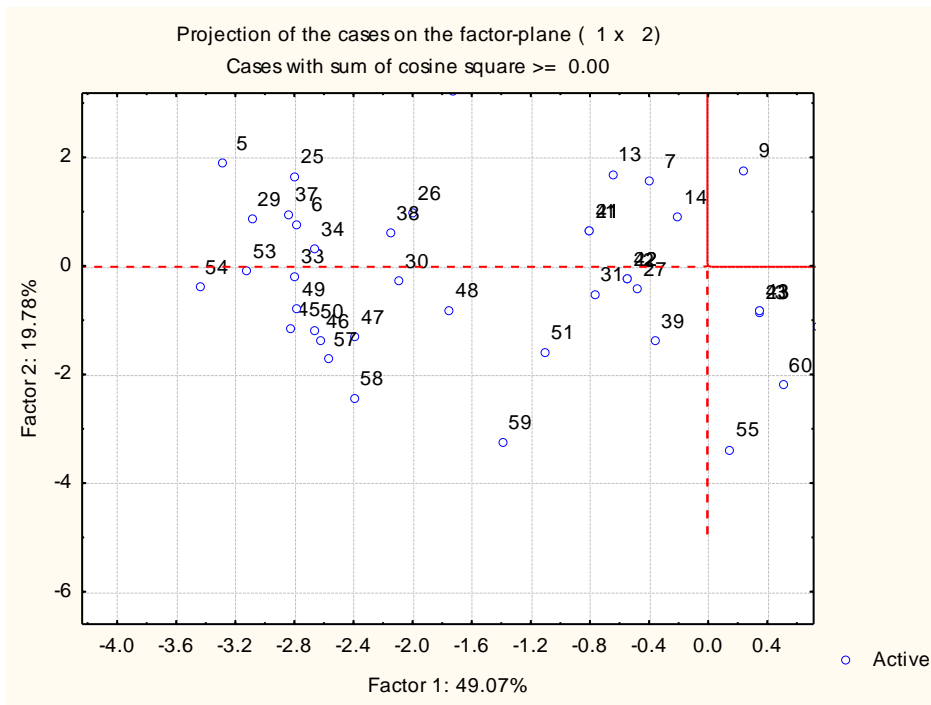
Διάγραμμα 79: Μεγέθυνση της αριστερής πλευράς του διαγράμματος 78

Στο Διάγραμμα 80 φαίνεται η συσχέτιση των δειγμάτων. Παρατηρείται μια αρκετά μεγάλη ομάδα στο κυρίως στο πρώτο και τρίτο τεταρτημόριο του διαγράμματος αλλά περιλαμβάνει και κάποια σημεία στο δεύτερο τεταρτημόριο, η οποία αποτελείται κυρίως από τα σημεία που αντιστοιχούν στα δείγματα με προσθήκη πίτουρου βρώμης και ινών καρότου, σε όλα τα ποσοστά, για όλες τις ημέρες της αποθήκευσης. Αυτό σημαίνει πως τα δείγματα συσχετίζονται ανάλογα με την πηγή των φυτικών ινών, καθώς τόσο το πίτουρο βρώμης όσο και οι ίνες καρότου θεωρούνται μη υδατοδιαλυτές πηγές ινών, σε αντίθεση με την ινουλίνη η οποία είναι υδατοδιαλυτή. Ο συσχετισμός ανάλογα με την πηγή ινών έχει ήδη γίνει εμφανής εμπειρικά από την παρατήρηση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων (αντικειμενικών και οργανοληπτικών). Μια δεύτερη ομάδα η οποία φαίνεται να σχηματίζεται, περιλαμβάνει τα σημεία 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36 και 44 τα οποία αντιστοιχούν στα δείγματα με προσθήκη ινουλίνης σε τέσσερα ποσοστά (8, 12, 16, 20), στα δείγματα με προσθήκη βρώμης σε τέσσερα ποσοστά (28, 32, 36), και στο τυφλό δείγμα (4, 24, 44) κατά την όγδοη ημέρα μελέτης τους. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη χαμηλή βαθμολογία των τυφλών δειγμάτων και των δειγμάτων ινουλίνης όσον αφορά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, καθώς και στις εμφανώς διαφορετικά

αποτελέσματα των αντικειμενικών μετρήσεων, σε σχέση με τα υπόλοιπα δείγματα. Το ότι στην ομάδα αυτή περιλαμβάνονται και τα δείγματα με προσθήκη βρώμης δεν είναι τυχαίο, καθώς, ειδικά στα μικρότερα ποσοστά, η προσθήκη βρώμης δεν έχει μεγάλη επίδραση στη συμπεριφορά του δείγματος.



Διάγραμμα 80: Ανάλυση συσχέτισης των δειγμάτων του Πειράματος 2



Διάγραμμα 81: Μεγέθυνση του πρώτου και τρίτου τεταρτημορίου του διαγράμματος 80

Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα και Προτάσεις

7.1 Συμπεράσματα

Αντιμικροβιακή δράση κορίανδρου σε φρέσκα ζυμαρικά

Με βάση τη μελέτη της αντιμικροβιακής δράσης της ελαιορητίνης κορίανδρου σε φρέσκα ζυμαρικά, είτε ενσωματωμένης σε αυτά σε αυτούσια μορφή, είτε εγκλεισμένης σε διάφορους φορείς εγκλεισμού όπως: αραβικό κόμμα, συνδυασμός αραβικού κόμματος και τροποποιημένου αμύλου ή συνδυασμός τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης, προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

Η προσθήκη ελαιορητίνης κορίανδρου σε αυτούσια μορφή σε φρέσκα ζυμαρικά προκαλεί σκλήρυνση των δειγμάτων κατά την αποθήκευσή τους, ενώ η ενσωμάτωση εγκλεισμένης ελαιορητίνης δεν προκαλεί σημαντικές διαφορές στις τιμές σκληρότητας κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε σύγκριση με το δείγμα CONTROL. Αυτό μπορεί να αποδοθεί πιθανότατα αφενός στη φύση της ελαιορητίνης και αφετέρου στη φύση των φορέων εγκλεισμού, οι οποίοι φαίνεται να «προστατεύουν» το προϊόν, διατηρώντας την υγρασία του στα αρχικά επίπεδα. Από τις μετρήσεις της φωτεινότητας και του ολικού χρώματος των δειγμάτων προέκυψε πως η ενσωμάτωση της ελαιορητίνης επηρεάζει σε μικρό βαθμό τη φωτεινότητα και το ολικό χρώμα των δειγμάτων κατά την αποθήκευση. Δηλαδή, οι τιμές φωτεινότητας και ολικού χρώματος των δειγμάτων με ενσωματωμένη ελαιορητίνη, ως επί το πλείστον, ακολουθούν την πορεία του δείγματος CONTROL, παρουσιάζοντας ίσους περίπου ρυθμούς υποβάθμισης με αυτούς του δείγματος CONTROL. Εμφανείς διαφορές παρατηρήθηκαν στις χρωματικές παραμέτρους των δειγμάτων ανάλογα με την ποσότητα ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης (είτε σε αυτούσια μορφή, είτε εγκλεισμένη σε φορέα), όπου τα δείγματα με τη μεγαλύτερη ποσότητα ελαιορητίνης (είτε σε ελεύθερη είτε σε εγκλεισμένη μορφή) παρείχαν ελαφρώς χαμηλότερες τιμές από αυτές του δείγματος CONTROL, ενώ τα δείγματα με τη μισή ποσότητα ελαιορητίνης (είτε σε ελεύθερη είτε σε εγκλεισμένη μορφή) παρείχαν παρόμοιες με αυτές του τυφλού δείγματος. Επισημαίνεται πως στην περίπτωση ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης σε φορέα αραβικού κόμματος δεν παρατηρούνται διαφορές στο χρώμα των προϊόντων. Η διαφορά στις χρωματομετρικές αναλύσεις των δειγμάτων με ποσότητα ελαιορητίνης είτε 1mL είτε 2mL οφείλεται πιθανότατα στο έντονο χρώμα

της ελαιορητίνης του κοριάνδρου. Η ύπαρξη φορέα εγκλεισμού δεν φαίνεται να επηρεάζει ιδιαίτερα το χρώμα των δειγμάτων –εξαιρουμένης της περίπτωσης του αραβικού κόμεος όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Τα δείγματα με ενσωματωμένη ελαιορητίνη κοριάνδρου έδειξαν σταθερή συμπεριφορά κατά τη χρονική διάρκεια της αποθήκευσης όσον αφορά την ενεργότητα νερού. Όπως και στην περίπτωση των παραμέτρων του χρώματος, έτσι και στην ενεργότητα νερού, τα δείγματα με ενσωματωμένη ελαιορητίνη κοριάνδρου είτε σε αυτούσια μορφή είτε σε εγκλεισμένη μορφή, μεταβάλλονται κατά παρόμοιο τρόπο όπως και το τυφλό δείγμα. Αξίζει να αναφερθεί πως τα δείγματα με ενσωματωμένη ελαιορητίνη (ανεξαρτήτως ποσότητας) σε εγκλεισμένη μορφή, φαίνεται να έχουν χαμηλότερες τιμές ενεργότητας νερού κατά την αποθήκευση, γεγονός που υποδεικνύει επίδραση του εγκλεισμού του αντιμικροβιακού στη διάθεση του ελεύθερου νερού. Στην περίπτωση της ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης σε αυτούσια μορφή, το δείγμα με ποσότητα ελαιορητίνης ίση με 1mL παρουσίασε συμπεριφορά σχεδόν ταυτόσημη με αυτή του τυφλού δείγματος, ενώ στο δείγμα με διπλάσια ποσότητα ελαιορητίνης η ενεργότητα του νερού κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης παρέμεινε σχεδόν αμετάβλητη, με τιμές ελαφρώς χαμηλότερες του τυφλού δείγματος. Το γεγονός χαμηλότερων τιμών ενεργότητας νερού στα δείγματα με ενσωμάτωση ελαιορητίνης κοριάνδρου –κυρίως σε αυτά με την ελαιορητίνη εγκλεισμένη σε φορείς- μπορεί ίσως να συνεισφέρει στη χαμηλότερη μικροβιακή ανάπτυξη.

Η οργανοληπτική εξέταση των διαφόρων χαρακτηριστικών των φρέσκων ζυμαρικών με προσθήκη ελαιορητίνης κοριάνδρου, σε αυτούσια ή σε εγκλεισμένη μορφή, έδειξε πως το γευστικό προφίλ των δειγμάτων επηρεάζεται έντονα στις πρώτες ημέρες αποθήκευσης, ενώ η αρωματική επίδραση της ελαιορητίνης μειώνεται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Τα δείγματα με ενσωμάτωση αυτούσιας ελαιορητίνης, ανεξαιρέτως ποσότητας, παρουσίασαν μάλλον αντίθετα αποτελέσματα, υπό την άποψη πως στις πρώτες ημέρες της αποθήκευσης, το αρωματικό προφίλ ήταν αρκετά έντονο –ιδιαίτερα στην περίπτωση ενσωμάτωσης μεγαλύτερης ποσότητας ελαιορητίνης– με αποτέλεσμα το προϊόν να μην είναι αρεστό στους δοκιμαστές. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, υποβαθμιζόταν ο αρωματικός χαρακτήρας των δειγμάτων, αφενός λόγω της παλαιώσης και αφετέρου λόγω της απώλειας πτητικών ενώσεων της ρητίνης, με αποτέλεσμα στις τελευταίες ημέρες της αποθήκευσης, τα δείγματα αυτά να παρουσιάζουν αρκετά υψηλές

βαθμολογίες σε χαρακτηριστικά όπως η μετάγευση και η συνολική εντύπωση. Στην περίπτωση ενσωμάτωσης εγκλεισμένης ελαιορητίνης, η οσμή του κοριάνδρου δεν ήταν ιδιαίτερα εμφανής σε σχέση με το τυφλό δείγμα, αλλά κατά την κατανάλωση το αρωματικό προφίλ γινόταν εμφανές καθώς η ελαιορητίνη απελευθερωνόταν με τη μάσηση του δείγματος. Αξιολογώντας τη βαθμολογία των δοκιμαστών για τα δείγματα φρέσκων ζυμαρικών κρίθηκε προτιμότερη η ενσωμάτωση εγκλεισμένης ελαιορητίνης σε φορέα ο οποίος παρουσίασε τις μεγαλύτερες βαθμολογίες καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης, που ήταν ο συνδυασμός αραβικού κόμμεος με τροποποιημένο άμυλο. Από γευστική σκοπιά, το άρωμα του κοριάνδρου αποδείχθηκε ταιριαστό στη γεύση των ζυμαρικών, δίνοντας ελαφρώς λεμονάτες και σχετικά πιπεράτες νότες και αφήνοντας μια μετάγευση πολύ ευχάριστη και μια αίσθηση φρεσκάδας. Αξίζει να αναφερθεί πως ιδιαίτερα αρεστά ήταν τα δείγματα με ενσωμάτωση ελαιορητίνης εγκλεισμένης σε φορέα αραβικού κόμμεος και τροποποιημένου αμύλου, ακολουθούμενη από εκείνα σε φορέα τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης. Η χρήση αυτούσιας ελαιορητίνης κρίθηκε γευστικά ανεπιτυχής –τουλάχιστον στις ποσότητες που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν– καθώς το γευστικό αποτέλεσμα ήταν ιδιαίτερα έντονο, έως απορριπτέο.

Από τα μικροβιολογικά αποτελέσματα (ολική μικροβιακή χλωρίδα, ζύμες-μούχλες) κατά την αποθήκευση των δειγμάτων φρέσκων ζυμαρικών με ενσωμάτωση ελαιορητίνης κοριάνδρου –σε αυτούσια ή εγκλεισμένη μορφή βρέθηκε πως η ενσωμάτωση ελαιορητίνης κοριάνδρου δρα επιβραδυντικά ως προς τη μικροβιακή ανάπτυξη, τόσο της ολικής μικροβιακής χλωρίδας (υπόστρωμα PCA) όσο και του συνόλου μούχλων και ζυμών (υπόστρωμα RBC). Η θετική δράση του κοριάνδρου κατά των μικροβιακών αλλοιώσεων είναι ορατή και στις δύο μορφές ενσωμάτωσης της ελαιορητίνης, με εντονότερα αποτελέσματα στην αυτούσια μορφή της. Η ποσότητα ενσωμάτωσης παίζει ρόλο στον αντιμικροβιακό χαρακτήρα του κοριάνδρου μόνο στην περίπτωση προσθήκης της σε αυτούσια μορφή, καθώς παρατήρηση των αντίστοιχων δειγμάτων, δείχνει πως υπάρχει εμφανής διαφορά μεταξύ της σειράς με ενσωμάτωση 1mL ελαιορητίνης και της σειράς με ενσωμάτωση 2mL ελαιορητίνης. Το γεγονός αυτό οδηγεί σχετικά ασφαλώς στο συμπέρασμα πως η αντιμικροβιακή δράση του κοριάνδρου σε αυτούσια μορφή ενισχύεται με αύξηση της ποσότητας ενσωμάτωσης. Όσον αφορά στα δείγματα με

εγκλεισμένη ελαιορητίνη σε φορείς, δεν φαίνεται να παίζει ρόλο η ποσότητα της ελαιορητίνης που εγκλείεται, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα πως η αντιμικροβιακή δράση του κοριάνδρου σε εγκλεισμένη μορφή του πιθανότατα δεν ενισχύεται με αύξηση της ποσότητας εγκλεισμού. Παρατηρώντας την πορεία της μικροβιακής αλλοίωσης των δειγμάτων στη διάρκεια της αποθήκευσης, φαίνεται πως η αντιμικροβιακή δράση του κοριάνδρου απλά αναστέλλει τη μικροβιακή ανάπτυξη κατά τις πρώτες μέρες της αποθήκευσης, ενώ στη συνέχεια φαίνεται να μην είναι τόσο αποτελεσματικός ο αντιμικροβιακός χαρακτήρας, καταλήγοντας έτσι τα δείγματα στην τελευταία ημέρα αποθήκευσης ολικό μικροβιακό φορτίο (log(CFU)/g) παρόμοιο με εκείνο του τυφλού δείγματος. Εξαιρέση του παραπάνω συμπεράσματος αποτελεί η σειρά με ενσωμάτωση της μισής ποσότητας εγκλεισμένης ελαιορητίνης κοριάνδρου σε φορέα αραβικού κόμεος, στην οποία οι μικροβιακές αναλύσεις κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης έδειξαν σχετικά σταθερή συμπεριφορά, με τιμές ελαφρά χαμηλότερες από αυτές του τυφλού δείγματος.

Μετά από συνολική ανασκόπηση των αποτελεσμάτων (αντικειμενικών και οργανοληπτικών μετρήσεων) της ενσωμάτωσης φυσικού αντιμικροβιακού κοριάνδρου σε φρέσκα ζυμαρικά, προτιμητέα κρίθηκε η ενσωμάτωση της ελαιορητίνης του κοριάνδρου σε εγκλεισμένη μορφή σε συνδυαστικό φορέα αραβικού κόμεος και τροποποιημένου αμύλου παρέχοντας τα καλύτερα αποτελέσματα διατήρησης των προϊόντων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Επίδραση προσθήκη πηγής διαιτητικών ινών σε φρέσκα ζυμαρικά

Η μελέτη της προσθήκης πηγής διαιτητικών ινών υδατοδιαλυτών (ινουλίνη) και μη υδατοδιαλυτών (πίτουρο βρώμης και απομονωμένες ίνες καρότου) σε ποσοστά ενσωμάτωσης στα δείγματα 7.5%, 10%, 12.5% και 15% σε φρέσκα ζυμαρικά οδήγησε στα εξής συμπεράσματα: Η σκληρότητα των προϊόντων επηρεάζεται από το είδος της ενσωματωμένης ίνας και μάλιστα οι ίνες καρότου παρέχουν τιμές σκληρότητας αρκετά υψηλότερες από το τυφλό δείγμα, ενώ η ινουλίνη και το πίτουρο βρώμης για τα διάφορα ποσοστά προσθήκης παρέχουν παραπλήσιες τιμές σκληρότητας με εκείνες του τυφλού δείγματος. Η παρατηρούμενη αύξηση της σκληρότητας των δειγμάτων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης αποδίδεται στην παλαίωσή τους, αλλά και –στην περίπτωση του πίτουρου βρώμης και ιδιαίτερα στην περίπτωση των ινών καρότου– στον τύπο των

ενσωματούμενων ινών. Επίσης κατά την προσθήκη πηγών διαιτητικών ινών ο τύπος της ίνας είχε επίδραση στη φωτεινότητα και το ολικό χρώμα των προϊόντων και τη διατήρησή τους κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Τα δείγματα με προσθήκη πίτουρου βρώμης και ινών καρότου εμφανίζονται ως επί το πλείστον πιο σκούρα από το τυφλό δείγμα, ενώ τα δείγματα με προσθήκη ινουλίνης χρωματικά προσομοιάζουν στο τυφλό δείγμα. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης οι χρωματικές παράμετροι των δειγμάτων υποβαθμίζονται, γεγονός που οφείλεται κατά κύριο λόγο στην παλαιώση, καθώς και στην οξειδωση των συστατικών τους, δεδομένου ότι η συσκευασία τους δεν ήταν υπό κενό. Η ενεργότητα του νερού των εμπλουτισμένων με πηγές ινών δειγμάτων μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, ανάλογα με τον τύπο της ενσωματούμενης ίνας, όχι όμως από το ποσοστό ενσωμάτωσης, ενώ δεν μεταβάλλεται σημαντικά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Στα δείγματα με ενσωμάτωση ινουλίνης, οι τιμές ενεργότητας για κάθε ποσοστό ενσωμάτωσης, καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης, ήταν χαμηλότερες των αντίστοιχων τιμών του τυφλού δείγματος, γεγονός που υποδεικνύει εξάρτηση της ενεργότητας του νερού από τον τύπο της πηγής ινών, καθώς η ινουλίνη είναι υδατοδιαλυτή ίνα, ενώ τόσο το πίτουρο βρώμης όσο και οι ίνες καρότου είναι κατά βάση μη υδατοδιαλυτές. Πρακτικά, το γεγονός ερμηνεύεται από το ότι καθώς η ινουλίνη ως υδατοδιαλυτή, δεσμεύει μόρια ελεύθερου νερού, μειώνοντας έτσι την ενεργότητα του δείγματος, ενώ στην περίπτωση των μη υδατοδιαλυτών ινών, το ποσοστό του ελεύθερου νερού δεν επηρεάζεται, και μάλιστα καθώς υπάρχει ανάγκη προσθήκης επιπλέον ποσότητας νερού για το σχηματισμό ζυμαριού, η ενεργότητα των δειγμάτων αυξάνεται.

Η οργανοληπτική εξέταση των φρέσκων ζυμαρικών με ενσωμάτωση πηγών διαιτητικών ινών σε επιλεγμένα χαρακτηριστικά τους, έδειξε ιδιαίτερα ενδιαφέροντα αποτελέσματα. Τα δείγματα με προσθήκη απομονωμένων ινών καρότου ξεπέρασαν κατά πολύ τα υπόλοιπα δείγματα σε επίπεδο διατηρησιμότητας και συνολικής αποδοχής. Ενώ ο μέσος όρος διατηρησιμότητας των δειγμάτων με προσθήκη ινουλίνης και βρώμης σχεδόν ταυτιζόταν με την αναμενόμενη εμπορική διάρκεια αποθήκευσης, στα δείγματα με προσθήκη ινών καρότου η διάρκεια ζωής έφτασε σε διπλάσια, επίπεδα, πλησιάζοντας τις 15 ημέρες. Καλή αποθηκευτική συμπεριφορά έδειξαν και κάποια από τα δείγματα με προσθήκη πίτουρου βρώμης, πλησιάζοντας τις 10 ημέρες διάρκεια ζωής, ενώ στην

περίπτωση της ινουλίνης η διατηρησιμότητα των δειγμάτων δεν ξεπερνούσε την αναμενόμενη εμπορική διάρκεια ζωής. Συσχετίζοντας τη διατηρησιμότητα με την πηγή των προστιθέμενων ινών είναι εύκολο να εξαχθεί το συμπέρασμα πως ο τύπος της ίνας επηρεάζει τη διατηρησιμότητα των φρέσκων ζυμαρικών, με τις μη υδατοδιαλυτές ίνες να την παρατείνουν, ενώ τις μη υδατοδιαλυτές ίνες, οριακά, να την υποβαθμίζουν. Το συμπέρασμα αυτό βεβαίως δεν είναι οριστικό, καθώς πρέπει να γίνουν περισσότερες μελέτες προκειμένου να επιβεβαιωθεί. Οι διάφορες πηγές ινών επηρέασαν σχεδόν όλα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων, με τις ίνες καρότου να παρέχουν τις μεγαλύτερες βαθμολογίες στα δείγματα. Αξίζει να αναφερθεί πως αν και τα δείγματα με προσθήκη ινών καρότου ήταν γενικώς καλύτερα σε όλες τις παραμέτρους από τα υπόλοιπα δείγματα, δεν ήταν αντιστοίχως αρεστά ανάλογα με το ποσοστό ενσωματωμένων ινών. Τα δείγματα με ποσοστό προσθήκης 7.5% και 10% ήταν γενικώς πιο αρεστά από τα δείγματα με ποσοστό προσθήκης 12.5% και 15%. Πιο συγκεκριμένα, το δείγμα με 7.5% προσθήκη απομονωμένων ινών καρότου κρίθηκε ως το καλύτερο, ενώ το δείγμα 15% προσθήκη απομονωμένων ινών καρότου και το δείγμα με 7.5% προσθήκη ινουλίνης κρίθηκαν ως τα χειρότερα. Διαφορές μεταξύ των ποσοστών προσθήκης ήταν εμφανείς και στις άλλες δύο πηγές ινών, καθώς στην περίπτωση της ινουλίνης τα ποσοστά προσθήκης 7.5% και 12.5% εμφάνισαν μεγαλύτερες βαθμολογίες, ενώ στην περίπτωση της βρώμης παρατηρήθηκε καλύτερη συμπεριφορά των δειγμάτων με τα υψηλότερα ποσοστά, με το δείγμα με ενσωμάτωση πίτουρου βρώμης σε ποσοστό 15% να παρουσιάζει τη δεύτερη καλύτερη συνολική συμπεριφορά μεταξύ των εμπλουτισμένων με ίνες δειγμάτων. Όσον αφορά το γευστικό και αισθητικό αποτέλεσμα, η προσθήκη ινών ήταν εμφανής σε όλα τα δείγματα, σε σχέση με το τυφλό. Στην περίπτωση της προσθήκης ινουλίνης, η γεύση των δειγμάτων ήταν ελαφρώς γλυκιά και το φαινόμενο εντεινόταν με αύξηση του ποσοστού προσθήκης, ενώ και το χρώμα των δειγμάτων ήταν ελαφρώς πιο ανοιχτό από το αντίστοιχο του τυφλού. Στην περίπτωση της προσθήκης πίτουρου βρώμης, τα δείγματα είχαν τη χαρακτηριστική γεύση που έχουν τα προϊόντα που περιέχουν βρώμη, ενώ όσον αφορά στην εμφάνισή τους είχαν καφέ στίγματα και χρώμα ελαφρώς σκουρότερο από το τυφλό. Τέλος, η προσθήκη ινών καρότου επέφερε διαφοροποίηση στη γεύση των δειγμάτων, - στα χαμηλότερα ποσοστά ήταν αποδεκτή, ενώ στα υψηλότερα ήταν αρκετά έντονη και θύμιζε χαρτί. Το χρώμα των δειγμάτων με

προσθήκη ινών καρότου ήταν αρκετά διαφορετικό από το αντίστοιχο του τυφλού δείγματος, με διακριτούς τόνους κίτρινου το οποίο με την πάροδο του χρόνου μετατρέποταν σε καφέ. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί πως κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης η γεύση όλων των εμπλουτισμένων με ίνες δειγμάτων υποβαθμιζόταν καθώς γινόταν αισθητή η παλαιώσή τους. Στα δείγματα με ινουλίνη η παλαιώση ήταν αισθητή από την πέμπτη ημέρα αποθήκευσης, ενώ στα δείγματα με πίτουρο βρώμης από την έβδομη αντίστοιχα. Στα δείγματα με απομονωμένες ίνες καρότου η παλαιώση έγινε αισθητή μετά τη δέκατη ημέρα αποθήκευσης, ανεξαρτήτως του ποσοστού ενσωμάτωσης. Η υφή των εμπλουτισμένων με ίνες δειγμάτων ήταν επίσης αρκετά διαφορετική, τόσο ανάλογα με τον τύπο της πηγής ινών όσο και με το ποσοστό προσθήκης. Τα δείγματα με ινουλίνη είχαν υφή ελαφρώς πιο γλοιώδη από το τυφλό δείγμα, με το φαινόμενο να γίνεται πιο έντονο τόσο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, όσο και με αυξημένο ποσοστό προσθήκης. Στα δείγματα με πίτουρο βρώμης, η υφή προσομοίαζε περισσότερο αυτή του τυφλού δείγματος, ενώ τα δείγματα με ίνες καρότου ήταν αισθητά πιο σκληρά από το τυφλό δείγμα, αλλά επιπλέον δεν ήταν αντιστοίχως ομογενή και έδιναν την αίσθηση του εύθρυπτου. Η αίσθηση αυτή εντεινόταν με αύξηση του ποσοστού προσθήκης, αλλά δεν φάνηκε να μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Κατά την ενσωμάτωση πηγών ινών στα δείγματα φρέσκων ζυμαρικών οι μετρήσεις των βασικών χαρακτηριστικών βρασίματος (αναφορικά με το δείκτη διόγκωσης, την απορρόφηση νερού και την απώλεια μάζας κατά το βράσιμο) οδήγησαν στα εξής συμπεράσματα: Ο τύπος της πηγής ινών επηρεάζει τα χαρακτηριστικά βρασίματος του προϊόντος, όχι όμως το ποσοστό προσθήκης αυτής, ενώ τα χαρακτηριστικά αυτά διατηρούνται αναλλοίωτα κατά τη διάρκεια αποθήκευσης. Τα δείγματα με προσθήκη απομονωμένων ινών καρότου παρουσίασαν την καλύτερη συμπεριφορά κατά το βράσιμο, διατηρώντας το σχήμα τους, χωρίς μεγάλη απορρόφηση νερού και μάλιστα με παρόμοιες απώλειες βάρους σε σχέση με το τυφλό δείγμα. Τα δείγματα με προσθήκη πίτουρου βρώμης επίσης παρουσίασαν αρκετά σταθερή και αποδεκτή συμπεριφορά και στους τρεις μελετώμενους δείκτες (συντελεστής διόγκωσης, απορρόφηση νερού και απώλειες μάζας), ενώ στα δείγματα με προσθήκη ινουλίνης ιδιαίτερο ρόλο παίζει το ποσοστό προσθήκης αυτής. Στα ακραία ποσοστά προσθήκης (7.5% και 15%) τα χαρακτηριστικά του βρασίματος εμφάνισαν τα χειρότερα αποτελέσματα, ενώ σε

ενδιάμεσα ποσοστά προσθήκης (12.5% και 10%) τα αποτελέσματα ήταν παρόμοια με εκείνα του τυφλού δείγματος.

Μετά από ανασκόπηση των αποτελεσμάτων εμπλουτισμού φρέσκων ζυμαρικών με πηγές διαιτητικών ινών, κρίθηκε προτιμητέα η προσθήκη απομονωμένων ινών καρότου σε ποσοστό 7.5%, ακολουθούμενη από την προσθήκη πίτουρου βρώμης σε ποσοστό 15%, καθώς τα αντίστοιχα δείγματα παρουσίασαν την καλύτερη συμπεριφορά κατά την αποθήκευσή τους.

7.2 Προτάσεις για το μέλλον

Η χρήση αντιμικροβιακών παραγόντων για την αύξηση του χρόνου ζωής των φρέσκων ζυμαρικών εφαρμόζεται εδώ και χρόνια, αλλά η χρήση φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών προερχόμενων από αρωματικά φυτά αποτελεί ένα νέο αντικείμενο έρευνας. Στην παρούσα διπλωματική εξετάστηκε η αντιμικροβιακή δράση της ελαιορητίνης κοριανδρού, με ενσωμάτωσή της –είτε σε αυτούσια μορφή είτε εγκλεισμένη σε κάποιο φορέα– στα φρέσκα ζυμαρικά. Υπάρχουν πολλά άλλα φυτά, βότανα και μπαχαρικά με αποδεδειγμένη αντιμικροβιακή δράση τα οποία μπορούν να μελετηθούν για το σκοπό αυτό, όπως επίσης υπάρχουν και άλλοι τρόποι εκμετάλλευσης της αντιμικροβιακής δράσης πέρα της ενσωμάτωσης του παράγοντα στο προϊόν.

Ενδεικτικά, πηγές αντιμικροβιακών παραγόντων αποτελούν φυτά που υπάρχουν σε αφθονία στην ελληνική ύπαιθρο, όπως η ρίγανη, το φασκόμηλο, το δεντρολίβανο και το θυμάρι, χωρίς να αποκλείονται από τον κατάλογο φυτά και μπαχαρικά λιγότερο γνωστά για τις ιδιότητές τους, όπως το μοσχοκάρυδο ή το κάρδαμο. Ακόμη, τρόποι εκμετάλλευσης της αντιμικροβιακής δράσης μπορεί να είναι η ενσωμάτωση του αντιμικροβιακού παράγοντα στη συσκευασία των ζυμαρικών, η ενσωμάτωση του παράγοντα σε εδώδιμες μεμβράνες με τις οποίες θα επικαλύπτονται τα ζυμαρικά πριν την τελική συσκευασία τους και η δοκιμή νέων φορέων εγκλεισμού.

Εκτός από τη χρήση αντιμικροβιακού παράγοντα, αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν και η ενσωμάτωση πηγών διαιτητικών ινών σε φρέσκα ζυμαρικά και η μελέτη των ιδιοτήτων του νέου προϊόντος. Η χρήση διαιτητικών ινών γενικά δεν αποτελεί καινοτόμο σκέψη για τον τομέα των προϊόντων προερχόμενων από

δημητριακά, ούτε για τα ζυμαρικά ειδικότερα, όμως η ενσωμάτωση απομονωμένων ιών καρότου δεν έχει μελετηθεί επαρκώς στη βιβλιογραφία. Ακόμη, δεν έχει μελετηθεί επαρκώς ο συνδυασμός ιών σε ένα προϊόν καθώς και το εύρος των ποσοστών προσθήκης τους.

Επόμενα θέματα μελέτης μπορούν να αποτελέσουν οι ακόλουθες προτάσεις:

- Συνδυαστική δράση περισσότερων του ενός φυσικών αντιμικροβιακών παραγόντων
- Συνδυαστική δράση αντιμικροβιακού παράγοντα και συσκευασίας
- Μελέτη διαφορετικών ποσοτήτων αντιμικροβιακού παράγοντα, καθώς και διαφορετικών μορφών του
- Εφαρμογή εδώδιμων μεμβρανών σε ζυμαρικά με ενσωματωμένο αντιμικροβιακό παράγοντα στις μεμβράνες ή/και στα ζυμαρικά
- Ανεύρεση αρωματικών φυτών με αποδεδειγμένη αντιμικροβιακή δράση και υψηλή περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικά, βιταμίνες ή/και ιχνοστοιχεία, ώστε παράλληλα με την αντιμικροβιακή δράση να αναβαθμιστεί και το διατροφικό προφίλ των ζυμαρικών
- Εκτενέστερη μελέτη των απομονωμένων ιών καρότου για την παρασκευή λειτουργικών προϊόντων
- Συνδυασμός πηγών διαιτητικών ιών στα φρέσκα ζυμαρικά
- Συνδυαστική εφαρμογή αντιμικροβιακού παράγοντα και πηγής διαιτητικών ιών σε φρέσκα ζυμαρικά

Βιβλιογραφία

Aalamia M. U.J.S. Prasada Raob, K. Leelavath Physicochemical and biochemical characteristics of Indian durum wheat varieties: Relationship to semolina milling and spaghetti making quality [Άρθρο] // Food Chemistry. - [s.l.] : Elsevier, 2007. - 4, 993-1005 : Τόμ. 102.

Alves-Silva J.M. Dias dos Santos S.M., Pintado M.E., Perez-Alvarez J.A., Fernandez-Lopez J., Viuda-Martos M. Chemical composition and in vitro antimicrobial, antifungal and antioxidant properties of essential oils obtained from some herbs widely used in Portugal [Άρθρο] // Food Control. - [s.l.] : Elsevier, 2013. - 2, 371-378 : Τόμ. 32.

Anderson B. The Foods of Italy - (5th edition) [Βιβλίο]. - New York : Italian Trade Commission, 2010.

Aravind Nisha Mike J. Sissons, Christopher M. Fellows, Jarra Blazek, Elliot P. Gilbert Effect of inulin soluble dietary fibre addition on technological, sensory, and structural properties of durum wheat spaghetti [Άρθρο] // Food Chemistry. - [s.l.] : Elsevier, 2012. - Τόμ. 132, 993-1002.

Aravind Nisha Mike Sissons, Christopher M. Fellows Effect of soluble fibre (guar gum and carboxymethylcellulose) addition on technological, sensory and structural properties of durum wheat spaghetti [Άρθρο] // Food Chemistry. - [s.l.] : Elsevier, 2012. - Τόμ. 131, 893-900.

Aravind Nisha Mike Sissons, Narelle Egan , Christopher Fellows Effect of insoluble dietary fibre addition on technological, sensory, and structural properties of durum wheat spaghetti [Άρθρο] // Food Chemistry. - [s.l.] : Elsevier, 2012. - Τόμ. 130, 299-309.

Bakkali F. Aeverbeck S., Aeverbeck D., Idaomar M. Biological effects of essential oils – A review [Άρθρο] // Food and Chemical Toxicology. - [s.l.] : Elsevier, 2008. - Τόμ. 46, 446-475.

Bao B. Chung K.C. Carrot Pulp Chemical Composition, Color, and Water-holding Capacity as Affected by Blanching [Άρθρο] // Journal of Food Science. - [s.l.] : IFT, 1994. - 6, 1159-1161 : Τόμ. 59.

Berteli M.N. A. Marsaioli Jr. Evaluation of short cut pasta air dehydration assisted by microwaves as compared to the conventional drying process [Άρθρο] // Journal of Food Engineering. - [s.l.] : Elsevier, 2005. - 2 175-183 : Τόμ. 68.

Bodner J.M. Sieg J. Fiber [Ενότητα βιβλίου] // Ingredients in meat products, Properties, functionality and applications / συγγρ. βιβλίου R. Tarte. - [s.l.] : Springer, 2009.

Bonomi Francesco Maria Grazia D'Egidio, Stefania Iametti, Mauro Marengo, Alessandra Marti, Maria Ambrogina Pagani, Enzo Maria Ragg Structure–quality relationship in commercial pasta: A molecular glimpse [Άρθρο] // Food Chemistry. - [s.l.] : Elsevier, 2012. - 2 348-355 : Τόμ. 135.

Brennan C.S. Cleary L.J. The potential use of cereal (1/3,1/4)-b-D-glucans as functional food ingredients [Άρθρο] // Journal of cereal science. - [s.l.] : Elsevier, 2005. - Τόμ. 42, 1-13.

Brennan C.S. Kuri V., Tudorica C. M. Inulin-enriched pasta: effects on textural properties and starch degradation [Άρθρο] // Food Chemistry. - [s.l.] : Elsevier, 2004. - Τόμ. 86, 189-193.

Burdock G.A. Carabin I.G. Safety assessment of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil as a food ingredient [Άρθρο] // Food and Chemical Toxicology. - [s.l.] : Elsevier, 2009. - Τόμ. 47, 22-34.

- Burt S.** Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods – A review. [Άρθρο] // International Journal of Food Microbiology. - 2004. - 3, 223-253 : Τόμ. 94.
- Bustos M.C. Perez G.T, Leon A.E.** Sensory and nutritional attributes of fibre-enriched pasta [Άρθρο] // LWT - Food Science and Technology. - [s.l.] : Elsevier, 2011. - 6, 1429-1434 : Τόμ. 44.
- Chantaro P. Devahastin S., Chiewchan N.** Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peels [Άρθρο] // LWT-Food Science and Technology. - [s.l.] : Elsevier, 2002. - 10, 1987-1994 : Τόμ. 41.
- Cheli F. Battaglia D., Gallo R., Dell'Orto V.** EU legislation on cereal safety: An update with a focus on mycotoxins [Άρθρο] // Food Control. - [s.l.] : Elsevier, 2014. - 315-325 : Τόμ. 37.
- Constantini A.M.** Nutritional and health significance of pasta in modern dietary patterns [Ενότητα βιβλίου] // Pasta and extrusion cooked foods: some technological and nutritional aspects, Technoalimenteria food technology and nutrition series / συγγρ. βιβλίου Mercier C. Cantarelli C.. - London : Elsevier, 1986.
- Cubadda R. Carcea M.** PASTA AND MACARONI | Methods of Manufacture [Ενότητα βιβλίου] // Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition). - [s.l.] : Academic Press, 2003. - Τόμ. 4374-4378.
- Davidson P.M. Sofos N.J., Branan L.A.** Antimicrobials in food, third edition [Βιβλίο]. - [s.l.] : Taylor and Francis group, 2005.
- De Temmerman J. P. Verboven, B. Nicolai, H. Ramon** Modelling of transient moisture concentration of semolina pasta during air drying [Άρθρο] // Journal of Food Engineering. - [s.l.] : Elsevier, 2007. - 3 892-903 : Τόμ. 80.
- Del Nobile M.A. N. Di Benedetto, N. Suriano, A. Conte, C. Lamacchia, M.R. Corbo, M. Sinigaglia** Use of natural compounds to improve the microbial stability of Amaranth-based homemade fresh pasta [Άρθρο] // Food Microbiology. - [s.l.] : Elsevier, 2009. - 2, 151-156 : Τόμ. 26.
- Del Nobile M.A. N. Di Benedetto, N. Suriano, A. Conte, M.R. Corbo, M. Sinigaglia** Combined effects of chitosan and MAP to improve the microbial quality of amaranth homemade fresh pasta [Άρθρο] // Food Microbiology. - [s.l.] : Elsevier, 2009. - 6 587-591 : Τόμ. 26.
- Delaquis P.J. Stanich K., Girard B., Mazza G.** Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils [Άρθρο] // International Journal of Food Microbiology. - [s.l.] : Elsevier, 2002. - 1-2, 101-109 : Τόμ. 74.
- DelGiudice L.** Pasta [Ενότητα βιβλίου] // Encyclopedia of food / συγγρ. βιβλίου Katz Solomon H.. - New York : Charles Scribner's Sons, Thomson Gale, 2003. - Τόμ. 3.
- DeVries J.W.** On defining dietary fibre [Άρθρο] // Proceedings of the Nutrition Society. - 2003. - Τόμ. 62, 37-43.
- Douglas M. Heyes J., Smallfield B.** Herbs, spices and essential oils: Post-harvest operations in developing countries [Βιβλίο]. - New Zealand : UNIDO and FAO , 2005.
- Eima Valeria S. Simal Susana, Rosselló Carmen, Femenia Antoni, Bon José** Optimisation of the addition of carrot dietary fibre to a dry fermented sausage (sobrassada) using artificial neural networks [Άρθρο] // Meat Science. - 2013. - 3, 341-348 : Τόμ. 94.

El-Nagar G., Clowes, G., Tudorica, C. M., Kuri, V., Brennan, C. S. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. [Άρθρο] // International Journal of Dairy Technology. - [s.l.] : SDT, 2002. - 55, 89-93.

Englyst H. N. Cummings J. H. Measurement of Dietary Fiber as Nonstarch Polysaccharides [Ενότητα βιβλίου] // Dietary Fiber / συγγρ. βιβλίου al. G. V. Vahouny et. - New York : Plenum Press, 1986.

Fongaro L. Kvaal K. Surface texture characterization of an Italian pasta by means of univariate and multivariate feature extraction from their texture images [Άρθρο] // Food Research International. - [s.l.] : Elsevier, 2013. - 2 693-705 : Τόμ. 51.

Frost G.S. Brynes A.E., Dhillon W.S., Bloom S.R., McBurney M.I. The effects of fiber enrichment of pasta and fat content on gastric emptying, GLP-1, glucose, and insulin responses to a meal [Άρθρο] // European Journal of Clinical Nutrition. - [s.l.] : Nature Publishing Group, 2003. - 293-298 : Τόμ. 57.

Groß Frauke Rainer Benning, Ute Bindrich, Knut Franke, Volker Heinz, Antonio Delgado Optical online measurement technique used for process control of the drying step during pasta production [Άρθρο] // Procedia Food Science. - [s.l.] : Elsevier, 2011. - 1 1301-1308.

Guillon F., Champ, M. & Thibault, J.F. Dietary Fibre Functional Products [Ενότητα βιβλίου] // Functional foods: Concept to Product, / συγγρ. βιβλίου Gibson G.R. & Williams, C.M. (eds.). - UK : CRC Press, 2000.

H. D. Belitz Grosch W., Schieberle P. Σιτηρά και προϊόντα σιτηρών [Ενότητα βιβλίου] // Χημεία Τροφίμων, 4η έκδοση. - Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις Τζιόλα, 2011.

Hager Anna-Sophie Michael Czerny, Jürgen Bez, Emanuele Zannini, Elke K. Arendt Starch properties, in vitro digestibility and sensory evaluation of fresh egg pasta produced from oat, teff and wheat flour [Άρθρο] // Journal of Cereal Science. - [s.l.] : Elsevier, 2013. - Τόμ. In press.

Hahn D.H. Application of Rheology in the Pasta Industry [Ενότητα βιβλίου] // Dough Rheology and Baked Product Texture / συγγρ. βιβλίου Hamed Faridi Ph.D. Jon M. Faubion Ph.D.. - New York : AVI (Van Nostrand Reinhold), 1989.

Han J.H. Innovations in Food Packaging, 2nd edition [Βιβλίο]. - [s.l.] : Elsevier, Academic Press, 2014.

Hsu Pang-Kuei Chien Po-Jung, Chen Chien-Hung, Chau Chi-Fai Carrot insoluble fiber-rich fraction lowers lipid and cholesterol absorption in hamsters [Άρθρο] // LWT - Food Science and Technology. - [s.l.] : Elsevier, 2006. - 4, 338-343 : Τόμ. 39.

Hummel Ch. Macaroni Products [Βιβλίο]. - London : Food Trade Press LTD, 1966.

International Pasta Organization, IPO [Ηλεκτρονικό]. - 21 10 2013. - <http://www.internationalpasta.org/index.aspx>.

Jaillais B. D. Bertrand, J. Abecassis Identification of the histological origin of durum wheat milling products [Άρθρο] // Journal of Cereal Science. - [s.l.] : Elsevier, 2012. - 55 : Τόμ. 210-217.

Kill R. C. Turnbull K. Pasta and Semolina Technology [Βιβλίο]. - London : Blackwell Science, 2001.

Kruger J.E. Matsuo R.B., Dick J.W. Pasta and Noodle Technology [Βιβλίο]. - USA : American Association of Cereal Chemists, Inc., 1996.

Landi A. Durum wheat, semolina and pasta quality characteristics for an Italian food company [Ενότητα βιβλίου] // Durum wheat quality in the Mediterranean region / συγγρ. βιβλίου Di Fonzo N. Kaan F., Nachit M.. - [s.l.] : CIHEAM, 1995.

Li B. W. Andrews K.W., Pehrsson P.R. Individual Sugars, Soluble, and Insoluble Dietary Fiber Contents of 70 High Consumption Foods [Άρθρο] // Journal of food composition and analysis. - [s.l.] : AP, 2002. - Τόμ. 15, 715-723.

Malcolmson L. J. Dietary Importance [Ενότητα βιβλίου] // Pasta and Macaroni - methods of manufacture. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition.. - [s.l.] : Elsevier Science, 2003.

Martins E. A. Leal Germano P. M. Microbiological indicators for the assessment of performance in the hazard analysis and critical control points (HACCP) system in meat lasagna production [Άρθρο] // Food Control. - [s.l.] : Elsevier, 2008. - 764-771 : Τόμ. 19.

McClatchey Caroline How pasta became the world's favourite food [Ηλεκτρονικό]. - BBC News Magazine, 2011. - 21 10 2013. - <http://www.bbc.co.uk/news/magazine-13760559>.

Mercier S. B. Marcos, C. Moresoli, M. Mondor, S. Villeneuve Modeling of internal moisture transport during durum wheat pasta drying [Άρθρο] // Journal of Food Engineering. - [s.l.] : Elsevier, 2014. - 19-27 : Τόμ. 124.

Mercier S. C. Moresoli, S. Villeneuve, M. Mondor, B. Marcos Sensitivity analysis of parameters affecting the drying behaviour of durum wheat pasta [Άρθρο] // Journal of Food Engineering. - [s.l.] : Elsevier, 2013. - 1 : Τόμ. 118 108-116.

Migliori Massimo Domenico Gabriele, Bruno de Cindio , Claudio M. Pollini Journal of food engineering [Άρθρο]. - [s.l.] : Elsevier, 2005. - 242-251 : Τόμ. 71.

Mokhtar A. M.A.Hussein, T. Becker Monitoring pasta production line using automated imaging technique [Συνέδριο] // 11th International Congress on Engineering and Food (ICEF11). - [s.l.] : Procedia Food Science, Elsevier, 2011. - Τόμ. 1173-1180.

Ockerman H.W. Basu L. Chemistry and physics of comminuted products, Spices and Flavours [Ενότητα βιβλίου] // Encyclopedia of Meat Sciences, Three-Volume Set / συγγρ. βιβλίου W.K. Jensen. - New Zealand : Elsevier, 2003.

O'Shea Norah Arendt Elke K., Gallagher Eimear Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products [Άρθρο] // Innovative Food Science and Emerging Technologies. - [s.l.] : Elsevier, 2012. - Τόμ. 16, 1-10.

Padalino Lucia Marcella Mastromatteo , Grazia Sepielli and Matteo Alessandro Del Nobile Formulation Optimization of Gluten-Free Functional Spaghetti Based on Maize Flour and Oat Bran Enriched in β -Glucans [Άρθρο] // Materials. - 2011. - Τόμ. 4, 2119-2135.

Peña R.J. Durum wheat for pasta and bread-making. Comparison of methods used in breeding to determine [Εργασία]. - Lisboa : International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), 2000.

Petroni P. Fresh Pasta my love [Βιβλίο]. - Italy : Giunti, 2011.

Quinn B.P. Marriott N.G. HACCP PLAN DEVELOPMENT AND ASSESSMENT: A REVIEW [Άρθρο] // Journal of muscle foods. - [s.l.] : Food and Nutrition Press, 2002. - 13 : Τόμ. 313-330.

Sapirsteina H.D. P. Davida, K.R. Prestonb, J.E. Dexterb Durum wheat breadmaking quality: Effects of gluten strength, protein composition, semolina particle size and fermentation time [Άρθρο] // Journal of Cereal Science. - [s.l.] : Elsevier, 2007. - 2 150-161 : Τόμ. 45.

Schulthessa A. Matusb I., Schwembera A.R. Genotypic and environmental factors and their interactions determine semolina color of elite genotypes of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) grown in different environments of Chile [Άρθρο] // Field Crops Research. - [s.l.] : Elsevier, 2013. - 234-244 : Τόμ. 149.

Serventi S. Sabban F. Pasta: The story of a universal food [Βιβλίο]. - New York : Columbia University Press, 2000.

Simpson C.A. Sofos J.N. Antimicrobial Ingredients [Ενότητα βιβλίου] // Ingredients in Meat Products: Properties, Functionality and Applications / συγγρ. βιβλίου Tarte R.. - USA : Springer, 2009.

Siri S. Rajeshwari C., Andallu B. Antioxidant and anti-arthritic potential of coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves [Άρθρο] // e-SPEN, the European e-Journal of Clinical Nutrition and Metabolism (2012). - 2012.

Sissons M. Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread [Άρθρο] // Food. - [s.l.] : Global Science Books, 2008. - 2, 75-90 : Τόμ. 2.

Sissons M.J. Pasta [Ενότητα βιβλίου] // Encyclopaedia of grain science / συγγρ. βιβλίου Wrigley C. Corke H., Walker C.. - Australia : Elsevier, 2004. - Τόμ. 409-418.

Smallfield B. Coriander–*Coriandrum sativum* [<http://www.crop.cri.nz/psp/broadshe/coriand.htm>]. - New Zealand : The New Zealand Institute for Crop and Food Research, 2003.

Southgate David A. T. Hudson Geoffrey J. and Englyst Hans The Analysis of Dietary Fibre- The Choices for the Analyst [Άρθρο] // Journal of the Science of Food and Agriculture. - [s.l.] : SCI, 1978. - 11 979-988 : Τόμ. 29.

Strata Andrea Professional Pasta [Ηλεκτρονικό]. - 15 Οκτώβριος 2013. - <http://www.professionalpasta.it/source/pastafood.html>.

T. Fuad P. Prabhasankar Role of Ingredients in Pasta Product Quality: A Review on Recent [Άρθρο] // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. - [s.l.] : Taylor & Francis, 2010. - Τόμ. 50:8, 787-798.

Tajkarimi M.M. Ibrahim S.A. , Cliver D.O. Antimicrobial herb and spice compounds in food [Άρθρο] // Food Control. - [s.l.] : Elsevier, 2010. - Τόμ. 21 1199-1218.

Talita Pires de Camargo Andrade-Molina Marianne Ayumi Shirai, Maria Victória Eiras Grossmann, Fabio Yamashita Active biodegradable packaging for fresh pasta [Άρθρο] // LWT - Food Science and Technology. - [s.l.] : Elsevier, 2013. - 1 25-29 : Τόμ. 54.

Trematerra P. V. Stejskalb, J. Hubertb The monitoring of semolina contamination by insect fragments using the light filth method in an Italian mill [Άρθρο] // Food Control. - [s.l.] : Elsevier, 2011. - 1021-1026. - 7 : Τόμ. 22.

Tudorica C.M. V. Kuri, C. S. Brennan Nutritional and Physicochemical Characteristics of Dietary Fiber Enriched Pasta [Άρθρο] // Journal of agricultural and food chemistry. - [s.l.] : American Chemical Society, 2002. - Τόμ. 50, 347-356.

UN.A.F.P.A. [Ηλεκτρονικό] // UNION OF ORGANIZATIONS OF MANUFACTURES OF PASTA PRODUCTS OF THE E.U.. - 21 10 2013. - <http://www.pasta-unafpa.org/>.

Villeneuve S. P. Gélinas Drying kinetics of whole durum wheat pasta according to temperature and relative humidity [Άρθρο] // LWT - Food Science and Technology. - [s.l.] : Elsevier, 2007. - 3, 465-471 : Τόμ. 40.

Wallace C. Williams T. Pre-requisites: a help or a hindrance to HACCP? [Άρθρο] // Food Control. - [s.l.] : Elsevier, 2001. - 4, 235-240 : Τόμ. 12.

Yingying Xu Clifford Hall III, Charlene Wolf-Hall, Frank Manthey Fungistatic activity of flaxseed in potato dextrose agar and a fresh noodle system [Άρθρο] // International Journal of Food Microbiology. - [s.l.] : Elsevier, 2008. - 3 262-267 : Τόμ. 121.

Zardetto S. Potential applications of near infrared spectroscopy for evaluating thermal treatments of fresh egg pasta [Άρθρο] // Food Control. - [s.l.] : Elsevier, 2005. - 16, 249-256 : Τόμ. 3.

Λεμπέση Δ. Δράση ενζύμων και διαιτητικών ινών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά αρτοσκευασμάτων // Διδακτορική διατριβή. - Αθήνα : Ε.Μ.Π., 2012.

Τζιά Κ. Σχεδιασμός και λειτουργία βιομηχανίας τροφίμων [Βιβλίο]. - Αθήνα : Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 2010.

Χανιώτη Σ. Χρήση φυσικών αντιμικροβιακών ενσωματωμένων σε εδώδιμες επικαλυπτικές μεμβράνες σε προϊόντα κρέατος // Διπλωματική εργασία. - Αθήνα : Ε.Μ.Π., 2010.

ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ

Παράρτημα

Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Fre...	MS	F	p
t	1051.	3	350.2	14.29	.000*
percent...	116.	4	29.0	1.18	.330
fiber	398.	2	198.8	8.11	.001*

Figure 1: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη φωτεινότητα των δειγμάτων του Πειράματος 2

Duncan test; variable L (φιβερασ1)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 24.509, df = 50.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	75.080	71.450	66.247	64.536
2	2	0.050155	0.050155	0.000076	0.000055
3	3	0.000076	0.006004	0.006004	0.000576
4	4	0.000055	0.000576	0.348489	0.348489

Figure 2: Duncan test (L, t)

Duncan test; variable L (φιβερασ1)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 24.509, df = 50.000					
Cell No.	fiber	{1}	{2}	{3}	
1	1	71.913	70.256	65.816	
2	2	0.294953	0.294953	0.000475	
3	3	0.000475	0.006706	0.006706	

Figure 3: Duncan test (L, fiber)

Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	D...	MS	F	p
t	1094.	3	364.6	14.04	.000*
percentage	116.	4	28.9	1.11	.361
fiber	722.	2	361.0	13.90	.000*

Figure 4: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στο ολικό χρώμα των δειγμάτων του Πειράματος 2

Duncan test; variable DE (φιβερω1)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 25.975, df = 50.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	76.604	72.861	67.494	65.892
2	2	0.049840		0.000075	0.000056
3	3	0.000075	0.005908		0.393632
4	4	0.000056	0.000720	0.393632	

Figure 5: Duncan test (ολικό χρώμα, t)

Duncan test; variable DE (φιβερω1)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 25.975, df = 50.000					
Cell No.	fiber	{1}	{2}	{3}	
1	1	74.063	72.141	65.934	
2	2	0.238817		0.000070	
3	3	0.000070	0.000445		

Figure 6: Duncan test (ολικό χρώμα, fiber)

Sigma-restricted parameterization							
Effective hypothesis decomposition							
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p		
t	.000		3	.000	2.16	.104	
percentage	.000		4	.000	1.59	.192	
fiber	.001		2	.001	39.00	.000*	

Figure 7: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην ενεργότητα των δειγμάτων του Πειράματος 2

Duncan test; variable aw (φιβερω1)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = .00002, df = 50.000					
Cell No.	fiber	{1}	{2}	{3}	
1	1	.97112	.98240	.97766	
2	2	0.000062		0.000119	
3	3	0.000119	0.000657		

Figure 8: Duncan test (aw, fiber)

Sigma-restricted parameterization							
Effective hypothesis decomposition							
Effect	SS	D...	MS	F	p		
t	27.70		3	9.23	10.81	.000*	
percentage	1.34		4	.34	.39	.813	
fiber	34.67		2	17.34	20.30	.000*	

Figure 9: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη σκληρότητα των δειγμάτων του Πειράματος 2

Duncan test; variable firmness ($\varphi\beta\epsilon\rho\sigma 1$)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = .85400, df = 50.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	.92094			
2	2		0.419919	0.003356	0.000063
3	3	0.003356	0.020810		0.000170
4	4	0.000063	0.000170	0.062111	

Figure 10: Duncan test (firmness, t)

Duncan test; variable firmness ($\varphi\beta\epsilon\rho\sigma 1$)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = .85400, df = 50.000				
Cell No.	fiber	{1}	{2}	{3}
1	1		0.469863	0.000062
2	2	0.469863		0.000119
3	3	0.000062	0.000119	

Figure 11: Duncan test (firmness, fiber)

Sigma-restricted parameterization						
Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	D...	MS	F	p	
t	2.68	3	.89	.66	.582	
percentage	70.55	4	17.64	13.00	.000*	
fiber	31.26	2	15.63	11.52	.000*	

Figure 12: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στο δείκτη απώλειας μάζας των δειγμάτων του Πειράματος 2

Duncan test; variable cooking loss ($\varphi\beta\epsilon\rho\sigma 1$)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = 1.3566, df = 50.000						
Cell No.	percentage	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	0	4.8246				
2	1		0.000113	0.003512	0.003828	0.000032
3	2	0.000113		0.176473	0.160177	0.017659
4	3	0.003512	0.176473		0.889868	0.000570
5	4	0.003828	0.160177	0.889868		0.000470

Figure 13: Duncan test (cooking loss, percentage)

Duncan test; variable cooking loss ($\varphi\beta\epsilon\rho\sigma 1$)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = 1.3566, df = 50.000				
Cell No.	fiber	{1}	{2}	{3}
1	1		0.004089	0.000085
2	2	0.004089		0.092052
3	3	0.000085	0.092052	

Figure 14: Duncan test (cooking loss, fiber)

Sigma-restricted parameterization						
Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	D...	MS	F	p	
t	3.232	3	1.077	1.739	.171	
percentage	6.611	4	1.653	2.668	.043*	
fiber	.763	2	.381	.616	.544	

Figure 15: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στο δείκτη διόγκωσης των δειγμάτων του Πειράματος 2

Duncan test; variable swelling index ($\phi\beta\epsilon\sigma 1$)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = .61952, df = 50.000						
Cell No.	percentage	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	0	2.4905	3.2372	2.7739	3.2011	3.3806
1	1		0.036777	0.382233	0.040355	0.014796
2	2	0.036777		0.180022	0.911123	0.657536
3	3	0.382233	0.180022		0.189776	0.089922
4	4	0.040355	0.911123	0.189776		0.603368
5	4	0.014796	0.657536	0.089922	0.603368	

Figure 16: Duncan test (swelling index, percentage)

Sigma-restricted parameterization						
Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	D...	MS	F	p	
t	123E2	3	4097.	6.513	.001*	
percentage	152E2	4	3792.	6.028	.000*	
fiber	116E2	2	5814.	9.242	.000*	

Figure 17: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην απορρόφηση νερού των δειγμάτων του Πειράματος 2

Duncan test; variable water absorption ($\phi\beta\epsilon\sigma 1$)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = 629.10, df = 50.000						
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}	
	1	155.80	139.40	123.76	119.46	
1	1		0.079358	0.001450	0.000469	
2	2	0.079358		0.094070	0.043529	
3	3	0.001450	0.094070		0.640832	
4	4	0.000469	0.043529	0.640832		

Figure 18: Duncan test (water absorption, t)

Duncan test; variable water absorption ($\phi\beta\epsilon\sigma 1$)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = 629.10, df = 50.000						
Cell No.	percentage	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	0	123.44	154.58	120.73	120.78	153.49
1	1		0.005207	0.805544	0.796327	0.005167
2	1	0.005207		0.003663	0.003159	0.915379
3	2	0.805544	0.003663		0.995955	0.004180
4	3	0.796327	0.003159	0.995955		0.003436
5	4	0.005167	0.915379	0.004180	0.003436	

Figure 19: Duncan test (water absorption, percentage)

Duncan test; variable water absorption ($\phi\beta\epsilon\sigma 1$)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = 629.10, df = 50.000						
Cell No.	fiber	{1}	{2}	{3}		
	1	154.13	127.04	122.65		
1	1		0.001394	0.000388		
2	2	0.001394		0.582394		
3	3	0.000388	0.582394			

Figure 20: Duncan test (water absorption, fiber)

Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	D...	MS	F	p
t	95.05	3	31.68	45.86	.000*
percentage	18.29	4	4.57	6.62	.000*
fiber	21.80	2	10.90	15.77	.000*

Figure 21: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην εμφάνιση των ωμών δειγμάτων του Πειράματος 2

Duncan test; variable Εμφάνιση ωμού (φιβερασ1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .69089, df = 50.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	8.8889	8.6333	7.6111	5.6889
2	2	0.403949	0.403949	0.000208	0.000055
3	3	0.000208	0.001584	0.000062	0.000115
4	4	0.000055	0.000062	0.000115	

Figure 22: Duncan test (εμφάνιση ωμού, t)

Duncan test; variable Εμφάνιση ωμού (φιβερασ1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .69089, df = 50.000						
Cell No.	percentage	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	0	6.6667	8.2917	7.7083	7.9167	7.9444
2	1	0.000068	0.000068	0.003601	0.000856	0.000838
3	2	0.003601	0.122748	0.122748	0.303953	0.311230
4	3	0.000856	0.303953	0.542161	0.542161	0.517413
5	4	0.000838	0.311230	0.517413	0.935177	0.935177

Figure 23: Duncan test (εμφάνιση ωμού, percentage)

Duncan test; variable Εμφάνιση ωμού (φιβερασ1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .69089, df = 50.000				
Cell No.	fiber	{1}	{2}	{3}
1	1	6.9500	7.7417	8.4250
2	2	0.004204	0.004204	0.000063
3	3	0.000063	0.012349	0.012349

Figure 24: Duncan test (εμφάνιση ωμού, fiber)

Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	D...	MS	F	p
t	10.20	3	3.399	23.69	.000*
percentage	.99	4	.247	1.72	.160
fiber	1.68	2	.839	5.85	.005*

Figure 25: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην εμφάνιση των βρασμένων δειγμάτων του Πειράματος 2

Duncan test; variable Εμφάνιση βρασμένου (φιβερασ1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .14350, df = 50.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	5.0000	4.9333	4.8222	3.9778
2	2	0.632054	0.632054	0.231964	0.000055
3	3	0.231964	0.425764	0.425764	0.000062
4	4	0.000055	0.000062	0.000115	0.000115

Figure 26: Duncan test (εμφάνιση βρασμένου, t)

Duncan test; variable Εμφάνιση βρασμένου (φιβερασ1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .14350, df = 50.000					
Cell No.	fiber	{1}	{2}	{3}	
1	1	4.4500	4.7667	4.8333	
2	2	0.011050	0.011050	0.003381	
3	3	0.003381	0.580452	0.580452	

Figure 27: Duncan test (εμφάνιση βρασμένου, fiber)

Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	D...	MS	F	p
t	79.46	3	26.49	39.23	.000*
percentage	8.77	4	2.19	3.25	.019*
fiber	36.10	2	18.05	26.73	.000*

Figure 28: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην υφή στο χέρι των βρασμένων δειγμάτων του Πειράματος 2

Duncan test; variable Υφή (χέρι) (φιβερασ1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .67519, df = 50.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	9.0333	9.0667	8.0111	6.2333
2	2	0.912086	0.912086	0.001426	0.000062
3	3	0.001426	0.001374	0.001374	0.000055
4	4	0.000062	0.000055	0.000115	0.000115

Figure 29: Duncan test (υφή στο χέρι, t)

Duncan test; variable Υφή (χέρι) (φιβερασ1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .67519, df = 50.000						
Cell No.	percentage	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	0	7.5417	8.4861	7.8056	8.0694	8.5278
2	1	0.011496	0.011496	0.435336	0.143615	0.009686
3	2	0.435336	0.059755	0.059755	0.220087	0.901754
4	3	0.143615	0.220087	0.435336	0.435336	0.053057
5	4	0.009686	0.901754	0.053057	0.203896	0.203896

Figure 30: Duncan test (υφή στο χέρι, percentage)

Duncan test; variable Υφή (χέρι) (φιβερασ1)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = .67519, df = 50.000				
Cell No.	fiber	{1}	{2}	{3}
1	1	7.1333	8.0917	9.0333
2	2	0.000672	0.000672	0.000062
3	3	0.000062	0.000808	0.000808

Figure 31: Duncan test (υφή στο χέρι, fiber)

Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	D...	MS	F	p
t	88.14	3	29.38	46.05	.000*
percentage	10.52	4	2.63	4.12	.006*
fiber	34.09	2	17.04	26.71	.000*

Figure 32: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην υφή στο στόμα των βρασμένων δειγμάτων του Πειράματος 2

Duncan test; variable Υφή (στόμα) (φιβερασ1)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = .63806, df = 50.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	9.1556	9.0444	8.1667	6.1333
2	2	0.704989	0.704989	0.001982	0.000055
3	3	0.001982	0.004232	0.004232	0.000115
4	4	0.000055	0.000062	0.000115	0.000115

Figure 33: Duncan test (υφή στο στόμα ,t)

Duncan test; variable Υφή (στόμα) (φιβερασ1)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = .63806, df = 50.000						
Cell No.	percentage	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	0	7.5417	8.6667	8.1667	7.7778	8.4722
2	1	0.002458	0.002458	0.075161	0.472549	0.010435
3	2	0.075161	0.154056	0.154056	0.014379	0.553809
4	3	0.472549	0.014379	0.238764	0.238764	0.353399
5	4	0.010435	0.553809	0.353399	0.048256	0.048256

Figure 34: Duncan test (υφή στο στόμα, percentage)

Duncan test; variable Υφή (στόμα) (φιβερασ1)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = .63806, df = 50.000				
Cell No.	fiber	{1}	{2}	{3}
1	1	7.1667	8.2000	9.0083
2	2	0.000264	0.000264	0.000062
3	3	0.000062	0.002538	0.002538

Figure 35: Duncan test (υφή στο στόμα, fiber)

Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	D...	MS	F	p
t	94.41	3	31.47	45.58	.000*
percentage	9.23	4	2.31	3.34	.017*
fiber	28.45	2	14.22	20.60	.000*

Figure 36: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην μετάγευση των βρασμένων δειγμάτων του Πειράματος 2

Duncan test; variable Μετάγευση (φιβερω1)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = .69043, df = 50.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	9.0778	8.9444	7.8444	5.9444
2	2	0.662354	0.662354	0.000805	0.000062
3	3	0.000297	0.000805	0.000115	
4	4	0.000055	0.000062	0.000115	

Figure 37: Duncan test (μετάγευση, t)

Duncan test; variable Μετάγευση (φιβερω1)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = .69043, df = 50.000						
Cell No.	percentage	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	0	7.3750	8.4722	8.0556	7.6528	8.2083
2	1	0.004456	0.004456	0.062615	0.416893	0.027289
3	2	0.004456	0.253263	0.253263	0.029956	0.440422
4	3	0.062615	0.253263	0.240779	0.240779	0.654512
5	4	0.416893	0.029956	0.240779	0.127985	0.127985
		0.027289	0.440422	0.654512	0.127985	

Figure 38: Duncan test (μετάγευση ,percentage)

Duncan test; variable Μετάγευση (φιβερω1)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = .69043, df = 50.000					
Cell No.	fiber	{1}	{2}	{3}	
1	1	7.1417	7.8917	8.8250	
2	2	0.006390	0.006390	0.000062	
3	3	0.000062	0.000971	0.000971	

Figure 39: Duncan test (μετάγευση, fiber)

Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	D...	MS	F	p
t	102.1	3	34.05	60.53	.000*
percentage	11.4	4	2.86	5.09	.002*
fiber	25.1	2	12.54	22.29	.000*

Figure 40: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη συνολική εντύπωση των δειγμάτων του Πειράματος 2

Duncan test; variable Συνολική εντύπωση (φιβερασ1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .56248, df = 50.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	9.2444	9.0111	7.8778	5.9444
2	2	0.398415	0.398415	0.000071	0.000055
3	3	0.000071	0.000242	0.000242	0.000115
4	4	0.000055	0.000062	0.000115	0.000115

Figure 41: Duncan test (συνολική εντύπωση, t)

Duncan test; variable Συνολική εντύπωση (φιβερασ1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .56248, df = 50.000						
Cell No.	percentage	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	0	7.3333	8.5278	8.0556	7.7639	8.4167
2	1	0.000671	0.000671	0.028936	0.165955	0.001616
3	2	0.028936	0.151653	0.151653	0.024983	0.718344
4	3	0.165955	0.024983	0.345514	0.345514	0.243902
5	4	0.001616	0.718344	0.243902	0.048000	0.048000

Figure 42: Duncan test (συνολική εντύπωση ,percentage)

Duncan test; variable Συνολική εντύπωση (φιβερασ1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .56248, df = 50.000					
Cell No.	fiber	{1}	{2}	{3}	
1	1	7.2250	8.0250	8.8083	
2	2	0.001562	0.001562	0.000062	
3	3	0.000062	0.001897	0.001897	

Figure 43: Duncan test (συνολική εντύπωση, fiber)

Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	D...	MS	F	p
t	89.30	3	29.77	53.15	.000*
percentage	10.26	4	2.57	4.58	.003*
fiber	15.55	2	7.77	13.88	.000*

Figure 44: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη γεύση των βρασμένων δειγμάτων του Πειράματος 2

Duncan test; variable Γ (φιβερασ1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .56007, df = 50.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	9.1000	8.9556	8.1444	6.0444
2	2	0.599549	0.599549	0.001460	0.000055
3	3	0.001460	0.004725	0.004725	0.000062
4	4	0.000055	0.000062	0.000115	0.000115

Figure 45: Duncan test (γεύση, t)

Duncan test; variable Γ ($\phi\beta\epsilon\rho\sigma 1$)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = .56007, df = 50.000						
Cell No.	percentage	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	0	7.5000	0.000655	0.069584	0.417236	0.024674
2	1	0.000655	8.6944	0.069584	0.005606	0.165066
3	2	0.069584	0.069584	8.0972	0.261264	0.587944
4	3	0.417236	0.005606	0.261264	7.7500	0.118044
5	4	0.024674	0.165066	0.587944	0.118044	8.2639

Figure 46: Duncan test (γεύση, percentage)

Duncan test; variable Γ ($\phi\beta\epsilon\rho\sigma 1$)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = .56007, df = 50.000				
Cell No.	fiber	{1}	{2}	{3}
1	1	7.3917	0.002047	0.000066
2	2	0.002047	8.1667	0.058557
3	3	0.000066	0.058557	8.6250

Figure 47: Duncan test (γεύση ,fiber)

Sigma-restricted parameterization
Effective hypothesis decomposition

Effect	SS	D...	MS	F	p
t	.45	3	.150	4.1	.011*
percentage	35.49	4	8.873	243.1	0.000*
fiber	3.74	2	1.869	51.2	.000*

Figure 48: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στο πρόσθετο στη γεύση των βρασμένων δειγμάτων του Πειράματος 2

Duncan test; variable Π ($\phi\beta\epsilon\rho\sigma 1$)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = .03650, df = 50.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	1.4222	0.751526	0.018479	0.015035
2	2	0.751526	1.4444	0.030380	0.026975
3	3	0.018479	0.030380	1.6000	0.874191
4	4	0.015035	0.026975	0.874191	1.6111

Figure 49: Duncan test (πρόσθετο, t)

Duncan test; variable Π ($\phi\beta\epsilon\rho\sigma 1$)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = .03650, df = 50.000						
Cell No.	percentage	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	0	0.0000	1.6806	1.9028	1.9861	2.0278
2	1	0.000115	0.000115	0.000062	0.000055	0.000032
3	2	0.000062	0.006477	0.006477	0.000446	0.000138
4	3	0.000055	0.000446	0.290559	0.290559	0.136322
5	4	0.000032	0.000138	0.136322	0.595671	0.595671

Figure 50: Duncan test (πρόσθετο, percentage)

Duncan test; variable Π (φιβερω1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .03650, df = 50.000				
Cell No.	fiber	{1}	{2}	{3}
1	1	1.7583	1.1750	0.032036
2	2	0.000062	0.000062	0.000115
3	3	0.032036	0.000115	

Figure 51: Duncan test (πρόσθετο, fiber)

Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	D...	MS	F	p
t	51.15	3	17.05	38.14	.000*
percentage	6.45	4	1.61	3.61	.012*
fiber	16.65	2	8.32	18.61	.000*

Figure 52: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην οσμή των βρασμένων δειγμάτων του Πειράματος 2

Duncan test; variable Odour (φιβερω1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .44711, df = 50.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	8.4000	8.3444	7.6333	6.1111
2	2	0.821051	0.821051	0.003986	0.000055
3	3	0.003986	0.005479	0.005479	0.000062
4	4	0.000055	0.000062	0.000115	0.000115

Figure 53: Duncan test (οσμή, t)

Duncan test; variable Odour (φιβερω1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .44711, df = 50.000						
Cell No.	percentage	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	0	7.0833	7.9722	7.5694	7.5278	7.9583
2	1	0.004201	0.004201	0.098071	0.109904	0.004113
3	2	0.098071	0.170136	0.170136	0.143905	0.959738
4	3	0.109904	0.143905	0.879391	0.879391	0.160591
5	4	0.004113	0.959738	0.160591	0.142623	0.142623

Figure 54: Duncan test (οσμή, percentage)

Duncan test; variable Odour (φιβερω1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .44711, df = 50.000				
Cell No.	fiber	{1}	{2}	{3}
1	1	7.0417	7.5083	8.3167
2	2	0.032033	0.032033	0.000062
3	3	0.000062	0.000476	0.000476

Figure 55: Duncan test (οσμή, fiber)

Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
"V1"	988.3	3	329.4	9.992	.000*
"V2"	285.5	1	285.5	8.658	.006*
"V3"	212.2	4	53.1	1.609	.197

Figure 56: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη φωτεινότητα των δειγμάτων του Πειράματος 1

Duncan test; variable V4 (coriander)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 32.970, df = 31.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	76.403			
2	2	0.018677	0.018677	0.000415	0.000081
3	3	0.000415	0.110396		0.332945
4	4	0.000081	0.017408	0.332945	

Figure 57: Duncan test (φωτεινότητα, t)

Duncan test; variable V4 (coriander)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 32.970, df = 31.000					
Cell No.	ml	{1}	{2}		
1	1	71.546			
2	2	0.006267	0.006267		

Figure 58: Duncan test (φωτεινότητα, mL)

Sigma-restricted parameterization
Effective hypothesis decomposition

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
"V1"	1069.	3	356.3	10.19	.000*
"V2"	244.	1	244.3	6.99	.013*
"V3"	209.	4	52.3	1.50	.228

Figure 59: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στο ολικό χρώμα των δειγμάτων του Πειράματος 1

Duncan test; variable DE (coriander)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 34.957, df = 31.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	79.165			
2	2	0.017196	0.017196	0.000306	0.000080
3	3	0.000306	0.093178		0.393942
4	4	0.000080	0.018652	0.393942	

Figure 60: Duncan test (ολικό χρώμα, t)

Duncan test; variable DE (coriander)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 34.957, df = 31.000					
Cell No.	ml	{1}	{2}		
1	1	73.774			
2	2	0.012889	0.012889		

Figure 61: Duncan test (ολικό χρώμα, mL)

Sigma-restricted parameterization
Effective hypothesis decomposition

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
"V1"	.000	3	.000	.60	.617
"V2"	.000	1	.000	4.74	.037*
"V3"	.001	4	.000	17.17	.000*

Figure 62: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην ενεργότητα των δειγμάτων του Πειράματος 1

Duncan test; variable aw (coriander) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .00001, df = 31.000				
Cell No.	ml	{1}	{2}	
1	1	.97381	.97167	
2	2		0.037257	

Figure 63: Duncan test (ενεργότητα, mL)

Duncan test; variable aw (coriander) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .00001, df = 31.000						
Cell No.	φορέας	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	.97867	.97509	.96933	.97333	.96729
2	2		0.027777	0.000058	0.002357	0.000033
3	3		0.027777	0.001152	0.266181	0.000087
4	4		0.000058	0.001152	0.014689	0.198093
5	5		0.002357	0.266181	0.014689	0.000723
			0.000033	0.000087	0.198093	0.000723

Figure 64: Duncan test (ενεργότητα, mL)

Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
"V1"	20.14	3	6.715	5.957	.002*
"V2"	4.03	1	4.026	3.578	.068
"V3"	4.49	4	1.123	.998	.424

Figure 65: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη σκληρότητα των δειγμάτων του Πειράματος 1

Duncan test; variable firmness (coriander) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1.1252, df = 31.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	.75029	.96945	1.8165	2.5353
2	2		0.647449	0.040291	0.001281
3	3		0.647449	0.084082	0.003395
4	4		0.040291	0.084082	0.139994
			0.001281	0.003395	0.139994

Figure 66: Duncan test (σκληρότητα, t)

Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
"V1"	134.8	3	44.92	66.54	.000*
"V2"	.0	1	.00	.00	.979
"V3"	2.6	4	.65	.96	.445

Figure 67: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη μικροβιολογική ανάλυση των δειγμάτων του Πειράματος 1 σε υπόστρωμα PCA

Duncan test; variable PCA (coriander)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = .67511, df = 31.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	4.9258			
2	2		0.165690	0.000082	0.000056
3	3	0.165690		0.001015	0.000062
4	4	0.000082	0.001015		0.000136
		0.000056	0.000062	0.000136	

Figure 68: Duncan test (PCA, t)

Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
"V1"	100.7	3	33.57	52.41	.000*
"V2"	.8	1	.77	1.20	.282
"V3"	6.8	4	1.69	2.64	.053

Figure 69: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη μικροβιολογική ανάλυση των δειγμάτων του Πειράματος 1 σε υπόστρωμα RBC

Duncan test; variable RBC (coriander)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = .64053, df = 31.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	3.0849			
2	2		0.381384	0.000308	0.000056
3	3	0.381384		0.002201	0.000062
4	4	0.000308	0.002201		0.000136
		0.000056	0.000062	0.000136	

Figure 70: Duncan test (RBC, t)

Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
"V1"	74.86	3	24.95	76.28	.000*
"V2"	.01	1	.01	.03	.855
"V3"	11.95	4	2.99	9.13	.000*

Figure 71: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην εμφάνιση των ωμών δειγμάτων του Πειράματος 1

Duncan test; variable Εμφάνιση ωμού (coriander)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = .32711, df = 31.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	8.9667			
2	2		0.161849	0.000062	0.000056
3	3	0.161849		0.000137	0.000062
4	4	0.000062	0.000137		0.000136
		0.000056	0.000062	0.000136	

Figure 72: Duncan test (εμφάνιση ωμού, t)

Duncan test; variable Εμφάνιση ωμού (coriander)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = .32711, df = 31.000						
Cell No.	φορέας	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	6.6667	7.8542	7.9583	7.1667	8.1042
2	2	0.000388	0.000204	0.090426	0.000078	
3	3	0.000388	0.718262	0.022502	0.417227	
4	4	0.000204	0.718262	0.012559	0.613804	
5	5	0.090426	0.022502	0.012559	0.004401	
		0.000078	0.417227	0.613804	0.004401	

Figure 73: Duncan test (εμφάνιση ωμού, φορέας)

Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
"V1"	12.00	3	3.999	66.73	.000*
"V2"	.16	1	.156	2.61	.116
"V3"	.22	4	.056	.93	.461

Figure 74: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην εμφάνιση των βρασμένων δειγμάτων του Πειράματος 1

Duncan test; variable Εμφάνιση βρασμένου (coriander)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = .05992, df = 31.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	5.0000	5.0000	4.4167	3.6667
2	2	1.000000	1.000000	0.000072	0.000056
3	3	0.000072	0.000142	0.000142	0.000136
4	4	0.000056	0.000062	0.000136	

Figure 75: Duncan test (εμφάνιση βρασμένου, t)

Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
"V1"	39.76	3	13.25	40.88	.000*
"V2"	2.03	1	2.03	6.25	.018*
"V3"	13.75	4	3.44	10.60	.000*

Figure 76: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην οσμή των ωμών δειγμάτων του Πειράματος 1

Duncan test; variable Οσμή ωμού (coriander)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = .32424, df = 31.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	8.1667	7.9000	6.8667	5.6333
2	2	0.303239	0.303239	0.000081	0.000056
3	3	0.000081	0.000433	0.000433	0.000062
4	4	0.000056	0.000062	0.000165	0.000165

Figure 77: Duncan test (οσμή ωμού, t)

Duncan test; variable Οσμή ωμού (coriander)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = .32424, df = 31.000					
Cell No.	mL	{1}	{2}		
1	1	6.9167	7.3667		
2	2	0.018091	0.018091		

Figure 78: Duncan test (οσμή ωμού, mL)

Duncan test; variable Οσμή ωμού (coriander) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .32424, df = 31.000						
Cell No.	Φορέας	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	6.5833	8.2708	7.0417	6.8333	6.9792
2	2		0.000036	0.151060	0.386816	0.198935
3	3			0.000276	0.000086	0.000169
4	4				0.496803	0.827803
5	5					0.612247

Figure 79: Duncan test (οσμή ωμού, φορέας)

Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
"V1"	28.86	3	9.619	26.18	.000*
"V2"	0.00	1	0.000	0.00	1.000
"V3"	12.91	4	3.228	8.79	.000*

Figure 80: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην οσμή των βρασμένων δειγμάτων του Πειράματος 1

Duncan test; variable Οσμή βρασμένου (coriander) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .36734, df = 31.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	8.1000	8.0667	7.0667	6.0333
2	2		0.903021	0.000911	0.000056
3	3			0.000998	0.000062
4	4				0.000731

Figure 81: Duncan test (οσμή βρασμένου, t)

Duncan test; variable Οσμή βρασμένου (coriander) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .36734, df = 31.000						
Cell No.	Φορέας	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	7.0833	8.2917	6.5417	7.2708	7.3958
2	2		0.000718	0.083787	0.540754	0.339120
3	3			0.000037	0.002860	0.006061
4	4				0.028647	0.013359
5	5					0.682955

Figure 82: Duncan test (οσμή βρασμένου, φορέας)

Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
"V1"	49.70	3	16.57	72.34	.000*
"V2"	.95	1	.95	4.15	.050
"V3"	4.05	4	1.01	4.42	.006*

Figure 83: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην υφή στο χέρι γεύση των βρασμένων δειγμάτων του Πειράματος 1

Duncan test; variable Υφή χέρι (coriander) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .22901, df = 31.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	8.4333			
2	2	0.757632	0.757632	0.000063	0.000056
3	3	0.000063	0.000136	0.000136	0.000136
4	4	0.000056	0.000062	0.000136	

Figure 84: Duncan test (υφή στο χέρι, t)

Duncan test; variable Υφή χέρι (coriander) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .22901, df = 31.000						
Cell No.	Φορέας	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	7.5417				
2	2	0.605217	0.605217	0.077263	0.018055	0.517670
3	3	0.077263	0.032314		0.439357	0.025889
4	4	0.018055	0.006284	0.439357		0.004745
5	5	0.517670	0.862995	0.025889	0.004745	

Figure 85: Duncan test (υφή στο χέρι, φορέας)

Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
"V1"	54.47	3	18.16	58.68	.000*	
"V2"	.21	1	.21	.69	.413	
"V3"	4.14	4	1.04	3.35	.022*	

Figure 86: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην υφή στο στόμα των βρασμένων δειγμάτων του Πειράματος 1

Duncan test; variable Υφή στόμα (coriander) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .30943, df = 31.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	8.6833			
2	2	0.466821	0.466821	0.000118	0.000056
3	3	0.000118	0.000467	0.000467	0.000136
4	4	0.000056	0.000062	0.000136	

Figure 87: Duncan test (υφή στο στόμα, t)

Duncan test; variable Υφή στόμα (coriander) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .30943, df = 31.000						
Cell No.	Φορέας	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	7.5417	8.0208	7.3542	7.1875	7.9271
2	2	0.112851	0.112851	0.505352	0.238808	0.175846
3	3	0.505352	0.034079		0.553501	0.059305
4	4	0.238808	0.010082	0.553501		0.019238
5	5	0.175846	0.738459	0.059305	0.019238	

Figure 88: Duncan test (υφή στο στόμα, φορέας)

Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
"V1"	64.21	3	21.40	79.19	.000*	
"V2"	.00	1	.00	.00	.960	
"V3"	4.33	4	1.08	4.00	.010*	

Figure 89: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη γεύση των βρασμένων δειγμάτων του Πειράματος 1

Duncan test; variable Γεύση (coriander)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = .27027, df = 31.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	9.0500	8.9333	7.5833	5.9167
2	2	0.619485	0.619485	0.000063	0.000056
3	3	0.000063	0.000137	0.000137	0.000136
4	4	0.000056	0.000062	0.000136	

Figure 90: Duncan test (γεύση, t)

Duncan test; variable Γεύση (coriander)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = .27027, df = 31.000						
Cell No.	Φορέας	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	7.5000	8.0625	8.0625	7.4583	8.2708
2	2	0.047977	0.047977	0.038403	0.873793	0.009451
3	3	0.038403	1.000000	1.000000	0.039685	0.429110
4	4	0.873793	0.039685	0.034226	0.034226	0.456849
5	5	0.009451	0.429110	0.456849	0.007410	0.007410

Figure 91: Duncan test (γεύση, φορέας)

Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
"V1"	36.0	3	12.02	14.16	.000*
"V2"	.7	1	.71	.84	.367
"V3"	324.2	4	81.04	95.51	.000*

Figure 92: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην ανίχνευση προσθέτου στα δείγματα Πειράματος 1

Duncan test; variable Πρόσθετο (coriander)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = .84852, df = 31.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	6.3000	6.2833	5.0167	4.0333
2	2	0.968092	0.968092	0.005412	0.000064
3	3	0.005412	0.004531	0.004531	0.000068
4	4	0.000064	0.000068	0.023396	0.023396

Figure 93: Duncan test (πρόσθετο, t)

Duncan test; variable Πρόσθετο (coriander)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = .84852, df = 31.000						
Cell No.	Φορέας	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	0.0000	8.3958	5.8542	6.0833	6.7083
2	2	0.000033	0.000033	0.000136	0.000062	0.000056
3	3	0.000136	0.000063	0.000063	0.000087	0.001058
4	4	0.000062	0.000087	0.622432	0.622432	0.088470
5	5	0.000056	0.001058	0.088470	0.184709	0.184709

Figure 94: Duncan test (πρόσθετο, φορέας)

Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
"V1"	54.22	3	18.07	48.37	.000*
"V2"	.00	1	.00	.00	.966
"V3"	3.98	4	.99	2.66	.051

Figure 95: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη μετάγευση των βρασμένων δειγμάτων του Πειράματος 1

Duncan test; variable Μετάγευση (coriander) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .37368, df = 31.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
		8.6500	8.5833	7.5833	5.7667
1	1		0.809065	0.000726	0.000056
2	2	0.809065		0.001073	0.000062
3	3	0.000726	0.001073		0.000136
4	4	0.000056	0.000062	0.000136	

Figure 96: Duncan test (μετάγευση, t)

Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
"Var1"	50.71	3	16.90	69.41	.000*
"Var2"	.00	1	.00	.01	.916
"Var3"	14.90	4	3.72	15.30	.000*

Figure 97: Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη συνολική εντύπωση των δειγμάτων του Πειράματος 1

Duncan test; variable Total (coriander) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .24350, df = 31.000					
Cell No.	t	{1}	{2}	{3}	{4}
		8.7333	8.6667	7.3500	5.9833
1	1		0.764726	0.000063	0.000056
2	2	0.764726		0.000136	0.000062
3	3	0.000063	0.000136		0.000136
4	4	0.000056	0.000062	0.000136	

Figure 98: Duncan test (συνολική εντύπωση, t)

Duncan test; variable Total (coriander) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = .24350, df = 31.000						
Cell No.	Φορέας	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		6.5833	7.9583	8.0000	7.5208	8.3542
1	1		0.000067	0.000060	0.000761	0.000033
2	2	0.000067		0.867101	0.086160	0.139211
3	3	0.000060	0.867101		0.074841	0.161314
4	4	0.000761	0.086160	0.074841		0.003433
5	5	0.000033	0.139211	0.161314	0.003433	

Figure 99: Duncan test (συνολική εντύπωση, φορέας)